



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

#### MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

---

**Proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo**

---

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electricidad  
mención Sistemas Eléctricos De Potencia.

**Autor:**

Ing. Suárez Mullo Pablo Javier

**Tutor:**

Ing. Carlos Pacheco MSc.

LATACUNGA –ECUADOR

2023

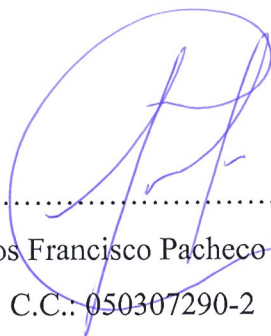
## **AVAL DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo” presentado por Suárez Mullo Pablo Javier, para optar por el título magíster en Electricidad mención Sistemas Eléctricos De Potencia.

## **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

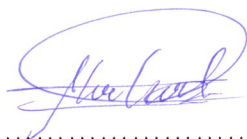
Latacunga, 23 de febrero de 2023



.....  
MSc. Carlos Francisco Pacheco-Mena Ing.  
C.C.: 050307290-2

## AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo” ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad mención Sistemas Eléctricos De Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.



.....  
MSc. León Segovia Marco Aníbal

C.C.: 050230540-2

Presidente del tribunal



.....  
MSc. Toaza Iza Jimmy Xavier

C.C.: 171762106-2

Lector 2



.....  
MSc. Quinatoa Caiza Carlos Iván

C.C.: 050230540-2

Lector 3

### **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a Dios quien ha guiado mi camino y me ha dado la sabiduría y la capacidad para poder culminar mis estudios con éxito, esforzándome día a día para conseguir mi título de posgrado, conjuntamente con el apoyo y la bendición de mis queridos padres y como no dedicar este logro a Lisseth Vaca quien me acompañó día a día en este proceso educativo y me incentivo para conseguir mi título de cuarto nivel.

*Pablo Suárez*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplos de superación, humildad y sacrificio; siendo así el pilar fundamental para vencer cada obstáculo que se me ha presentado en el proceso de mi formación académica.

A mis seres queridos en especial a Lisseth Vaca quien siempre me ha apoyado de manera incondicional, brindándome su amor y su inmensa bondad para lograr conseguir este objetivo profesional.

A mis grandes amigos Darwin Gualotuña y Eduardo Guanoluisa quienes con sus palabras de aliento y su gran aporte me ayudaron para culminar con éxitos esta etapa.

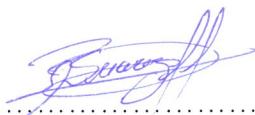
A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme académicamente con una educación de calidad y excelencia, especialmente a mi tutor de proyecto, al MSc. Carlos Pacheco por su colaboración y las facilidades que me ha brindado para el desarrollo de este proyecto.

*Pablo Suárez*

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, 23 de febrero de 2023



.....  
Ing. Suárez Mullo Pablo Javier

C.C.: 050331033-6

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 23 de febrero de 2023



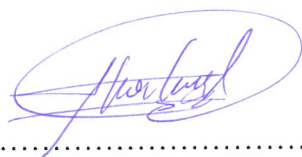
.....  
Ing. Suárez Mullo Pablo Javier

C.C.: 050331033-6

## **AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, 23 de febrero de 2023



.....  
MSc. León Segovia Marco Aníbal

C.C.: 050230540-2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD**  
**MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

**Título: Proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo.**

**Autor:** Ing. Suárez Mullo Pablo Javier

**Tutor:** MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

**RESUMEN**

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación relacionado con la proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo, donde existían problemas en cuanto al abastecimiento energético y calidad de energía; como primer paso se tuvo que realizar un levantamiento total de información para conocer la situación actual de la empresa, la carga total instalada, determinando que la misma era superior a la capacidad del transformador, aun cuando se omitió del análisis las cargas de reserva, posterior a esta tarea se realizó el diseño de los planos unifilares de la distribución eléctrica de toda la empresa para tener un mejor panorama del sistema de distribución, adicional se instalaron dos analizadores de redes para determinar los consumos de energía, potencias, tensiones, corrientes y evaluar el nivel de sobrecarga del transformador, llegando a obtener como resultado que el transformador instalado en varios periodos de tiempo estaba trabajando sobre el límite de su capacidad nominal. Por ello de manera urgente se realizó una nueva proyección de la demanda y se solicitó un cambio de transformador por uno de mayor capacidad y así solucionar parte de los problemas encontrados en la empresa, además se realizó los diseños de los tableros de transferencia, rediseño del sistema de distribución y la actualización de los planos unifilares, esto con el fin de prevenir colapsos del sistema y tener información real disponible de la red ante posibles fallas, y descentralizando el punto de distribución eléctrico de un solo tablero principal a dos tableros de distribución eléctricos destinados por áreas de gran consumo.

**PALABRAS CLAVE:** Analizador de redes, carga instalada, demanda, diagramas unifilares, distribución, proyección de la demanda, transformador, tablero de distribución, sobrecarga.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD  
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

**Topic:** “Demand projection, change of power transformer and load migration at Compañía Alimenticia Agua Santa "ALIAGUASANTA" CIA. LTDA. of Salcedo canton”.

**Author:** Suárez Mullo Pablo Javier

**Tutor:** Pacheco Mena Carlos Francisco MSc.

ABSTRACT

This work is part of the research project related to demand projection, power transformer change and load migration at Compañía Alimenticia Agua Santa "ALIAGUASANTA" CIA. LTDA. in the Salcedo canton, where there were problems in terms of energy supply and power quality; As a first step it was necessary to carry out a total information survey to know the current situation of the company, the total installed load, determining that it was higher than the capacity of the transformer, even though the reserve loads were omitted from the analysis, after this task, the design of the single-line plans of the electrical distribution of the entire company was carried out to have a better overview of the distribution system, In addition, two network analyzers were installed to determine energy consumption, power, voltages, currents and evaluate the level of transformer overload, obtaining as a result that the transformer installed in several periods of time was working over the limit of its rated capacity. Therefore, a new projection of the demand was urgently made and a change of transformer was requested for one of greater capacity and thus solve part of the problems found in the company, in addition the designs of the transfer boards, redesign of the distribution system and updating of the single-line plans were made, this in order to prevent system collapses and have real information available from the network to possible failures, and decentralizing the electrical distribution point of a single main board to two electrical distribution boards for areas of high consumption.

**KEYWORDS:** Network analyzer, installed load, demand, single-line diagrams, distribution, demand projection, transformer, distribution board, overload.

Yo, Marco Paúl Beltrán Semblantes con cédula de identidad número 0502666514 Magíster en Lingüística Aplicada a la Enseñanza del Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354162; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “PROYECCIÓN DE LA DEMANDA, CAMBIO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA Y MIGRACIÓN DE CARGAS EN LA COMPAÑÍA ALIMENTICIA AGUA SANTA “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. DEL CANTÓN SALCEDO.” de: Suárez Mullo Pablo Javier, aspirante a Magíster en Electricidad, mención Sistemas Eléctricos de Potencia.



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes  
0502666514



CENTRO  
DE IDIOMAS

Latacunga, febrero, 2023

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AVAL DEL TUTOR .....	II
AVAL DEL TRIBUNAL .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA .....	VI
RENUNCIA DE DERECHOS .....	VII
AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL .....	VIII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes .....	3
Planteamiento del problema .....	4
Formulación del problema .....	5
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos .....	6
Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos .....	6
Justificación .....	9
Hipótesis .....	10
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA METODOLÓGICA .....	11
1.1. Antecedentes de la investigación .....	11
1.2. Fundamentación teórica .....	13
1.2.1. ¿Qué es la eficiencia energética? .....	13
1.2.2. ¿Qué es el suministro eléctrico?.....	13
1.2.3. Niveles de voltaje en Ecuador .....	14
1.2.4. Instalaciones eléctricas industriales .....	15
1.2.5. Centro o cámara de transformación .....	19
1.2.6. Transformador de distribución .....	21
1.2.7. Tablero de distribución .....	22
1.2.8. Tablero de transferencia .....	23
1.2.9. Interruptor caja moldeada .....	24
1.2.10. Sobrecarga en transformadores de potencia .....	25
1.2.11. ISO 5 001 .....	26
1.2.12. ISO 5 002 .....	27
1.3. Fundamentación metodológica .....	28
1.3.1. Enfoque .....	28
1.3.2. Metodología .....	28
1.3.3. Variables .....	29
1.3.4. Técnicas .....	29
1.3.5. Instrumentos de investigación .....	30
1.4. Conclusiones .....	31
CAPÍTULO II. PROPUESTA .....	32
2.1. Título del proyecto .....	32

2.2.	Objetivo del proyecto .....	32
2.3.	Descripción de la propuesta .....	32
2.4.	Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados .....	34
2.4.1.	Descripción del entorno .....	34
2.4.2.	Reunión con el personal de mantenimiento y levantamiento de información de las diferentes áreas .....	35
2.4.3.	Diseño del diagrama unifilar de la instalación eléctrica existente en la empresa .....	42
2.4.4.	Instalación del analizador de redes FLUKE 1 736, y KEW 6 310.....	43
2.4.5.	Proyección de la demanda para la nueva maquinaria a instalarse .....	55
2.4.6.	Adquisición del transformador de 500 kVA .....	57
2.4.7.	Cambio de transformador de 250 kVA a uno de 500 kVA .....	58
2.4.8.	Migración de cargas .....	59
2.5.	Conclusiones .....	63
CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA .....		65
3.1.	Análisis de resultados.....	65
3.1.1.	Niveles de tensiones que se manejan en la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA .....	65
3.1.2.	Comparación de la forma de onda de voltaje antes y después del cambio del transformador .....	66
3.2.	Validación técnica -económica de los resultados.....	73
3.3.	Evaluación de expertos.....	80
3.4.	Conclusiones .....	84
CONCLUSIONES GENERALES .....		85
RECOMENDACIONES .....		86
BIBLIOGRAFÍA .....		87
ANEXOS .....		91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Etapas para la Elaboración de un Diagnóstico Energético .....	2
<b>Figura 2.</b> Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica .....	14
<b>Figura 3.</b> Esquema básico de un Sistema Eléctrico de Potencia .....	15
<b>Figura 4.</b> Instalaciones eléctricas industriales .....	15
<b>Figura 5.</b> Instalaciones eléctricas industriales, calderos trifásicos .....	16
<b>Figura 6.</b> Tablero de distribución eléctrica, capacidad 800 Amperios con Disyuntores Caja Moldeada .....	17
<b>Figura 7.</b> Falla en la protección eléctrica del cuadro de control del motor y avería del mismo .....	18
<b>Figura 8.</b> Cámara de transformación Compañía Alimenticia Agua Santa .....	19
<b>Figura 9.</b> Transformador de 250 kVA 13.8 kV-220 V .....	19
<b>Figura 10.</b> Transformador seco .....	22
<b>Figura 11.</b> Tablero de distribución .....	23
<b>Figura 12.</b> Tablero de transferencia automática .....	24
<b>Figura 13.</b> Interruptor-Disyuntor Caja Moldeada Trifásico .....	25
<b>Figura 14.</b> Cuadro de sobrecarga de un transformador .....	26
<b>Figura 15.</b> Infraestructura y distribución de áreas y naves de la empresa .....	35
<b>Figura 16.</b> Colocación de las sondas amperimétricas en la acometida principal .....	43
<b>Figura 17.</b> Colocación de cables tipo lagarto en las líneas activas de la acometida y el neutro .....	44
<b>Figura 18.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 01/03/2 022.....	45
<b>Figura 19.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 02/03/2 022.....	46
<b>Figura 20.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 03/03/2 022.....	46
<b>Figura 21.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 04/03/2 022.....	47
<b>Figura 22.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 05/03/2 022.....	47
<b>Figura 23.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 06/03/2 022.....	47
<b>Figura 24.</b> Curva de consumo diaria correspondiente al 07/03/2 022.....	48
<b>Figura 25.</b> Curva de consumo semanal .....	48
<b>Figura 26.</b> Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje .....	51
<b>Figura 27.</b> Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje admisibles según la normativa IEEE 519-1981 .....	51
<b>Figura 28.</b> Porcentajes de distorsión de armónicos de corriente .....	52
<b>Figura 29.</b> Porcentajes de distorsión de armónicos de corriente admisibles según la normativa IEEE 519-1982 .....	52
<b>Figura 30.</b> Forma de onda sinusoidal de voltaje .....	54
<b>Figura 31.</b> Forma de onda sinusoidal de corriente .....	54
<b>Figura 32.</b> Proyección de la demanda y solicitud para el cambio del transformador .....	56
<b>Figura 33.</b> Adquisición del transformador de 500 kVA .....	55
<b>Figura 34.</b> Placa de características del transformador de 500 kVA .....	57
<b>Figura 35.</b> Ubicación del transformador de 500 kVA .....	58
<b>Figura 36.</b> Armado de puntas terminales y equipos de medición de media tensión .....	59
<b>Figura 37.</b> Montaje de disyuntores en el nuevo tablero de distribución, para la migración de cargas .....	60
<b>Figura 38.</b> Montaje de los transformadores de corriente TC en las barras de distribución de cobre 800 A .....	60

<b>Figura 39.</b> Instalación y funcionamiento del medidor de energía marca SIEMENS SENTRON PAC 3 200.....	61
<b>Figura 40.</b> Tablero de distribución terminado en su montaje de elementos y cableado ..	62
<b>Figura 41.</b> Evaluación de los armónicos de voltaje antes y después del cambio del transformador .....	69
<b>Figura 42.</b> Controlador Automático del Factor de Potencia PFW01. ....	70
<b>Figura 43.</b> Diagrama de conexión del PFW01 .....	70
<b>Figura 44.</b> Supresor de transcientes instalado en un tablero de distribución para la envasadora de agua Ultralimpia .....	72
<b>Figura 45.</b> Flujo de potencia con el transformador de 250 kVA en funcionamiento y la carga actual .....	73
<b>Figura 46.</b> Flujo de potencia con el transformador de 250 kVA en funcionamiento y la carga proyectada .....	74
<b>Figura 47.</b> Flujo de potencia con el transformador de 500 kVA en funcionamiento y la carga actual .....	75
<b>Figura 48.</b> Flujo de potencia con el transformador de 500 kVA en funcionamiento y la carga proyectada .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	6
<b>Tabla 2.</b> Variable independiente y dependiente .....	29
<b>Tabla 3.</b> Información de equipos y datos de carga nave 1 .....	36
<b>Tabla 4.</b> Información de equipos y datos de carga nave 2 y 3 .....	38
<b>Tabla 5.</b> Información de equipos y datos de carga cancha deportiva, garita, área de desechos, generador, tanque de Diesel .....	40
<b>Tabla 6.</b> Estimado total de potencia activa y aparente .....	40
<b>Tabla 7.</b> Información de equipos y datos de carga nave 1 sin considerar equipos en reserva .....	41
<b>Tabla 8.</b> Calculo total de potencia activa y aparente sin considerar cargas en reserva ...	42
<b>Tabla 9.</b> Cálculo de la potencia activa y aparente sin considerar cargas en reserva .....	45
<b>Tabla 10.</b> Valores de corriente registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736.....	49
<b>Tabla 11.</b> Valores de voltaje registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736.....	49
<b>Tabla 12.</b> Valores de potencia activa registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736 .....	50
<b>Tabla 13.</b> Valores de potencia aparente registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736 .....	50
<b>Tabla 14.</b> Proyección de la demanda.....	56
<b>Tabla 15.</b> Proyección de la demanda mediante el método compuesto de la proyección ..	63
<b>Tabla 16.</b> Cálculo de armónicos con los datos obtenidos del nuevo análisis energético ..	67
<b>Tabla 17.</b> Datos obtenidos de la instalación del analizador de redes KEW 6 310 luego del cambio del transformador .....	78
<b>Tabla 18.</b> Proyección de la demanda para los próximos 10 años en la Compañía Alimenticia Agua Santa .....	82

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la electricidad se consolida a finales del siglo XIX, una de las consecuencias del dominio de la corriente alterna fue poder transportar la energía, el tendido eléctrico se convirtió en uno de los principales símbolos del progreso, gracias a la aparición de la electricidad, se pudieron mejorar los procesos de producción industrial, este aspecto es fundamental porque hoy es inconcebible el funcionamiento de la industria sin la electricidad.

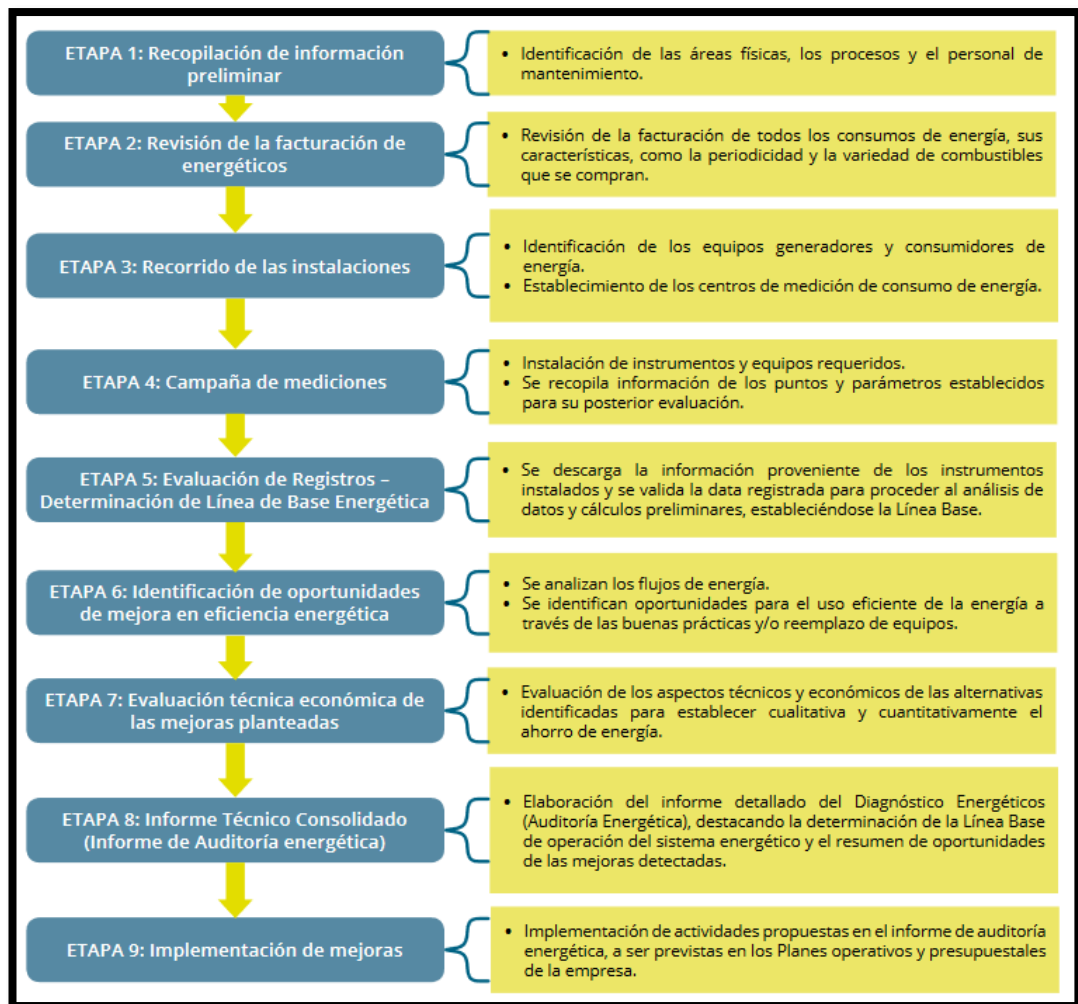
El desarrollo de la electricidad industrial ha permitido que funcionen varias estancias y se han multiplicado las opciones, en primer lugar, se iluminan las fábricas y se facilita el trabajo, lo más importante es que determinados motores son eléctricos y el dominio de esta energía multiplica las posibilidades [1].

Cada tipo de industria es totalmente diferente de las demás, y es que no todas tienen las mismas necesidades ni realizan el mismo consumo energético, la industria alimentaria es una de las más potentes, por lo que es lógico que sus necesidades energéticas sean elevadas: a mayor actividad, mayor necesidad de energía [2].

La industria de alimentos procesa la materia prima para obtener alimentos de consumo humano o animal, en este proceso se incluyen las fases de transporte, recepción, almacenamiento, procesamiento, conservación, las materias primas utilizadas son de origen agropecuario principalmente.

Además de materia prima también se consume energía en sus modalidades de electricidad y/o calor (térmico), para activar el proceso productivo, la eficiencia energética es una herramienta útil para reducir el consumo de energía y optimizar el proceso productivo; o sea producir más o igual, pero con menos energía, en consecuencia, los industriales tienen la oportunidad de aumentar eficiencia productiva y maximizar el beneficio, ya que el consumo energético es proporcional a la situación económica y los ciclos económicos.

El Diagnóstico Energético como aporte de la eficiencia energética permite analizar el uso de la energía eléctrica utilizada en una empresa para el desarrollo de su proceso productivo, lo cual nos permitirá conocer en que parte del proceso de producción se utiliza la energía, las principales áreas consumidoras de energía y la cantidad de energía desperdiciada. La magnitud o profundidad del Diagnóstico Energético depende del tamaño de la empresa y la disponibilidad de recursos para su ejecución. En la Figura 1., se presenta un gráfico referencial con las Etapas para la Elaboración de un Diagnóstico Energético y sus principales acciones a realizar [3].



**Figura 1.** Etapas para la Elaboración de un Diagnóstico Energético.

**Fuente:** [3]



**Antecedentes:** Este proyecto de titulación se ejecutará en base a la línea de investigación correspondiente a la maestría en Electricidad: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental, y con su correspondiente sub línea de investigación: Conversión y uso racional de la energía eléctrica, por tal motivo los puntos de estudio son: Eficiencia energética y auditoría energética.

La Compañía Alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA CIA LTDA., fundada de forma artesanal en el año 2015, se encuentra ubicada en el cantón Salcedo, barrio Rumipamba de la Universidad, a unos quinientos metros del anillo vial Salcedo-Latacunga, la empresa comenzó sus actividades con maquinaria básica y artesanal para el proceso de embutidos únicamente, con el pasar del tiempo ha tenido un crecimiento exponencial lo que le ha permitido industrializarse en el año 2017, teniendo como principales actividades económicas la elaboración y producción de embutidos, helados, bebidas y envasado de agua.

Desde el inicio de la empresa siempre se ha tenido como prioridad la calidad del producto y la innovación tecnológica, pero también es muy importante el considerar el consumo energético y como no la eficiencia energética que permita realizar todos estos procesos con la mayor precisión posible.

La fábrica poseía una instalación eléctrica considerada estable y configurada para abastecer la potencia instalada que se tenía en los años 2015, 2016 y 2017, con una potencia de 60 kW, contando con un transformador de 250 kVA, un cableado conformado por 3 corridas de cable 250 MCM por fase, 2 corridas de cable 250 MCM para neutro y una corrida de cable 250 MCM para tierra, el tablero de distribución estaba diseñado para una corriente máxima de 700 Amperios, el tablero de transferencia se diseñó para abastecer una corriente máxima de 400 Amperios, y un generador marca Kohler de 250 kW, pero con la implementación de maquinaria con tecnología de punta y el incremento de actividades económicas han provocado un aumento considerable en el consumo energético y también la potencia instalada es superior a la considerada para el transformador, la

implementación de maquinaria moderna perjudica al sistema de distribución eléctrico, llegando a saturar la capacidad que posee el transformador, además la empresa ve la necesidad de instalar más maquinaria y equipos que le ayude a satisfacer sus necesidades de producción internas, es por ello que se va a realizar una proyección de la demanda para determinar la capacidad óptima del nuevo transformador que se va a instalar, además se va a realizar la migración de cargas hacia los nuevos tableros de distribución, transferencia y banco de capacitores.

Actualmente la empresa cuenta con una potencia instalada de 300 kW, la cual sobrepasa la capacidad de abastecimiento del transformador, y las instalaciones eléctricas de distribución existentes cada vez van en deterioro por esta carga a alimentar, en base a estos datos preliminares se realiza estudios del transformador y el análisis correspondiente de la red de alimentación en baja tensión para determinar las causas y brindar las mejores soluciones para el sistema eléctrico y correspondientemente la eficiencia energética dentro de la empresa.

**Planteamiento del problema:** El crecimiento económico y poblacional en el mundo trae consigo que se consuma energía a nivel mundial, por lo que se ha visto la necesidad de tener una mayor generación de energía y la implementación de nuevas fuentes para aportar a los sistemas eléctricos y poder satisfacer la demanda que los consumidores requieren, además un diagnóstico eléctrico es importante porque mediante un adecuado equilibrio en la energía se logra extender la vida útil de los conductores, equipos y sistema eléctrico, así también mejorar los parámetros relacionados con el voltaje y la potencia, incrementando la capacidad de las líneas de transporte de energía, obteniendo mayor capacidad de abastecimiento eléctrico, consiguiendo un ahorro en los precios por facturación de energía eléctrica y en costos relacionados con el proceso operativo.

En las Industrias alimenticias es importante tener un sistema eléctrico eficiente y seguro ya que los costos de servicios y producción son elevados, estos gastos innecesarios se logran analizando y evaluando el sistema eléctrico para que en un

futuro se puedan tomar decisiones que permitan una mejor eficiencia energética, generando un ahorro en las facturas de consumo eléctrico.

Con el pasar del tiempo a causa del crecimiento en actividades de producción de la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA Cia. Ltda., la inexistencia de una adecuada ingeniería, la falta de implementación de planos unifilares del sistema de distribución eléctrico actual, un considerable aumento en la demanda eléctrica, se determina que es necesario el cambio de transformador, migración de cargas, la implementación de diagramas unifilares y así brindar posibles soluciones y mejorar la calidad de energía dentro de la compañía en los diferentes procesos productivos.

**Formulación del problema:** ¿En qué medida el análisis energético, estudio de la demanda, cambio de transformador, migración de cargas y el realizar los planos unifilares favorece en la calidad de la energía y abastecimiento energético de las instalaciones eléctricas en la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA Cia Ltda del cantón Salcedo?

En la compañía alimenticia se realizará un estudio de cargas, para conocer que parámetros eléctricos cumplen con las regulaciones del CONELEC, a la vez determinar su demanda máxima, mínima y promedio, con el levantamiento de información y la implementación de un diagrama unifilar total de la distribución eléctrica se identificará cómo el sistema eléctrico se encuentra distribuido y se brindará facilidades de mantenimiento y operación de las instalaciones al personal técnico de mantenimiento de la empresa, además con los resultados obtenidos se realizará el cambio del transformador de potencia y la migración de cargas para mejorar la calidad de energía y el abastecimiento energético en la empresa.

**Objetivo general:** Realizar el estudio de las cargas existentes y proyectadas para determinar la capacidad del nuevo transformador de potencia, aplicando normativas eléctricas ecuatorianas y provinciales, para mejorar la calidad de energía y el abastecimiento energético en la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA Cia. Ltda. del cantón Salcedo.

### Objetivos específicos:

- Investigar el estado del arte y la bibliografía de eficiencia energética, instalaciones eléctricas industriales, cámaras de transformación, transformadores de distribución, tableros de distribución, tableros de transferencia y sobrecarga en transformadores.
- Desarrollar un cuadro de cargas por cada una de las áreas existentes en la empresa, mediante la recolección de información de potencia nominal de cada equipo y maquinaria instalada y determinar así la demanda actual como también la proyectada para el cálculo del nuevo transformador y diseñar los planos eléctricos unifilares de todas las instalaciones eléctricas y migrar las cargas existentes al nuevo tablero de distribución.
- Analizar la información obtenida en campo para establecer los niveles de tensión que se maneja en la compañía y validar los resultados obtenidos del cambio de transformador de potencia y la migración de las cargas.

### Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

**Tabla 1.** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos Específicos	Actividades (Tareas)	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad (técnica e instrumentos)
<b>Investigar el estado del arte y la bibliografía de eficiencia energética, instalaciones eléctricas industriales, cámaras de transformación, transformadores de distribución, tableros de distribución, tableros de transferencia y sobrecarga en transformadores.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisión de manuales, libros y escritos físicos y digitales.</li><li>• Revisión de las características técnicas del elemento mecánico y eléctrico que forman parte de las instalaciones eléctricas industriales.</li><li>• Consultar folletos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conocemos acerca de las instalaciones eléctricas industriales.</li><li>• Sabremos porqué se utiliza los elementos que conforman las instalaciones eléctricas industriales.</li><li>• Conocemos acerca de las</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Consultamos en tesis, escritos, libros, folletos en forma física y web.</li><li>• Examinamos las características técnicas de los elementos mecánicos y eléctricos solicitados para la construcción de las instalaciones eléctricas</li></ul>

	de los constructores de los elementos mecánicos y eléctricos utilizados para la construcción de tableros de distribución y cámaras de transformación.	características técnicas de los elementos que conforman los tableros de distribución y cámaras de transformación.	industriales. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultamos acerca de las etapas de deterioro de los elementos eléctricos, que forman parte de las instalaciones eléctricas industriales.</li> </ul>
<b>Desarrollar un cuadro de cargas por cada una de las áreas existentes en la empresa, mediante la recolección de información de potencia nominal de cada equipo y maquinaria instalada y determinar así la demanda actual como también la proyectada para el cálculo del nuevo transformador y diseñar los planos eléctricos unifilares de todas las instalaciones eléctricas y migrar las cargas existentes al nuevo tablero de distribución.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilar información sobre los diferentes equipos y máquinas instaladas en la empresa.</li> <li>• Realizar una proyección de la demanda a futuro con los posibles equipos y máquinas que se van a instalar.</li> <li>• Realizar los planos unifilares de distribución en bajo voltaje de toda la empresa con los disyuntores y tableros ya identificados y marcados.</li> <li>• Gestionar el cambio de acometidas y protecciones desde los tableros de distribución antiguos hacia el nuevo tablero de distribución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalles de equipos y máquinas existentes en cada una de las áreas de la empresa.</li> <li>• Estimación futura de la demanda con características de equipos y máquinas que se van a instalar.</li> <li>• Presentación de los planos unifilares de cómo está conformado el circuito de distribución en baja tensión de la empresa.</li> <li>• Análisis de la acometida principal desde el tablero de transferencia hacia el tablero de distribución y comprobación del calibre y corridas que se tiene por fase.</li> </ul>	<b>Técnica:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación característica de máquinas y equipos.</li> <li>• Investigación de campo.</li> <li>• Diseño eléctrico unifilar.</li> </ul> <b>Instrumento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes de almacenamiento de datos</li> <li>• Base de datos del fabricante de los equipos y máquinas.</li> <li>• Software</li> </ul>

<p><b>Analizar la información obtenida en campo para establecer los niveles de tensión que se maneja en la compañía y validar los resultados obtenidos del cambio de transformador de potencia y la migración de las cargas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un análisis energético de la red de distribución principal.</li> <li>• Determinar si la calidad de energía es la adecuada en la empresa.</li> <li>• Simular el sistema eléctrico de potencia en Power Factory.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabulación de datos recopilados con el analizador de redes instalado en el tablero de transferencia principal.</li> <li>• Determinación por medio del análisis de la red si existen armónicos tanto de corriente como de voltaje.</li> <li>• Determinación del porcentaje de cargabilidad que tiene el transformador.</li> </ul>	<p><b>Técnica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de equipos de medición eléctrica para determinar la calidad de energía.</li> <li>• Tabulación de datos numéricos.</li> </ul> <p><b>Instrumento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizador de redes.</li> <li>• Software</li> </ul>
--	---	---	--

**Justificación:** El uso racional de la energía y la eficiencia energética en el marco de un adecuado del sistema de gestión de la energía representan un paso hacia una planificación energética sustentable, entendiendo por tal a aquella que hace un buen uso de los recursos naturales, cuida el ambiente e incorpora fuentes de energía de baja emisión de carbono. Su implementación es también un camino hacia una energía barata y una forma de contribuir a disponer de excedentes para un mejor uso y distribución de los recursos energéticos. Al utilizar menos combustibles para hacer las mismas actividades reducimos las emisiones de gases de efecto invernadero, preservamos nuestros recursos y disminuimos los gastos en energía [4].

El elevado crecimiento de la economía en los últimos años se ha traducido en una extraordinaria expansión de energía, así como el desarrollo tecnológico, esto implica una alta proliferación de controles y dispositivos electrónicos, electrodomésticos con elementos de estado sólido y cargas no lineales, tales como hornos o soldadores de arco, sistemas de tracción eléctrica, máquinas eléctricas con controles de estado sólido (Variadores de Velocidad) y transformadores, los

cuales han producido una gran cantidad de perturbaciones en las ondas de tensión y corriente del sistema eléctrico nacional, creando un nuevo problema denominado perturbaciones eléctricas [5].

Un diagnóstico eléctrico es importante porque se logra extender la vida útil de los conductores, equipos y sistema eléctrico en general, así también mejorar los parámetros relacionados con el voltaje y la potencia mediante un adecuado equilibrio en la distribución eléctrica, incrementando la capacidad de las líneas de transporte de energía, obteniendo mayor capacidad en el transformador y así abastecer a más áreas de producción, consiguiendo un ahorro en los precios por facturación de energía eléctrica y en costos relacionados con el proceso operativo de la compañía alimenticia Agua Santa.

Con el cambio del transformador de potencia, la migración de cargas, la mejora del sistema eléctrico se proporcionará una mayor seguridad operacional y de las personas encargadas del mantenimiento de las instalaciones, en las industrias alimenticias es importante tener un sistema eléctrico eficiente y seguro ya que los costos de servicios y producción son elevados, y evitar estos gastos innecesarios se logra analizando y evaluando el sistema eléctrico en general dentro de la empresa.

**Hipótesis:** Al realizar el estudio energético, el diseño de los planos unifilares, cambio de transformador de potencia y la migración de cargas, se mejorará la calidad del suministro eléctrico y el abastecimiento energético en la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA Cia. Ltda. del cantón Salcedo.

# **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA**

## **1.1. Antecedentes de la investigación**

La energía en todas sus formas se considera parte de un sector estratégico que es administrado por el Estado, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. En este sentido, la actividad energética se ordena por la Constitución, el Plan Nacional de Desarrollo, la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica; que es articulada a través del Plan Maestro de Electricidad y de los demás planes sectoriales, reglamentos y regulaciones que fueren aplicables [6].

La Ley de Régimen del Sector Eléctrico publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 43 de 10 de octubre de 1996, en su Art. 11 disponía que el sector eléctrico nacional estuviera estructurado entre otros, por el Centro Nacional de Control de la Energía – CENACE, una Corporación Civil de derecho privado, de carácter eminentemente técnico, sin fines de lucro. La citada Ley fue derogada mediante la aprobación de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica - LOSPEE, publicada en Registro Oficial No. 418 de 16 de enero de 2015, y que en su Capítulo IV constituye a la Corporación Centro Nacional de Control de Energía, CENACE como el Operador Nacional de Electricidad, CENACE; asignándole una nueva naturaleza jurídica, atribuciones y deberes.

Durante la última década, el sector eléctrico ha logrado aumentar significativamente su capacidad instalada, al 2018 se contó con 8 826,89 MW de potencia instalada provenientes el 59,84 % de fuentes Renovables, y el 40,16 % correspondiente a fuentes No Renovables, en comparación al año 2009, con 4 838,70 MW de potencia instalada (de los cuales 4 777,08 MW fueron para servicio público y 710,62 MW para servicio no público); y que tuvo una participación del 44,8 % de fuentes renovables, y el 55,2 % correspondiente a fuentes no renovables, mediante la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía



Eléctrica (LOSPEE) se establece como objetivos específicos, cumplir la prestación del servicio público de energía eléctrica al consumidor o usuario final, a través de las actividades de: generación, transmisión, distribución y comercialización, importación y exportación de energía eléctrica; proveer a los consumidores o usuarios finales un servicio público de energía eléctrica de alta calidad, confiabilidad y seguridad; así como el servicio de alumbrado público general que lo requieran según la regulación específica; entre otros [7].

Para poder cumplir estos objetivos es necesario contar con una correcta articulación intersectorial del sector energético. Así mismo, el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, establece dentro de sus objetivos institucionales además: incrementar el uso eficiente de la demanda de la energía eléctrica a nivel nacional; incrementar la calidad, continuidad, resiliencia, seguridad y cobertura del servicio público de energía eléctrica; incrementar la oferta de generación y transmisión eléctrica del país, por tal razón resulta importante contar con la planificación del sector eléctrico desde esta Cartera de Estado [8].

Los problemas se presentan al existir disturbios de la calidad de energía eléctrica en el suministro. La mayoría de las veces resultan en una detención temporaria de los procesos industriales, a esta interrupción están asociados altos costos, una vez que es la causa de pérdidas significativas de producción y descarte de materiales debido a la necesidad de limpiar las máquinas, reiniciar el proceso en la secuencia que se encontraba, y recalibrar las líneas de producción de acuerdo a las especificaciones de proceso requeridas o por concluir con productos defectuosos.

Una gran contradicción consiste en que una gran parte de las cargas son no lineales, responsables de los grandes logros en la industria debido a la automatización, son cargas electrónicas altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico que está siendo perturbado por su propia presencia [9].

Es a partir de la aparición de más cargas no lineales en las industrias y domicilios que la eficiencia energética se ha convertido en una prioridad en las agendas de los gobiernos de todo el mundo, debido a que las fuentes energéticas tradicionales tienen un carácter limitado, son cada vez más caras, generan una dependencia del mercado exterior y, además, tienen un impacto relevante sobre el medioambiente y el ecosistema [10].

## **1.2.Fundamentación teórica**

### **1.2.1. ¿Qué es la eficiencia energética?**

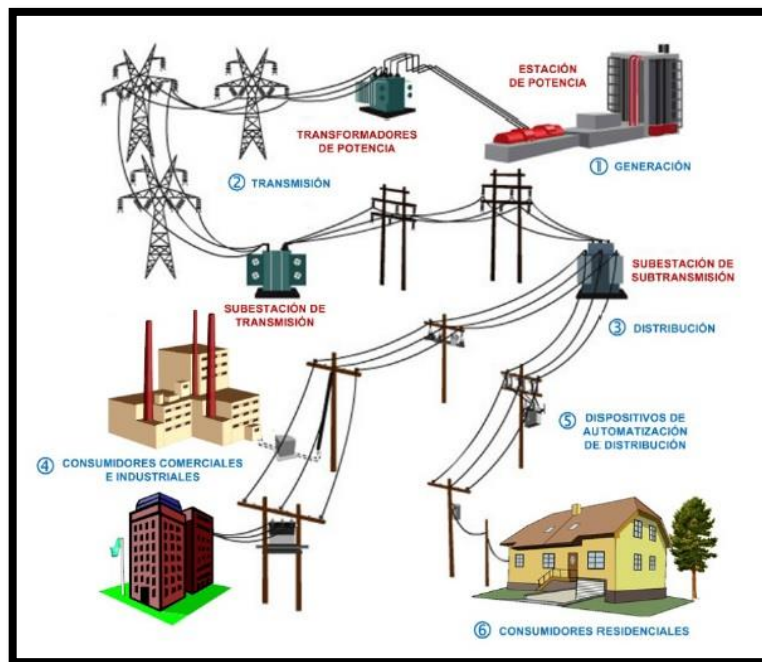
La eficiencia energética puede definirse como la optimización del consumo energético para alcanzar unos niveles determinados de confort y de servicio, por ejemplo, ajustando el consumo de electricidad a las necesidades reales de los usuarios o implementando mecanismos para ahorrar energía evitando pérdidas durante el proceso. En un país, disponer de un nivel adecuado de eficiencia energética permite, por ejemplo, aumentar la seguridad de que existirá un abastecimiento de energía suficiente para toda la población [10].

La Eficiencia Energética es el aprovechamiento óptimo de la energía, y ello no implica renunciar a la calidad de vida sino obtener los mismos bienes, servicios y realizar las mismas actividades sin desperdiciarla, en Ecuador, la Eficiencia Energética se ha venido desarrollando a través de diferentes programas y proyectos promovidos por el actual Gobierno a nivel de sustitución tecnológica de gestión y con la transformación de los hábitos culturales de la población [11].

### **1.2.2. ¿Qué es el suministro eléctrico?**

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica representado en la Figura 2. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección. Constituye un sistema integrado que además de disponer

de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas. Con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser propiedad, en todo o en parte y, en todo caso, estar operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad [12].



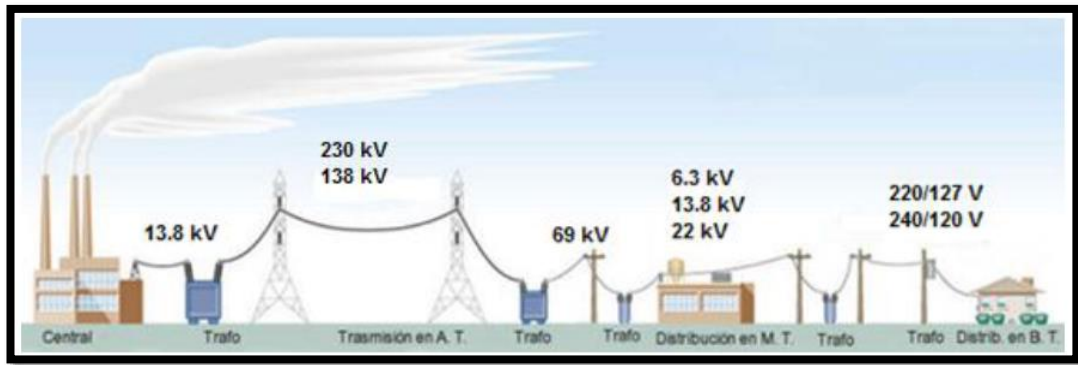
**Figura 2.** Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.

**Fuente:** [12].

### 1.2.3. Niveles de voltaje en Ecuador

Se definen los siguientes niveles de voltaje:

- Bajo voltaje: menor o igual a 0,6 kV;
- Medio voltaje: mayor a 0,6 y menor igual a 40 kV;
- Alto voltaje: mayor a 40 kV [13].

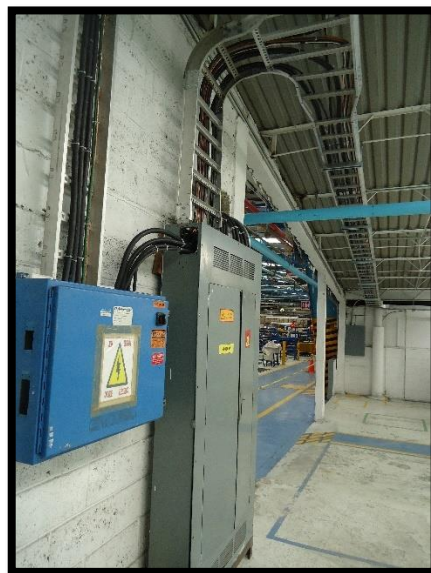


**Figura 3.** Esquema básico de un Sistema Eléctrico de Potencia.

**Fuente:** [14].

#### 1.2.4. Instalaciones eléctricas industriales

Las instalaciones eléctricas industriales alimentan los usos en las oficinas, todos los enchufes de ordenadores y demás, en los baños y todas las luminarias de las industrias o locales comerciales. La gran diferencia que existe en este tipo de instalaciones respecto a las de uso residencial es que existen aparatos o máquinas de gran consumo que tienen un funcionamiento trifásico que exige un dimensionamiento diferente, esto lo podemos observar en la Figura 4.



**Figura 4.** Instalaciones eléctricas industriales.

**Fuente:** [14].

Las instalaciones eléctricas industriales son aquellas en las que existen aparatos o máquinas de gran consumo que tienen un funcionamiento trifásico que exige un dimensionamiento diferente a lo habitual, como lo indicado en la Figura 5. Estas instalaciones tienen que estar correctamente protegidas contra efectos peligrosos térmicos y dinámicos, que se puedan producir como consecuencia de corrientes de cortocircuito, y las de sobrecarga, cuando éstas puedan producir averías y daños tanto en las citadas instalaciones eléctricas, como en maquinaria, equipos y motores.



**Figura 5.** Instalaciones eléctricas industriales, calderos trifásicos.

Por lo tanto, la conservación, el mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas industriales es fundamental principalmente para prevenir posibles fallos eléctricos, fatales para la seguridad personal y de terceros, además de prevenir las posibles pérdidas económicas por el cese temporal de la actividad industrial [15].

Para realizar el diseño y dimensionado de las instalaciones eléctricas industriales, el proyectista debe valorar el cálculo de la potencia a contratar y los detalles de los emplazamientos y características técnicas de los equipos, que se le entregarán por medio de planos y tablas.

- Emplazamiento general y relación con el entorno.
- Emplazamiento de las zonas de producción y talleres.
- Emplazamiento específico de los equipos.
- Detalles mecánicos y características de los equipos: potencia, tensión, corriente y frecuencia entre otros.
- Posibilidad de nuevos entornos de producción.

El cálculo de potencia requerida incluirá las posibles variaciones en el emplazamiento de los equipos y las distintas caídas de tensión asociados a ellos, así como la sustitución por equipos más potentes. El diseño de planos eléctricos tendrá en cuenta la ubicación de los paneles de control y vías de suministro con el fin de hacerlas accesibles para permitir su revisión y/o reparación. Se procurarán ambientes estancos, exentos de humedad y con las condiciones de visibilidad necesarias [16].

Tanto la red eléctrica como la maquinaria y otros elementos deben estar protegidos en todas sus fases ante cualquier posible cortocircuito o sobrecarga del sistema, todo equipo o maquinaria debe estar con su protección eléctrica correspondiente, la Figura 6. nos permite observar una instalación eléctrica industrial, teniendo un tablero de distribución trifásico con capacidad de 800 Amperios, y destinada a proteger tres zonas o áreas diferentes por medio de disyuntores caja moldeada. Las instalaciones de motores y maquinaria deben de realizarse conforme a la normativa vigente en materia de seguridad. Estos sistemas deberán guardar una distancia imprescindible para evitar cualquier peligro que pudiera surgir de instalar varios elementos a una distancia demasiado reducida [16].



**Figura 6.** Tablero de distribución eléctrica, capacidad 800 Amperios con Disyuntores Caja Moldeada.

Los motores eléctricos son necesarios para transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Estos elementos de uso común en una instalación eléctrica industrial necesitan una protección especial para evitar posibles riesgos por variaciones de la tensión eléctrica. Los peligros que implica una sobrecarga o cortocircuito son muy graves, ya no solo por las averías y fallos que puedan producir en los equipos, sino que también pueden provocar accidentes que afecten a las instalaciones o a su equipo humano.

Para evitar las desviaciones en la tensión que pudieran provocar riesgos, se procede a instalar una toma de tierra, que deriva todas las variaciones que pudieran provocar averías en la maquinaria o accidentes en las instalaciones, la Figura 7. muestra un motor con su bobinado quemado, el mismo que es producto de un fallo en los sistemas de protección eléctricos, ya sea por un mal dimensionamiento o por falta de mantenimiento de las instalaciones o el cuadro de control, al presentar este motor una falla y esta no es despejada a su debido tiempo el motor trabaja en condiciones inseguras provocando daños irreversibles como en este caso el deterioro total de sus bobinas. [16].



**Figura 7.** Falla en la protección eléctrica del cuadro de control del motor y avería del mismo.

### 1.2.5. Centro o cámara de transformación

La energía eléctrica producida en las centrales o en instalaciones eólicas, solares, etc. no se puede almacenar, y por ello es necesario transportarla desde el centro de producción hasta el lugar de consumo de un modo rápido y eficiente, el sistema eléctrico genera, transporta y distribuye la energía a los usuarios finales, el último paso lo forma la Distribución en Alta (media) y Baja Tensión.



**Figura 8.** Cámara de transformación Compañía Alimenticia Agua Santa.



**Figura 9.** Transformador de 250 kVA 13.8 kV-220 V.



Desde las Subestaciones Eléctricas salen las líneas de distribución en Alta hacia los Centros de Transformación (CT), donde esta alta tensión se transforma en baja tensión, para llevar la energía eléctrica a los usuarios por medio de la red de distribución en baja tensión [17].

Los centros de transformación privados son propiedad del cliente, aunque la red de entrada sea de la compañía suministradora. Deben de tener equipos de medida para controlar la energía que consumen el cliente desde el CT. Tenemos 2 tipos:

- **Con equipo de medida en Baja Tensión:** Para pequeños CT y con poco consumo.
- **Con equipo de medida en Media Tensión:** Cuando la potencia es grande. Llevan un contador de activa y otro de reactiva con sistema de medida a 4 hilos. La energía en Alta Tensión es más barata que en Baja Tensión.

El diseño y construcción de cámaras de transformación toma en cuenta dos aspectos muy importantes, la parte civil y la parte eléctrica. La parte eléctrica está íntimamente ligada a la obra civil, porque de esto depende el buen funcionamiento de los diferentes equipos contenidos en la cámara. La parte civil comprende la construcción de paredes, pisos, y techos. En la construcción de las paredes se debe considerar la ventana de ventilación y el acceso a la cámara, mientras que, en la construcción del piso, se debe considerar la base del transformador paredes pisos y techos. El canal de evacuación de aceite siempre se construirá alrededor de la base del transformador. Para el acceso a la cámara se tiene tres alternativas:

- Frontal izquierdo.
- Central.
- Frontal derecho [18].

Los elementos que intervienen en una Cámara de Transformación en forma general son:

## Transformador

- Monofásicos.
- Trifásicos.

## Elementos de protección

### En el primario del transformador

- Pararrayos.
- Seccionadores – Fusible.

### En el secundario del transformador

- Interruptores Termo magnéticos.
- Fusibles tipo NH.

## Equipos de medición

- Contadores de energía.
- Transformador de corriente.
- Transformador de potencia.
- Amperímetros.
- Voltímetros.

## Sistema de Tierra

- Malla a Tierra [19].

### **1.2.6. Transformador de distribución**

Los transformadores de tipo seco Figura 10. encapsulado al vacío están diseñados a prueba de humedad y son adecuados para funcionar en ambientes

húmedos o muy contaminados. Son los transformadores idóneos para funcionar en ambientes que presenten una humedad superior al 95 % y en temperaturas por debajo de los  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [20].

Transformador comúnmente usado para transferir la energía eléctrica a circuitos de servicios del consumidor: industrial, comercial y residencial. Se los puede montar en poste o cámara de distribución de acuerdo a las normativas de las empresas distribuidoras de energía eléctrica [21].



**Figura 10.** Transformador seco.

**Fuente:** [21].

### **1.2.7. Tablero de distribución**

Los tableros de distribución se utilizan para distribuir la electricidad de manera segura en todas las instalaciones comerciales e industriales. Un tablero de distribución es un componente de un sistema eléctrico de distribución que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados Figura 11., al tiempo que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito, en un gabinete común. Los tableros de distribución proporcionan energía corriente abajo en el sistema eléctrico ya sea directamente a cargas grandes o a paneles que dividirán aún más la energía a circuitos derivados más pequeños para alimentar cargas más pequeñas. En instalaciones más pequeñas, el tablero de distribución puede alimentarse directamente de la red eléctrica, en cuyo caso se denomina tablero de distribución de “entrada de servicio”. Las empresas locales de servicios

públicos de electricidad generalmente tienen requisitos específicos para tableros de distribución de entrada de servicio. En grandes instalaciones comerciales o industriales, un tablero de distribución recibirá energía de un disyuntor de corriente arriba montado en un ensamblaje de subestaciones de control [22].



**Figura 11.** Tablero de distribución.

### **1.2.8. Tablero de transferencia**

Los tableros de transferencia son de gran utilidad en industrias, hogares o edificaciones comerciales, donde se requiere un sistema de respaldo de energía. Estos pueden ser contruidos para el uso de transferencia automática o manual según la necesidad puntual [23].

Los tableros de transferencias Figura 12. le dan energía al generador o planta eléctrica que se desee conectar, es tan fácil con solo presionar un interruptor durante un apagón. Se puede instalar un interruptor de transferencia manual para usar con un generador portátil o tener un interruptor de transferencia de generador automático instalado para usar con un generador de reserva [24].



**Figura 12.** Tablero de transferencia automática.

Ya sean manuales o automáticos, los tableros de transferencia harán que dejes de preocuparte por quedarte en un apagón. Sin duda alguna es de bastante utilidad tenerlos siempre. Al considerar la compra de un generador eléctrico, para el uso residencial o comercial, es pertinente evaluar la posibilidad de incorporar un tablero de transferencia.

Un interruptor de transferencia le permite alimentar de manera fácil y segura lo más indispensable, como: su refrigerador, un horno o cualquier electrodoméstico. Piénsalo: la energía para estos dispositivos puede provenir de su servicio público o de su generador, pero no de ambos. El interruptor de transferencia funciona al tener un conjunto dedicado de interruptores para cada uno de los circuitos que desea alimentar [24].

### **1.2.9. Interruptor caja moldeada**

En la Figura 13. podemos observar un interruptore de Caja Moldeada o Moulded Case Circuit Breaker (MCCB), están diseñados para la protección de circuitos de sistemas de distribución en Baja Tensión de carácter Industrial. Su principal función es la protección contra las sobrecargas y cortocircuitos.



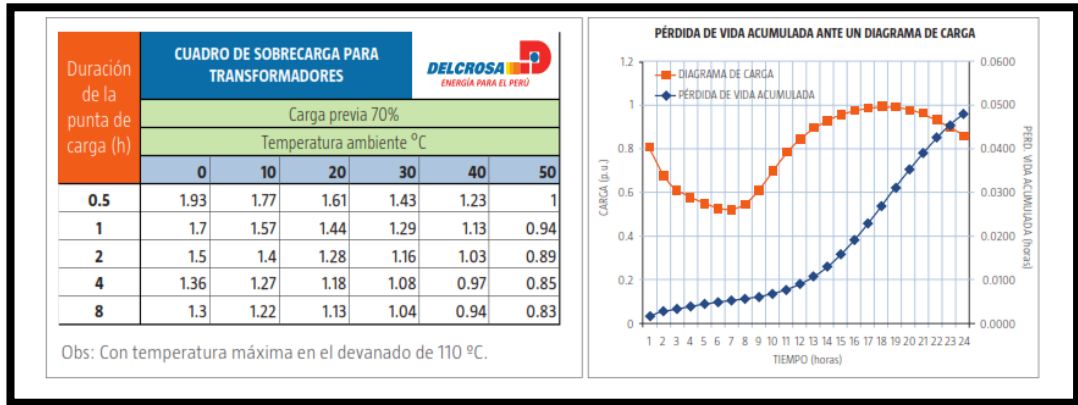
**Figura 13.** Interruptor-Disyuntor Caja Moldeada Trifásico.

Cuando la potencia absorbida es superior a la prevista se produce una sobrecarga. En este momento la corriente supera a la soportada por los cables y es por ello que es necesario actuar. La protección en este tipo de fallo puede ser no instantánea ya que es un fenómeno lento. En cambio, ante un cortocircuito (sobrecorriente elevada), se ha de actuar de un modo instantáneo. Por lo tanto, un interruptor de Caja Moldeada ha de proteger con toda seguridad las instalaciones eléctricas contra las sobreintensidades, independientemente de cuál sea su valor, siempre estando comprendido entre la intensidad nominal del interruptor y la correspondiente de su poder de ruptura [25].

#### **1.2.10. Sobrecarga en transformadores de potencia**

Un transformador se caracteriza por su potencia asignada (antiguamente llamada potencia nominal) que es aquella potencia para la cual se alcanzan las temperaturas límites indicadas en la norma IEC 60 076-2. Esta potencia asignada se obtiene como producto de la tensión asignada y de la intensidad asignada (o nominal), valores ambos que se indican en la placa de características del transformador. Se dice que un transformador está en sobrecarga cuando el transformador entrega a la carga una corriente superior a la nominal, de forma que durante un tiempo más o menos largo se sobrepasan las temperaturas, las

sobrecargas acortan la vida normal del transformador e implica un grado de riesgo para la red a la que está conectado [26].



**Figura 14.** Cuadro de sobrecarga de un transformador.

**Fuente:** [26].

### 1.2.11. ISO 5 001

Esta norma es de aplicación en todo tipo de empresas y organizaciones independientemente de su tamaño o actividad. El objetivo principal de esta Norma es integrar la Gestión de la energía en todos sus aspectos, dentro de una organización con el sistema de Gestión de la Empresa, abarcando desde la compra de energía y materias primas hasta las medidas a adoptar en la empresa para promover el ahorro energético.

Como todas las Normas ISO de reciente creación, promueven además la integración de la Gestión de la Energía con los demás sistemas de gestión existentes, ya sean de gestión de Calidad (ISO 9 001) como sistemas de gestión medioambiental ISO 14 001 u otros. Por otro lado, la sistematización de los procesos de gestión de la energía, instaurados por el SGEN (Sistema de Gestión de la Energía) la Norma ISO 5 001 nos garantiza eficiencia de las medidas adoptadas, con los paradigmas comunes de las normas ISO: Responsabilidad de la dirección, comunicación y participación de todos las partes de la empresa, planificación de objetivos, puesta en marcha de los planes y finalmente con la revisión y mejora continua del sistema [27].

### 1.2.12. ISO 5 002

El propósito de esta Norma Internacional es definir el conjunto mínimo de requisitos para identificar las oportunidades de mejora del desempeño energético.

Una auditoría energética comprende un análisis del desempeño energético de una organización, equipo, sistema(s) o proceso(s). Está basada en una medición y observación apropiadas del uso de la energía, eficiencia energética y consumo. Las auditorías energéticas se planifican y realizan como parte de la identificación y priorización de las oportunidades de mejora del desempeño energético, reducción del desperdicio de energía y obtención de los beneficios medioambientales relacionados.

Los resultados de la auditoría incluyen información sobre el consumo y desempeño actuales de la energía y proporcionan recomendaciones priorizadas para la mejora en términos de desempeño energético y beneficios financieros. Una auditoría energética puede servir de apoyo a una revisión energética y facilitar el seguimiento, medición y análisis, descritos en la Norma ISO 5 001, o ser utilizada independientemente. Esta Norma Internacional permite diferencias en el enfoque y en términos de alcance, límites y objetivos de la auditoría, y busca armonizar los aspectos comunes de las auditorías energéticas con el fin de mejorar la claridad y transparencia.

El proceso de auditoría energética se presenta como una secuencia cronológica simple, pero esto no excluye iteraciones repetidas de ciertos pasos. La parte principal de esta Norma Internacional cubre los requisitos generales y el marco común para todas las auditorías energéticas, que pueden ser complementadas por normas de auditoría nacionales equivalentes. En esta Norma Internacional, se utilizan las siguientes formas verbales:

“debe” indica un requisito;

“debería” indica una recomendación;

“puede” indica un permiso, una posibilidad o una capacidad [28].



### **1.3.Fundamentación metodológica**

#### **1.3.1. Enfoque**

##### **Enfoque cuantitativo**

Usa recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. En este presente proyecto de investigación vamos a aplicar un enfoque cuantitativo ya que vamos a realizar diferentes mediciones de magnitudes eléctricas, un análisis del sistema con la toma de datos, un análisis de la red eléctrica para obtener los valores de consuno energético y determinar las mejores soluciones a los problemas presentados.

Además, se aplicó un enfoque del tipo descriptivo donde se analizó dos métodos los cuales permiten el desarrollo y la posterior sustentación de la propuesta investigativa tomando como base la eficiencia energética y la calidad de energía para la demanda proyectada en la empresa.

#### **1.3.2. Metodología**

##### **Modalidad de la investigación**

Para el desarrollo de la propuesta investigativa se aplicó una serie de métodos de investigación.

##### **Método bibliográfico**

Este método es importante debido a que permite la obtención de información indispensable contenida en las investigaciones realizadas sobre el tema, ya que por medio de la bibliografía existente se establece de manera científica un marco

teórico, donde se presenta la información sobre los antecedentes de investigación, bases teóricas, materiales y equipos.

### **Método de campo**

La utilización de este método permite la recopilación de información de manera precisa en el sitio donde se va a realizar la investigación.

### **Métodos de análisis cualitativo**

Este se usa para entender palabras, ideas y experiencias. Puede usarse para interpretar información que fue recolectada de preguntas abiertas en encuestas y entrevistas, reseñas literarias, estudios de caso y otras fuentes que usen texto en vez de números, así como usando métodos de muestreo no probabilísticos.

Para el presente proyecto de investigación se utilizó un enfoque del tipo descriptivo donde se analizó dos métodos los cuales permiten el desarrollo y la posterior sustentación de la propuesta investigativa tomando como base la eficiencia energética y la calidad de energía para la demanda proyectada en la empresa.

### **1.3.3. Variables**

**Tabla 2.** Variable independiente y dependiente.

<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Eficiencia energética y calidad de energía en la empresa alimenticia Agua Santa.	Análisis de redes, Diagramas unifilares, Tableros de distribución.

### **1.3.4. Técnicas**

Las técnicas empleadas en este proyecto fue la observación y experimentación.

A través de la técnica de observación procedimos a realizar tabulaciones de datos de consumo de cada uno de los equipos existentes, detalle de equipos instalados por áreas, un detalle general de potencia instalada en toda la empresa, así como también el etiquetado y revisión de las protecciones eléctricas de los tableros de distribución que están destinadas para las diferentes máquinas y equipos.

A través de la técnica de experimentación se realizó los cálculos correspondientes de la demanda actual, potencia instalada, así como también de la demanda proyectada, y dar soluciones a los problemas que se presentan en calidad de energía.

### **1.3.5. Instrumentos de investigación**

Los instrumentos o elementos utilizados para el desarrollo de la actual propuesta investigativa están en base a eficiencia energética y calidad de energía para brindar posibles soluciones eléctricas en la empresa, entre las cuales se encuentran los analizadores de redes, voltímetros, amperímetros, multímetros, así como también el Megohmetro para determinar el estado de los conductores eléctricos de distribución.

#### **Investigación descriptiva**

Este tipo de investigación realiza un informe detallado sobre el fenómeno de estudio y sus características, busca tener una información clara sobre el objeto estudiado.

#### **Investigación teórica**

Tiene por objetivo la generación de conocimiento, sin importar su aplicación práctica. En este caso, se recurre a la recolección de datos para generar nuevos conceptos generales.

## 1.4.Conclusiones

- La eficiencia energética y la calidad de energía son puntos muy importantes en el tema de distribución eléctrica ya sea en alta, media o baja tensión, en instalaciones industriales y domiciliarias el tener eficiencia energética nos favorece tanto económicamente, como en el alargar la vida útil de los diferentes equipo eléctricos, en industrias la eficiencia energética y la calidad de energía van de la mano, ya que tienen mucho que ver con la calidad de productos o servicios que se ofrece, porque al tener un pequeño fallo en la red de suministro eléctrico las máquinas también presentan fallos.
- Un adecuado análisis y planificación de una red de distribución brindan confiabilidad al sistema y al usuario, es por ello que una red de distribución siempre se la debe calcular para abastecer una demanda mayor proyectada a futuro, sin embargo con el pasar del tiempo estos cálculos proyectados se ven insuficientes ya que las empresas o industrias van ampliando su oferta de productos o servicios, y se requiere realizar un rediseño en sus instalaciones y mejorar la calidad del suministro energético.
- En instalaciones industriales es muy importante el disponer de planos unifilares que permita al operario un fácil entendimiento del sistema, operación de los disyuntores, y detección de fallas de la manera más rápida, en muchas ocasiones resulta difícil el disponer planos por una mala planificación y una inadecuada ingeniería, también porque las instalaciones tienen rediseños y no registran históricos de mantenimientos o cambios.

## **CAPÍTULO II. PROPUESTA**

### **2.1. Título del proyecto**

Proyección de la demanda, cambio de transformador de potencia y migración de cargas en la Compañía Alimenticia Agua Santa “ALIAGUASANTA” CIA. LTDA. del cantón Salcedo.

### **2.2. Objetivo del proyecto**

Realizar el estudio de las cargas existentes y proyectadas para determinar la capacidad del nuevo transformador de potencia, aplicando normativas eléctricas ecuatorianas y provinciales, para mejorar la calidad de energía y el abastecimiento energético en la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA Cia. Ltda. del cantón Salcedo.

### **2.3. Descripción de la propuesta**

Para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto de investigación se propone realizar una proyección de la demanda en la compañía alimenticia Agua Santa del cantón Salcedo y determinar si las instalaciones actuales estarían aún en capacidad de abastecer el suministro energético, como punto primordial consideraremos los diferentes aspectos y recomendaciones descritas en la normativa ISO 5 001 e ISO 5 002.

La empresa Agua Santa tiene como principal objetivo el procesamiento de productos alimenticios y en todo su proceso la energía eléctrica es el punto primordial de la producción es por ello que los sistemas eléctricos tienen como finalidad básica dar atención a los consumidores cumpliendo normativas, leyes, seguridades aceptables y al menor costo posible.

Sin embargo, los sistemas eléctricos están siempre expuestos a problemas que puedan llevar a la interrupción y mala calidad del suministro de energía eléctrica a los consumidores, con la posibilidad de originar serios trastornos, como, por ejemplo: pérdida de la producción, pérdida de la materia prima, deterioro temprano de las instalaciones y elevado costo de los mantenimientos.

Previo al inicio del proyecto de investigación se realizará una reunión con el personal de mantenimiento y personal eléctrico externo que presta servicio en la empresa, para determinar el estado de las instalaciones y tener un panorama más claro de cómo se encuentra distribuida toda la instalación eléctrica.

El primer trabajo que se va a realizar es el levantamiento de información de todas las cargas instaladas actualmente en la empresa, y determinar la carga total instalada, además se va a realizar una proyección de la demanda con los datos de la maquinaria que se prevé instalar en un futuro y así determinar si el transformador y las instalaciones están en capacidad de cubrir esta necesidad energética o se deberá realizar cambios en su sistema.

Posterior al levantamiento de información como segundo punto se realizará conjuntamente con un encargado del área eléctrica tanto de planta como externo el diagrama unifilar de toda la instalación eléctrica de la empresa y así tener un mejor manejo y gestión de mantenimiento en cuanto a la presencia y corrección de fallas eléctricas.

En un tercer apartado realizaremos análisis de la red eléctrica de la empresa para determinar si existe la presencia de armónicos, un desequilibrio en sus fases, corrientes de fuga por el neutro o aún más la sobrecarga del transformador, para ello utilizaremos dos analizadores de redes un equipo FLUKE 1 736, y un equipo KEW 6 310. El fenómeno de distorsión armónica se refleja en algunos factores imperceptibles como, por ejemplo: circulación de corrientes altas por el neutro, disparos súbitos relés termo magnéticos, sobre temperaturas en transformadores, cables, relés de protección. entre otros, además de estos factores en la actualidad

los procesos de automatización han tenido un desarrollo tecnológico a grandes pasos, con ello también la electrónica de potencia que ha producido una generación de equipos de alta capacidad, alto rendimiento y bajo costo siendo cargas no lineales altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico, principalmente variadores de frecuencia y arrancadores suaves que se usan para controlar motores de los diferentes equipos de producción, siendo perturbado el suministro eléctrico por su propia presencia.

Gracias a los dos equipos analizadores de redes eléctricas podremos determinar la calidad de energía que es un término utilizado para describir una combinación de características a través de las cuales los servicios del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente. Esto significa en la práctica, contar con un servicio de buena calidad, costos viables, de un funcionamiento adecuado, seguro y confiable de equipos y procesos sin afectar el ambiente o el bienestar de las personas.

Una vez obtenidos los datos con los dos equipos y con la información obtenida del levantamiento previo se procederá a realizar el análisis de las diferentes magnitudes eléctricas para determinar anomalías, fallas preexistentes, sobrecargas, si existe o no presencia de armónicos, con la aplicación de cálculos y normativas vigentes en el sector eléctrico nacional. Al detectarse alguna falla en el sistema se procederá a buscar diferentes alternativas de solución y corrección, finalmente se elaborará un informe con todos los datos obtenidos y soluciones presentadas, para realizar un nuevo análisis de la red y verificar si las correcciones aplicadas fueron las correctas.

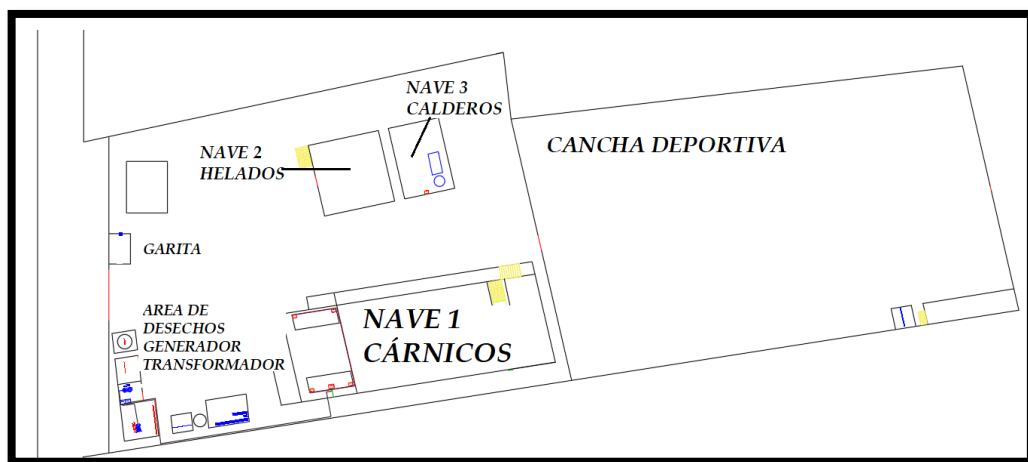
## **2.4. Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados**

### **2.4.1. Descripción del entorno**

La compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA Cia. Ltda. se dedica a fabricación de productos cárnicos: salchichas, salchichón, chorizo, salame,

morcillas, mortadela, patés, chicharrones finos, jamones, embutidos, snacks, helados, bebidas entre otros; la compañía Agua Santa se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, barrio Rumipamba la universidad, sector San Pedro, en su infraestructura consta de 3 naves, dos de producción y una de calderos, además de una cancha deportiva, área de transformador, generador, garita y desechos ver Figura 15.

En la parte superior de la nave 1 se encuentra un tablero de distribución, el cual suministra de electricidad a toda la empresa, de ahí se derivan los diferentes circuitos eléctricos hacia maquinarias o sub tableros de distribución, hacia este tablero principal llegan dos corridas por fase con cable 250 MCM y una corrida de cable 250 MCM para neutro y tierra respectivamente. Todo el cableado de la empresa es alojado en bandejas portacables y debidamente asegurados.



**Figura 15.** Infraestructura y distribución de áreas y naves de la empresa.

#### **2.4.2. Reunión con el personal de mantenimiento y levantamiento de información de las diferentes áreas.**

Con la ayuda del personal de mantenimiento y el personal externo encargado del área eléctrica de la compañía alimenticia Agua Santa se tiene una reunión previa para tratar diferentes temas de interés para las tres partes (Mantenimiento, Personal Eléctrico Externo, Tesista), para coordinar los diferentes trabajos a



realizarse, explicación in situ de cómo se encuentra la distribución eléctrica en la empresa, y además gestionar los permisos para ingreso a las áreas de producción.

Como punto de partida se realiza el levantamiento de información de las cargas existentes en el área de purificación de agua, posterior al área de envasado de bebidas y para finalizar la nave 1 correspondiente al proceso de cárnicos ver Tabla 3, estos datos obtenidos se los excluye de las demás áreas por ser el área de mayor consumo por su maquinaria instalada y así tener una mejor referencia de cómo están distribuidas las áreas.

**Tabla 3.** Información de equipos y datos de carga nave 1

<b>Descripción del equipo</b>	<b>Potencia HP</b>	<b>Potencia kW</b>	<b>Alimentación Voltaje</b>	<b>Corriente Consumida Amperios</b>	<b>Potencia Total kVA</b>
Unidad de frio 1	8	5,97	3Ph / 220 V	48,00	6,28
Unidad de frio 2	8	5,97	3Ph / 220 V	48,00	6,28
Unidad de frio 3	8	5,97	3Ph / 220 V	48,00	6,28
Unidad de frio 4	8	5,97	3Ph / 220 V	48,00	6,28
Unidad de frio 5	5	3,73	1Ph / 220 V	14,00	3,92
Unidad de frio 6	2	1,49	1Ph / 220 V	9,00	1,57
Unidad de frio 7	5	3,73	1Ph / 220 V	16,00	3,92
Unidad de frio 8	5	3,73	3Ph / 220 V	26,00	3,92
Unidad de frio 9	8	5,97	3Ph / 220 V	24,00	6,28
Unidad de frio 10	2	1,49	1Ph / 220 V	9,00	1,57
Compresor de aire	10	7,46	3Ph / 220 V	54,00	7,85
Secador de aire	1,5	1,12	3Ph / 220 V	5,00	1,18
Transformador elevador 220/440 V	75	55,93	3Ph / 220 V	120,00	58,87
Blower	2	1,49	1Ph / 220 V	2,70	1,57
Bomba de agua sumergible	7,5	5,59	3Ph / 220 V	26,00	5,89
Bomba de agua 1	1	0,75	3Ph / 220 V	1,60	0,78
Bomba de agua 2	2	1,49	3Ph / 220 V	5,42	1,57
Bomba de agua 3	2	1,49	3Ph / 220 V	6,00	1,57
Bomba de agua 4	1	0,75	3Ph / 220 V	1,50	0,78
Hielera 1	5,5	4,10	3Ph / 220 V	17,00	4,32
Hielera 2	1	0,75	3Ph / 220 V	5,00	0,78
Hielera 3	2	1,49	3Ph / 220 V	9,00	1,57
Selladora automática 1	1	0,75	3Ph / 220 V	16,00	0,78

Descripción del equipo	Potencia HP	Potencia kW	Alimentación Voltaje	Corriente Consumida Amperios	Potencia Total kVA
Selladora automática 2	1	0,75	3Ph / 220 V	16,00	0,78
Selladora de fundas grande	3,5	2,61	3Ph / 220 V	12,00	2,75
Fechadora 1	0,16	0,12	1Ph / 127 V	3,00	0,13
Fechadora 2	0,16	0,12	1Ph / 127 V	3,00	0,13
Selladora manual 1	1	0,75	1Ph / 127 V	16,00	0,78
Selladora manual 2	1	0,75	1Ph / 127 V	16,00	0,78
Selladora manual 3	2,5	1,86	3Ph / 220 V	9,00	1,96
Banda transportadora 1	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,00	0,39
Banda transportadora 2	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,00	0,39
Rebanadora	2	1,49	1Ph / 220 V	12,00	1,57
Empacadora grande de mortadela	8	5,97	3Ph / 220 V	54,00	6,28
Freidora	6	4,47	1Ph / 220 V	24,00	4,71
Olla	0,5	0,37	1Ph / 127 V	3,20	0,39
Ralladora	2	1,49	1Ph / 127 V	9,50	1,57
Mezcladora	1,5	1,12	3Ph / 220 V	6,00	1,18
Molino	7	5,22	3Ph / 220 V	30,00	5,49
Cooter	6	4,47	3Ph / 220 V	40,00	4,71
Molino grande	15	11,19	3Ph / 220 V	73,00	11,77
Sierra	1,5	1,12	1Ph / 220 V	8,00	1,18
Embutidor	2	1,49	3Ph / 220 V	12,00	1,57
Embutidor grande	20	14,91	3Ph / 220 V	44,00	15,70
LPG	2	1,49	3Ph / 220 V	10,00	1,57
Clipiadora	4	2,98	3Ph / 220 V	16,00	3,14
Horno	8	5,97	3Ph / 220 V	40,00	6,28
Balanza 1	0,25	0,19	3Ph / 220 V	2,00	0,20
Balanza 2	0,25	0,19	3Ph / 220 V	2,00	0,20
Extractor de olores 1	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,10	0,39
Extractor de olores 2	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,10	0,39
Envasadora Ultralimpia	5	3,73	3Ph / 220 V	30,00	3,92
Purificadora de agua	8	5,97	3Ph / 220 V	37,00	6,28
Bomba sumergible	5	3,73	3Ph / 220 V	20,00	3,92
<b>Cargas estimadas de consumo</b>					
Iluminación nave 1	8	5,97	N/A	N/A	6,28
<b>TOTAL, kW INSTALADOS</b>		219,10	<b>TOTAL, kVA</b>		230,63

Continuando con este apartado, se realiza el levantamiento de información de cargas en la nave 2 y nave 3 que corresponde al área de preparación de helados y el área de calderos ver Tabla 4, estas áreas son de menor impacto en el consumo energético, pero no hay que restarles importancia ya que se encuentran también equipos muy importantes para la producción de la empresa, como lo es unidades de frio y calderos.

**Tabla 4.** Información de equipos y datos de carga nave 2 y 3

Descripción del equipo	Potencia HP	Potencia kW	Alimentación Voltaje	Corriente Consumida Amperios	Potencia Total kVA
Marmita Agitador 1	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,20	0,39
Marmita Agitador 2	0,25	0,19	3Ph / 220 V	1,30	0,20
Marmita Agitador 3	1	0,75	3Ph / 220 V	3,20	0,78
Marmita Agitador 4	1	0,75	3Ph / 220 V	3,21	0,78
Marmita Agitador 5	1	0,75	3Ph / 220 V	8,38	0,78
Marmita Agitador 6	1	0,75	3Ph / 220 V	5,00	0,78
Marmita Agitador 7	1	0,75	3Ph / 220 V	5,00	0,78
Bomba de agua 5	1	0,75	3Ph / 220 V	1,60	0,78
Bomba de agua 6	1	0,75	3Ph / 220 V	2,10	0,78
Bomba de agua 7	1	0,75	3Ph / 220 V	2,10	0,78
Bomba de agua 8	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,20	0,39
Bomba de agua 9	1	0,75	3Ph / 220 V	2,00	0,78
Torre de enfriamiento	2	1,49	3Ph / 220 V	6,00	1,57
Bomba de agua caliente Aurora	5	3,73	3Ph / 220 V	13,60	3,92
Bomba de condensado caldero	1	0,75	1Ph / 220 V	4,20	0,78
Chiller	4,5	3,36	3Ph / 220 V	13,00	3,53
Bomba de vacío	3	2,24	1Ph / 220 V	11,00	2,35
<b>Caldero 30 BTU</b>					
Quemador del caldero	0,5	0,37	1Ph / 220 V	4,20	0,39
Bomba de agua del caldero	3	2,24	3Ph / 220 V	8,00	2,35
Banco de Agua helada	15	11,19	3Ph / 220 V	50,00	11,77
Esmeril	0,5	0,37	1Ph / 127 V	5,00	0,39
Enfriadora Congeladora Helados 1	3	2,24	3Ph / 220 V	12,00	2,35
Enfriadora Congeladora Helados 2	3	2,24	3Ph / 220 V	16,00	2,35
Enfriadora Congeladora Helados 3	3	2,24	3Ph / 220 V	16,00	2,35

Descripción del equipo	Potencia HP	Potencia kW	Alimentación Voltaje	Corriente Consumida Amperios	Potencia Total kVA
Licuada 1	2	1,49	1Ph / 220 V	9,25	1,57
Licuada 2	1,5	1,12	1Ph / 127 V	18,60	1,18
Licuada 3	1,5	1,12	1Ph / 127 V	18,60	1,18
Licuada 4	2	1,49	1Ph / 127 V	9,28	1,57
Nevera 1	0,28	0,208	1Ph / 127 V	3,00	0,22
Nevera 2	0,34	0,252	1Ph / 127 V	2,32	0,27
Nevera 3	0,40	0,300	1Ph / 127 V	3,40	0,32
Nevera 4	0,28	0,208	1Ph / 127 V	3,00	0,22
Nevera 5	0,40	0,300	1Ph / 127 V	3,40	0,32
Nevera 6	0,04	0,030	1Ph / 127 V	3,40	0,03
Nevera 7	0,34	0,252	1Ph / 127 V	2,32	0,27
Nevera 8	0,34	0,252	1Ph / 127 V	2,32	0,27
Nevera 9	0,40	0,300	1Ph / 127 V	3,40	0,32
Nevera 10	0,47	0,350	1Ph / 127 V	5,00	0,37
Nevera 11	0,41	0,305	1Ph / 127 V	3,40	0,32
Nevera 12	0,34	0,252	1Ph / 127 V	2,80	0,27
Trituradora de coco	2	1,49	1Ph / 220 V	9,00	1,57
Extractor de jugos	2	1,49	1Ph / 127 V	12,00	1,57
Selladora automática 1	1	0,75	3Ph / 220 V	16,00	0,78
Selladora automática 2	1	0,75	3Ph / 220 V	16,00	0,78
Selladora de fundas grande	3	2,24	3Ph / 220 V	12,00	2,35
Fechadora 3	0,6	0,45	1Ph / 127 V	0,40	0,47
Selladora manual 4	2	1,49	1Ph / 127 V	13,60	1,57
Empacadora al vacío	7,5	5,59	3Ph / 220 V	26,90	5,89
Extractor de olores 3	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,10	0,39
Extractor de olores 4	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,10	0,39
<b>Cargas estimadas de consumo</b>					
Iluminación nave 2 y nave 3	10	7,46	N/A	N/A	7,85
<b>TOTAL, kW INSTALADOS</b>		70,76	<b>TOTAL, kVA</b>		74,48

Para finalizar la recolección de datos como punto final se obtiene datos de los equipos instalados en la cancha deportiva, garita, área de desechos, generador y tanque de Diesel ver Tabla 5.

**Tabla 5.** Información de equipos y datos de carga cancha deportiva, garita, área de desechos, generador, tanque de Diesel.

Descripción del equipo	Potencia HP	Potencia kW	Alimentación Voltaje	Corriente Consumida Amperios	Potencia Total kVA
Bomba de agua 10	2	1,49	3Ph / 220 V	5,00	1,57
Bomba de agua 11	4	2,98	3Ph / 220 V	9,00	3,14
Carga domiciliaria	5	3,73	N/A	40,00	3,92
Oficinas y garita	5	3,73	N/A	40,00	3,92
Cancha de futbol	10	7,46	N/A	60,00	7,85
<b>TOTAL, kW INSTALADOS</b>		19,39	<b>TOTAL, kVA</b>		20,41

Con todos los datos obtenidos se realiza un estimado de consumo energético de la empresa en kW y kVA para determinar si el transformador aún está en la capacidad de cubrir la demanda instalada actualmente ver Tabla 6, y a un futuro cubrir con la demanda proyectada, para ello se realizará un nuevo estudio con las nuevas cargas de las diferentes máquinas previstas a instalarse.

**Tabla 6.** Estimado total de potencia activa y aparente.

DESCRIPCIÓN	Total, Potencia kW	Total, Potencia kVA
NAVE 1	219,10	230,63
NAVE 2 y NAVE 3	70,76	74,48
CANCHAS, GARITA, OFICINAS	19,39	20,41
<b>TOTAL, kW y kVA</b>	309,25	325,52

Como podemos observar de nuestro análisis de recolección de datos e información de cargas de los equipos, la carga instalada es superior a la potencia del transformador teniendo así: carga instalada 325 kVA y la potencia del transformador es 250 kVA, la mayor carga instalada se encuentra en la nave 1 correspondiente al área de preparación de cárnicos, con el equipo de mayor consumo el COOTER por su transformador elevador.

Cabe recalcar que la carga instalada no entra en funcionamiento a su 100% todos los días, se tiene funcionamientos alternados a la semana según planificación de

producción, de esta carga total instalada se puede estimar que el funcionamiento en su totalidad es 270 kVA ya que hay equipos de reserva en la nave 1 que entran en funcionamiento cuando existe averías en las demás maquinarias, para lo cual se realiza un nuevo estimado de carga retirando de nuestro análisis estos equipos que se encuentran en reserva, teniendo un nuevo análisis de la nave 1 ver Tabla 7.

**Tabla 7.** Información de equipos y datos de carga nave 1 sin considerar equipos en reserva.

Descripción del equipo	Potencia HP	Potencia kW	Alimentación Voltaje	Corriente Consumida Amperios	Potencia Total kVA
Unidad de frio 1	8	5,97	3Ph / 220 V	48,00	6,28
Unidad de frio 2	8	5,97	3Ph / 220 V	48,00	6,28
Unidad de frio 5	5	3,73	1Ph / 220 V	14,00	3,92
Unidad de frio 6	2	1,49	1Ph / 220 V	9,00	1,57
Compresor de aire	10	7,46	3Ph / 220 V	54,00	7,85
Secador de aire	1,5	1,12	3Ph / 220 V	5,00	1,18
Transformador elevador 220/440 V	75	55,93	3Ph / 220 V	120,00	58,87
Blower	2	1,49	1Ph / 220 V	2,70	1,57
Bomba de agua sumergible	7,5	5,59	3Ph / 220 V	26,00	5,89
Bomba de agua 1	1	0,75	3Ph / 220 V	1,60	0,78
Bomba de agua 2	2	1,49	3Ph / 220 V	5,42	1,57
Hielera 1	5,5	4,10	3Ph / 220 V	17,00	4,32
Selladora de fundas grande	3,5	2,61	3Ph / 220 V	12,00	2,75
Fechadora 1	0,16	0,12	1Ph / 127 V	3,00	0,13
Fechadora 2	0,16	0,12	1Ph / 127 V	3,00	0,13
Selladora manual 1	1	0,75	1Ph / 127 V	16,00	0,78
Selladora manual 2	1	0,75	1Ph / 127 V	16,00	0,78
Banda transportadora 1	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,00	0,39
Rebanadora	2	1,49	1Ph / 220 V	12,00	1,57
Empacadora grande de mortadela	8	5,97	3Ph / 220 V	54,00	6,28
Molino grande	15	11,19	3Ph / 220 V	73,00	11,77
Sierra	1,5	1,12	1Ph / 220 V	8,00	1,18
Embutidor	2	1,49	3Ph / 220 V	12,00	1,57
Embutidor grande	20	14,91	3Ph / 220 V	44,00	15,70
LPG	2	1,49	3Ph / 220 V	10,00	1,57
Clipiadora	4	2,98	3Ph / 220 V	16,00	3,14
Horno	8	5,97	3Ph / 220 V	40,00	6,28

Descripción del equipo	Potencia HP	Potencia kW	Alimentación Voltaje	Corriente Consumida Amperios	Potencia Total kVA
Balanza 1	0,25	0,19	3Ph / 220 V	2,00	0,20
Balanza 2	0,25	0,19	3Ph / 220 V	2,00	0,20
Extractor de olores 1	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,10	0,39
Extractor de olores 2	0,5	0,37	3Ph / 220 V	1,10	0,39
Envasadora Ultralimpia	5	3,73	3Ph / 220 V	30,00	3,92
Purificadora de agua	8	5,97	3Ph / 220 V	37,00	6,28
Bomba sumergible	5	3,73	3Ph / 220 V	20,00	3,92
<b>Cargas estimadas de consumo</b>					
Iluminación nave 1	8	5,97	N/A	N/A	6,28
<b>TOTAL, kW INSTALADOS</b>		166,90	<b>TOTAL, kVA</b>		175,69

Como se puede observar al no considerar los equipos en reserva la demanda total instalada en la nave 1 baja de una manera considerable teniendo así 175 kVA a comparación de los 230 kVA iniciales, de la misma manera se realiza el análisis total de datos nuevamente para estimar la demanda total ver Tabla 8.

**Tabla 8.** Cálculo total de potencia activa y aparente sin considerar cargas en reserva.

DESCRIPCIÓN	Total, Potencia kW	Total, Potencia kVA
NAVE 1	166,90	175,69
NAVE 2 y NAVE 3	70,76	74,48
CANCHAS, GARITA, OFICINAS	19,39	20,41
<b>TOTAL, kW y kVA</b>	257,05	270,58

Con la información de la tabla 8, corroboramos el estimado de potencia aparente descrito anteriormente, con estos análisis de datos comprobamos que la carga total instalada es superior a la capacidad del transformador aun cuando no entren en funcionamiento todos los equipos de la empresa.

#### **2.4.3. Diseño del diagrama unifilar de la instalación eléctrica existente en la empresa.**

Por medio de la ayuda del personal eléctrico externo de la empresa y el encargado del área eléctrica de mantenimiento de la empresa se inicia con el diseño del

diagrama unifilar de toda la distribución eléctrica de la empresa, teniendo como punto de partida el área de transformadores, siguiente el área de generador, tablero de transferencia y banco de condensadores, ya que es aquí donde inicia la distribución eléctrica principal hacia el tablero general de distribución eléctrica que se encuentra en la parte superior de la nave 1, y de este tablero se divide los circuitos de alimentación hacia las diferentes naves, áreas y maquinaria, así consecuentemente hasta tener como resultado final el diagrama unifilar Anexo 19. con su revisión y aprobación de todo el personal a cargo.

#### **2.4.4. Instalación del analizador de redes FLUKE 1 736, y KEW 6 310.**

Para comprobar los datos obtenidos del levantamiento de información de las cargas instaladas y determinar si el transformador se encuentra en sobre carga se instala dos analizadores de redes en el tablero de transferencia, y con los datos obtenidos vamos a realizar curvas de consumo y determinar si existe o no anomalías en el sistema.

Se procede a instalar el analizador de redes KEW 6 310, el primer paso es colocar las sondas amperimétricas Figura 16. las mismas que son colocadas en la acometida que va desde el transformador hacia el tablero de transferencia, esta acometida consta de dos corridas por fase con cable 250 MCM y una corrida con cable 250 MCM para neutro y tierra respectivamente.



**Figura 16.** Colocación de las sondas amperimétricas en la acometida principal.



El siguiente paso es colocar los cables de voltaje que deben ir uno en cada línea activa (fase) y así también en el neutro, esto es con el fin de determinar los voltajes línea-línea y voltaje línea neutro que está entregando el transformador hacia la empresa, como podemos observar en la Figura 17. se colocan los cables tipo lagarto que vienen junto con el analizador de redes y estos vienen diferenciados por colores para saber donde se los debe colocar.



**Figura 17.** Colocación de cables tipo lagarto en las líneas activas de la acometida y el neutro.

Una vez instaladas las sondas y los cables de voltaje del analizador de redes procedemos a programar el tiempo de análisis y los intervalos de tiempo, teniendo así un análisis de una semana desde el 01/03/2022 hasta el 07/03/2022, con intervalos de toma de datos de 10 minutos.

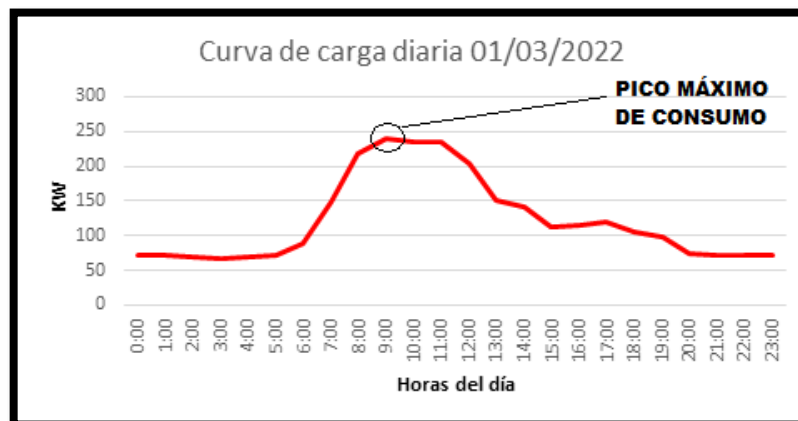
Una vez concluida la primera semana de análisis de la red eléctrica se obtiene una serie de datos los mismos que son tabulados y revisados para determinar las curvas de funcionamiento del transformador instalado en la empresa, de los datos generales se extrae los datos más relevantes Tabla 9, que es potencia máxima, media y mínima que aporta el transformador hacia la carga instalada, teniendo 3 días de mayor consumo del 03 de marzo al 05 de marzo del 2022, el transformador puede abastecer hasta un máximo de 225 kW y la potencia activa máxima suministrada en este periodo de tiempo es 258 kW, teniendo así que el

transformador estaría trabajando en un 114 % en las horas de mayor consumo energético durante la producción de la empresa, en los Anexos del 1 al 17 podemos apreciar los resultados del análisis obtenido de la semana de estudio, las curvas de consumo, mensual, semanal, promedio, las curvas de duración de la carga durante los 7 días de análisis.

**Tabla 9.** Cálculo de la potencia activa y aparente sin considerar cargas en reserva.

Día	Demanda máxima kW	Demanda media kW	Demanda mínima kW	Demanda máxima KVA	Demanda media KVA	Demanda mínima KVA
1/3/2022	246,33	106,34	63,33	259,29	111,94	66,66
2/3/2022	248,16	88,26	62,56	261,22	92,91	65,85
3/3/2022	258,43	84,55	69,93	272,03	89,00	73,61
4/3/2022	252,82	97,46	69,05	266,13	102,59	72,68
5/3/2022	253,32	89,84	65,14	266,65	94,57	68,57
6/3/2022	241,92	78,37	65,33	254,65	82,49	68,77
7/3/2022	231,71	79,36	62,94	243,91	83,54	66,25

Con la tabla general de datos se realiza las curvas diarias de consumo energético, como se puede observar en la Figura 18. correspondiente al día martes 01 de marzo del 2022, se registra un consumo máximo de 246 kW a las 09:00 am, hora donde se inicia la mayor parte de trabajos dentro de la empresa, de aquí en adelante se puede observar que esta demanda va disminuyendo y teniendo un pico máximo de consumo nuevamente a las 11:00 am y a partir de aquí se puede observar que la demanda disminuye considerablemente hasta llegar a valores mínimos de consumo.



**Figura 18.** Curva de consumo diaria correspondiente al 01/03/2022.

De la misma manera se realiza la curva diaria correspondientes a los días 02 de marzo Figura 19. registrando un consumo máximo de 248 kW, 03 de marzo Figura 20. con un consumo máximo de 258 kW, 04 de marzo Figura 21. con un consumo máximo de 252 kW, 05 de marzo Figura 22. con consumo máximo de 253 kW, 06 de marzo Figura 23. con un consumo máximo de 241 kW, y el 07 de marzo Figura 24. con un consumo máximo de 231 kW, hacemos referencia únicamente a los datos de consumo máximo ya que son los más relevantes para nuestro análisis y solución de problemas, porque los datos registrados en consumo medio y mínimo están dentro de los parámetros normales de funcionamiento del transformador.

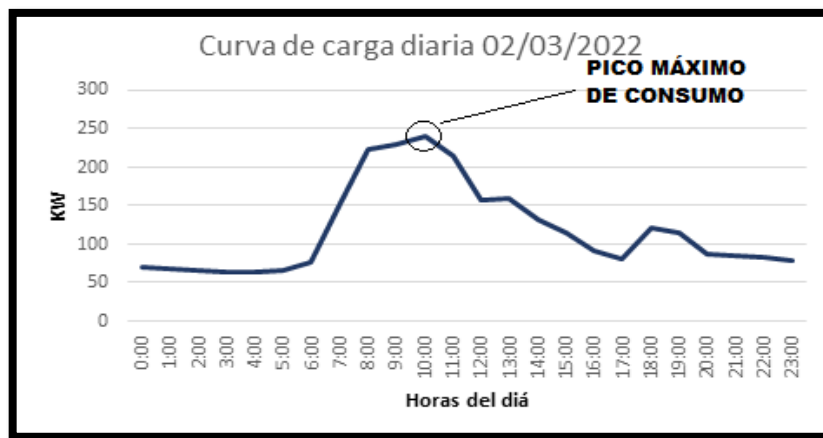


Figura 19. Curva de consumo diaria correspondiente al 02/03/2022.

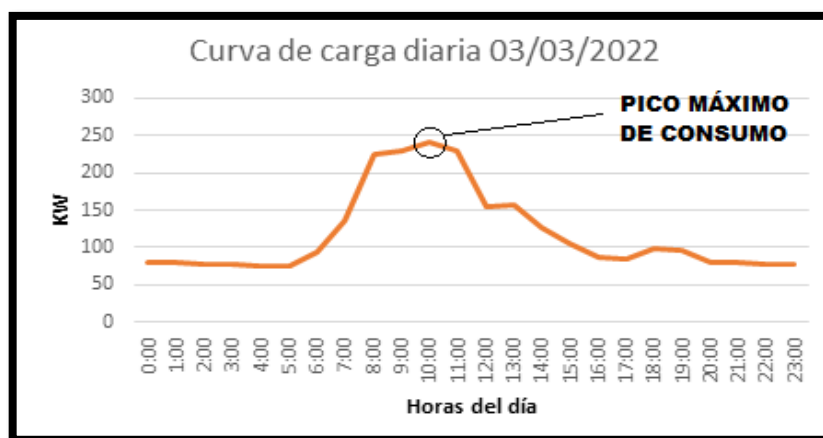


Figura 20. Curva de consumo diaria correspondiente al 03/03/2022.

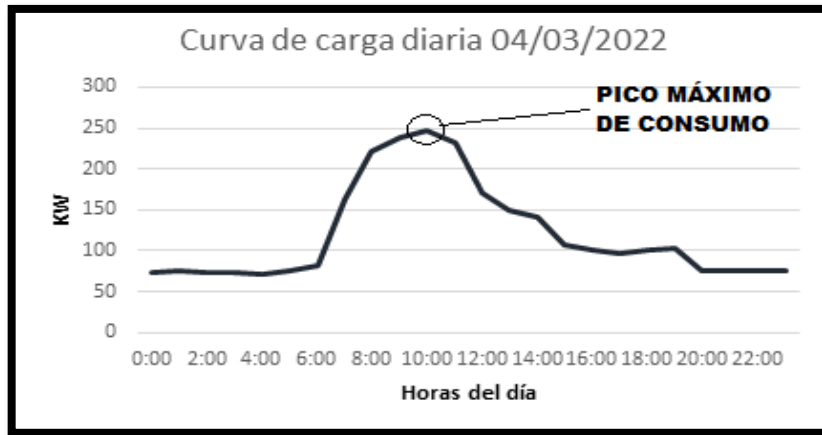


Figura 21. Curva de consumo diaria correspondiente al 04/03/2 022.



Figura 22. Curva de consumo diaria correspondiente al 05/03/2 022.

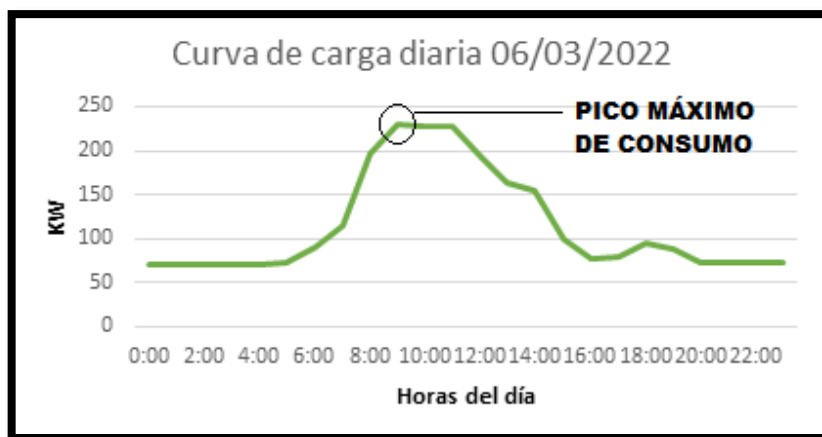
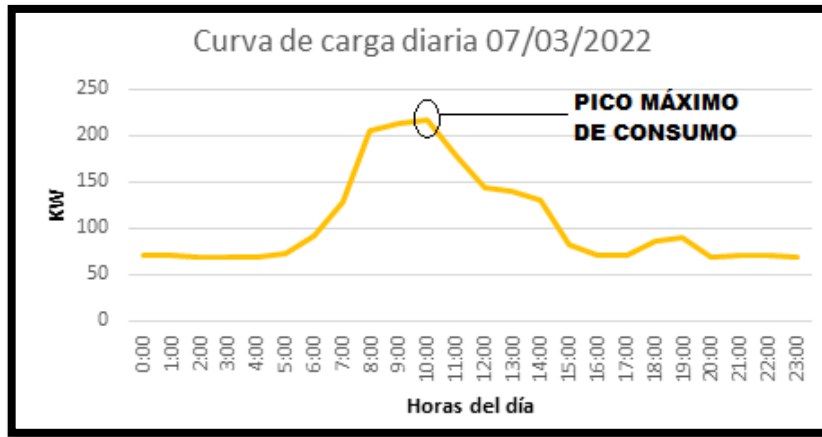
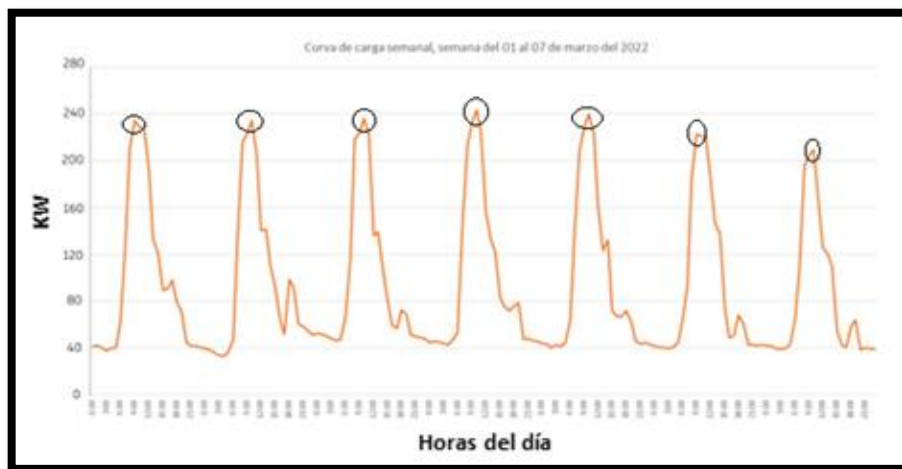


Figura 23. Curva de consumo diaria correspondiente al 06/03/2 022.



**Figura 24.** Curva de consumo diaria correspondiente al 07/03/2022.

Con las curvas diarias de consumo realizadas determinamos que los mayores valores registrados por nuestro analizador de redes instalado son entre las 07:00 am hasta las 12:00 pm, horas donde la producción de la empresa está al 100% en todas las áreas, a partir de las 12:00 pm el consumo energético en todos los días disminuye considerablemente, ya que una vez terminada la producción el personal tiene como actividades el empaque, etiquetado y almacenamiento del producto, y las maquinarias de proceso de mayor consumo ya no entran en funcionamiento, adicional a las curvas diarias de consumo se realizó la curva semanal de consumo Figura 25. para determinar cómo varía el consumo en el tiempo teniendo una curva con picos similares diariamente.



**Figura 25.** Curva de consumo semanal.

Para el desarrollo de las mediciones se conectó un analizador de redes FLUKE 1 736 en el tablero principal de transferencia, durante 7 días continuos en periodos de 10 minutos ya que esto es establecido por la regulación ARCONEL 005-18. De 1 005 muestras totales de las mediciones realizadas, de parámetros eléctricos se encontró que todos los datos obtenidos cumplen con la regulación, dentro de estos datos tenemos los valores máximo, medio y mínimo de Corriente Tabla 10., Voltaje Tabla 11., Potencia Activa Tabla 12., y Potencia Aparente Tabla 13., en el periodo del 01/03/2 022 al 07/03/2 022.

**Tabla 10.** Valores de corriente registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736.

<b>MEDIDAS DE CORRIENTE REGISTRADAS EN EL PERIODO DEL 01/03/2022 AL 07/03/2022</b>		
<b>LÍNEA</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (A)</b>
<b>L1</b>	MÁXIMO	697,07
	MEDIO	270,31
	MÍNIMO	19,53
<b>L2</b>	MÁXIMO	700,03
	MEDIO	287,01
	MÍNIMO	21,39
<b>L3</b>	MÁXIMO	709,58
	MEDIO	268,12
	MÍNIMO	19,63

**Tabla 11.** Valores de voltaje registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736

<b>MEDIDAS DE VOLTAJE REGISTRADOS EN EL PERIODO DEL 01/03/2022 AL 07/03/2022</b>		
<b>LÍNEA</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (V)</b>
<b>L1</b>	MÁXIMO	237,01
	MEDIO	222,69
	MÍNIMO	220,17
<b>L2</b>	MÁXIMO	237,03
	MEDIO	222,65
	MÍNIMO	220,15
<b>L3</b>	MÁXIMO	237,00
	MEDIO	222,68
	MÍNIMO	220,16

**Tabla 12.** Valores de potencia activa registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736

<b>MEDIDAS DE POTENCIA ACTIVA REGISTRADA EN EL PERIODO DEL 01/03/2022 AL 07/03/2022</b>		
<b>LÍNEA</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (W)</b>
<b>L1</b>	MÁXIMO	245 347,63
	MEDIO	107 382,12
	MÍNIMO	62 999,27
<b>L2</b>	MÁXIMO	245 347,63
	MEDIO	107 382,12
	MÍNIMO	62 999,27
<b>L3</b>	MÁXIMO	245 347,63
	MEDIO	107 382,12
	MÍNIMO	62 999,27

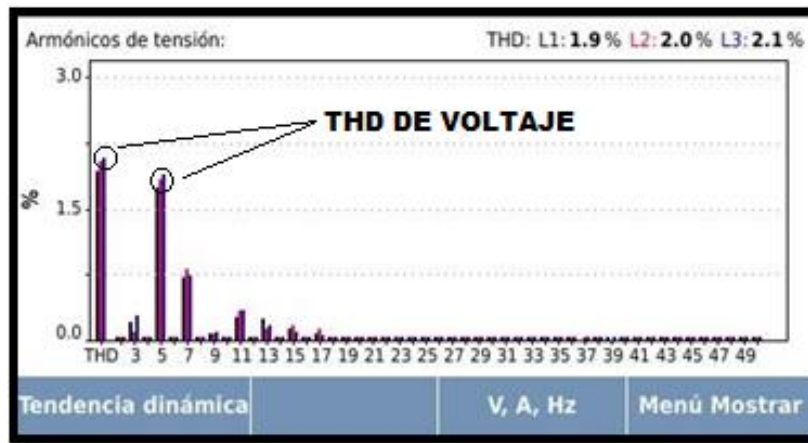
**Tabla 13.** Valores de potencia aparente registrados por el analizador de redes FLUKE 1 736

<b>MEDIDAS DE POTENCIA APARENTE REGISTRADA EN EL PERIODO DEL 01/03/2022 AL 07/03/2022</b>		
<b>LÍNEA</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (VA)</b>
<b>L1</b>	MÁXIMO	272 608,48
	MEDIO	119 313,47
	MÍNIMO	70 000,00
<b>L2</b>	MÁXIMO	273 608,48
	MEDIO	119 423,47
	MÍNIMO	69999,18
<b>L3</b>	MÁXIMO	272618,47
	MEDIO	119513,47
	MÍNIMO	69998,95

Al igual que en los casos anteriores se puede observar que el transformador se encuentra trabajando sobre sus límites máximos de operación es decir se encuentra con una sobre carga, para lo cual la solución inmediata es proyectar la nueva demanda y solicitar de manera urgente el cambio del transformador por uno de mayor capacidad.

En la Figura 26., se muestra los porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje, los valores máximos de registro THD son: Línea 1 (L1) es del 1,9 %, Línea 2 (L2) es del 2,0 %, Línea 3 (L3) es del 2,1%. Mientras que el límite máximo permitido por la norma IEEE 519-1981 es del 3 % para aplicaciones especiales y del 5 % para aplicaciones generales. Con este resultado se concluye que el sistema

eléctrico se encuentra con un nivel de distorsión armónica de VOLTAJE dentro de lo establecido en la norma, y no representa ningún problema para el buen funcionamiento del sistema eléctrico de la empresa.



**Figura 26.** Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje.

<b>Low-Voltage System Classification and Distortion Limits</b>			
	<b>Special Applications<sup>1</sup></b>	<b>General System</b>	<b>Dedicated System<sup>2</sup></b>
Notch Depth	10%	20%	50%
THD (voltage)	3%	5%	10%
Notch Area ( $A_N$ ) <sup>3</sup>	16 400	22 800	36 500

**NOTE:** The Value  $A_N$  for other than 480 V systems should be multiplied by  $V/480$ .  
<sup>1</sup> Special applications include hospitals and airports.  
<sup>2</sup> A dedicated system is exclusively dedicated to the converter load.  
<sup>3</sup> In volt-microseconds at rated voltage and current.

**Figura 27.** Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje admisibles según la normativa IEEE 519-1981.

**Fuente:** [29]

Como podemos observar en la figura 27, los armónicos de voltaje se encuentran dentro de los valores admisibles según la normativa IEEE 519-1981, sin embargo, en la Figura 28., se muestra el espectro de armónicos de corriente, los valores máximos de distorsión registrados de THD son: Línea 1 (L1) es del 9,7 %, Línea 2 (L2) es del 15,9 %, Línea 3 (L3) es del 9,4%. De acuerdo a la **Norma IEEE 519-92**, el índice de Distorsión armónica de corriente “THD” no debe sobrepasar el valor del 10%. Además, se puede observar que los porcentajes de distorsiones



armónicas de corriente de las líneas L1 y L3 están en el límite de los porcentajes dados por la norma, sin embargo, en la Línea L2 el porcentaje supera el valor normativo, debemos monitorear el comportamiento de las distorsiones cuando se aumente más cargas eléctricas (se instale más maquinas en la planta), por lo pronto podemos concluir que la distorsión armónica en corriente es moderada.

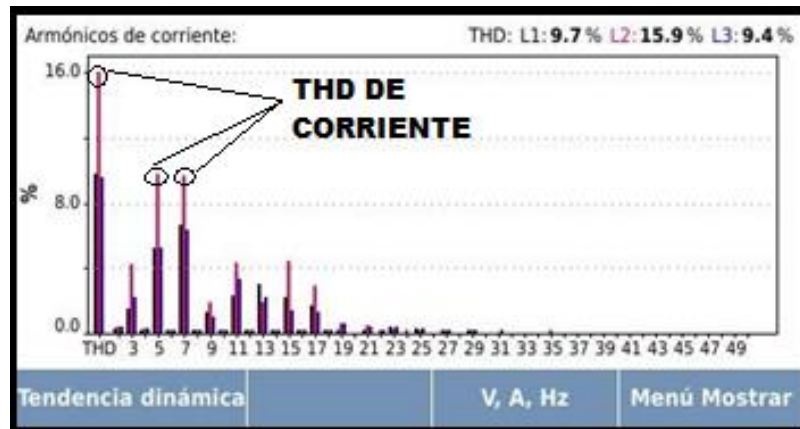


Figura 28. Porcentajes de distorsión de armónicos de corriente.

**Current Distortion Limits for General Distribution Systems (120 V Through 69.000V)**

Maximun Harmonic Current Distortion in Percent of  $I_L$   
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)

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

Where:  
 $I_{sc}$  = Maximun short-circuit current at PCC.  
 $I_L$  = Maximun demand load current (fundamental frequency component) at PCC.

Figura 29. Porcentajes de distorsión de armónicos de corriente admisibles según la normativa IEEE 519-1982.

Fuente: [29]

Como podemos observar en la Figura 28, los armónicos de corriente se encuentran fuera de los valores establecidos según la normativa IEEE 519-1982, para lo cual vamos a comprobar si los valores obtenidos en el análisis de la red del sistema, son los correctos mediante la aplicación del cálculo de la relación de

cortocircuito con la corriente de cortocircuito en la carga sobre la corriente máxima de la carga, la corriente de cortocircuito la obtuvimos del flujo de potencia realizado como podemos evidenciar en el Anexo 17 el diagrama del flujo para el análisis de cortocircuito y Anexo 18 los resultados obtenidos para nuestro cálculo, teniendo como resultado una corriente de cortocircuito de 8240 Amperios, mientras que la corriente máxima de la carga registrada en la línea 1 es de 697 Amperios, Línea 2 de 700 Amperios y la Línea 3 de 709 Amperios, ver Tabla 10.

$$ICR = \frac{I_{sc}}{I_l} \quad \textbf{Ecuación 1}$$

$$ICR_1 = \frac{8240 A}{697 A}$$

$$\textbf{ICR}_1 = \textbf{11.82}$$

$$ICR_2 = \frac{8240 A}{700 A}$$

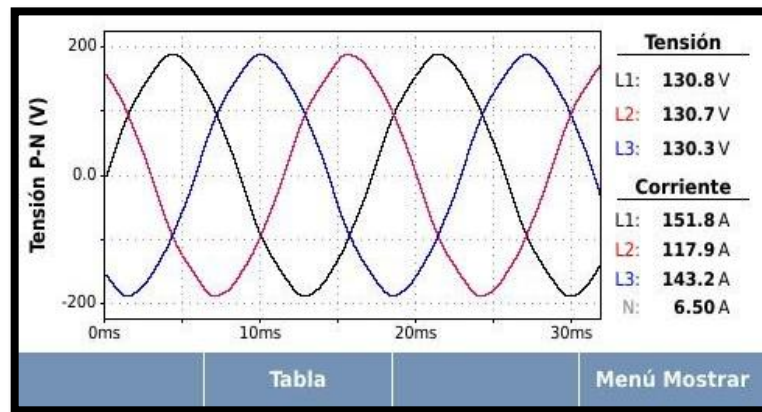
$$\textbf{ICR}_2 = \textbf{11.77}$$

$$ICR_3 = \frac{8240 A}{709 A}$$

$$\textbf{ICR}_3 = \textbf{11.62}$$

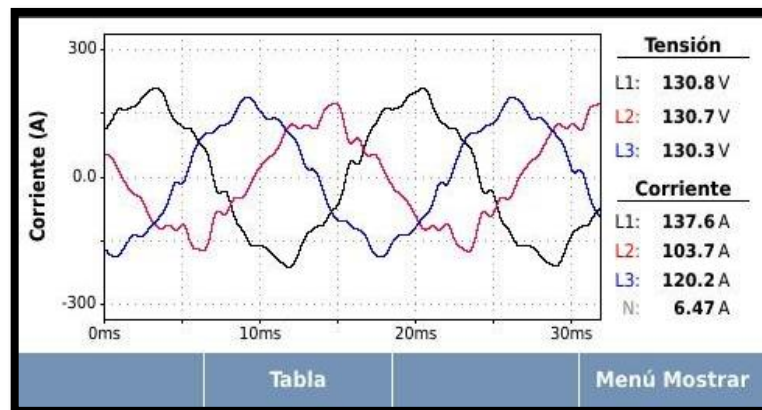
Mediante el cálculo podemos comprobar los armonios de corriente y para entender de una mejor manera la tabla de la normativa y el cálculo realizado explicaremos de la siguiente manera, si un consumidor con un ICR entre 50 y 100 tiene un límite recomendado de 12.0% para TDD, mientras que para componentes armónicas impares individuales de ordenes menores a 11, el límite es del 10%. De aquí podemos corroborar que los resultados obtenidos del análisis de redes y el

cálculo realizado la línea 2 presenta una distorsión armónica de corriente porque sobrepasa el límite establecido según la normativa. Como se había observado en la Figura 26., el porcentaje de distorsión armónica de voltaje está muy por debajo de la norma, por tanto, en la Figura 30., se muestra una forma de onda sinusoidal de voltaje casi perfecta, concluyendo que las distorsiones armónicas de voltaje no representan ningún problema para el buen funcionamiento del sistema eléctrico.



**Figura 30.** Forma de onda sinusoidal de voltaje.

En la Figura 31., se muestra la forma de onda de corriente con una evidente deformación de su onda sinusoidal en las tres fases vivas provocada por una distorsión armónica que la habíamos explicado en base a la Figura 28., es importante seguir monitoreando los cambios porcentuales de distorsiones armónicas en el futuro, más aún cuando se instalen más máquinas en la planta, teniendo muy en cuenta que la capacidad del transformador está en su límite máximo.



**Figura 31.** Forma de onda sinusoidal de corriente.

#### 2.4.5. Proyección de la demanda para la nueva maquinaria a instalarse.

Con los datos de consumo de la nueva maquinaria de snacks y el área de frío a ampliarse se realiza la proyección de la demanda Tabla 14., para determinar la capacidad del nuevo transformador, considerando el 100% de la maquinaria actual instalada, y las nuevas cargas, teniendo como resultado un transformador a instalarse de 500 kVA, además de esto el tablero de distribución principal se deberá cambiar por uno de mayor capacidad o realizar una configuración de distribución diferente.

**Tabla 14.** Proyección de la demanda

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Total, Potencia kW</b>	<b>Total, Potencia kVA</b>
NAVE 1	219,10	230,63
NAVE 2 y NAVE 3	70,76	74,48
CANCHAS, GARITA, OFICINAS	19,39	20,41
MAQUINARIA NUEVA SNACKS	50,00	52,63
UNIDADES DE FRÍO	50,00	52,63
<b>TOTAL, kW y kVA</b>	<b>409,25</b>	<b>430,78</b>

Con el análisis de la nueva demanda proyectada se realiza la cotización para el cambio de transformador, siendo ganadora del proyecto la empresa LATInstruments Cia. Ltda., la misma que se encarga del proyecto eléctrico y la solicitud a la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A., en la Figura 32., se muestra la proyección de la demanda realizada por parte de la empresa contratista para la ejecución del proyecto, esto lo realiza internamente la empresa contratada en las oficinas de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., teniendo varias fases de aprobación para iniciar con la ejecución del proyecto, una vez concluido todo el procedimiento y el trámite respectivo, LATInstruments inicia con el proyecto, siendo su primer paso la presentación de la memoria técnica y la proyección de la demanda una vez aprobado este paso los técnicos se encargaran de continuar con el proceso para el desarrollo del montaje del nuevo transformador.



ANEXO: 4.1 ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA CT-1  
 NOMBRE DEL PROYECTO: RED DE MEDIO VOLTAJE Y CAMARA TRANSFORMACION COMPANIA ALIMENTICIA AGUA SANTA  
 LOCALIZACIÓN: Salcedo - Rumipamaba central  
 USUARIO TIPO: "A"

DESCRIPCIÓN	CANT.	Ph(W)	Ci(W)	FFU(%)	CiR(W)	Fsn(%)	DMU(W)
ILUMINACION NAVE I	50	100	5000	60	3000	60	1800
ILUMINACION NAVE II	50	150	7500	50	3750	50	1875
APLIQUES	5	25	125	50	62.5	20	12.5
CAFETERA	1	600	600	30	180	30	54
TELEVISOR	2	250	500	60	300	30	90
BATIDORA	10	4500	45000	20	9000	5	450
<b>CARGAS NORMALES</b>			<b>58725</b>		<b>16292.5</b>		<b>4281.5</b>
UNIDAD DE FRIO 75HP	1	5594	5594	80	4475.2	80	3580.16
COMPRESOR DE AIRE 1-2HP	1	14910	14910	60	8946	60	5367.6
COMPRESOR DE AIRE 2-2HP	1	14910	14910	60	8946	60	5367.6
COMPRESOR DE AIRE 3-2HP	1	14910	14910	60	8946	60	5367.6
COMPRESOR DE AIRE 4-2HP	1	14910	14910	60	8946	60	5367.6
COMPRESOR DE AIRE 5-2HP	1	14910	14910	60	8946	60	5367.6
SECADOR DE AIRE 1-1.5HP	1	1120	1120	50	560	40	224
SECADOR DE AIRE 2-1.5HP	1	1120	1120	50	560	40	224
SECADOR DE AIRE 3-1.5HP	1	1120	1120	50	560	40	224
SECADOR DE AIRE 4-1.5HP	1	1120	1120	50	560	40	224
SECADOR DE AIRE 5-1.5HP	1	1120	1120	50	560	40	224
SECADOR DE AIRE 6-1.5HP	1	1120	1120	50	560	40	224
MOTOR1- 134HP	1	99920	99920	70	69944	60	41966.4
MOTOR2- 134HP	1	99920	99920	70	69944	60	41966.4
MOTOR3- 134HP	1	99920	99920	70	69944	60	41966.4
MOTOR4- 134HP	1	99920	99920	70	69944	60	41966.4
MARMITA AGITADOR1- 7.75HP	1	5800	5800	80	4640	60	2784
MARMITA AGITADOR2- 7.75HP	1	5800	5800	80	4640	60	2784
BLOWER1- 2HP	1	1490	1490	80	1192	50	596
BLOWER 2-2HP	1	1490	1490	80	1192	50	596
BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE1- 7.5 HP	1	5590	5590	60	3354	50	1677
BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE2- 7.5 HP	1	5590	5590	60	3354	50	1677
BOMBA DE AGUA1- 16.5HP	1	23890	23890	80	19112	80	15289.6
BOMBA DE AGUA2- 16.5HP	1	23890	23890	80	19112	80	15289.6
TORRE DE ENFRIAMIENTO1- 2HP	1	1490	1490	90	1341	80	1072.8
TORRE DE ENFRIAMIENTO2- 2HP	1	1490	1490	90	1341	80	1072.8
BOMBA DE AGUA CALIENTE AURORA1- 5HP	1	3730	3730	80	2984	50	1492
BOMBA DE AGUA CALIENTE AURORA2- 5HP	1	3730	3730	80	2984	50	1492
BOMBA DE CONDESADO CALDERO1- 1HP	1	750	750	80	600	70	420
BOMBA DE CONDESADO CALDERO2- 1HP	1	750	750	80	600	70	420
CHILLER1- 4.5HP	1	3360	3360	80	2688	60	1612.8
CHILLER2- 4.5HP	1	3360	3360	80	2688	60	1612.8
BOMBA DE VACIO1- 3HP	1	2240	2240	80	1792	70	1254.4
BOMBA DE VACIO2- 3HP	1	2240	2240	80	1792	70	1254.4
CALDERO1- 308TU	1	237470	237470	90	213723	70	149606.1
CALDERO2- 308TU	1	237470	237470	90	213723	70	149606.1
<b>TOTAL CARGAS ESPECIALES</b>			<b>1058164</b>		<b>835193.2</b>		<b>551237.16</b>
<b>TOTALES</b>			<b>1116889</b>		<b>851485.7</b>		<b>555518.66</b>

$$DMU (K) = \frac{FP \cdot DMU (K)}{(1 + Ti)^n}$$

FP 0.95 FDM 0.50  
 DMU (K) 617.24  
 (1 + Ti)^n 2.00%

10 Años

<b>CT1</b>	
N usuarios	1
FD	617.24
LUMINARIAS	0
<b>DMUP (KVA)</b>	<b>470.28</b>
CAP. TRANSFORMADOR (KVA)	500

Ing. Vincio Salguero  
 C.I. 0502904840  
 Lic. Prof. 03-17-3875

Figura 32. Proyección de la demanda y solicitud para el cambio del transformador.

Para determinar la proyección de la demanda y ver en qué año el transformador ya está en su límite máximo de operación se aplica el método de la fórmula del monto o también conocido como método geométrico, el mismo que se lo realiza con la siguiente formula.

$$D_n = D_o * (1 + r)^t \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$D_n$  = Demanda en el año  $n$  de análisis

$D_o$  = Demanda en el año inicial de analisis

$r$  = tasa de crecimiento anual

$t$  = Tiempo

Despejando la ecuación 2:

$$r = \sqrt[n]{(D_n/D_o)} - 1$$

$$r = \sqrt[7]{(409,25/60)} - 1$$

$$r = 0,316$$

$D_o = 60 \text{ kW}$  en el año 2015

$r = 31,55\% = 0.3155$

**Tabla 15.** Proyección de la demanda mediante el método compuesto de la proyección

AÑO	POTENCIA (KW)
2015	60,0
2016	78,9
2017	103,8
2018	136,6
2019	179,7
2020	236,4
2021	311,1
2022	409,2
2023	538,4
2024	708,3

Como se determinó mediante los análisis de los datos obtenidos y mediante la aplicación de este método, se puede observar que a partir del año 2020 la potencia ya sobrepasa la capacidad del transformador o esté operando en su límite máximo.

## 2.4.6. Adquisición del transformador de 500 kVA.

Con el inicio del proyecto de cambio de transformador se realiza la compra de un transformador nuevo de 500 kVA Figura 33., de manufactura ECUATRANS, con características de alimentación primaria 13.8 kV y salida secundaria 220/127 V, como se puede observar en la placa Figura 34.



Figura 33. Adquisición del transformador de 500 kVA.

EQUATRAN	
<b>TRANSFORMADOR TRIFÁSICO</b>	
N° SERIE	1633672021
ESPECIFICACIÓN	T-500-M167C
NORMA	NTE INEN 2120
POTENCIA	500 kVA
NÚMERO DE FASES	3
FRECUENCIA	60 Hz
GRUPO CONEXIÓN	Dyn5
IMPEDANZA 65°C	2.9 %
EFICIENCIA	99.14 %
VL. PRIMARIO	95 / 30 kV
REFRIGERACIÓN	ONAN
TIPO DE ACEITE	MINERAL
ELEVACIÓN DE TEMP.	65 °C
OPERACIÓN m.s.n.m.	< 3000 m
PESO TOTAL	1790 kg
PESO ACEITE	495 kg
PESO PARTE ACTIVA	955 kg
VOLUMEN ACEITE	550 l
DEVANADOS PRIMARIO	CINCO
HEBILADO	11.21

PRIMARIO		
POSICIÓN	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
1	14145	
2	13800	20.92
3	13455	
4	13110	
5	12765	

NOTA: El cable de TAP debe mantenerse conectado al transformador.

Dyn5

SECUNDARIO		
LINEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
X1 X2 X3	220 / 127	1312.2

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
EQUATRAN S.A. 2018

FABRICADO EN ECUADOR  
EQUATRAN S.A.  
www.equatran.com

SELLO DE CALIDAD INEN  
NTE INEN 2120  
PLACA NTE INEN 2150

Figura 34. Placa de características del transformador de 500 kVA.

#### **2.4.7. Cambio de transformador de 250 kVA a uno de 500 kVA.**

Con el proyecto aprobado y toda la documentación en regla se da inicio al cambio de transformador, cabe resaltar que no se presenta los papeles extras del proyecto ya que por temas de confidencialidad de la empresa contratista y la compañía Agua Santa no se lo puede hacer, el personal técnico de la empresa LATInstruments estuvo al frente del cambio del transformador, y el personal de la planta del área de mantenimiento y personal eléctrico externo estuvieron como personal de apoyo durante este proyecto.

El primer paso fue colocar el transformador en su sitio una vez desembarcado luego de las pruebas de laboratorio que exige la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A., como podemos observar en la Figura 35., se encuentra un técnico eléctrico externo constatando que el transformador se encuentre en la ubicación correcta.



**Figura 35.** Ubicación del transformador de 500 kVA.

Una vez ubicado el transformador en su sitio el personal técnico externo de la empresa coloca un disyuntor caja moldeada en la salida del secundario del transformador, dicho disyuntor es de 1600 amperios de capacidad el mismo que esta con una acometida de tres corridas de cable 500 MCM por fase, posterior a



ello el personal técnico de LATInstruments procede a armar las puntas terminales y los equipos de medición para este nuevo transformador Figura 36., adicional en la parte exterior se realiza el cambio de protecciones y la acometida de media tensión que va con cable XLPE, una vez terminado todo el proceso de construcción de esta red se procede a energizar el transformador y comprobar su correcto funcionamiento.



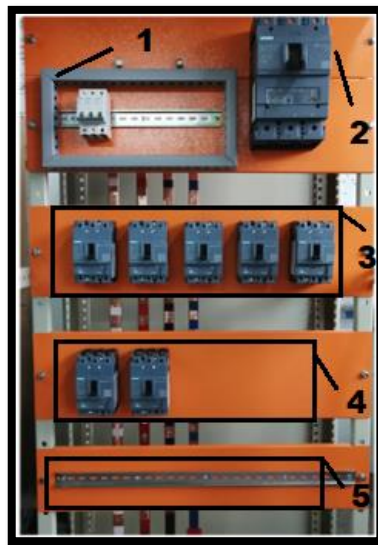
**Figura 36.** Armado de puntas terminales y equipos de medición de media tensión.

#### **2.4.8. Migración de cargas.**

Con el nuevo transformador en funcionamiento se diseña un nuevo tablero de distribución y la configuración eléctrica se va a trabajar con dos tableros de distribución, el actual que se encuentra sobre la Nave 1 y el tablero nuevo que va a estar entre la nave 2 y la nave 3, para lo cual se solicita la construcción de un tablero Figura 37., de 1 metro de ancho y 2.20 metros de alto, con un fondo de 0.80 metros el mismo que deberá tener 1 puerta desmontable frontal y las 3 tapas laterales y posterior de la misma manera desmontable, esto por facilidad de manipulación y operación en caso de trabajos en el mismo.

El cuadro marcado con el número 1, es nuestro cuadro de control y protección para el medidor de energía SENTRON PAC 3200 a instalarse para la medición de los diferentes parámetros eléctricos ver Figura 39, el correspondiente al número 2 es nuestro disyuntor principal tipo caja moldeada de 500-800 amperios regulable, los cuadros marcados con el numero 3 y 4 corresponden a 7 disyuntores tipo caja

moldeada regulables de 56-80 amperios cada uno para la protección de los diferentes subtableros de distribución y cargas establecidas, en la parte posterior a las bandejas frontales tenemos barras de cobre con capacidad de 800 amperios por fase Figura 38., y una barra de neutro de similares características, la acometida prevista para este tablero va a estar con una corrida por fase con cable de 250 MCM, una corrida con cable de 250 MCM para neutro y tierra respectivamente, el cuadro marcado con el numero 5 está destinado para el montaje de 5 breakers riel DIN de capacidad de 32 Amperios cada uno con 3 polos que está proyectado para cargas pequeñas.



**Figura 37.** Montaje de disyuntores en el nuevo tablero de distribución, para la migración de cargas.



**Figura 38.** Montaje de los transformadores de corriente TC en las barras de distribución de cobre 800 A.



**Figura 39.** Instalación y funcionamiento del medidor de energía marca SIEMENS SENTRON PAC 3200.

En la Figura 40., podemos observar el tablero de distribución nuevo ya terminado, como se puede evidenciar el numero 1 corresponde al circuito ya cableado y en funcionamiento del medidor de parámetros eléctricos del equipo SENTRON PAC 3 200, el indicativo con el numero 2 corresponde a la acometida principal ya instalada y conectada al disyuntor principal, así mismo el número 3 nos indica la salida del disyuntor hacia las barras de distribución de cobre ubicadas en la parte posterior del tablero, como referencia general de todos los disyuntores tenemos el indicador número 4 que es la alimentación desde las barras hacia los disyuntores tanto tipo caja moldeada como riel din, cada disyuntor tiene su alimentación independiente, con esto evitamos sobrecargas en los cables o en caso de alguna falla no afectamos a los circuitos adyacentes, el indicador número 6 corresponde a los disyuntores riel din ya montados y cableados los mismos que son destinados a la protección de cargas pequeñas, por último en la parte inferior del tablero de distribución se encuentra marcado con el numero 7 nuestra barra de distribución de tierra.

El primer disyuntor caja moldeada está destinado a la protección del tablero de calderos, el segundo disyuntor está proyectado a proteger el tablero del área de helados, el tercer disyuntor está destinado a la protección del tablero de la cancha deportiva, los demás disyuntores caja moldeada se quedan en reserva hasta la ejecución de las otras partes del proyecto, así mismo los disyuntores tipo riel DIN, además desde las barras de distribución principal salen dos acometidas, la una que

va hacia el tablero de los bancos de agua helada y la otra hacia el tablero de instalaciones generales de la Nave 2 y Nave 3, esto lo podemos evidenciar en el diagrama unifilar de la nueva distribución eléctrica posterior a la ejecución de la primera parte del proyecto y la migración de cargas, teniendo como evidencia el diagrama unifilar del tablero de distribución nuevo en el anexo 33, además podemos evidenciar en el anexo 34 como se redujo carga del tablero de distribución principal ubicado sobre la nave 1, en el anexo nos muestra la nueva distribución eléctrica posterior a la migración de cargas.



**Figura 40.** Tablero de distribución terminado en su montaje de elementos y cableado.

## 2.5.Conclusiones

- Los objetivos y tareas planteadas en este capítulo fueron cumplidas y desarrolladas con éxito es así que se pudo determinar que el transformador trifásico de 250 KVA 13.8 kV- 220/127V que suministraba energía a la compañía Alimenticia Agua Santa estaba trabajando en un nivel de carga al 114% de su capacidad nominal o mayor, por tanto, la empresa no tenía la capacidad energética de crecer en su carga eléctrica a futuro, por lo que fue muy indispensable cambiar transformador por uno de mayor capacidad, considerando la carga proyectada que se tiene provista instalar,

luego de la proyección de la demanda se determinó instalar un transformador de 500 kVA y no mayor a este, por recomendación del personal de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A., ya que, la red de media tensión trifásica de alimentación en el sector está diseñada con cable 1/0 AWG y está no está en capacidad de soportar una carga mayor a la descrita.

- El levantamiento de información de las cargas existentes en la empresa fue de gran utilidad para determinar el límite de funcionamiento máximo del transformador, de la misma manera gracias a los dos analizadores de redes se pudo comprobar estas anomalías, así mismo descartar la presencia de armónicos en la red tanto de voltaje como de corriente.
- Se solicitó con la empresa Agua Santa el cambio del transformador por uno de 500 kVA y el transformador de 250 kVA fue dado de baja, además se realizó la migración de cargas del tablero de distribución actual a uno de mayor capacidad teniendo cambios representativos en el primer diagrama unifilar de la empresa, además el proyecto permitió que los tableros de distribución vayan uno por nave, quedando así un tablero de distribución principal para la Nave 1 y un tablero de distribución principal para la Nave 2 y Nave 3, además a futuro se pretende cambiar la acometida principal que era dos corridas de cable 250 MCM por fase, por una acometida de dos corridas de cable 500 MCM por fase.

## **CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **3.1. Análisis de los resultados**

El levantamiento de información de datos de cargas existentes y proyectadas para la compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA CIA. LTDA., fue un punto de partida muy importante para determinar los diferentes problemas energéticos que se venían presentando en la empresa, uno de ellos la sobrecarga del transformador principal reductor de 13.8 kV a 220/127 V, de potencia de 250 kVA, esto se da principalmente a que la empresa tuvo un crecimiento agigantado en cuanto a la carga instalada, y hoy en día esa carga supero su límite máximo y se vio en la necesidad de realizar un cambio urgente del transformador de potencia.

#### **3.1.1. Niveles de tensiones que se manejan en la Compañía Alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA CIA. LTDA.**

- Tensión Eléctrica Medio Voltaje 13800 V. Esta tensión solo es manejada por el personal de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A., cualquier tipo de inconveniente se tiene que reportar a ELEPCO S.A
- Tensión eléctrica después de la Transformación de 13800 V a 220 V Trifásica. Bajo voltaje esta tensión en si es la que energiza y mueve a toda la empresa ya que la mayoría de máquinas y equipos funcionan con este nivel de voltaje, todos los tableros de distribución y subdistribución son operados por el personal de mantenimiento o personal externo.

Nota: El personal de producción o administrativo, no está autorizado a ejecutar ningún tipo de maniobra en los tableros que estén energizados, con este tipo de corriente ya que pueden sufrir graves accidentes eléctricos por la mala utilización.

- Tensión eléctrica después de la transformación bajo voltaje, 220 V trifásica a 440 V trifásica. Esta tensión de 440 V se obtiene a través de un transformador seco específico al equipo o máquina que lo requiera.

Nota: El personal de producción o administrativo, no está autorizado a ejecutar ningún tipo de maniobra en los tableros que estén energizados, con este tipo de corriente ya que pueden sufrir graves accidentes eléctricos, por la mala utilización u operación de este tipo de carga.

- Tensión eléctrica de 220 V Bifásica. Este tipo de tensión es utilizada únicamente solo para herramientas o equipos de laboratorio, también es utilizada por personal de mantenimiento para trabajos dentro de la empresa. Este tipo de tensión, si puede ser utilizada bajo supervisión y previa capacitación para determinados operadores siempre que sus tomacorrientes o clavijas estén correctamente instaladas y señalizadas por el personal de mantenimiento.
- Tensión eléctrica de 110 V Monofásica. Este tipo de tensión es la que está autorizada todo el personal de la planta a ser utilizada ya que se tiene puntos monofásicos para iluminación y tomacorrientes de energía en la mayoría de áreas de la planta, distribuidas en circuitos individuales.

### **3.1.2. Comparación de la forma de onda de voltaje antes y después del cambio del transformador**

El crecimiento substancial de los dispositivos electrónicos en los últimos años ha dado lugar a un cambio significativo de los tipos de cargas conectadas al sistema de distribución eléctrico. En la actualidad, el problema de los armónicos en los sistemas eléctricos se ha visto incrementado debido a estos elementos electrónicos que se presentan como cargas no lineales y afectan a múltiples elementos del sistema eléctrico que se encuentran conectados a la misma red.

Algunas de las fuentes más comunes en producir armónicos son dispositivos de estado sólido usados en el control, controladores de velocidad en motores

eléctricos y transformadores de potencia sobreexcitados. Estas distorsiones de la forma de onda crean problemas en la red eléctrica tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, mal funcionamiento de protecciones o daño en los aislamientos, que trae como consecuencia la disminución de la vida útil de los equipos. La mayoría de las veces se presentan los problemas en el lado de las cargas (usuarios) y si no se controlan aquí, se transmiten a la red y de aquí a otros usuarios o cargas conectadas a la misma red.

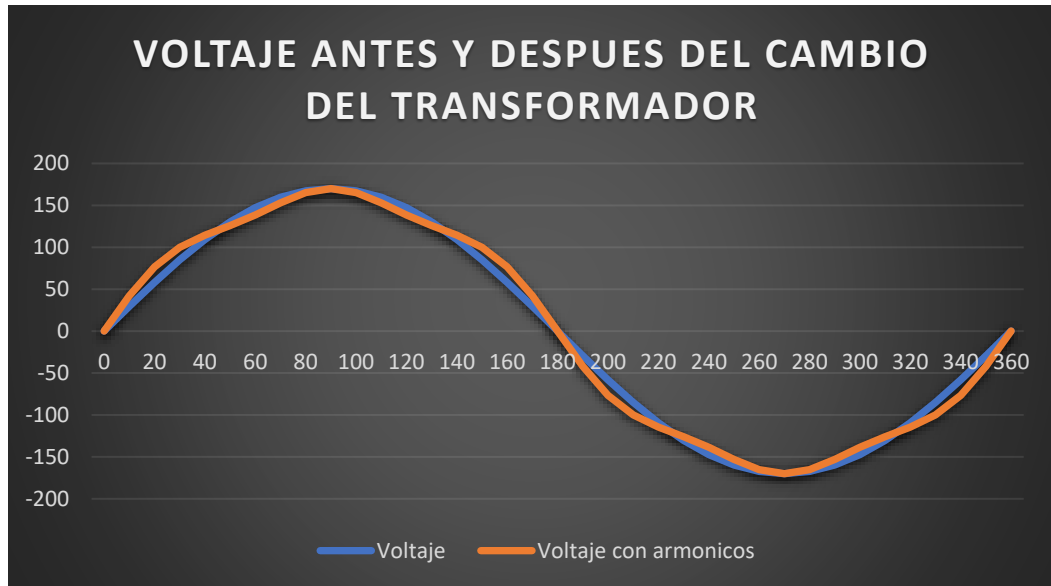
Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales que poseen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual el sistema de alimentación está diseñado para operar. Las formas de onda distorsionadas pueden ser descompuestas en una suma de la señal de frecuencia fundamental y las armónicas. La distorsión armónica se origina debido a las características no lineales de los equipos y cargas de un sistema de potencia.

**Tabla 16.** Cálculo de armónicos con los datos obtenidos del nuevo análisis energético

Ángulo	Voltaje	Voltaje con armónicos
0	0	0
10	29,5201902	42,18063463
20	58,14342437	76,65175593
30	85	100
40	109,2738936	114,5139463
50	130,2275553	125,8306291
60	147,2243186	138,5640646
70	159,7477455	153,0112638
80	167,417318	165,1849401
90	170	170
100	167,417318	165,1849401
110	159,7477455	153,0112638
120	147,2243186	138,5640646



<b>Ángulo</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Voltaje con armónicos</b>
130	130,2275553	125,8306291
140	109,2738936	114,5139463
150	85	100
160	58,14342437	76,65175593
170	29,5201902	42,18063463
180	2,08275E-14	3,06287E-14
190	-29,5201902	-42,18063463
200	-58,1434244	-76,65175593
210	-85	-100
220	-109,273894	-114,5139463
230	-130,227555	-125,8306291
240	-147,224319	-138,5640646
250	-159,747746	-153,0112638
260	-167,417318	-165,1849401
270	-170	-170
280	-167,417318	-165,1849401
290	-159,747746	-153,0112638
300	-147,224319	-138,5640646
310	-130,227555	-125,8306291
320	-109,273894	-114,5139463
330	-85	-100
340	-58,1434244	-76,65175593
350	-29,5201902	-42,18063463
360	-4,1655E-14	-6,12574E-14



**Figura 41.** Evaluación de los armónicos de voltaje antes y después del cambio del transformador.

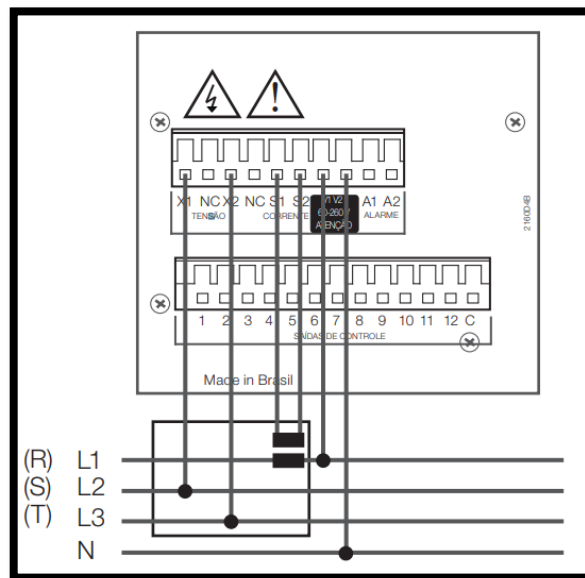
Como podemos observar en la Figura 41., la forma de onda marcada de color naranja nos indica los armónicos de voltaje antes de realizar el cambio del transformador, la línea marcada con color azul nos indica la forma de onda de voltaje con el sistema funcionando con el transformador nuevo, podemos observar que los armónicos existentes de voltaje a pesar de que eran relativamente bajos con el cambio del transformador disminuyeron de una manera considerable, por temas económicos de inversiones en nueva maquinaria y equipos el diseño del tablero para la corrección del factor de potencia por medio de un banco de condensadores se lo deja para una segunda etapa del proyecto.

Con la primera etapa del proyecto ejecutada se logra evidenciar por medio de la producción que los porcentajes de empaques de producto dañados disminuyeron de 8% a 3% por semana, esto debido a que la calidad de suministro energético está en valores aceptables, adicional se instala un Controlador Automático del Factor de potencia PFW01 como podemos observar en la Figura 42, el mismo que es un equipo de automatización destinado al monitoreo permanente de la potencia reactiva de la instalación y al control del factor de potencia. Este control en el PFW es hecho a través de la conexión y desconexión de las etapas de los condensadores. De esta forma, el Controlador Automático del Factor de Potencia

capacita al sistema de distribución de potencia para operar con la máxima eficiencia, a través de la reducción de la potencia reactiva. Además de eso, informa parámetros eléctricos tales como: corriente, tensión, potencia, energía, demandas y valores máximos y mínimos.



**Figura 42.** Controlador Automático del Factor de Potencia PFW01.



**Figura 43.** Diagrama de conexión del PFW01

En los sistemas de distribución eléctrica es importante mantener los valores de frecuencia y voltaje dentro de límites aceptables basados en una norma para garantizar una buena calidad de energía generada y así el correcto funcionamiento

de los elementos eléctricos o electrónicos que se conecten a la red eléctrica; además, se debe poder controlar las variaciones que puede sufrir la frecuencia ante las variaciones de potencia activa o las de voltaje ante las variaciones de potencia reactiva, para lo cual existen los AVR (reguladores de voltaje automático), que son más de tipo comercial, por lo cual se propone el diseño e implementación de un controlador PID (proporcional, integral, derivativo), el cual tiene la función de mantener en un rendimiento deseado la planta (equipo o máquina que realiza una operación específica) que controla ante posibles perturbaciones.

Con este controlador instalado en el banco de condensadores hasta ejecutarse la siguiente etapa podemos trabajar de una manera adecuada y corregir el factor de potencia con los elementos existentes en el tablero antiguo, como compensación a la corrección del factor de potencia en cargas especiales y equipos de producción principal se coloca supresores de transientes los mismos que son impulsos de energía de muy breve duración ( $\mu\text{s}$ ), inducidos en la onda sinusoidal. A pesar de su corta duración, causan deterioro e incluso daño catastrófico en equipos electrónicos y de alta tecnología como PLC, variadores, tarjetas de control y otros equipos sensibles.

Tomando en cuenta los distintos equipos instalados, los daños más comunes, y cuya causa suele ser desconocida, son:

- Desprogramación de equipos electrónicos.
- Daño permanente en motores y compresores.
- Daño permanente en equipos de cómputo.
- Comportamiento inusual repentino y fallos en equipos electrónicos.
- Reducción considerable de la vida útil de los equipos, generalmente no detectada a tiempo.
- Sobrecalentamiento de equipos.

Los fusibles e interruptores tradicionales no protegen contra los transientes ya que no reaccionan con suficiente rapidez como para impedir el evento. Mediante

el uso de Supresores de Transcientes, una forma segura de proteger los equipos contra los eventos de transitorios o sobrevoltaje.

La protección plena de una instalación se logra con un dispositivo capaz de soportar entre 100 kA y 200 kA por fase. Los valores de protección superiores a esto son eléctricamente irrelevantes, ya que son imposibles en una situación real y únicamente sustentan el uso de un número excesivo de elementos de protección con el fin de poder extender la vida útil de un supresor.



**Figura 44.** Supresor de transcientes instalado en un tablero de distribución para la envasadora de agua Ultralimpia.

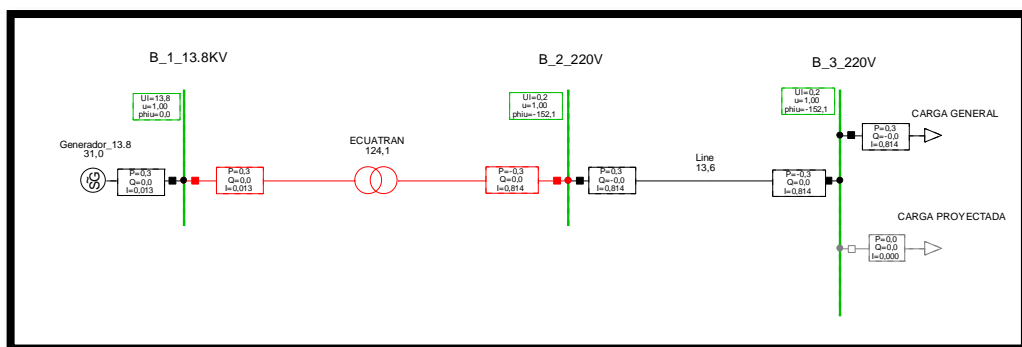
El tablero de transferencia de la misma manera debe ser considerado a ejecutarse en la segunda etapa o rediseñado para abastecer a la carga adicional a la instalada, el cableado de distribución de la misma manera debe ser diseñado de acuerdo a la potencia de suministro del transformador o diseño de tableros de distribución existentes en la empresa.

En la actualidad y con un 50% del total del proyecto ejecutado la empresa cuenta con dos tableros de distribución principales y de ahí se deriva los diferentes centros de carga o tableros de subdistribución para las áreas de producción, teniendo un tablero para el área de cárnicos y otro tablero para el área de helados y calderos, con esto descentralizamos el punto de distribución energética y damos paso a que los tableros tengan una reserva para incremento de carga en los mismos.

### 3.2. Validación técnica -económica de los resultados

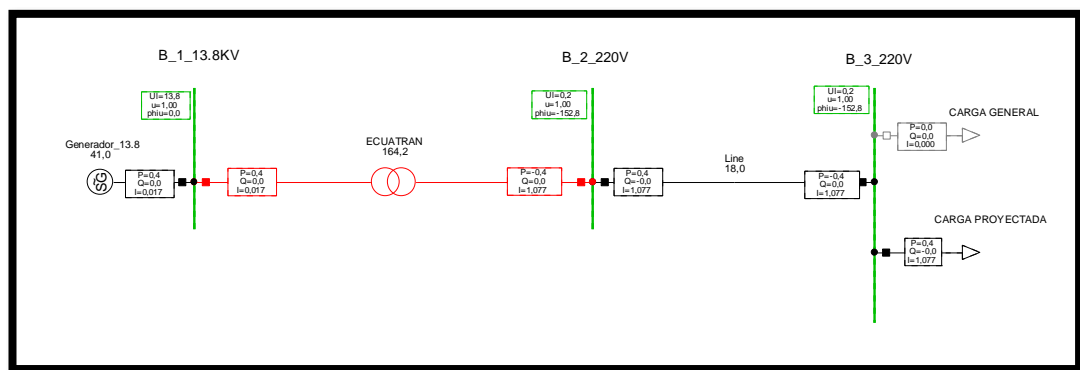
El análisis energético realizado en la Compañía alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA CIA. LTDA, fue de gran ayuda para determinar la sobrecarga del transformador y dar paso a la instalación de un nuevo transformador, además con el inicio de todos los objetivos establecidos se pudo realizar los diagramas unifilares de la instalación eléctrica existente de la empresa, así como también la estimación real de la carga instalada y una proyección estimada de la carga proyectada, al ser este un proyecto de gran impacto económico tanto en inversión como en ganancia, se lo realiza en etapas, como primera etapa y considerada la más urgente se realiza el cambio del transformador, teniendo así un transformador de 500 kVA, el rediseño del tablero de transferencia, rediseño del tablero de banco de condensadores, cambio de la acometida principal para el tablero de distribución antiguo de 800 A, e instalación de un nuevo mallado a tierra para el área de oficinas administrativas.

Con la primera etapa ejecutada logramos obtener cambios significativos en la calidad de la energía, reduciendo los armónicos de voltaje y corriente en las tres líneas, además el consumo energético tuvo un decremento económico, el mismo que se vio reflejado en el pago de las 3 planillas correspondientes al mes de mayo, junio y julio del año 2022, la idea principal del proyecto ejecutado era descentralizar cargas y tener tableros principales por áreas de producción, y si es necesario subtableros de distribución, así tener una mejor distribución eléctrica interna y evitar los puntos de distribución mal dimensionados o riesgosos dentro de los tableros principales y subtableros.



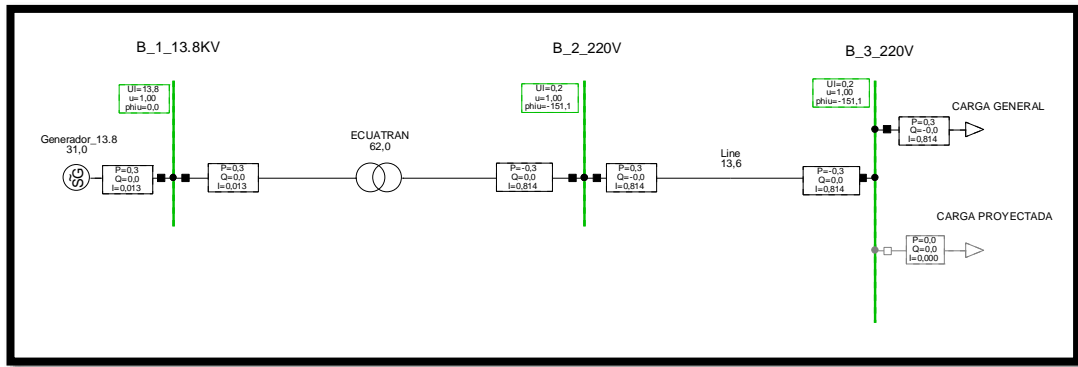
**Figura 45.** Flujo de potencia con el transformador de 250 kVA en funcionamiento y la carga actual.

Como podemos observar en la Figura 45., se desarrolló el flujo de potencia con los datos obtenidos del análisis previo, datos del transformador y datos de la carga, simulando que la carga está en su máximo de funcionamiento y el transformador de 250 kVA operando, el flujo de potencia nos arroja un resultado de alerta en dicho transformador y sobre el un resultado de 124.1 %, eso nos da a notar que el transformador estaba trabajando sobrecargado cuando la carga instalada entraba en funcionamiento casi a su 100% , los demás componentes del circuito no presentan ningún problema en su funcionamiento normal.

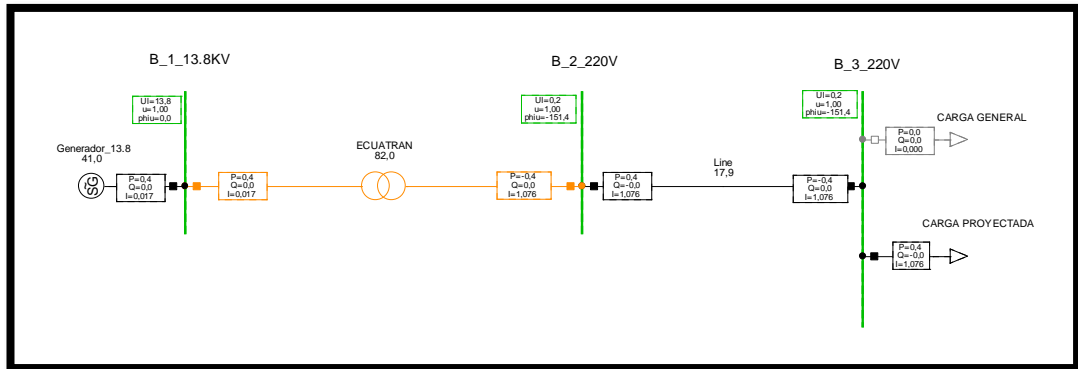


**Figura 46.** Flujo de potencia con el transformador de 250 kVA en funcionamiento y la carga proyectada.

Ahora bien, si el transformador continuaba en operación y se realizaba el montaje de más maquinaria en la empresa como está previsto el transformador podía sufrir un daño severo o aún más causar un grave accidente y deterioro en la red eléctrica tanto interna como externa, ya que como podemos observar en la Figura 46., el flujo de potencia realizado nos arroja un valor en el transformador de 164.2 % de su capacidad, dicho valor representa una sobrecarga muy elevada para el funcionamiento del transformador. Como se había mencionado anteriormente este paso era bastante primordial y uno de los principales el realizar el cambio de transformador y descentralizar las cargas, con eso se tendrá dos tableros de distribución sectorizados y aliviando a uno de los tableros principales de distribución, otro punto muy importante a considerar a futuro es el cambio del tablero de transferencia y el banco de capacitores, y finalmente un generador acorde a la carga futura a instalarse.



**Figura 47.** Flujo de potencia con el transformador de 500 kVA en funcionamiento y la carga actual.



**Figura 48.** Flujo de potencia con el transformador de 500 kVA en funcionamiento y la carga proyectada.

Con el cambio del transformador ejecutado realizamos el nuevo flujo de potencia tanto como para la carga actual Figura 47., así como también para la carga proyectada Figura 48., los resultados de los dos flujos de potencia obtenidos son los esperados al inicio del proyecto pero no los finales, como podemos observar el resultado del flujo de potencia con el transformador de 500 kVA funcionando y la carga actual no presenta ningún resultado de alerta en ninguna parte del sistema, de la misma manera con la carga proyectada no tenemos resultados de alerta como en el caso del transformador de 250 kVA.

Si ya entra en funcionamiento la nueva maquinaria el transformador de 500 kVA está en toda la capacidad de abastecer esta demanda y también tiene un porcentaje de reserva para una demanda mayor a la proyectada, considerando y teniendo muy



en cuenta que el cableado principal de los dos tableros de distribución eléctrica también cuentan ya con una reserva para cargas futuras a instalarse.

Otro cambio significativo que se ha tenido en los registros de producción es la disminución de producto o empaque dañado, esto debido a picos de voltaje excesivos o demasiado bajos debido a la sobre carga del transformador, es por ello que las maquinas perdían sincronismo y dañaban el producto, o las selladoras o empacadoras en sus resistencias eléctricas de sellado no tenía el suficiente voltaje y el empaque salía con fallas o roto por un mal sellado.

Con la antigua red de distribución funcionando existían varios inconvenientes eléctricos, los cables presentaban calentamientos, las barras de distribución estaban saturadas, debido a que la distribución eléctrica se la realizó anteriormente para una carga estimada de consumo y con el pasar del tiempo la empresa fue creciendo y el personal técnico realizó las nuevas redes eléctricas desde los puntos de alimentación eléctrica más cercanos sin considerar los aspectos constructivos y técnicos correspondientes, aún más, la seguridad de la instalación, como podemos observar en el Anexo 19 la distribución eléctrica antigua era en forma de cascada, es decir que de un tablero de distribución o subdistribución se anclaban y se llevaban a otro tablero y así sucesivamente, ahora con la migración de cargas tenemos una red de distribución más sencilla, que brinda seguridad, y confiabilidad al sistema en general, en el Anexo 31 podemos observar el diagrama unifilar actualizado del sistema de distribución eléctrico de la empresa.

Los Anexos del 20 al Anexo 30 nos muestran los diagramas unificares de los diferentes tableros y subtableros de distribución, como habíamos mencionado anteriormente de un tablero de distribución o subdistribución anteriormente se tomaba como partida para otros tableros, como podemos observar en el Anexo 24 llega acá una acometida principal para este tablero y su área de distribución y de la entrada principal del disyuntor de protección se va hacia el tablero mostrado en el Anexo 25 y de este tablero se deriva a otro subtablero, en diagrama unifilar del Anexo 26 es una derivación del tablero del Anexo 24 también.

Es evidente que anteriormente no existía una correcta gestión del sistema de distribución eléctrica, trayendo como consecuencias la sobrecarga del transformador, con el proyecto ejecutado su primera etapa, el cambio es evidente y hoy en día se tiene dos tableros principales de distribución eléctrica para toda la empresa, la gran parte de la nave 1 no se ha modificado la distribución eléctrica quedando tal cual como de principio, únicamente se migró cargas desde el tablero de distribución principal sobre la nave hacia el nuevo tablero de distribución para las naves 2 y nave 3.

En el Anexo 33 podemos observar el diagrama unifilar del nuevo tablero de distribución, teniendo ya en funcionamiento 3 disyuntores destinados a la protección de otros subtableros de distribución, y desde las barras de distribución principal se realiza una acometida para dos cargas bastantes fuertes de estas naves que es el área de bancos de agua helada y el tablero de instalaciones generales de la nave 2 y nave 3.

El Anexo 34 nos muestra el diagrama unifilar de cómo está trabajando hoy en día el tablero de distribución principal sobre la Nave 1, teniendo ya varios disyuntores como reserva para cargas futuras, y además se descentralizó las cargas y mejorando significativamente el suministro eléctrico interno de la empresa, cabe mencionar que por sugerencia del personal eléctrico externo y a petición de los dueños de la empresa ciertas acometidas se toman directo desde las barras de distribución evadiendo el sistema de protección del tablero, esto considerado por ser cargas bastantes fuertes en cuanto a consumo eléctrico.

En el nuevo tablero de distribución montado se trató de que todas las cargas tengan su disyuntor de protección independiente, pero como se mencionó anteriormente no se lo realiza por cuestiones internas de la empresa, pero es importante también aclarar que estas acometidas llegan a subtableros de distribución y ahí internamente tiene montado un disyuntor de protección general y se deriva a sus diferentes circuitos de protección.

**Tabla 17.** Datos obtenidos de la instalación del analizador de redes KEW 6 310 luego del cambio del transformador

Promedios	
Día 18/06/2019	
Hora del día	KW
0:00	81,324
1:00	80,844
2:00	80,172
3:00	79,488
4:00	80,58
5:00	84,312
6:00	102,828
7:00	132,528
8:00	225,12
9:00	262,008
10:00	260,256
11:00	260,016
12:00	221,748
13:00	185,7
14:00	177,636
15:00	113,52
16:00	88,548
17:00	90,972
18:00	107,7
19:00	100,668
20:00	82,38
21:00	82,356
22:00	81,984
23:00	82,08

Con el nuevo análisis realizado podemos observar en la Tabla 16., que la demanda no ha variado aún ya que los nuevos equipos están por instalarse en la segunda etapa del proyecto, lo que si podemos observar que la demanda llega a su máximo al igual que en los análisis anteriores en un intervalo de tiempo desde las 08:00 am hasta las 14:00 pm, momentos donde la producción de la empresa está al máximo.

Por motivos de confidencialidad de la empresa no se pueden cargar los registros de producción y análisis de producto o empaque dañado, así como también los pagos mensuales del valor del consumo energético.

Un gran problema que se presenta en los exteriores de la empresa es el diseño de la red de media tensión, la misma que en los inicios de la empresa tenía una reserva lo suficientemente considerada, hoy en día con la expansión poblacional y el incremento de micro empresas por el sector dan paso al uso de dicha red y hacen que la misma esté trabajando u operando en su límite, evidenciando así que por reiteradas ocasiones las protecciones de media tensión del sistema de distribución para este sector actúan y dejan sin suministro energético al alimentador. Esto conlleva a paros de producción no programados y pérdidas de tiempo.

Algunas posibles estructuras organizativas en relación con las actividades de transmisión, generación y distribución son las siguientes:

- La transmisión, generación y distribución pertenecen a una sola empresa.
- La transmisión y distribución pertenecen a una sola empresa. La generación pertenece a varias entidades donde puede estar incluido el dueño de la transmisión y distribución.
- La transmisión pertenece a una sola entidad. La generación y distribución pertenecen a varias entidades. La empresa de transmisión puede tener prohibido participar en generación y distribución.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la relación entre la empresa de transporte y el operador del sistema. Se pueden presentar dos casos principales:

- La empresa de transporte y el operador del sistema son entidades independientes
- El operador del sistema es también el propietario de la red de transporte.

Cabe recalcar que la compañía alimenticia previo a su inicio de producción solicitó la aprobación de la construcción de la red de media tensión para poder instalar su propio transformador de potencia y debido a políticas de las empresas

eléctricas locales esta red pasa a ser pública y al tener estos problemas de paros repentinos en el servicio energético esta red está perdiendo confiabilidad.

La confiabilidad es la capacidad del sistema para cumplir su función, esta capacidad se cuantifica mediante índices de confiabilidad que pueden ser probabilidades, estadísticas descriptivas, medidas operativas e índices determinísticos. Por esto, en sistemas de potencia, el término confiabilidad tiene un sentido bastante amplio. Como se mencionó anteriormente, para cada nivel jerárquico se establecen medidas particulares.

Aunque las zonas funcionales de generación y transmisión en general contribuyen con menos del 10% de todas las salidas de un sistema de potencia, la mayoría de los estudios se ocupan de ellas pues sus fallas afectan grandes zonas geográficas y muchos usuarios, mientras que en distribución tienen un efecto más localizado. Además, las obras de expansión en estas zonas funcionales tienen que planearse con muchos años de anticipación debido al tiempo requerido para estudios de factibilidad, fabricación de equipos, construcción, montaje, licencias, trámites de préstamos, etc. [30].

### **3.3.EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

**SERVICIOS DE INSTALACIÓN, MONTAJE DE SISTEMAS  
ELÉCTRICOS, ELECTROMECAÑICOS, NEUMÁTICOS,  
HIDRÁULICOS, INDUSTRIALES.**



La Compañía Alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA CIA LTDA., es una empresa familiar de capital 100% ecuatoriano que ha evolucionado desde la producción artesanal, hasta convertirse en una empresa moderna que, con base en

el mejoramiento de sus procesos de producción y la ampliación en la línea de sus productos, se ha ganado un sitio en el mercado nacional.

Fue fundada artesanalmente en el año 2015, en el cantón Salcedo a quinientos metros del cementerio, por medio de su actual Gerente, Mayra Aracely Guato, dando los primeros pasos a la industrialización en el año 2017, fabricando productos cárnicos, Bajo la iniciativa de su fundadora y la necesidad del mercado deciden brindar una gama de productos para el consumo de toda la familia creando así helados, naranjadas y envasado de agua con marca el Ranchito. Desde la perspectiva de fuentes de empleo el desarrollo de la empresa ha permitido el crecimiento de su nómina de 17 a 40 empleados hoy en día.

Para esta compañía alimenticia es importante contar con todas las instalaciones eléctricas adecuadas y en perfecto estado, cumpliendo con la regulación del sector eléctrico, norma ISO 50001, ARCONEL 005-18 y Norma Europea para la Gestión de la Eficiencia Energética 16001.

Por lo expuesto, es justificable la realización de un DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO ELÉCTRICO, para luego determinar posibles propuestas de EFICIENCIA ENERGÉTICA, para un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica en cada área de producción. De esta manera se busca determinar el consumo ineficiente de la compañía alimenticia para cuantificar las posibles formas de ahorrar energía.

La energía eléctrica proviene desde la red pública de la Empresa Eléctrica ELEPCO S.A, mediante una red trifásica de 13,8 kV, llegando a un transformador trifásico de 250 KVA a 220/127V, que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la planta. El sector alimenticio se dedica a la producción, modificación, elaboración, preservación y envasado de los alimentos, tanto para la adquisición humana y animal, haciendo uso de ingredientes básicos como productos de origen vegetal (agricultura), o animal (ganadería). Para regular la

calidad e idoneidad de los diferentes procesos y productos que la industria ofrece, se han fijado leyes y normas que protegen la salud de los ciudadanos.

En la empresa existen motores que al arrancar lo hacen de manera brusca generando un mayor consumo energético, para lo cual se requiere implementar variadores de frecuencia o arrancadores suaves, ayudando de esta manera a reducir los picos de corriente de arranque y los desbalances de voltaje por dichos accionamientos. De la misma manera existe un transformador seco el cual es utilizado para elevar el voltaje y tiene un encendido permanente, un análisis rápido se recomienda que dicho transformador sea desconectado en los días que no se utiliza la máquina para producción o en días de descanso, pero para ello se requiere capacitar al personal técnico sobre desconexiones de transformadores.

Con el transformador de 250 kVA instalado y trabajando desde el año 2 015, considerando un crecimiento anual de la carga instalada de un 2% respecto al año anterior se realiza la proyección de la demanda para los próximos 10 años, y teniendo un resultado de que en el año 2 022 la demanda iba a estar en un límite máximo de abastecimiento del transformador, y para el año 2 023 esta demanda iba a superar la capacidad del transformador como podemos evidenciar en la Tabla 17., estadísticamente esto parecía ser casi imposible de lograrlo, pero debido al crecimiento de la empresa en su infraestructura y su línea de producción estos datos fueron superados, y es así que a partir desde el año 2 021 se evidenció una serie de problemas energéticos en la red de distribución eléctrica interna de la empresa.

**Tabla 18.** Proyección de la demanda para los próximos 10 años en la Compañía Alimenticia Agua Santa

<b>CAPACIDAD</b>	<b>237</b>	<b>kW</b>
2015	60	kW
2016	72	kW
2017	86,4	kW
2018	103,68	kW
2019	124,42	kW
2020	149,3	kW
2021	179,16	kW

<b>CAPACIDAD</b>	<b>237</b>	<b>kW</b>
2022	214,99	kW
2023	257,99	kW
2024	309,59	kW
2025	371,5	kW

Gracias al proyecto de investigación y la apertura de la empresa la Compañía Alimenticia Agua Santa ALIAGUASANTA CIA. LTDA., se dio paso a este proyecto de mitigación de las diferentes deficiencias energéticas que afectaban al constante suministro eléctrico y a una producción de calidad, como personal externo a la empresa (SINMASEL) y encargados de todo el sistema eléctrico en general se ha trabajado en conjunto con el señor tesista para realizar un proyecto de calidad y que será en beneficio de todos, previo al inicio de este proyecto se realizó un análisis de la caída de voltaje por sectores en la compañía llegando a determinar que en el punto más lejano se tenía un valor de 8,03 voltios de déficit de abastecimiento ver Tabla 18., realizando mediciones eléctricas y por medio de registros de los medidores de parámetros SENTRON PAC 3 200 se tiene que el voltaje Línea - Línea en el punto de distribución es de 227 V y el voltaje Línea – Línea en el punto más lejano es 212 V, un valor mucho más bajo que el esperado según la estadística, en la empresa existen equipos muy sensibles a las variaciones de voltaje que admiten un máximo de  $\pm 3\%$  de incremento o decremento de voltaje.

Esta caída de voltaje es evidente en los picos de mayor producción, donde la corriente máxima llega a tener un valor de 600 Amperios, en los equipos de mayor sensibilidad a las variaciones de voltaje se ha tratado en lo posible de apagarlos y así evitar problemas mayores, daños en los Programadores Lógicos, o falla irreversible en sus sensores, estos inconvenientes más están presentes en máquinas que usan equipos electrónicos para su funcionamiento, considerando este punto muy crítico se tiene como prioridad mantener el buen funcionamiento de dicha maquinaria.

Con el cambio del transformador de potencia a uno de 500 kVA, estos problemas fueron resueltos casi en su totalidad, cabe recalcar que el desarrollo del proyecto



en su totalidad se ve detenido por motivos de inversiones en cable, tableros eléctricos, bandeja porta cable, mano de obra, entre otros, por lo cual este proyecto fue desarrollado en varias etapas, como primera etapa se realiza el cambio del transformador y rediseño del sistema de distribución, teniendo un cambio muy significativo en este sistema, de un tablero de distribución general centralizado hoy en día la compañía cuenta con dos tableros de distribución principal sectorizados y descentralizando la distribución energética.

Este paso fue muy importante realizarlo ya que, se logró brindar un mejor balance en la distribución eléctrica y las caídas de voltaje tenemos ahora entre un valor de 1 a 2 voltios en el punto más lejano, podemos concluir que el cambio del transformador de potencia fue un avance muy importante para el abastecimiento energético en la empresa, así se logra tener un servicio continuo y de mejor calidad en la producción y en la energía abastecida, otro punto de importancia pero de tema ya externo es el cambio de la sección de la red de alimentación de media tensión que se espera sea ejecutado en un futuro por parte de la compañía o la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A.

### **3.4. Conclusiones**

- El proyecto eléctrico denominado Rediseño Eléctrico y migración de cargas fue ejecutado en su totalidad la primera parte, teniendo como resultados el montaje eléctrico de un transformador de potencia de 500 kVA y la descentralización de las cargas por medio de la instalación de un tablero de distribución para el área de producción de helados y calderos, migrando las cargas del tablero de distribución antiguo al tablero de distribución nuevo.
- Los problemas en cuanto a valores de caída de voltaje con el transformador de 250 kVA generaban problemas graves en dispositivos electrónicos de control, ya que al ser más sensibles a variaciones de voltaje estos se averiaban y los equipos o máquinas comenzaban a fallar, ahora con el transformador de 500 kVA instalado estas fallas fueron corregidas y los problemas de averías por variaciones de voltaje fueron corregidos.

## CONCLUSIONES GENERALES

- El desarrollo de un cuadro de cargas y el análisis estadístico de la demanda de una empresa es de gran aporte porque así nos ayuda a determinar de una manera pronta si un transformador se encuentra en sobrecarga o no, además es muy importante actualizar constantemente los cuadros de demandas de la empresa y así evitar problemas energéticos a largo plazo, con esto garantizamos un correcto servicio de abastecimiento eléctrico y de calidad al sistema.
- Los diseños de las redes de distribución se los debe realizar considerando un crecimiento poblacional o expansión industrial aproximado, con esto garantizamos que esta red sea confiable y garantice en su máximo un servicio eléctrico continuo, porque es un derecho primordial tener acceso a un servicio energético de calidad y fiabilidad.
- Para una gestión de mantenimiento es indispensable tener registro o bitácoras históricas de todos los trabajos realizados ya sean estos mecánicos o eléctricos, además es muy indispensable disponer de un cuadro de control de demanda y por cada carga adicional incrementada ir actualizando dicho cuadro, esto nos ayudará a futuro a tener un mejor control sobre la capacidad de abastecimiento energético del transformador y evitar sobrecargas, daños, problemas irreversibles en el transformador o en general en toda la carga instalada y si es el caso de incrementar la demanda instalada en la empresa esto nos será de gran ayuda para saber si es factible o no realizarlo.
- Disponer de un diagrama unifilar de todas las instalaciones eléctricas en el área industrial ayuda a la detección de fallas o análisis energéticos, porque gracias a ello podemos determinar donde son los puntos más críticos de la distribución eléctrica y gestionar para descentralizar cargas demasiado grandes hacia otros tableros de distribución o subdistribución, además ayuda al personal nuevo o externo encargado del área eléctrica a entender de una mejor manera de cómo se encuentra todo el sistema de distribución hasta llegar al punto final que es la carga instalada.

- Al descentralizar la distribución energética interna de la empresa, se tiene la capacidad de incremento de carga en los tableros de distribución siempre y cuando el dimensionamiento de todos sus elementos sean correctos y tengan un porcentaje de disponibilidad a futuro, considerando que este tipo de proyectos representan una inversión inicial elevada, la mayoría de usuarios ya sean residenciales, comerciales o industriales no realizan una adecuada instalación por motivos económicos, representando esto en un futuro una inversión mucho más fuerte o como no daños serios en sus instalaciones, el factor beneficio se ve representado en la calidad de energía que la instalación y el sistema eléctrico está brindando al usuario, teniendo así un servicio eléctrico continuo y sin problemas.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante disponer de análisis estadísticos y datos reales de las cargas instaladas y las que se van adicionando, esto con el objetivo de saber si el transformador aún tiene disponibilidad de abastecimiento energético o se encuentra en sus límites máximos de operación.
- Si a futuro se requiere incrementar la demanda instalada es necesario verificar los datos estadísticos actuales realizados y verificar que tan viable es realizarlo, considerando la capacidad del transformador y también en que porcentaje se encuentra trabajando actualmente, con esto evitamos sobrecargar al sistema de distribución interno y externo.
- Se debe actualizar constantemente el diagrama unifilar conforme se vayan realizando cambios en el sistema de distribución, o cargas adicionales instaladas, esto permitirá llevar un control adecuado de toda la distribución eléctrica.
- Al incrementar nuevos tableros de subdistribución o cargas, se debe evitar en lo posible combinar áreas o espacios de distribución eléctrica, ya que el objetivo principal de la descentralización de cargas es dividir los tableros de distribución por áreas y obtener un adecuado balance energético.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] MAQUICLICK, «El desarrollo de la electricidad y su uso industrial,» 17 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/desarrollo-de-la-electricidad/>. [Último acceso: 31 08 2022].
- [2] TOTALENERGIES, «Que industria consume mas energia electrica,» 15 02 2022. [En línea]. Available: <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/uso-energia-en-la-industria>. [Último acceso: 31 08 2022].
- [3] Dirección General de eficiencia energética del Perú, «Guía de Orientación del uso eficiente de la energía y diagnóstico energético,» 06 11 2018. [En línea]. Available: [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/13\\_%20guia%20industria%20de%20alimentos%20DGEE.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/13_%20guia%20industria%20de%20alimentos%20DGEE.pdf). [Último acceso: 31 08 2022].
- [4] INSTITUTO DE ENERGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE, «Eficiencia energética y uso racional de la energía,» 17 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/index.php/ciencia-y-tecnologia/eficiencia-energetica>. [Último acceso: 31 08 2022].
- [5] G. D. Holguin M., «Calidad de la energía eléctrica en Ecuador,» 10 03 2010. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2110/13/UPS-GT000145.pdf>. [Último acceso: 31 08 2022].
- [6] BID, «Ecuador y el impacto en el aumento de su cobertura eléctrica,» 13 03 2020. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/energia/es/ecuador-y-el-impacto-en-el-aumento-de-su-cobertura-electrica/>. [Último acceso: 28 04 2022].
- [7] CENACE, «INFORME ANUAL,» 10 01 2020. [En línea]. Available: <http://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/04/Informe-Anual-CENACE-2020-Parte-1.pdf>. [Último acceso: 28 04 2022].
- [8] PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD, «TRANSFORMACION Y SITUACION ACTUAL DEL SECTOR ELECTRICO,» 15 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>. [Último acceso: 28 04 2022].
- [9] BID, «Avances y estrategias de Ecuador para alcanzar el acceso universal al 2030,» 07 12 2021. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/energia/es/ecuador-el-acceso-universal-al-2030/>.

- [Último acceso: 28 04 2022].
- [10] BBVA, «Que es la eficiencia energetica y como se calcula,» 09 02 2021. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [11] M. d. A. Ecuador, «Ecuador promueve la eficiencia energetica a nivel nacional,» 04 02 2020. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-promueve-la-eficiencia-energetica-a-nivel-nacional/>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [12] ELECTRICASAS, «Sistema de Suministro Eléctrico. Generación, transporte y distribución de la Energía Eléctrica,» 13 07 2022. [En línea]. Available: <https://www.electricasas.com/sistema-de-suministro-electrico/>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [13] ARCONEL, «Resolucion 018/18 ARCONEL,» 13 04 2018. [En línea]. Available: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/018-18-Proyecto-de-Regulacion-Franjas-de-Servidumbre-en-lineas-del-servicio-de-energia-electrica-y-distancias-de-seguridad-entre-las-redes-electricas-y-edificaciones.pdf>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [14] J. R. Calle, «EFICIENCIA ELÉCTRICA EN ALIMENTADORES PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A. – ECUADOR,» 16 07 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3699/1/TESIS.pdf>. [Último acceso: 28 10 2022].
- [15] Electricistas en Madrid, «Instalaciones eléctricas industriales,» 06 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.electricistasdelafuentemadrid.com/servicios/instalaciones-electricas/naves-industriales/>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [16] Structuralia, «Diseño de instalaciones eléctricas industriales de baja tensión,» 21 08 2021. [En línea]. Available: <https://blog.structuralia.com/instalaciones-electricas-industriales>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [17] Area Tecnologia, «Centros de transformacion,» 06 02 2020. [En línea]. Available: <https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [18] C. A. Armijos, «Descripcion y funcionamiento de una camara de transformacion,» 24 05 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17996/1/Armijos%20>

- Minga%2C%20Carlos%20Alberto.pdf. [Último acceso: 09 09 2022].
- [19] H. Morales, «Camaras de transformacion partes y funcionamiento,» 08 07 2010. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4079/1/T-ESPEL-0064.pdf>. [Último acceso: 09 09 2022].
- [20] ABB, «Tipos de transformadores de distribucion,» 21 05 2018. [En línea]. Available: [https://personal.us.es/pedroj/ASInfo\\_Comun/Trafo\\_Seco.pdf](https://personal.us.es/pedroj/ASInfo_Comun/Trafo_Seco.pdf). [Último acceso: 10 09 2022].
- [21] ECUATRAN, «Transformador tipo distribucion,» 18 06 2022. [En línea]. Available: <https://www.ecuatran.com/es/portafolio/transformador-trifasico-tipo-subestacion-hasta-5000-kva/>. [Último acceso: 10 09 2022].
- [22] EATON, «Tableros de distribucion,» 02 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.eaton.com/mx/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/switchboards/switchboard-fundamentals.html>. [Último acceso: 10 09 2022].
- [23] REBRA, «Tablero de transferencia,» 21 04 2015. [En línea]. Available: <https://industriasrebra.com/tienda/productos-especiales/tableros-de-transferencia/>. [Último acceso: 10 09 2022].
- [24] STD Energia que mueve tu mundo, «Tableros de trasferencia manual o automatica,» 30 08 2013. [En línea]. Available: <https://industriassdt.com.co/newsite/tablero-para-transferencia-automatica-o-manual-con-distribucion-thtd-2/>. [Último acceso: 10 09 2022].
- [25] TERASAKI, «Interruptor caja moldeada,» 12 06 2013. [En línea]. Available: <http://www.terasaki.es/News/Files/PDF/Articulo%20Terasaki%20Electra%20junio%202013.pdf>. [Último acceso: 10 09 2022].
- [26] Q. Fu, «DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA SOBRECARGA ADMISIBLE DE CORTA DURACIÓN EN UN TRANSFORMADOR,» 02 09 2014. [En línea]. Available: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23629/TFG\\_Fu\\_Qianqian\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23629/TFG_Fu_Qianqian_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 29 10 2022].
- [27] N. ISO, «ISO 5001,» 25 04 2013. [En línea]. Available: <https://www.normas-iso.com/iso-50001/>. [Último acceso: 29 10 2022].
- [28] N. ISO, «ISO 5002,» 14 02 2020. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:50002:ed-1:v1:es>. [Último acceso: 29 10 2022].

- [29] R. E. Industria, «Armónicos y la norma IEEE 519 1992,» 12 09 2006. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=570>.
- [30] C. Zapata, «Confiabilidad de sistemas electricos de potencia,» 2011. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/199594007/Zapata-Confiabilidad-en-Ingenieria-Es2011>. [Último acceso: 07 20 2020].
- [31] D. d. A. y. E. d. Energía, «Eficiencia energetica en Ecuador,» 05 06 2017. [En línea]. Available: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00385.pdf>. [Último acceso: 09 09 2022].

## ANEXOS

### ANEXO 1. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES FLUKE 1736 DEL DIA 01/03/2022.

Día 01/03/2022		
Hora del día	KW-Del	kVA-Del
0:00	71,274	64,1466
1:00	71,4105	64,26945
2:00	70,1715	63,15435
3:00	67,7145	60,94305
4:00	69,4785	62,53065
5:00	70,623	63,5607
6:00	89,397	80,4573
7:00	148,8165	133,93485
8:00	218,7885	196,90965
9:00	239,463	215,5167
10:00	234,759	211,2831
11:00	234,36	210,924
12:00	203,532	183,1788
13:00	150,6855	135,61695
14:00	140,679	126,6111
15:00	112,6545	101,38905
16:00	114,1035	102,69315
17:00	120,456	108,4104
18:00	104,5695	94,11255
19:00	96,894	87,2046
20:00	73,8255	66,44295
21:00	71,778	64,6002
22:00	71,022	63,9198
23:00	70,5075	63,45675



**ANEXO 2. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES  
FLUKE 1736 DEL DIA 02/03/2022.**

<b>Día 02/03/2022</b>		
<b>Hora del día</b>	<b>KW-Del</b>	<b>kVA-Del</b>
0:00	69,489	62,5401
1:00	68,586	61,7274
2:00	66,2655	59,63895
3:00	63,8715	57,48435
4:00	63,441	57,0969
5:00	66,969	60,2721
6:00	76,3245	68,69205
7:00	152,4075	137,16675
8:00	223,419	201,0771
9:00	229,635	206,6715
10:00	239,6205	215,65845
11:00	214,4205	192,97845
12:00	157,668	141,9012
13:00	158,6235	142,76115
14:00	131,9955	118,79595
15:00	114,933	103,4397
16:00	90,594	81,5346
17:00	80,157	72,1413
18:00	120,9915	108,89235
19:00	114,9225	103,43025
20:00	87,5805	78,82245
21:00	85,743	77,1687
22:00	82,782	74,5038
23:00	79,2645	71,33805

**ANEXO 3. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES  
FLUKE 1736 DEL DIA 03/03/2022.**

<b>Día 03/03/2022</b>		
<b>Hora del día</b>	<b>KW-Del</b>	<b>kVA-Del</b>
0:00	80,325	72,2925
1:00	79,8945	71,90505
2:00	78,183	70,3647
3:00	76,9335	69,24015
4:00	75,3165	67,78485
5:00	76,041	68,4369
6:00	92,862	83,5758
7:00	136,353	122,7177
8:00	225,645	203,0805
9:00	230,4645	207,41805
10:00	241,2795	217,15155
11:00	229,7925	206,81325
12:00	153,9405	138,54645
13:00	156,303	140,6727
14:00	127,533	114,7797
15:00	106,449	95,8041
16:00	86,247	77,6223
17:00	85,05	76,545
18:00	98,2275	88,40475
19:00	94,9095	85,41855
20:00	79,464	71,5176
21:00	78,519	70,6671
22:00	77,637	69,8733
23:00	76,6815	69,01335

**ANEXO 4. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES  
FLUKE 1736 DEL DIA 04/03/2022.**

<b>Día 04/03/2022</b>		
<b>Hora del día</b>	<b>KW-Del</b>	<b>kVA-Del</b>
0:00	73,5525	66,19725
1:00	74,571	67,1139
2:00	74,0145	66,61305
3:00	72,891	65,6019
4:00	72,198	64,9782
5:00	76,104	68,4936
6:00	80,9235	72,83115
7:00	161,8785	145,69065
8:00	220,794	198,7146
9:00	237,4995	213,74955
10:00	247,5375	222,78375
11:00	231,21	208,089
12:00	171,423	154,2807
13:00	150,2655	135,23895
14:00	141,9705	127,77345
15:00	107,73	96,957
16:00	100,9575	90,86175
17:00	97,482	87,7338
18:00	101,073	90,9657
19:00	103,1835	92,86515
20:00	76,2825	68,65425
21:00	76,5975	68,93775
22:00	75,3375	67,80375
23:00	74,571	67,1139

**ANEXO 5. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES  
FLUKE 1736 DEL DIA 05/03/2022.**

<b>Día 05/03/2022</b>		
<b>Hora del día</b>	<b>KW-Del</b>	<b>kVA-Del</b>
0:00	73,374	66,0366
1:00	72,8385	65,55465
2:00	70,014	63,0126
3:00	71,8725	64,68525
4:00	70,9275	63,83475
5:00	73,5525	66,19725
6:00	91,119	82,0071
7:00	155,1375	139,62375
8:00	217,245	195,5205
9:00	235,2	211,68
10:00	244,083	219,6747
11:00	230,4225	207,38025
12:00	176,211	158,5899
13:00	142,59	128,331
14:00	150,6855	135,61695
15:00	97,419	87,6771
16:00	93,135	83,8215
17:00	93,3765	84,03885
18:00	97,293	87,5637
19:00	89,2395	80,31555
20:00	75,348	67,8132
21:00	72,7755	65,49795
22:00	73,878	66,4902
23:00	72,5445	65,29005

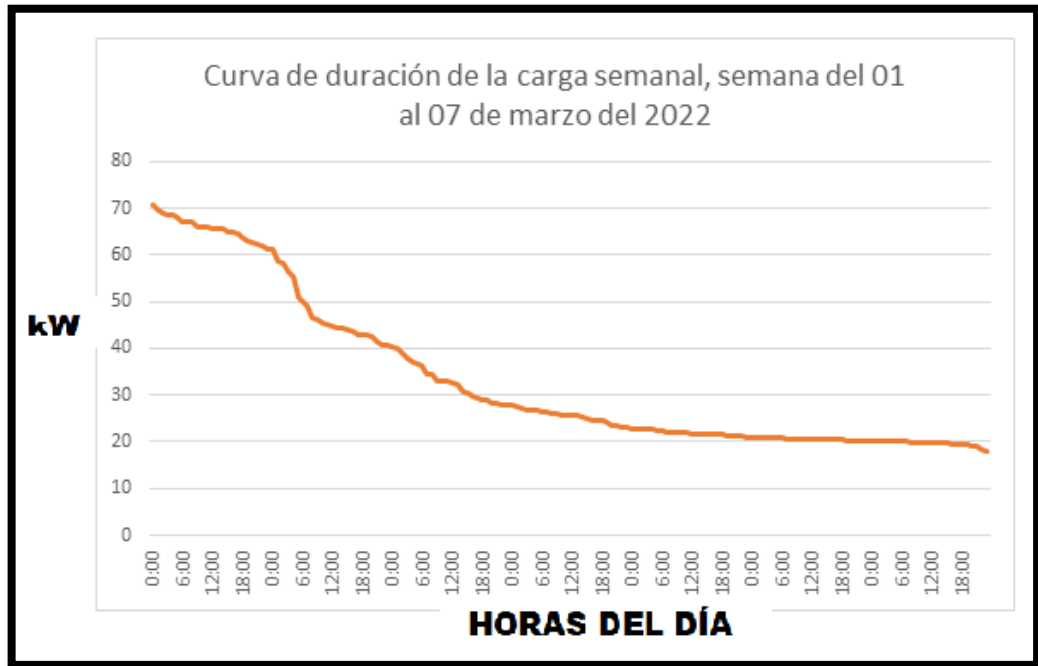
**ANEXO 6. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES  
FLUKE 1736 DEL DIA 06/03/2022.**

<b>Día 06/03/2022</b>		
<b>Hora del día</b>	<b>KW-Del</b>	<b>kVA-Del</b>
0:00	71,1585	64,04265
1:00	70,7385	63,66465
2:00	70,1505	63,13545
3:00	69,552	62,5968
4:00	70,5075	63,45675
5:00	73,773	66,3957
6:00	89,9745	80,97705
7:00	115,962	104,3658
8:00	196,98	177,282
9:00	229,257	206,3313
10:00	227,724	204,9516
11:00	227,514	204,7626
12:00	194,0295	174,62655
13:00	162,4875	146,23875
14:00	155,4315	139,88835
15:00	99,33	89,397
16:00	77,4795	69,73155
17:00	79,6005	71,64045
18:00	94,2375	84,81375
19:00	88,0845	79,27605
20:00	72,0825	64,87425
21:00	72,0615	64,85535
22:00	71,736	64,5624
23:00	71,82	64,638

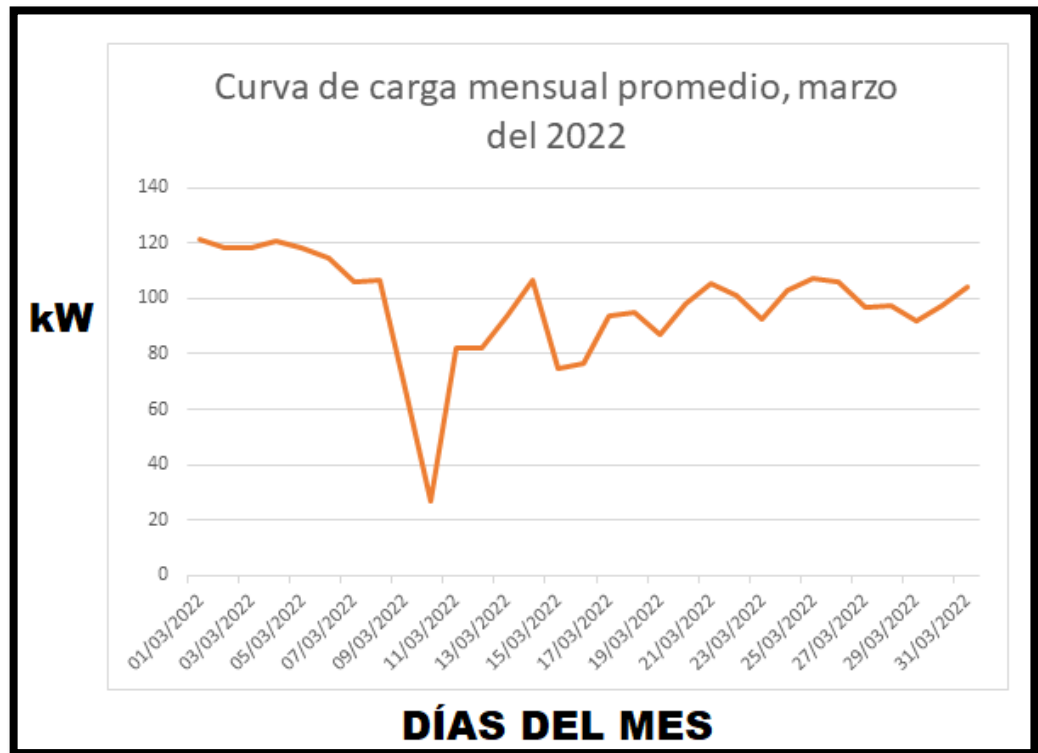
**ANEXO 7. CUADRO DE RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE REDES  
FLUKE 1736 DEL DIA 07/03/2022.**

<b>Día 07/03/2022</b>		
<b>Hora del día</b>	<b>KW-Del</b>	<b>kVA-Del</b>
0:00	71,4315	64,28835
1:00	70,9485	63,85365
2:00	69,2265	62,30385
3:00	69,069	62,1621
4:00	69,489	62,5401
5:00	72,429	65,1861
6:00	92,169	82,9521
7:00	128,877	115,9893
8:00	205,569	185,0121
9:00	213,6645	192,29805
10:00	217,6755	195,90795
11:00	177,8805	160,09245
12:00	144,7215	130,24935
13:00	139,8075	125,82675
14:00	130,2525	117,22725
15:00	82,467	74,2203
16:00	71,547	64,3923
17:00	70,224	63,2016
18:00	86,1525	77,53725
19:00	90,4785	81,43065
20:00	68,145	61,3305
21:00	69,8775	62,88975
22:00	69,6255	62,66295
23:00	68,6595	61,79355

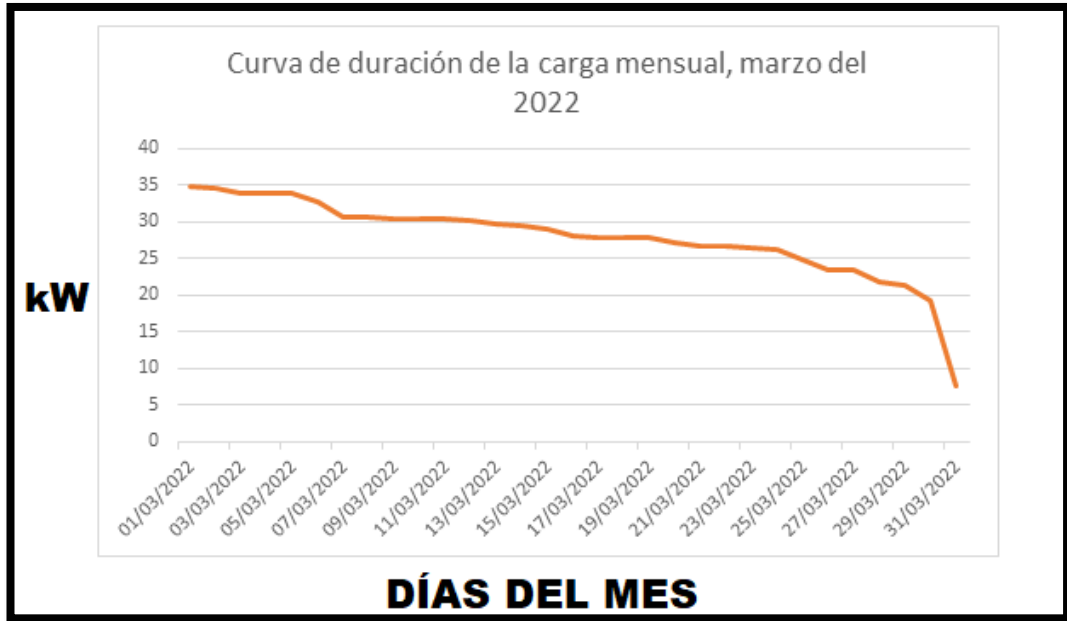
**ANEXO 8.** Curva de duración de la carga semanal, semana del 01 al 07 de marzo del 2022.



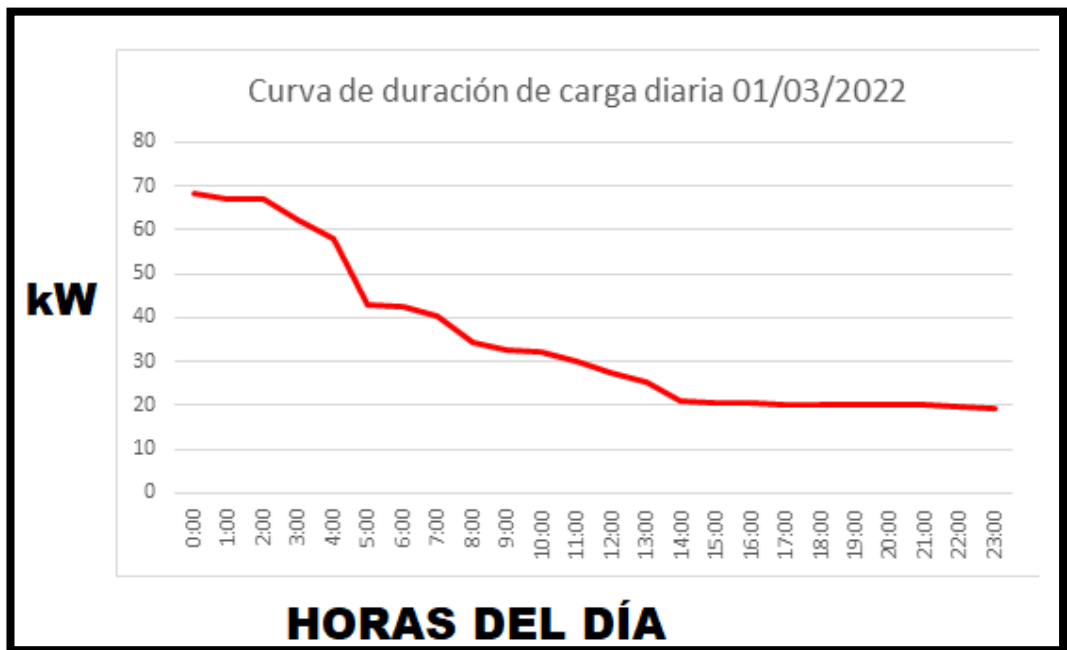
**ANEXO 9.** Curva de carga mensual promedio de marzo del 2022.



ANEXO 10. Curva de duración de la carga mensual promedio de marzo del 2022.



ANEXO 11. Curva de duración de la carga diaria del 01 de marzo del 2022.





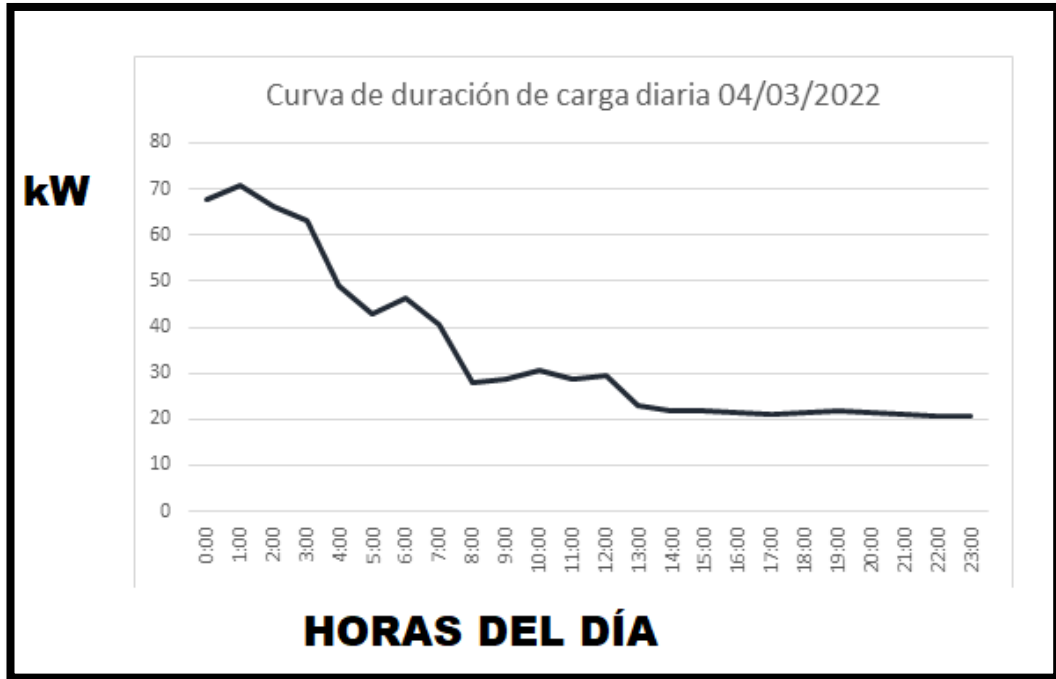
ANEXO 12. Curva de duración de la carga diaria del 02 de marzo del 2022.



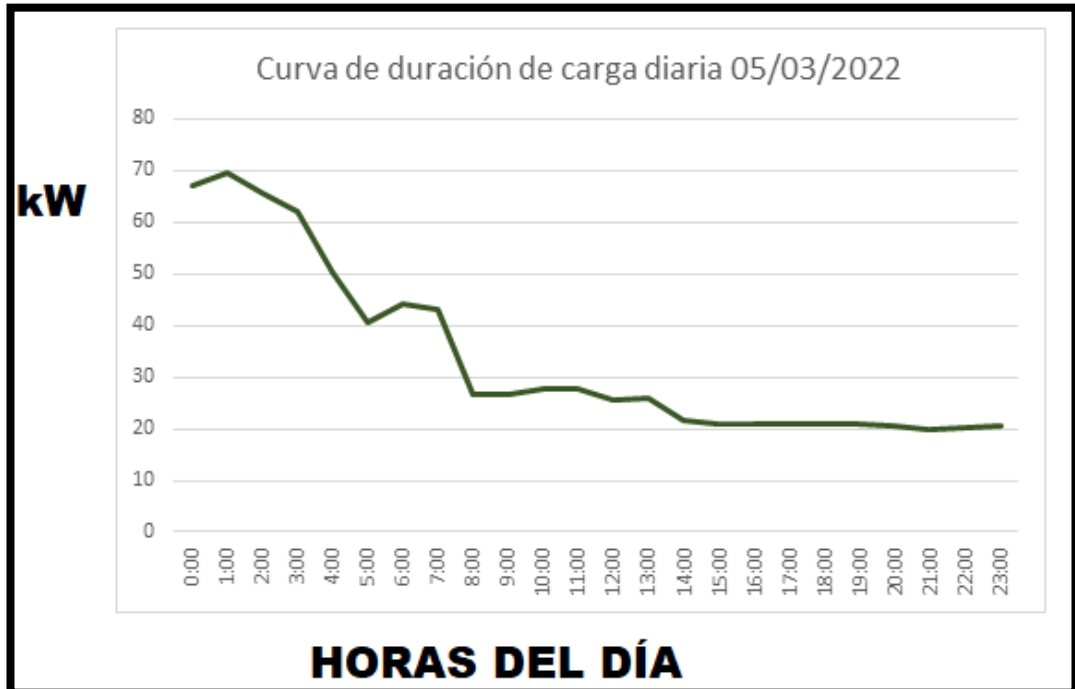
ANEXO 13. Curva de duración de la carga diaria del 03 de marzo del 2022.



ANEXO 14. Curva de duración de la carga diaria del 04 de marzo del 2022.



ANEXO 14. Curva de duración de la carga diaria del 05 de marzo del 2022.



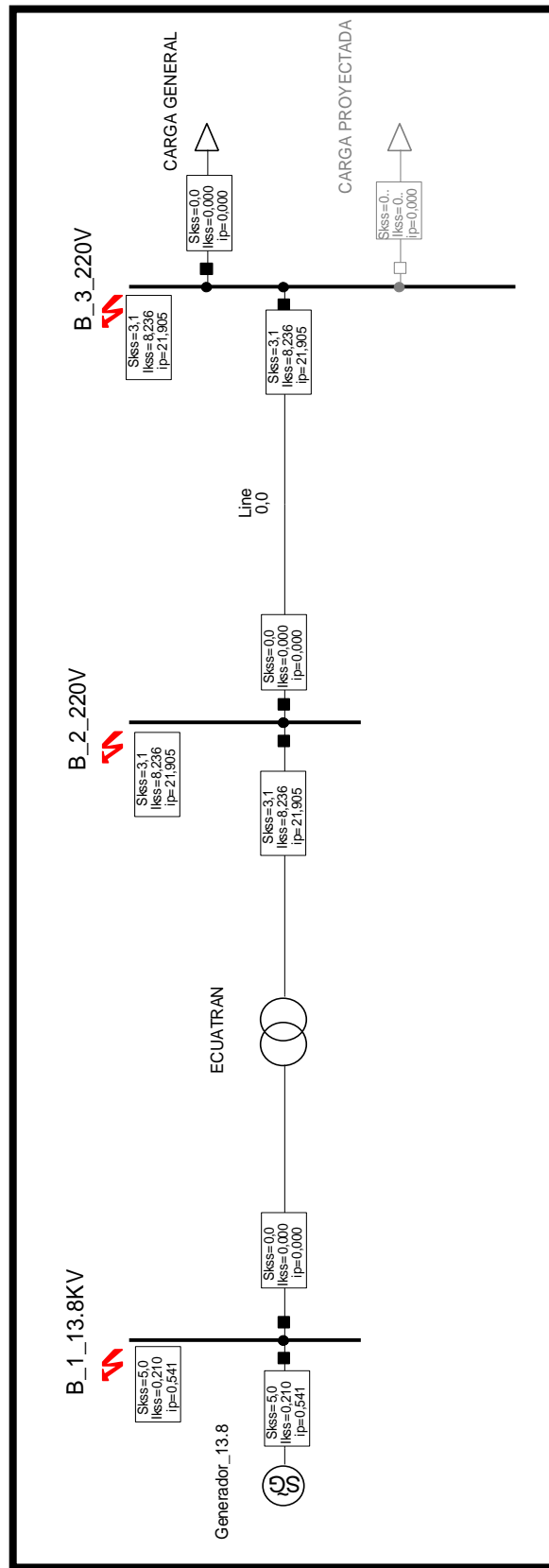
ANEXO 15. Curva de duración de la carga diaria del 06 de marzo del 2022.



ANEXO 16. Curva de duración de la carga diaria del 07 de marzo del 2022.



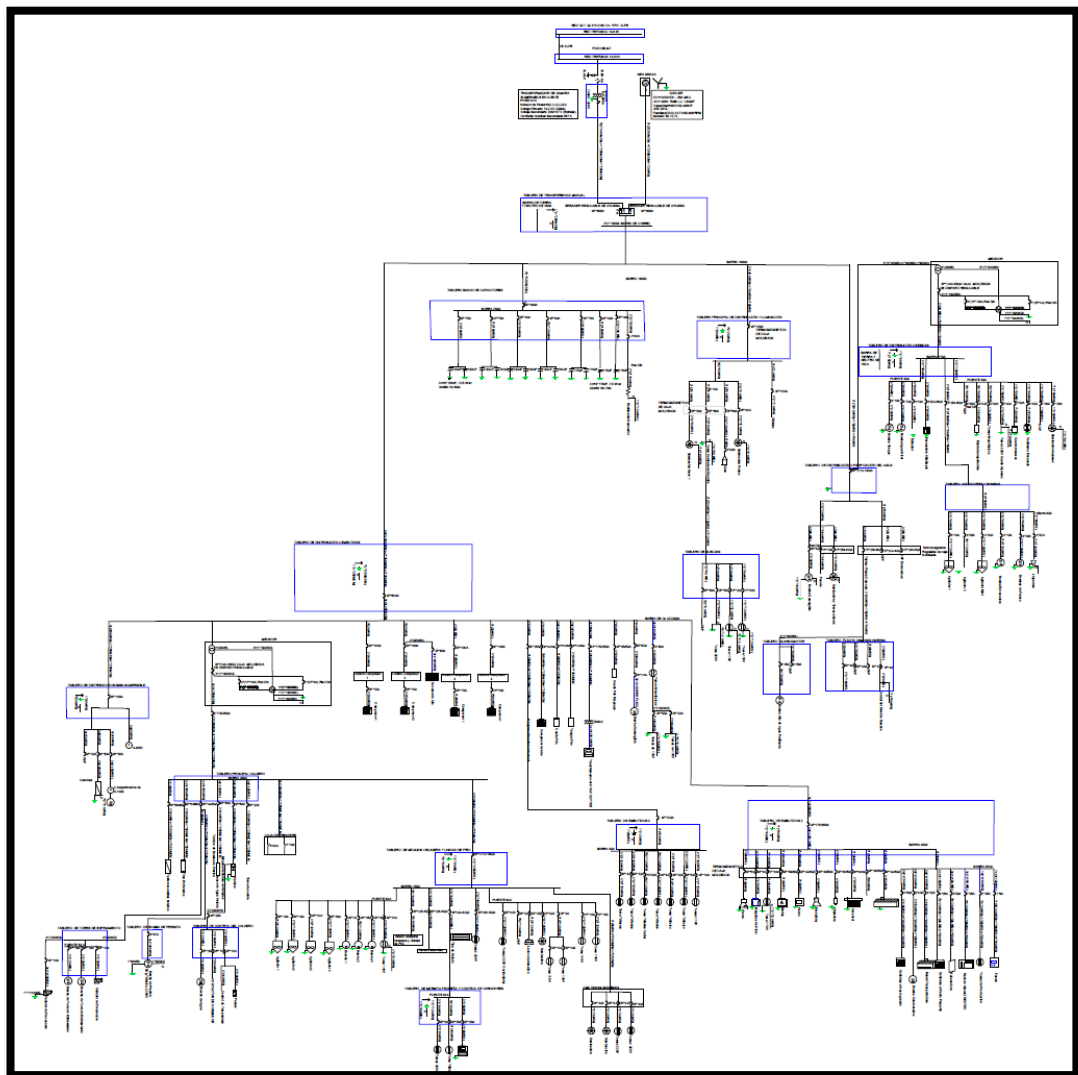
ANEXO 17. Flujo de potencia para el análisis de cortocircuito en la carga.



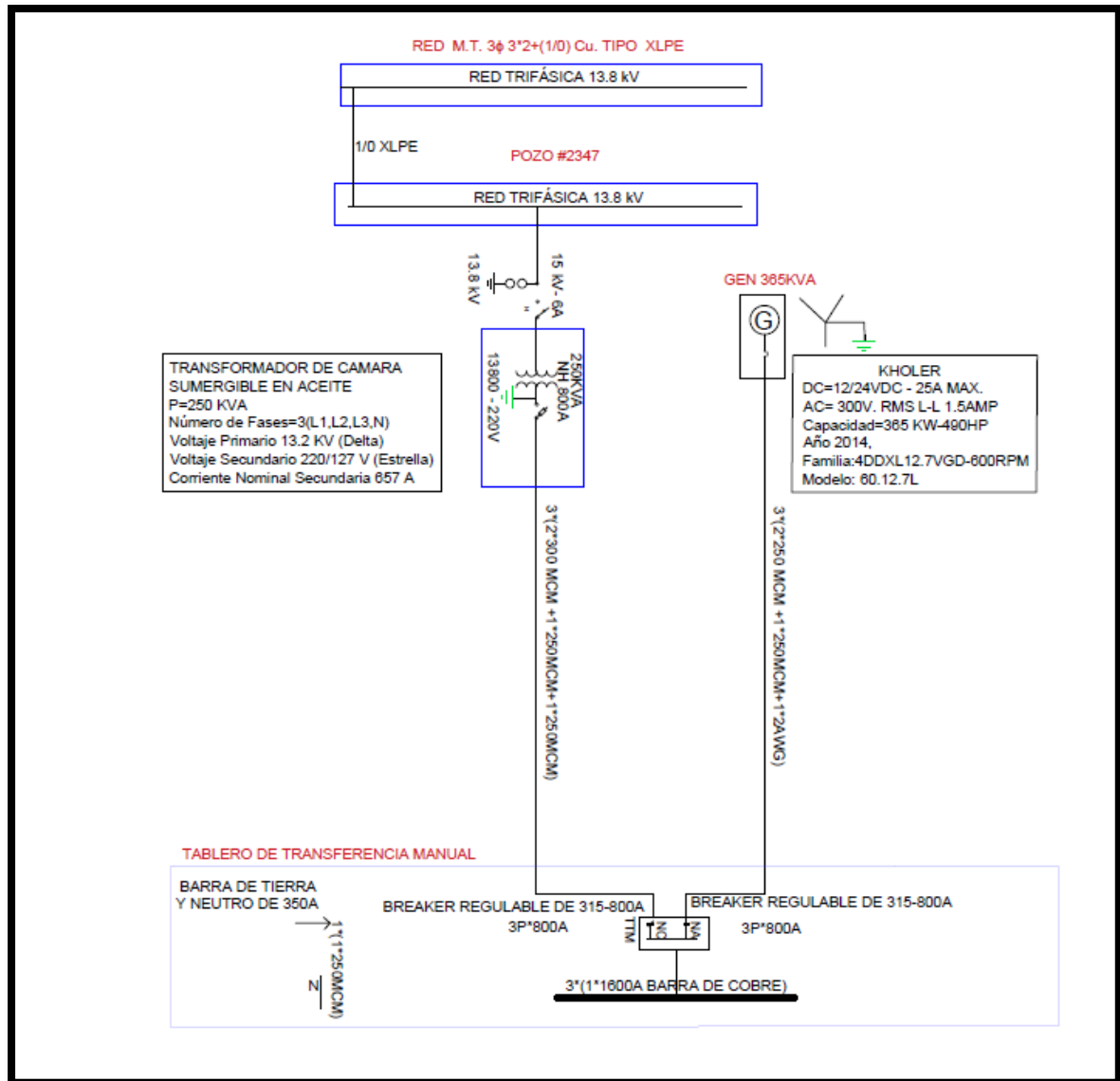
ANEXO 18. Resultados del flujo de potencia para el análisis de cortocircuito en la carga.

DIGSILENT   Project:				
PowerFactory				
15.1.7   Date: 1/13/2023				
3-Phase Short-Circuit /				
Fault Locations with Feeders				
Short-Circuit Calculation / Method : IEC 61363				
Break Time	0,10 s			
Grid: Grid System Stage: Grid Annex: / 1				
rtd.V. [KV]	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]	ip [kA/kA]	Ib [kA]
B_1_13.8KV	5,02 MVA	0,21 kA	0,54 kA	0,14
ECUATRAN	0,00 MVA	0,00 kA	0,00 kA	
Generador_13.8	5,02 MVA	0,21 kA	0,54 kA	
B_2_220V	3,14 MVA	8,24 kA	21,90 kA	6,36
ECUATRAN	3,14 MVA	8,24 kA	21,90 kA	
Line	0,00 MVA	0,00 kA	0,00 kA	
B_3_220V	3,14 MVA	8,24 kA	21,90 kA	6,36
Line	3,14 MVA	8,24 kA	21,90 kA	
CARGA GENERAL	0,00 MVA	0,00 kA	0,00 kA	
CARGA PROYECTAD	0,00 MVA	0,00 kA	0,00 kA	

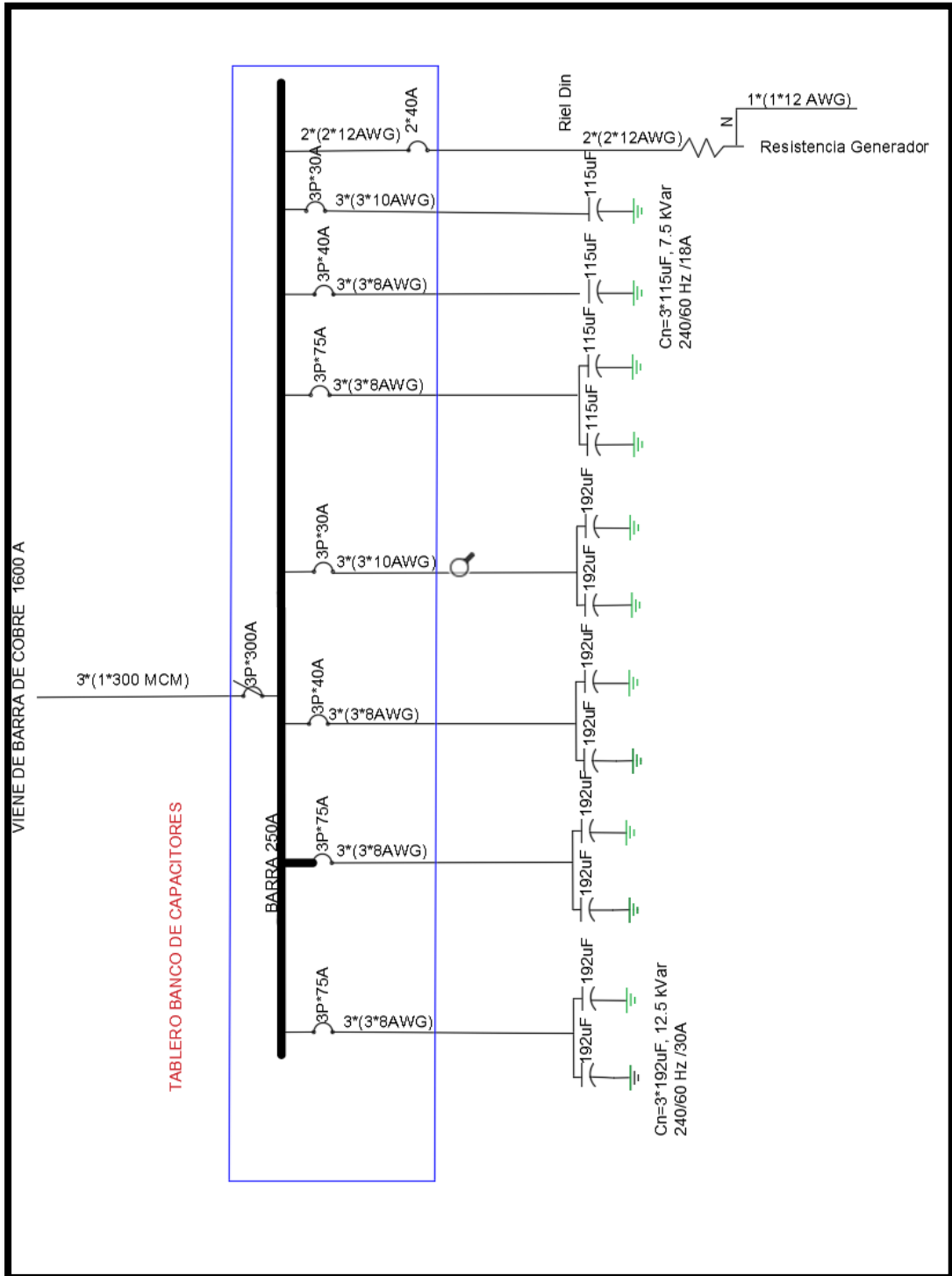
**ANEXO 19. DIAGRAMA UNIFILAR CON EL TRANSFORMADOR DE 250 KVA INSTALADO.**



**ANEXO 20.** Red de distribución principal desde el transformador de 250 kVA hacia el tablero de transferencia.

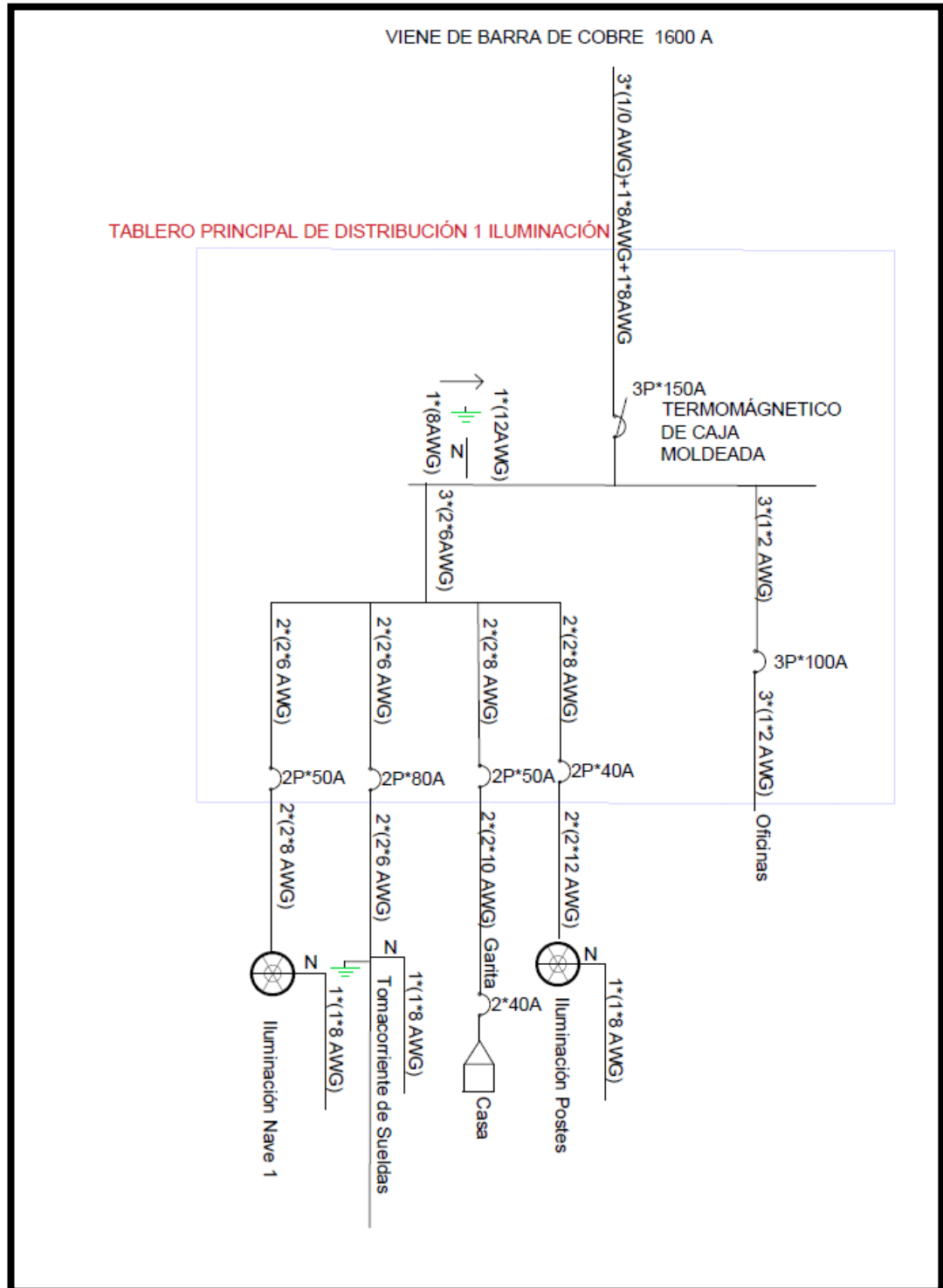


ANEXO 21. Diagrama unifilar del banco de capacitores existente.

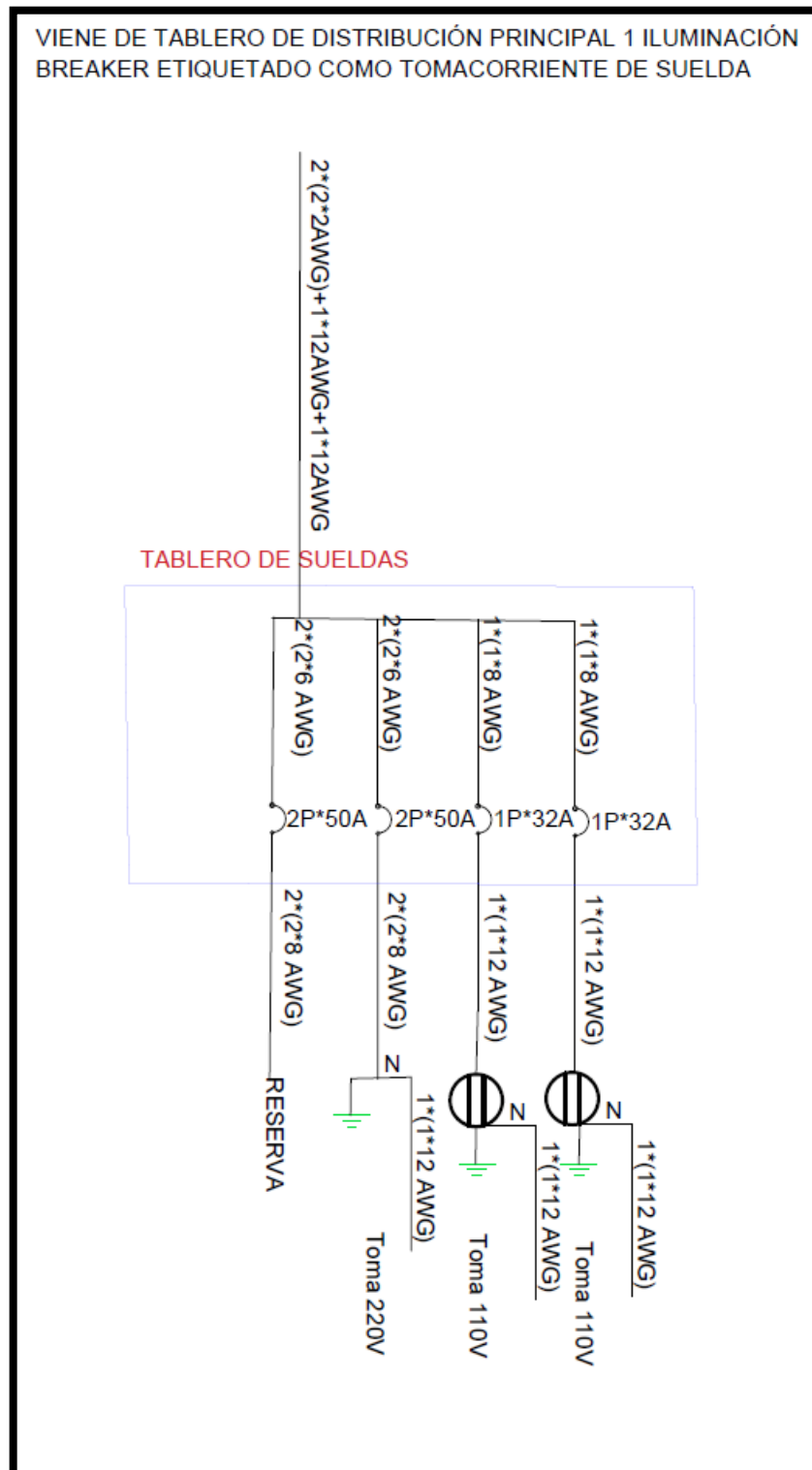




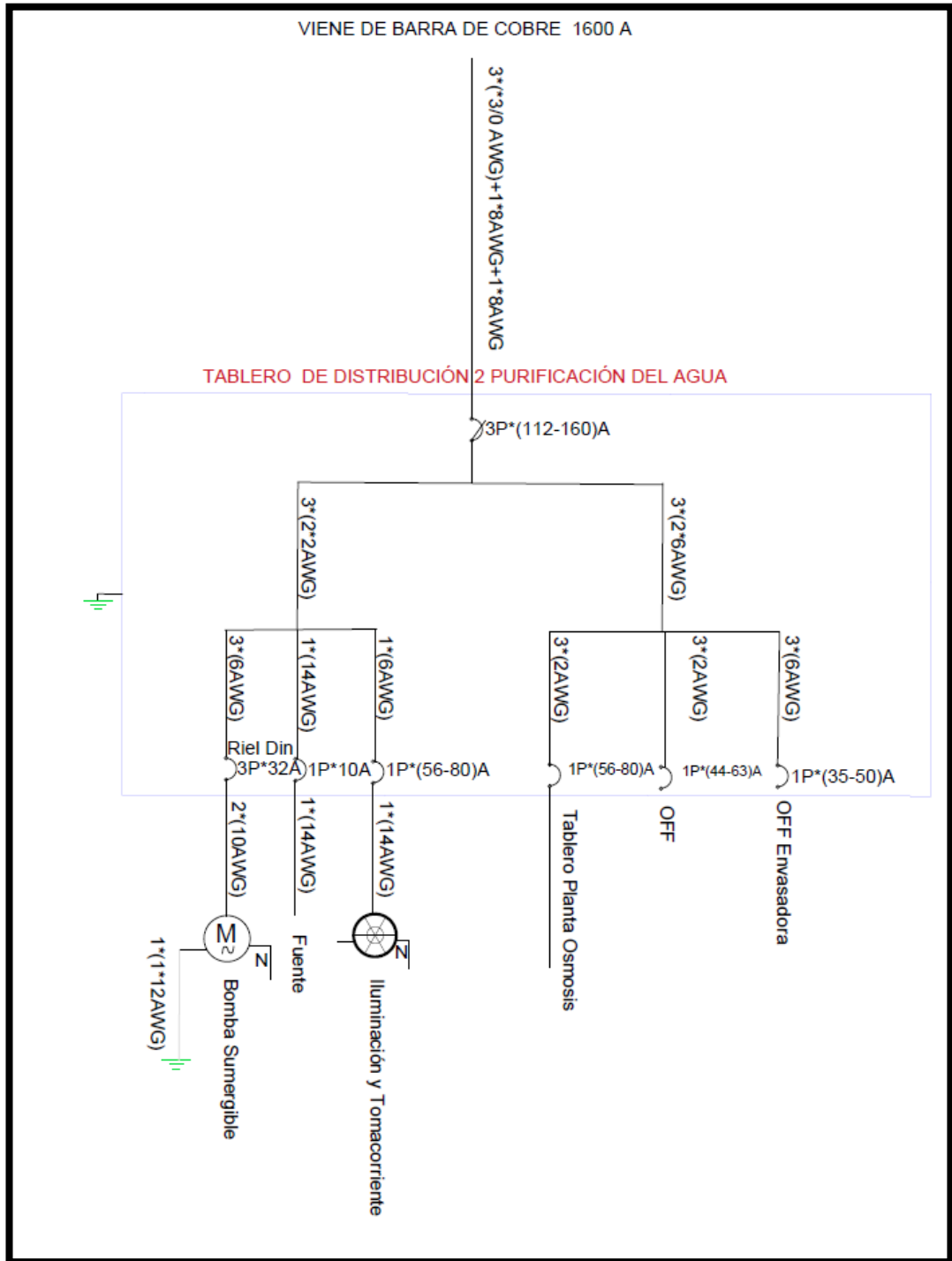
ANEXO 22. Diagrama unifilar del tablero de subdistribución para Iluminación y cargas pequeñas de la empresa.



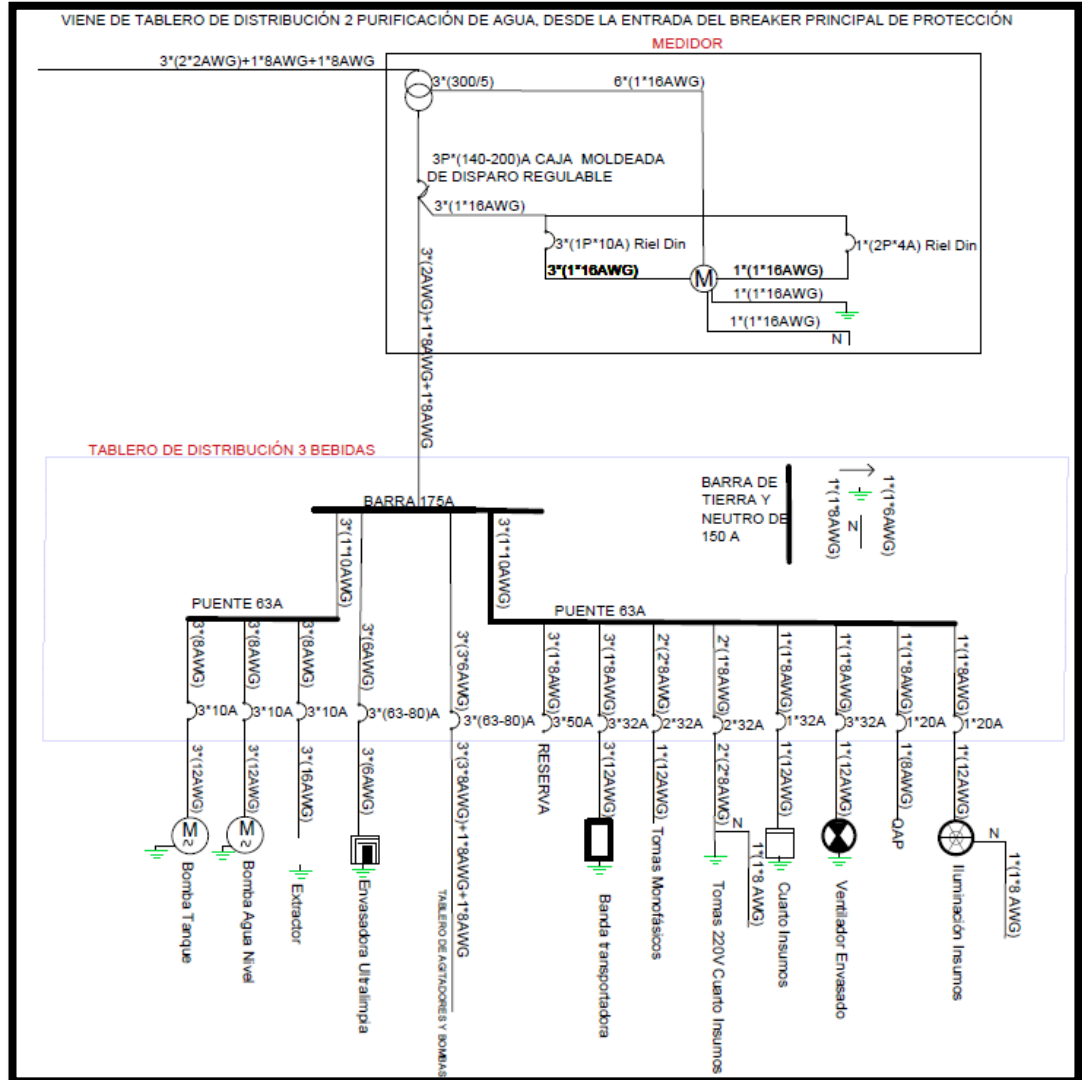
ANEXO 23. Diagrama unifilar del tablero de subdistribución para tomas de suelda.



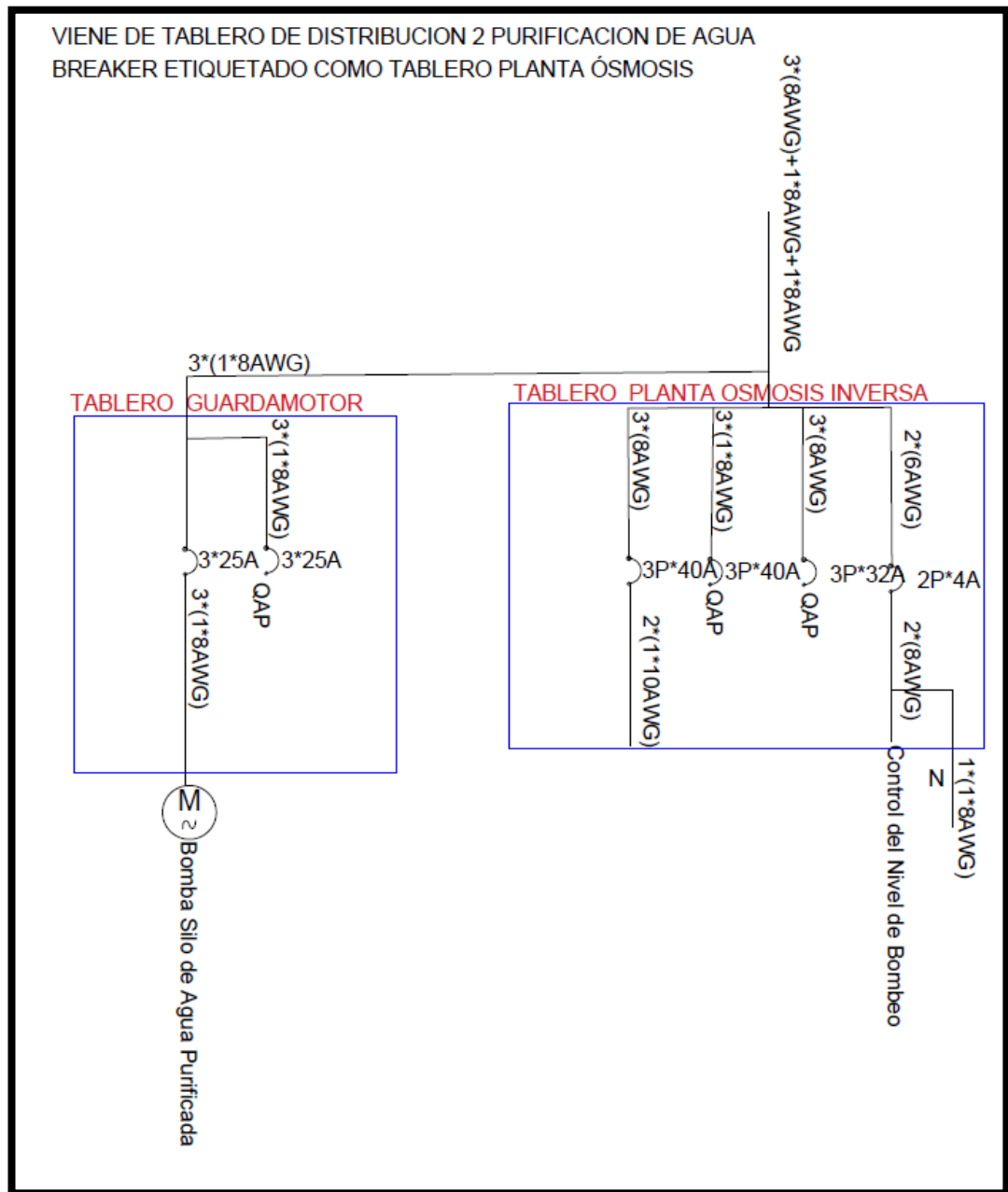
**ANEXO 24.** Diagrama unifilar del tablero de subdistribución del área de purificación de agua.



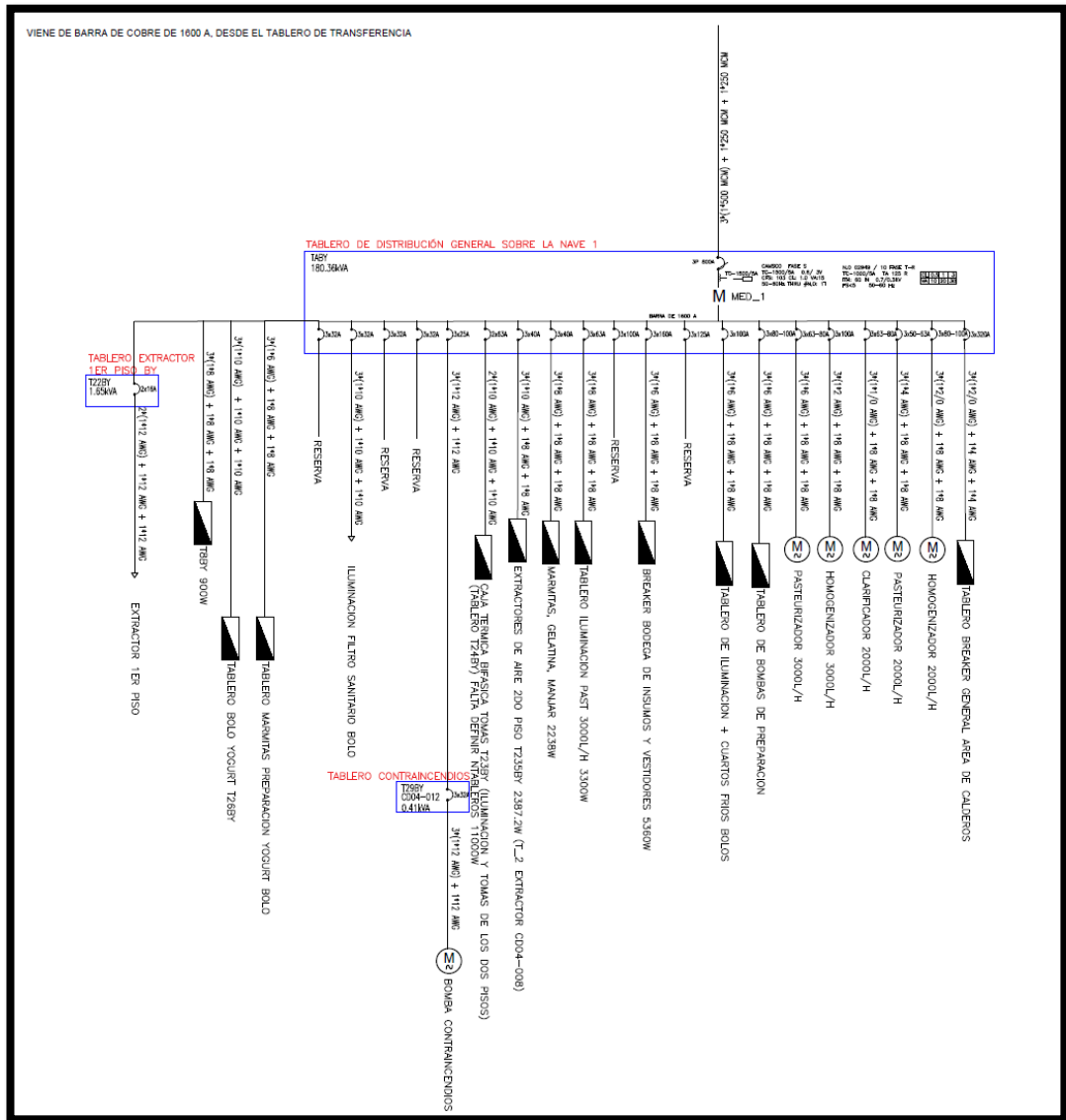
**ANEXO 25.** Diagrama unifilar del tablero de subdistribución del área de envase de bebidas.



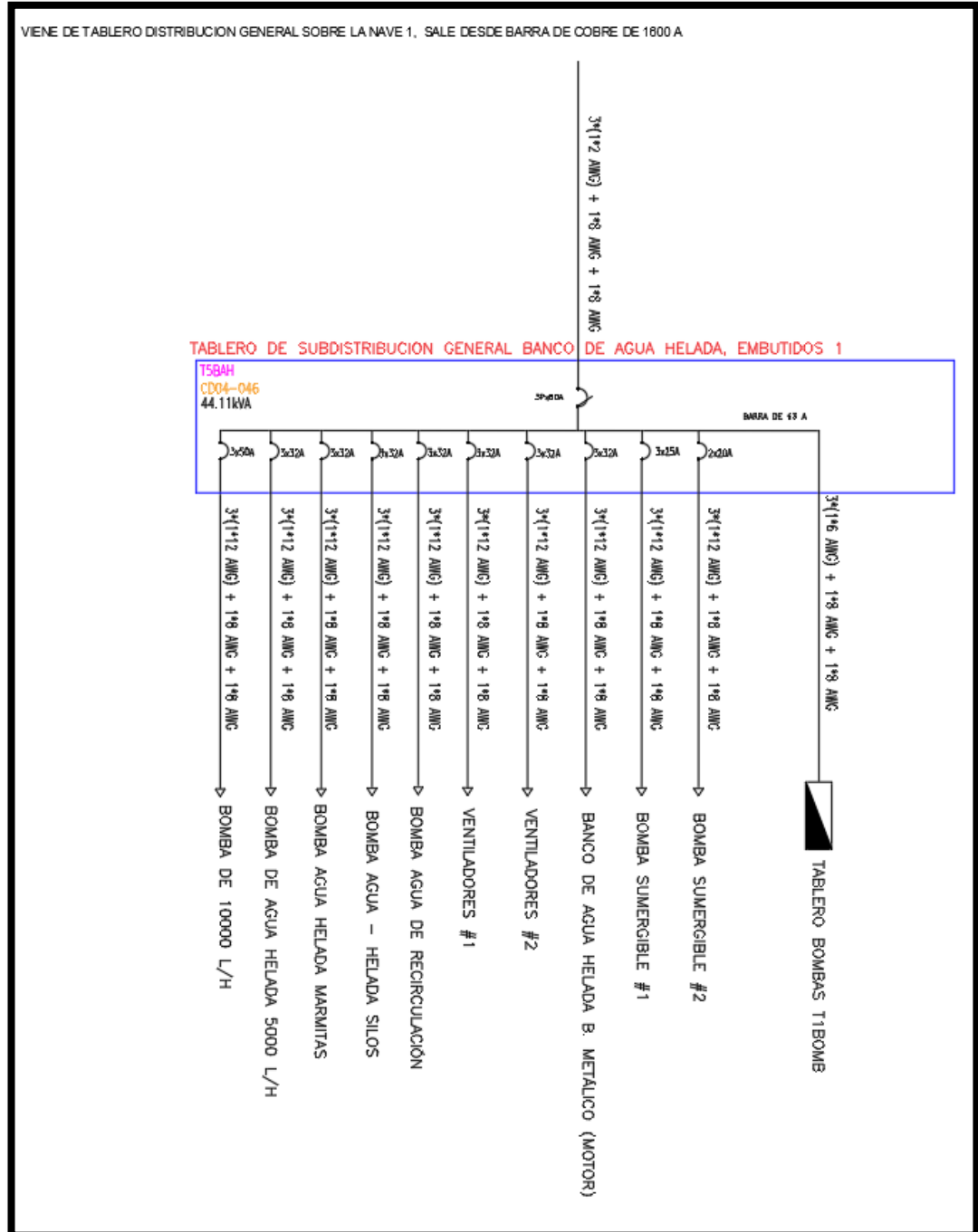
**ANEXO 26.** Diagrama unifilar del tablero de subdistribución del área de purificación de agua.



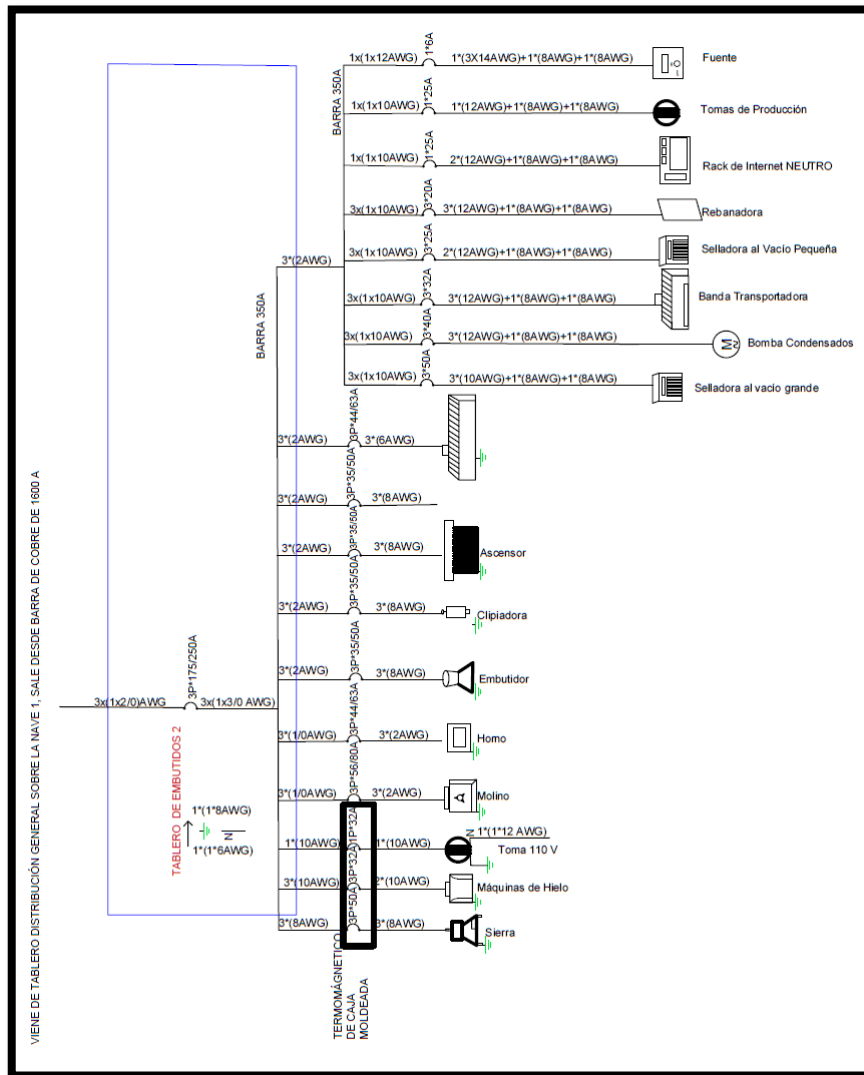
## ANEXO 27. Diagrama unifilar del tablero de distribución principal sobre la NAVE 1.



ANEXO 28. Diagrama unifilar del tablero de subdistribución del área de bancos de agua helada.

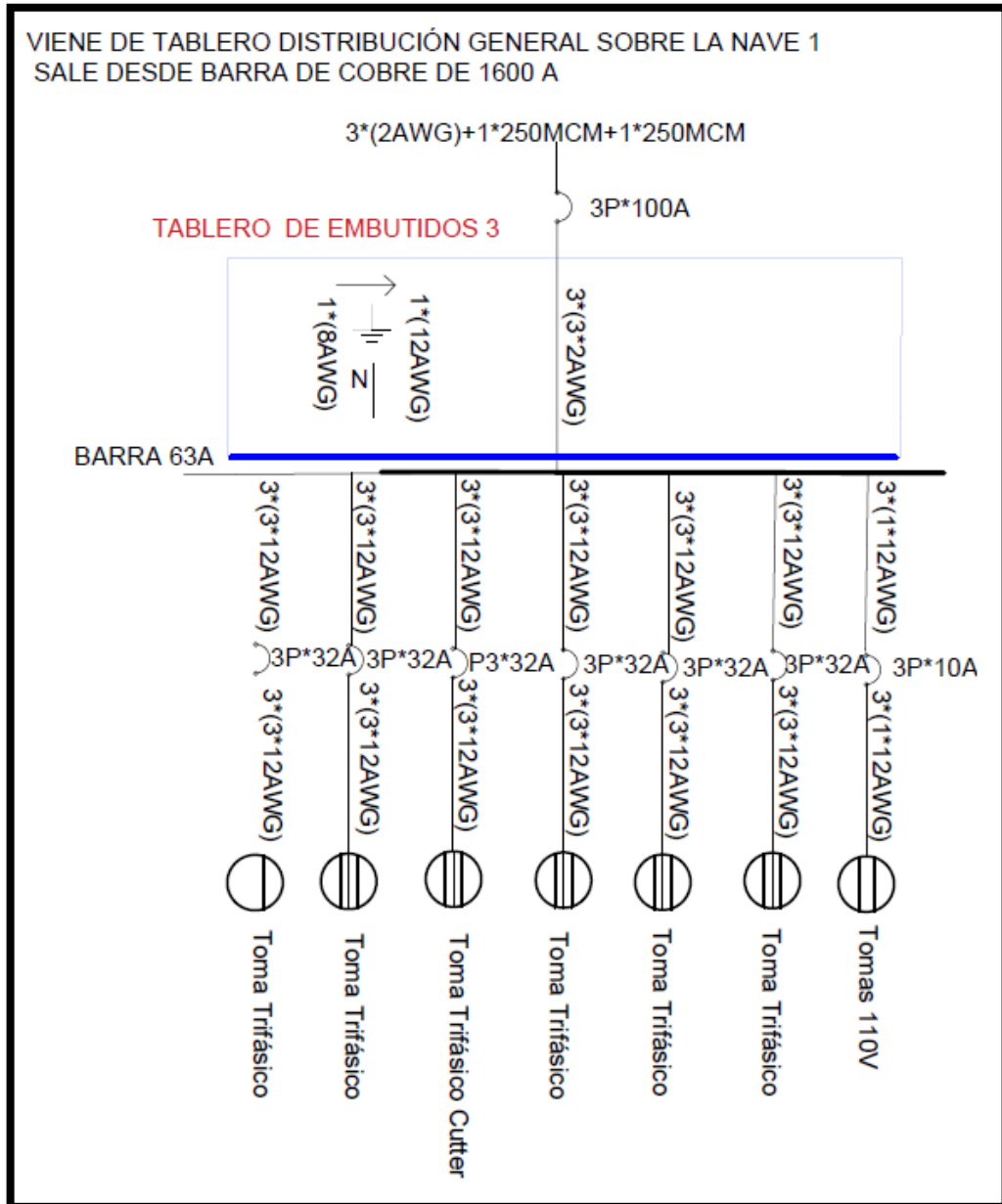


ANEXO 29. Diagrama unifilar del tablero de subdistribución del área de embutidos sección preparación.

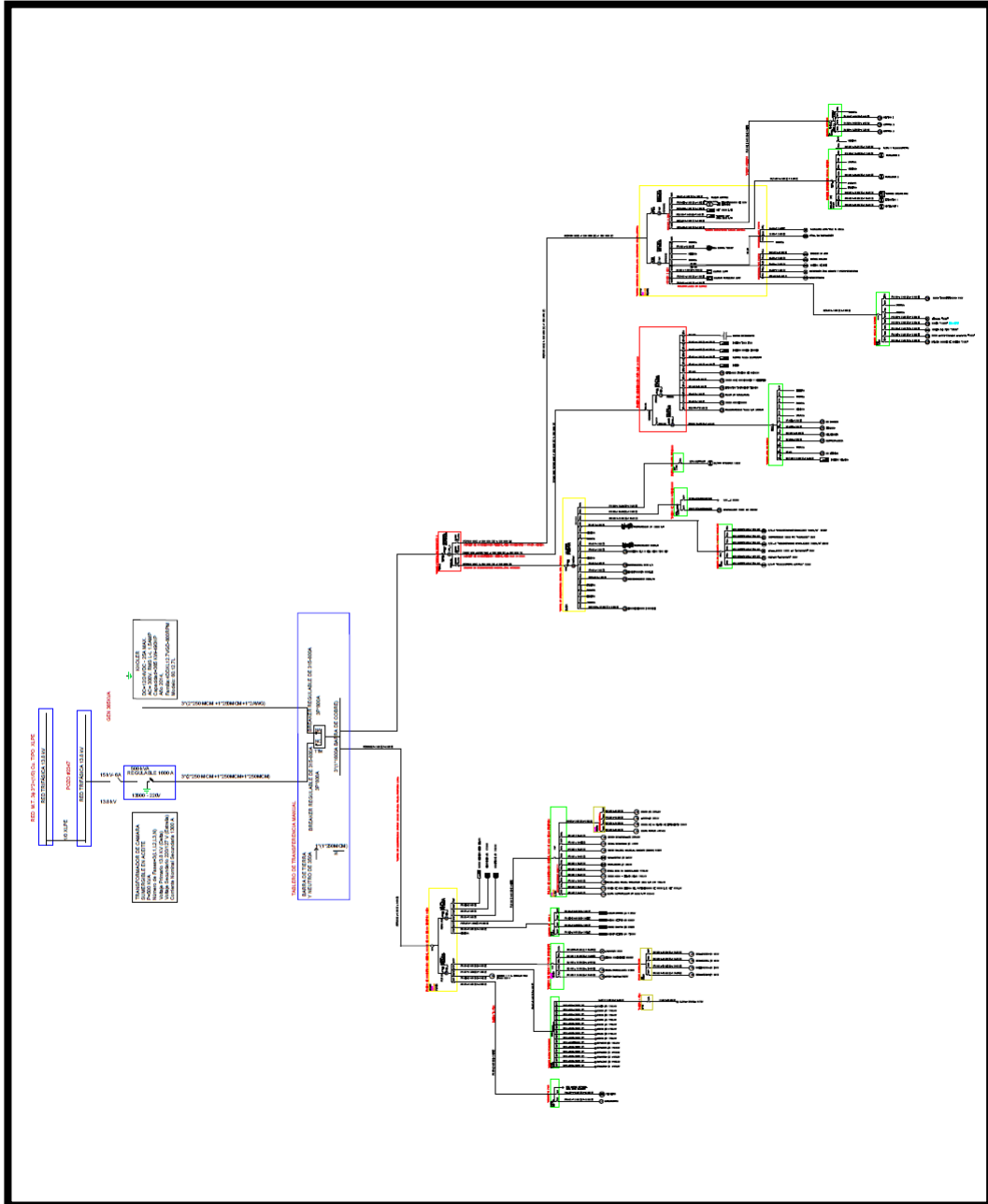




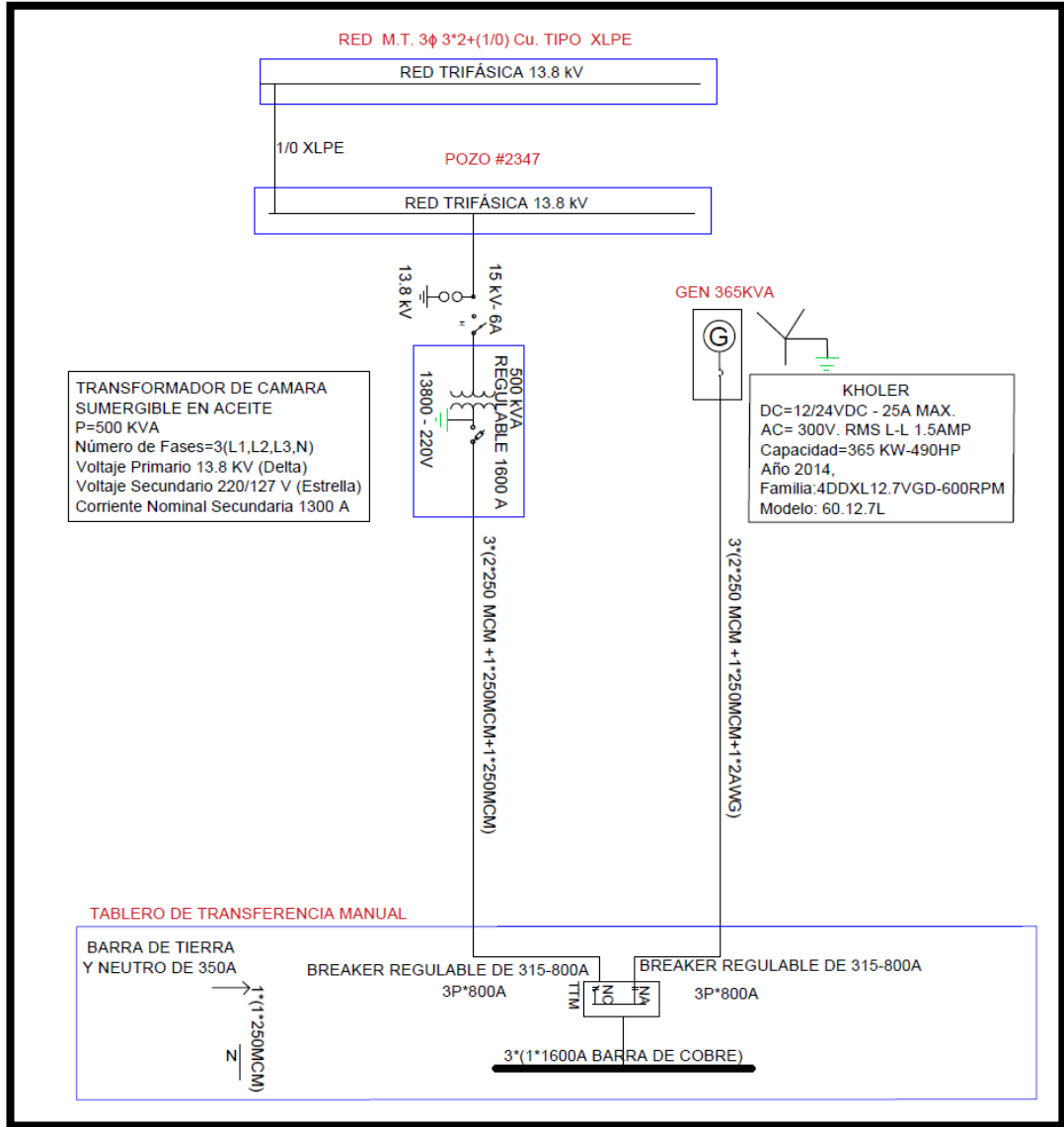
**ANEXO 30.** Diagrama unifilar del tablero de subdistribución del área de embutidos sección empaque.



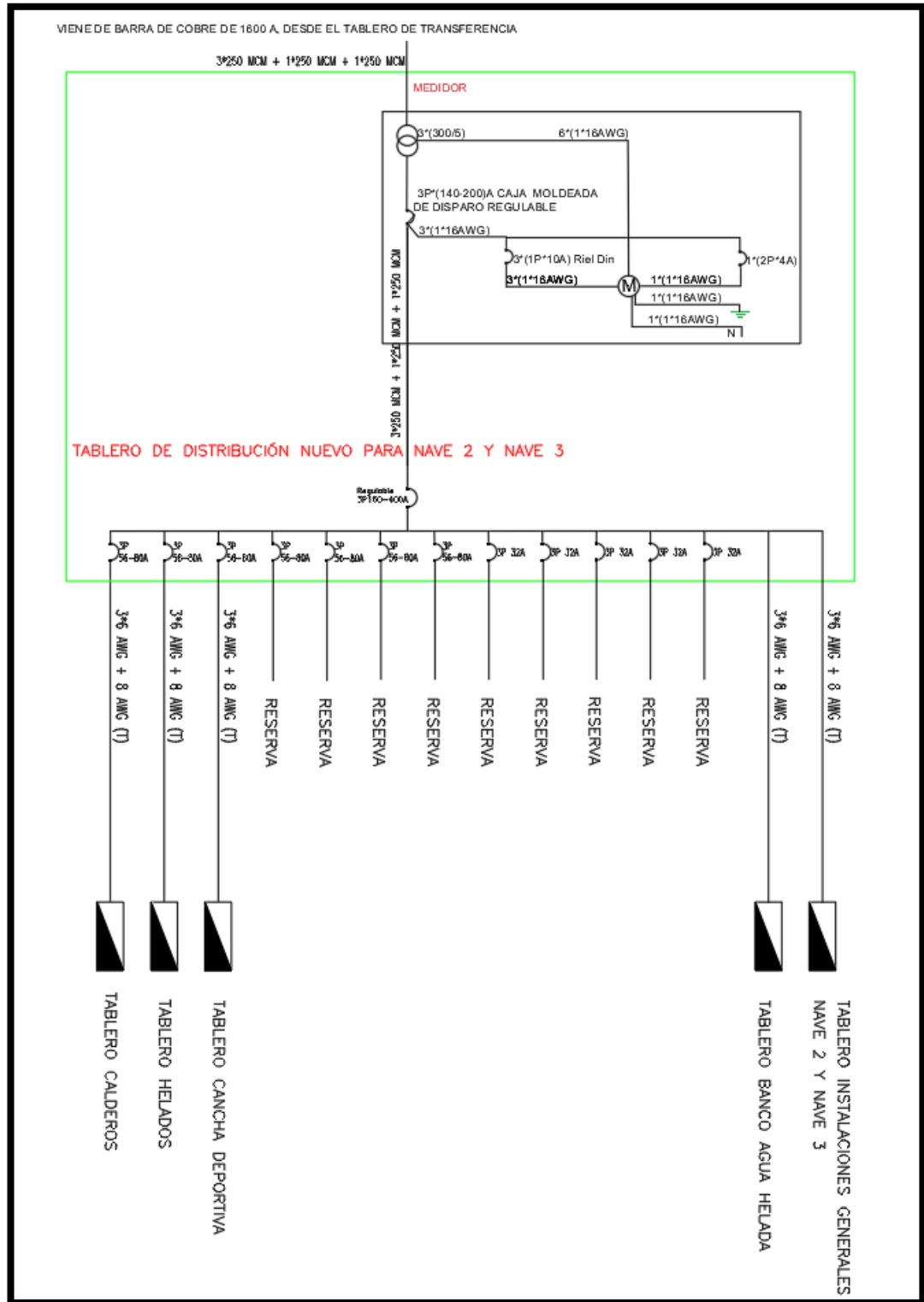
**ANEXO 31.** Diagrama unifilar de la nueva distribución eléctrica con el transformador de 500 kVA en funcionamiento.



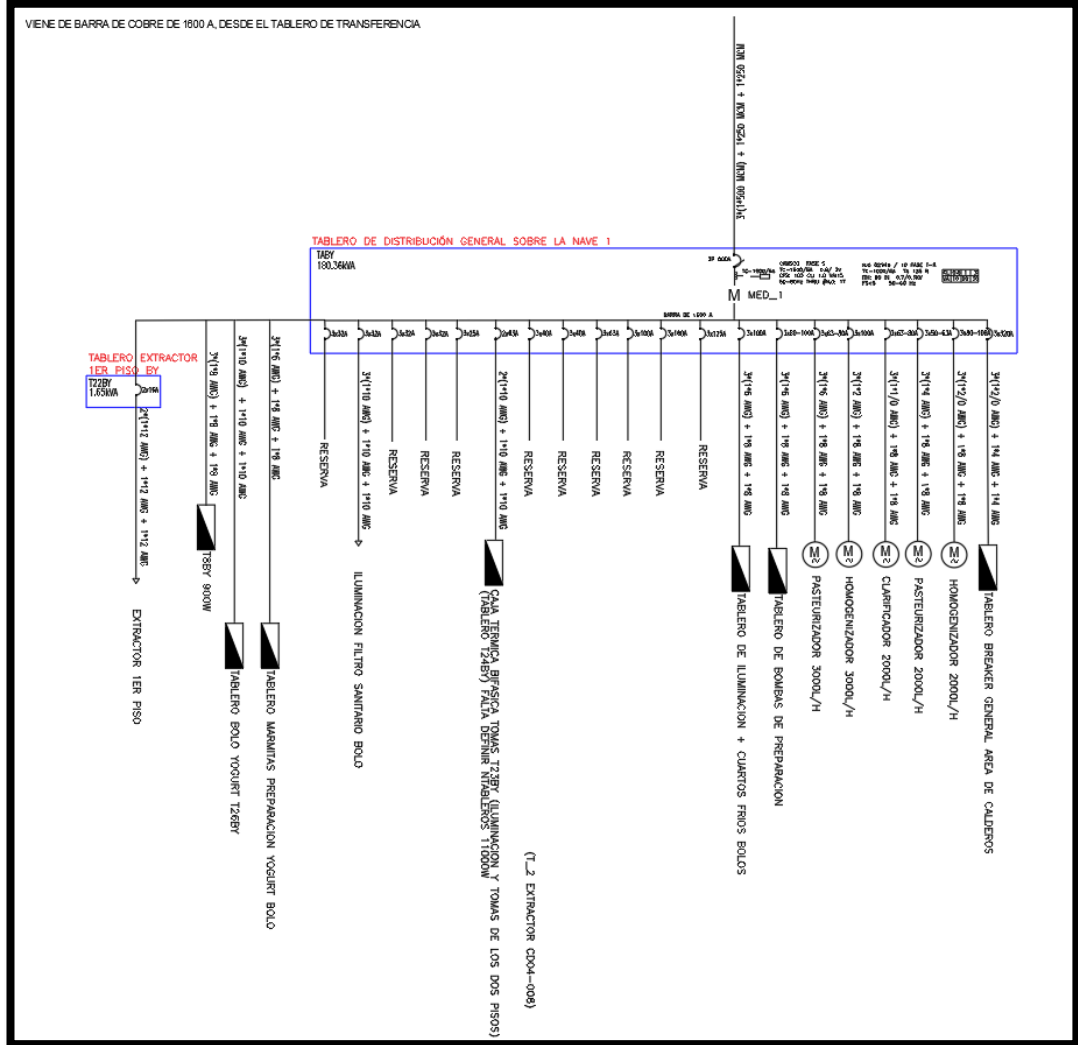
**ANEXO 32.** Red de distribución principal desde el transformador de 500 kVA hacia el tablero de transferencia.



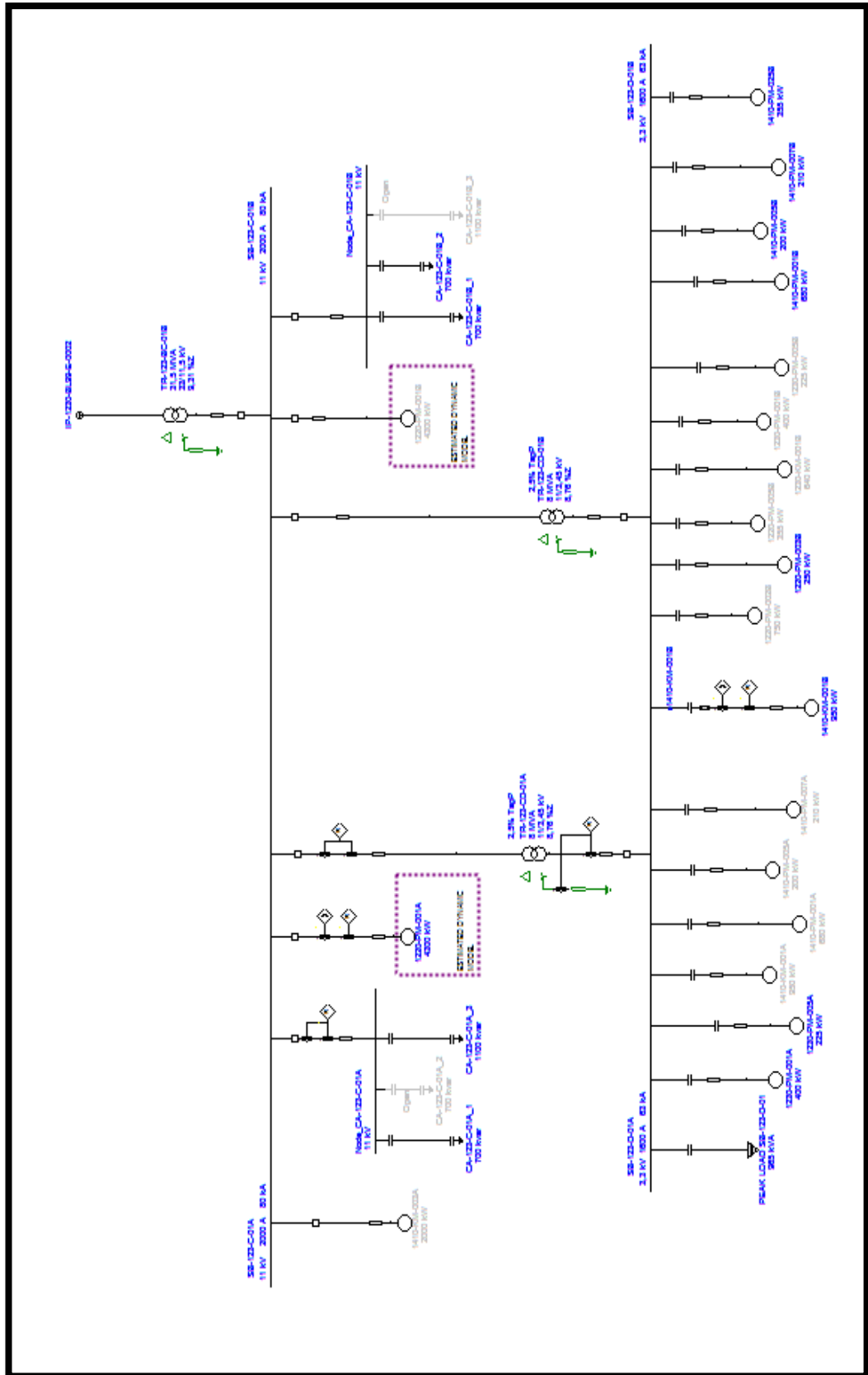
**ANEXO 33.** Diagrama unifilar del nuevo tablero de distribución principal destinado para la NAVE 2 y NAVE 3.



# ANEXO 34. Diagrama unifilar del tablero de distribución principal sobre la NAVE 1.



ANEXO 35. Diagrama unifilar de cargas con el transformador de 250 kVA instalado.



ANEXO 36. Diagrama unifilar con el transformador de 500 kVA instalado.

