

Proyección de la demanda y actualización del sistema eléctrico en la Empresa Agua Santa del cantón Salcedo

Demand projection and update of the electrical system in the Agua Santa Company of the Salcedo City

Pablo Suárez¹, Secundino Marrero³

Recibido 10 de junio de 2022; revisión aceptada 18 de noviembre de 2022

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 carga total instalada, determinándose 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. Se pudo determinar que el transformador estaba teniendo periodos de trabajo del 124% de su capacidad. Por ello se realizó una nueva proyección de la demanda y se implementó un cambio de transformador por uno de mayor capacidad, considerando la carga proyectada para tener reservas y ello se pudo comprobar a través de la simulación con las nuevas condiciones. Posterior al cambio del transformador se realizaron 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 antes posibles fallas¹

PALABRA CLAVE: Analizador de redes, carga instalada, demanda, diagramas unifilares, distribución, proyección de la demanda, transformador.

¹ Empresa alimentaria Agua Santa, Salcedo, Cotopaxi, Ecuador, cedimat2021@gmail.com

² Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, secundino.marrero@utc.edu.ec

ABSTRACT:

This document is a summary of the work carried out as part of the demand projection research project, change of power transformer and load migration in the Agua Santa Food Company "ALIAGUASANTA" CIA. LTDA. of the Salcedo canton, where there were several problems in terms of energy supply and energy quality, as a first step a total survey of information had to be carried out to make an estimate of the installed load, determining that it was greater than the capacity of the transformer even when the reserve loads were omitted from the analysis, after this task the design of the single-line drawings of the electrical distribution of the entire company was carried out and to have a better panorama of the distribution system, additionally two network analyzers were installed to determine with real consumption data if the transformer was having an energy overload, coming to find the novelty that the installed transformer was having periods of work up to 124% of its capacity, it should be noted that a new demand projection was made urgently and a change of transformer was requested to one of greater capacity and to solve part of the problems. Problems found in the company, after the change of the transformer, it began with the designs of the transfer boards and redesign of the distribution system and update of the single-line plans, this in order to prevent system collapses and in case of any failure, correct it in an immediate way.

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

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la electricidad se consolida a finales del siglo XIX y una de las consecuencias del dominio de la corriente alterna fue poder transportar la energía, donde 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 y el desarrollo de las redes de suministro eléctrico industrial; lo que ha permitido el avance de los sistemas de iluminación, distribución y consumo acorde a necesidades de las empresas con la utilización a gran escala de motores eléctricos para los diferentes accionamientos [1].

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, a unos quinientos metros del anillo vial Salcedo-Latacunga, la empresa comenzó sus actividades con maquinaria básica y artesanal únicamente para el proceso de embutidos, con el pasar del tiempo ha tenido un crecimiento exponencial 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; sin embargo, considerar el nivel de consumo de energía y la eficiencia energética también ha sido de vital importancia para realizar el proceso productivo con la mayor eficacia posible. La fábrica poseía una instalación eléctrica considerada estable y configurada para abastecer la potencia instalada que se tenía durante los años 2015 - 2017 de 60 kW, contando con un transformador de 250 kVA, un cableado conformado por 3 corridas de cable 250 Mil Circular Mils (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 A, mientras que el tablero de transferencia para abastecer una corriente máxima de 400 A con un generador marca Kohler de 250 kW de emergencia.

La implementación de maquinaria con tecnología de punta y el incremento de actividades económicas han provocado un aumento considerable en el consumo energético, la potencia instalada para el transformador y la implementación de nuevas cargas, perjudica al sistema de distribución eléctrico, llegando a saturar la capacidad que posee el transformador. Además, la empresa hoy ve la necesidad de instalar más maquinarias y equipos que le ayuden a satisfacer sus necesidades de producción internas, es por ello que se requiere tener una proyección de la demanda para determinar la capacidad óptima del nuevo transformador a instalar, además se debe realizar la migración de cargas hacia los nuevos tableros de distribución, transferencia y banco de capacitores.

Debido a los problemas presentados en la empresa en el sistema eléctrico, es que resulta importante realizar el estudio de las cargas existentes y las proyectadas para determinar la capacidad del nuevo transformador de potencia, aplicando normativas eléctricas ecuatorianas y provinciales, con vista a mejorar la calidad de energía y el abastecimiento energético adecuado en la empresa.

Con el cambio del transformador de potencia, la migración de cargas y la mejora del sistema eléctrico se podrá tener una mayor seguridad operacional ya que en la Industria alimenticia es importante tener un sistema eléctrico eficiente y seguro, debido a los costos de producción y servicios que se pueden ver afectados con gastos innecesarios. Por ello esta investigación se propuso como objetivo determinar el nivel de carga actual, definir la proyección de demanda para determinar el transformador más apropiado y brindar seguridad al sistema eléctrico

2. METODOLOGÍA

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 1. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección y 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 la calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas que se puedan producir. Con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser totalmente propias o en parte. También pueden ser operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad [2] (ELECTRICASAS, 2022).

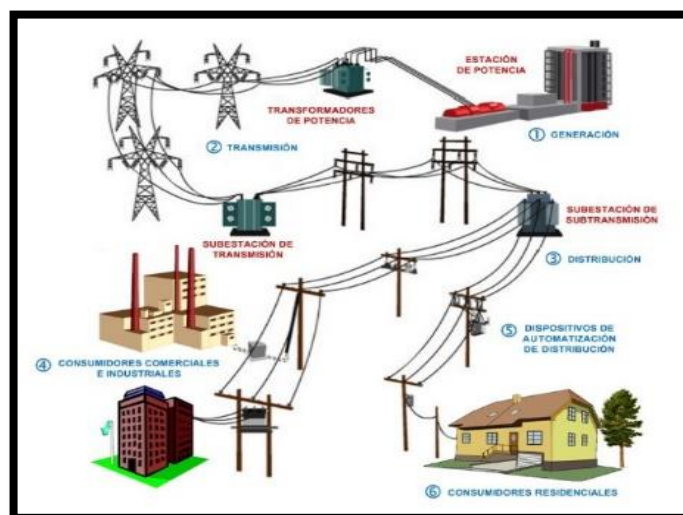


Figura 1. Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.

Fuente: [2].

2.1. Descripción del sistema eléctrico.

La empresa inicia sus actividades industriales en el año 2015, teniendo una carga instalada no mayor a 100 kW, y el sistema de distribución eléctrico de ese entonces era sencillo al contar con una red de alimentación, transformador, barras de distribución y cargas. Hoy en día la empresa tiene como actividades; la fabricación de productos cárnicos, snacks, helados, bebidas entre otros; la compañía 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.

Con el crecimiento de la maquinaria y la expansión de las actividades industriales de producción, han ido creciendo los puntos de distribución eléctrica con cargas en diferentes sitios de la empresa y el esquema de distribución inicial tuvo un cambio bastante considerable como podemos observar en la figura 2, este último esquema resulta bastante complejo el analizarlo ya que no se cuenta con datos exactos de todas las cargas instaladas en los diferentes tableros de distribución y sub distribución, cabe señalar que la línea de distribución principal es única y una gran parte de la carga instalada en la empresa parte del tablero de distribución principal para derivarse en sub tableros, saturando las líneas de distribución y desestabilizando al sistema eléctrico interno de la empresa.

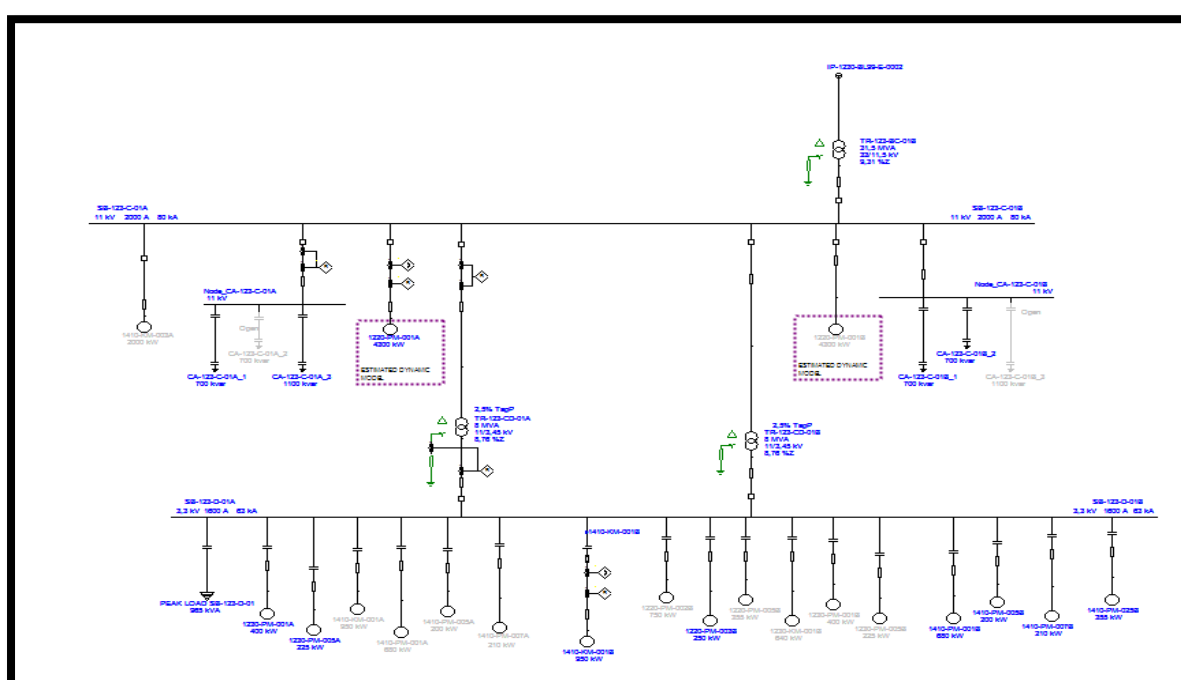


Figura 2. Diagrama unifilar del sistema de distribución de la Compañía Alimenticia Agua Santa previo al cambio del transformador.

Con la propuesta de cambio de transformador en marcha, el sistema de distribución eléctrico tuvo un cambio significativo, descentralizando el punto de distribución de las cargas y brindando un nuevo sistema de distribución eléctrico a la empresa, es así que en la actualidad se cuenta con dos tableros de distribución principal, que están reflejados en el esquema de la figura 3.

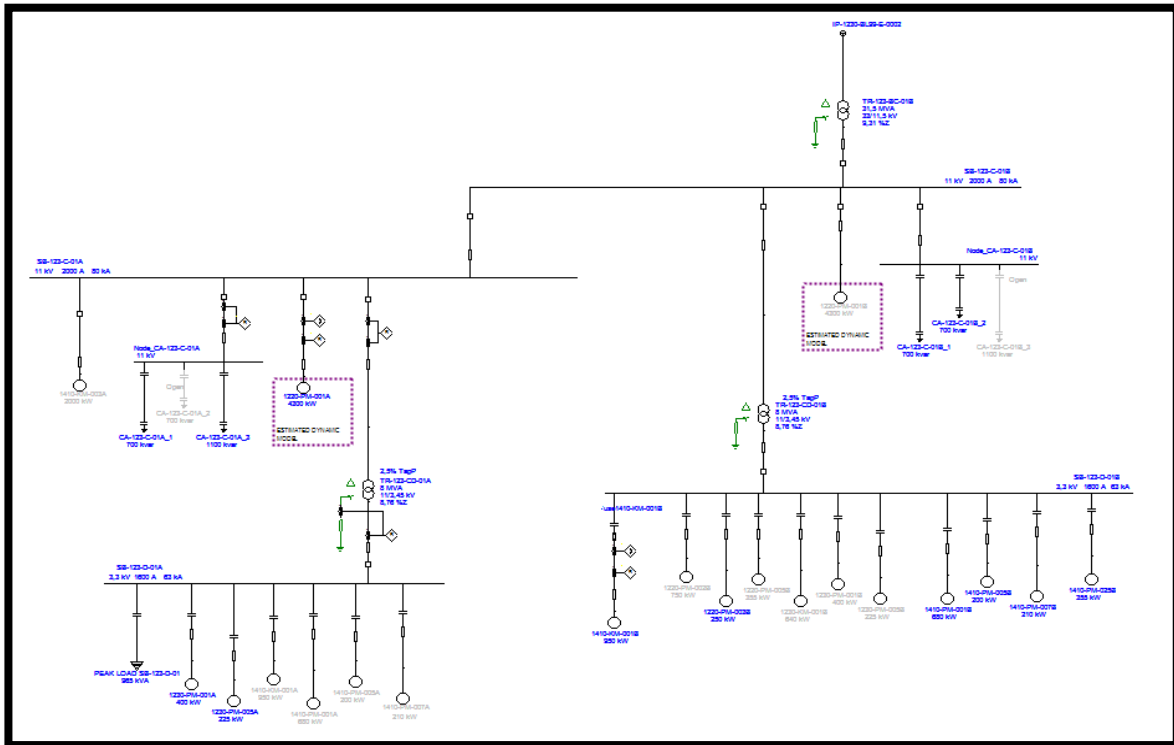


Figura 3. Diagrama unifilar del sistema de distribución actual de la Compañía Alimenticia Agua Santa.

2.2. Levantamiento de información de las diferentes áreas

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 en la nave 1 correspondiente al proceso de cárnicos donde se pone de manifiesto que esta área es la de mayor consumo debido a la carga instalada. El levantamiento de información de las cargas en la nave 2 y nave 3 que corresponde al área de preparación de helados y el área de calderos, 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. 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.

Con todos los datos obtenidos se determina la potencia instalada por áreas para valorar si el transformador aún está en la capacidad de cubrir la demanda instalada que se refleja en la tabla 1 y así poder conocer si puede admitir la demanda proyectada, para ello se realizará un nuevo estudio con las nuevas cargas previstas a instalarse y comprobar si el transformador se encuentra sobrecargado o aún está en capacidad de cubrir la demanda proyectada, además con estos datos

podemos constatar si el sistema eléctrico de distribución existente estaba correctamente dimensionado y trabajando acorde a sus límites de operación establecidos.

Tabla 1. Estimado total de potencia activa y aparente.

DESCRIPCIÓN	P, kW	S, kVA
NAVE 1	219,10	230,63
NAVE 2	70,76	74,48
NAVE 3	19,39	20,41
TOTAL	309,25	325,52

Al no considerar los equipos en reserva, la demanda total instalada en la nave 1 se reduce de una manera considerable teniendo así 175 kVA en comparación con los 230 kVA iniciales, de la misma manera se realiza el análisis total de datos nuevamente para estimar la demanda total y hacer el análisis correspondiente con la información de la tabla 2.

Tabla 2. Cálculo total de potencia activa y aparente sin considerar cargas en reserva.

DESCRIPCIÓN	P, kW	S, kVA
NAVE 1	166,90	175,69
NAVE 2	70,76	74,48
NAVE 3	19,39	20,41
TOTAL	257,05	270,58

2.3. Mediciones de la red. Instalación del analizador de redes FLUKE 1736, y KEW 6310

Con las mediciones se obtienen las curvas diarias de consumo, donde los mayores valores registrados por el analizador de redes se encuentran entre las 07:00 am hasta las 12:00 pm, debido a que en este tiempo la producción de la empresa está al 100% en todas las áreas. Después, 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 realiza las actividades el empaque, etiquetado y almacenamiento del producto, donde las maquinarias de proceso con mayor consumo ya no entran en funcionamiento, adicional a las curvas diarias de consumo se

realizó la curva semanal de consumo figura 4 para determinar cómo varía el consumo en el tiempo teniendo una curva con picos similares diariamente.

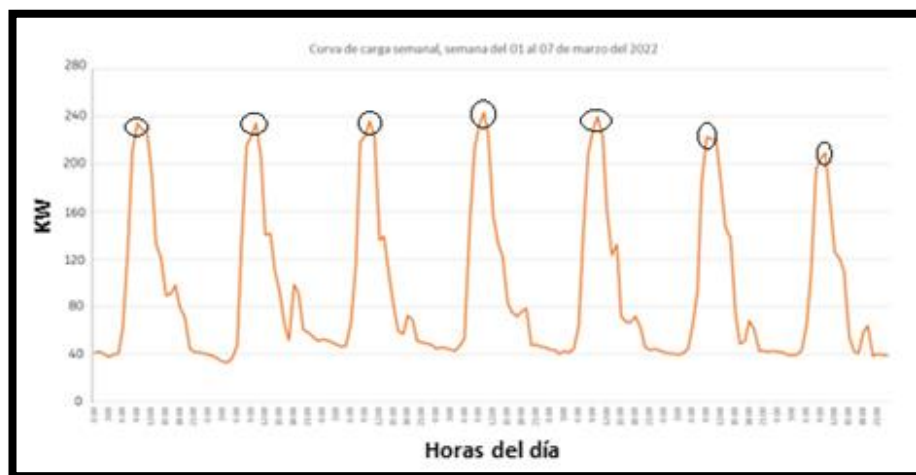


Figura 4. Curva de consumo semanal.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Evaluación de los armónicos

En la figura 5, se muestra los porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje, los valores máximos de registro THDV 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.

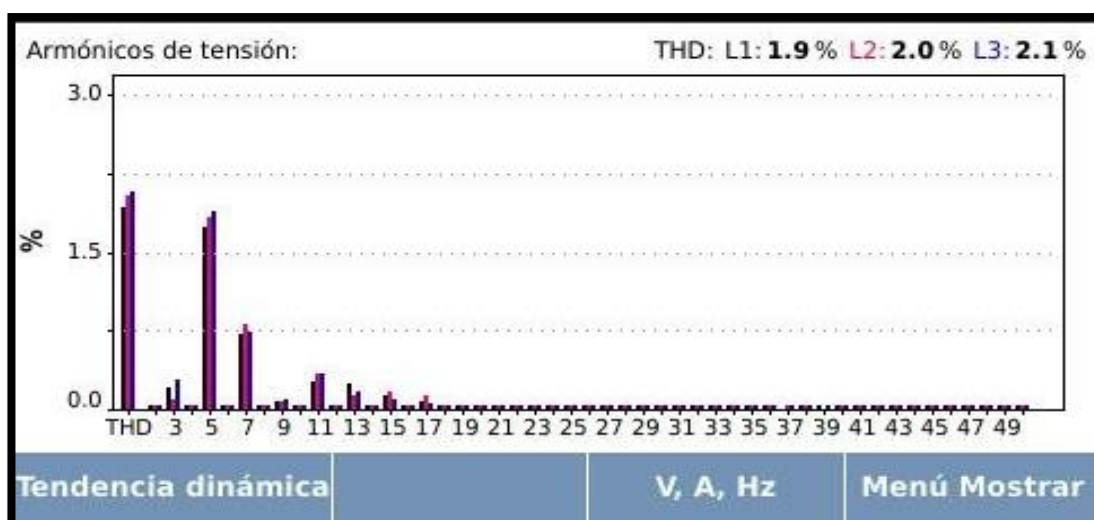


Figura 5. Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje.

Low-Voltage System Classification and Distortion Limits			
	Special Applications¹	General System	Dedicated System²
Notch Depth	10%	20%	50%
THD (voltage)	3%	5%	10%
Notch Area (A_N) ³	16 400	22 800	36 500

NOTE: The Value A_N for other than 480 V systems should be multiplied by $V/480$.

1 Special applications include hospitals and airports.

2 A dedicated system is exclusively dedicated to the converter load.

3 In volt-microseconds at rated voltage and current.

Figura 6. Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje admisibles según la normativa IEEE 519-1981.

Fuente: [3]

Como podemos observar en la figura 6, los armónicos de voltaje se encuentran dentro de los valores admisibles según la normativa IEEE 519-1981, sin embargo, en la figura 7 se muestra el espectro de armónicos de corriente, donde los valores máximos de distorsión registrados de THDI 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 (THDI) admisible se debe determinar en función de la relación existente entre las corrientes de cortocircuito y la de demanda máxima en el punto de conexión común. Además, se puede observar que los porcentajes de distorsiones armónicas de corriente de las líneas L1 y L3 están diferentes a la Línea L2.

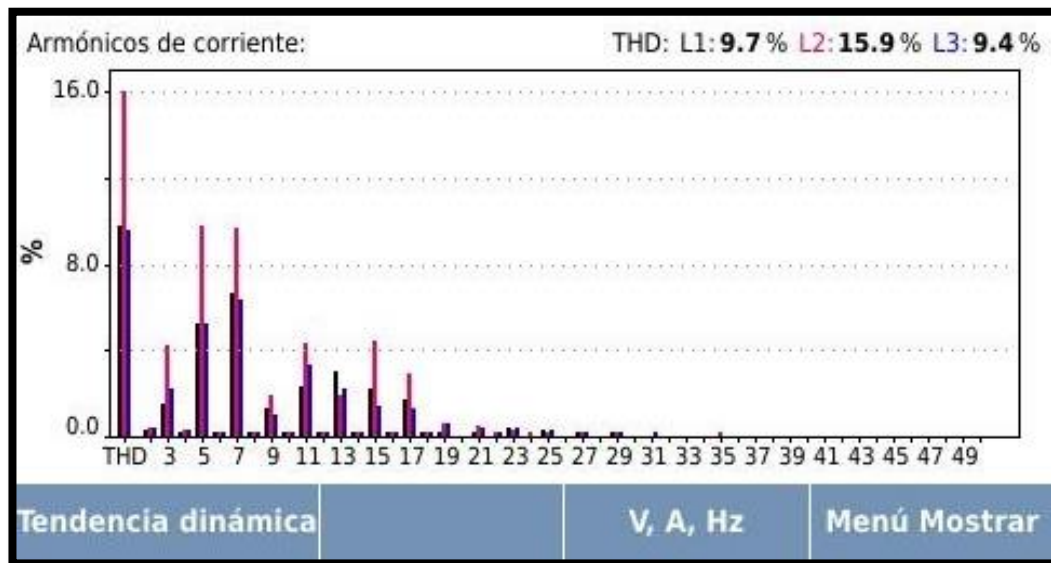


Figura 7. Porcentajes de distorsión de armónicos de corriente.

**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_2	<11	11<ch<17	17<ch<23	23<ch<35	35<ch	T00
<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 8. Porcentajes de distorsión de armónicos de voltaje admisibles según la normativa IEEE 519-1981.

Fuente: [3]

A partir de la tabla de la figura 8, es que puede definir si los armónicos de corriente se encuentran fuera de los valores establecidos según la normativa IEEE 519-1982, para lo cual vamos a comprobar la relación (ICR) de la corriente de cortocircuito (I_{sc}) y la corriente de demanda máxima (I_l) con la formula (1), para ello se realiza un cortocircuito trifásico en la carga teniendo como resultado una corriente de 8240 A, mientras que la corriente máxima de la carga registrada en la línea 1 es de 697 A, Línea 2 de 700 A y la Línea 3 de 709 As.

$$ICR = \frac{I_{sc}}{I_l} \quad (1)$$

La relación ICR de las corrientes para las tres fases se muestra a continuación:

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

$$ICR_1 = 11.82$$

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

$$ICR_2 = 11.77$$

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

$$ICR_3 = 11.62$$

Donde los resultados muestran que el % de THDI admisible cuando el ICR está entre 50 y 100, presenta el límite recomendado de 12.0 % en el TDD, mientras que en las 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 se presenta una distorsión armónica de corriente porque sobrepasa el límite establecido según la normativa.

Como ya se había observado en la figura 5, el porcentaje de distorsión armónica de voltaje está muy por debajo de la norma, por tanto, en la figura 9, se muestra una forma de onda de voltaje sin distorsión, concluyendo que las distorsiones armónicas de voltaje no representan ningún problema para el buen funcionamiento del sistema eléctrico.

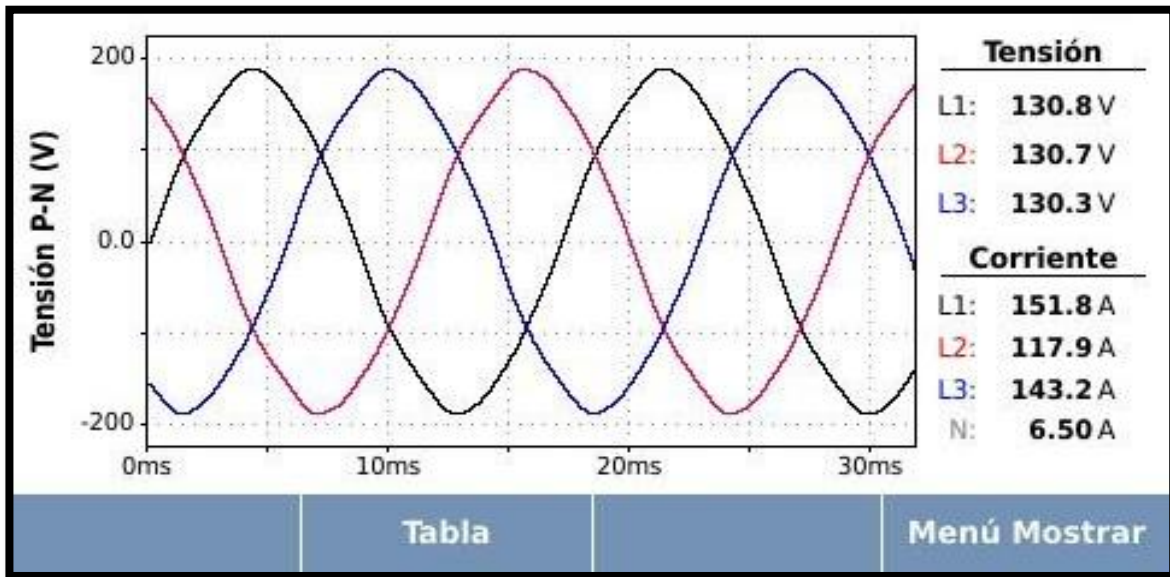


Figura 9. Forma de onda sinusoidal de voltaje.

En la figura 10, se muestra la forma de onda de corriente con una evidente deformación de su onda sinusoidal en las tres fases vivas, provocada por el nivel de distorsión armónica que ya habíamos explicado en base a la figura 7 y esto nos dice que es importante seguir monitoreando los cambios porcentuales de distorsiones armónica en el futuro, más aún cuando se instalen otras máquinas en la planta de comportamiento no lineal, teniendo muy en cuenta que la capacidad del transformador está en su límite máximo.

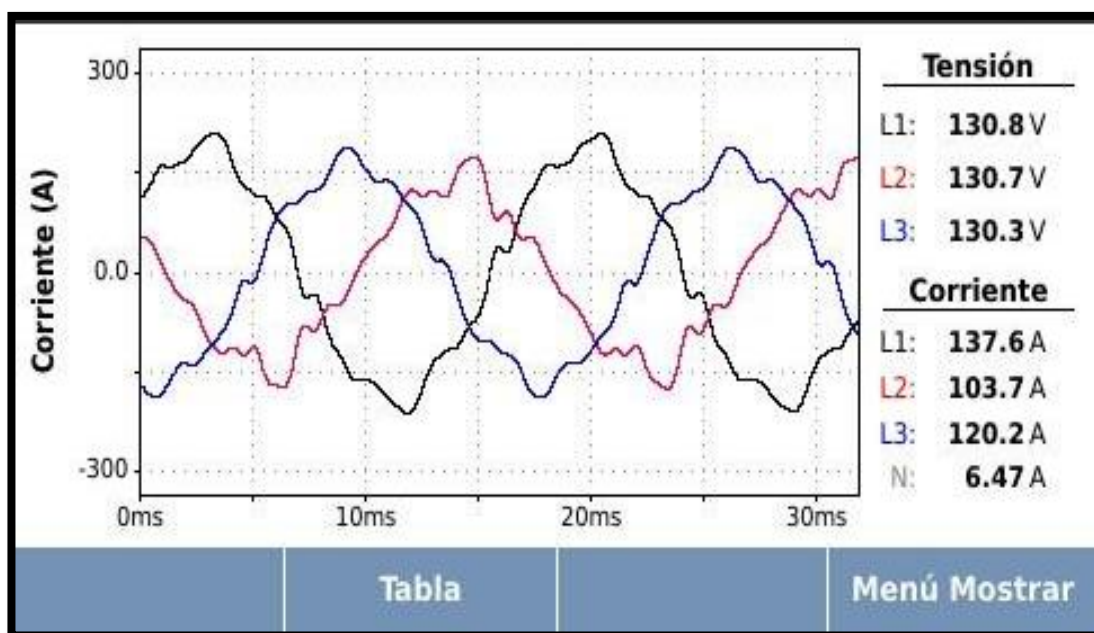


Figura 10. Forma de onda sinusoidal de corriente.

3.2. Proyección de la demanda para las nuevas cargas a instalar.

Con los datos de la nueva maquinaria del snacks y el área de frío, se realiza la proyección de la demanda mostrada en la tabla 3 con vista a determinar la capacidad requerida del nuevo transformador, considerando el 100% de la maquinaria actual instalada y las nuevas cargas, entonces se define el requerimiento de un transformador de 500 kVA, también se analiza que el tablero de distribución principal se deberá cambiar por uno de mayor capacidad o realizar una configuración de distribución diferente.

Tabla 3. Proyección de la demanda

DESCRIPCIÓN	P, kW	S, kVA
NAVE 1	219,10	230,63
NAVE 2	70,76	74,48
NAVE 3	19,39	20,41
MAQUINARIA NUEVA SNACKS	50,00	52,63
UNIDADES DE FRÍO	50,00	52,63
TOTAL	309,25	430,78

Al realizar la simulación del flujo de potencia de la figura 11 con los datos obtenidos de todas las cargas, podemos corroborar que el transformador se encuentra sobrecargado, mostrando un valor de 124.1 %, dicho valor nos indica que el transformador está trabajando fuera de sus límites normales de operación, con esta simulación, los datos estadísticos realizados y el análisis de la red, podemos comprobar y determinar que el transformador, el sistema de distribución eléctrico y el cableado principal ya no están en capacidad de cubrir una demanda mayor a la instalada

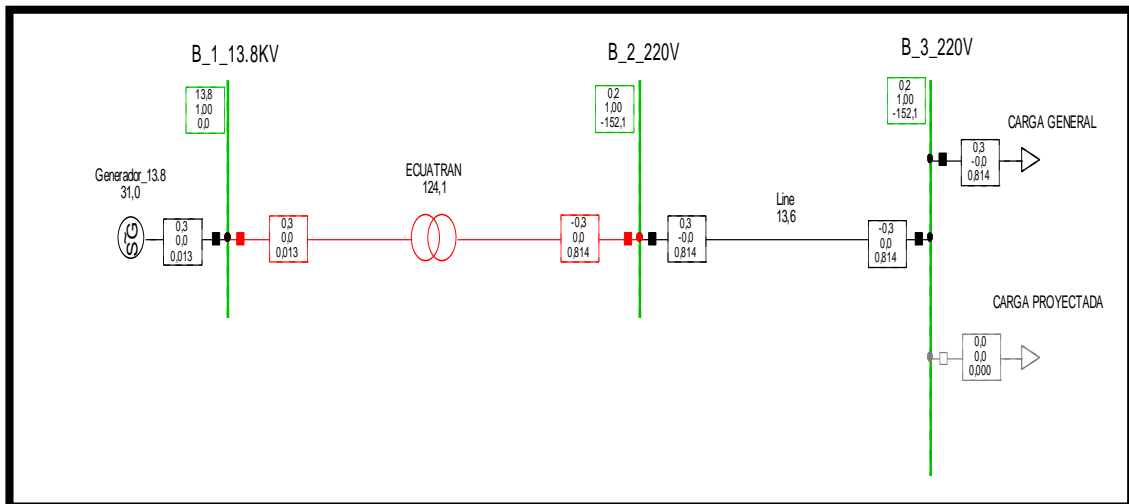


Figura 11. Simulación del flujo de potencia con el transformador de 250 kVA y la carga instalada en la compañía Alimenticia Agua Santa.

3.3. Montaje del transformador de 500 kVA y migración de cargas.

Se realiza la adquisición e instalación de un transformador de 500 kVA mostrado en la figura 12, de manufactura ECUATRANS, con características de alimentación primaria 13.8 kV y salida secundaria 220/127 V.



Figura 12. Adquisición del transformador de 500 kVA.

Luego de realizar las pruebas de laboratorio que exige la empresa ELEPCO SA, se ubica el transformador en su sitio y se coloca un disyuntor caja moldeada en la salida del secundario, dicho disyuntor es de 1600 A de capacidad, el mismo que está con una acometida de tres corridas de cable 500 MCM por fase, posterior a ello se procede a armar las puntas terminales y los equipos de medición para este nuevo transformador, 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

Con el nuevo transformador en funcionamiento se utilizan dos tableros de distribución, uno actual que se encuentra sobre la Nave 1 y el tablero nuevo que va a estar entre la nave 2 y la nave 3 (figura 13), 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.



Figura 13. Montaje de disyuntores en el nuevo tablero de distribución.

El nuevo tablero de distribución está diseñado para abastecer una carga de 500 A, el mismo que cuenta con un disyuntor principal tipo caja moldeada de 500 a 800 A regulable, con 7 disyuntores tipo caja moldeada de 80 A cada uno. En la parte posterior del tablero de distribución se instalan barras de cobre con capacidad de 800 A por fase y una barra de neutro de similares características como podemos observar en la figura 14. La acometida prevista para este tablero va a estar con una corrida por fase con cable de 250 MCM, otra corrida con cable de 250 MCM para el neutro y tierra respectivamente. Adicional se instala un medidor de parámetros eléctricos SIEMENS SENTRON PAC 3200 para controlar el consumo de energía en esta nave de producción.



Figura 14. Montaje de los transformadores de corriente TC en las barras de distribución de cobre 800 A.

El crecimiento substancial de los dispositivos electrónicos en los últimos años ha dado lugar a un cambio significativo de los tipos 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 [4, 5].

Unas de las fuentes más comunes que producen armónicos, son los dispositivos de estado sólido usados en el control, los 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 y esto 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 [6].

Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales que poseen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia de la red. 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 las cargas de un sistema de potencia.

Como se observa en la figura 15, 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 [7].

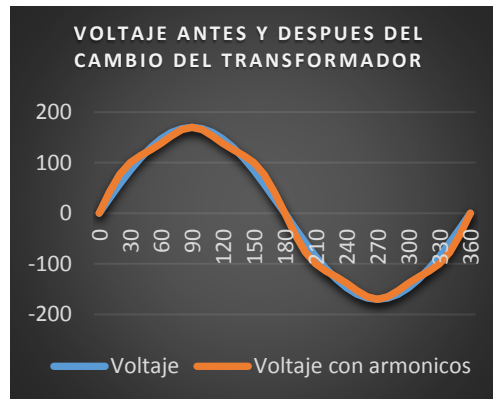


Figura 15. Onda de voltaje antes y después del cambio del transformador.

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 el mismo que es un equipo automatizado destinado al monitoreo permanente de la potencia reactiva de la instalación y al control del factor de potencia. Atendiendo a los factores económicos el proyecto se realiza por etapas; como primer paso se realizó el cambio del transformador y el rediseño del sistema de distribución, teniendo un cambio muy significativo en este sistema como se puede observar en la figura 16, 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.

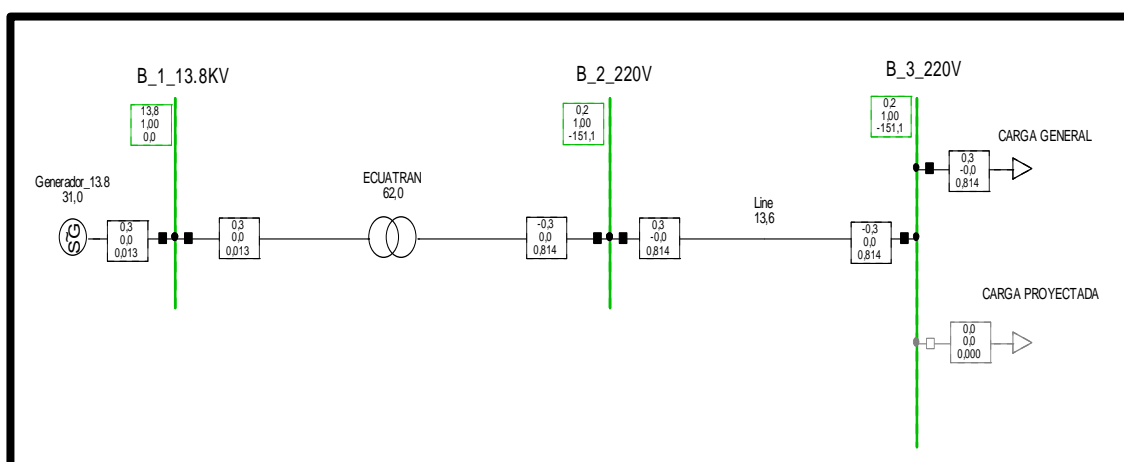


Figura 16. Diagrama unifilar simplificado del sistema de distribución de la Compañía Alimenticia Agua Santa con el transformador de 500 KVA.

Como se había evidenciado en la figura 11, el transformador se encontraba sobrecargado y con la ejecución de la primera etapa del proyecto el nuevo flujo de potencia simulado nos arroja como resultado un transformador trabajando dentro de los límites correctos de operación, como se puede evidenciar en la figura 16, teniendo un valor de 62 en el cuadro del transformador de potencia de 500 kVA.

4. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar mediante un análisis de las cargas, que el sistema de distribución presentaba serios problemas siendo el punto más crítico el transformador, ya que este estaba operando al límite de su capacidad nominal y sobrecargado, por tanto, la empresa no tenía la capacidad energética de crecer en su carga eléctrica a futuro
- Para tener un mejor respaldo al análisis estadístico y al análisis de la red se procedió a simular el flujo de carga en Power Factory, teniendo dos escenarios de partida, uno previo al cambio del transformador y otro con el proyecto del cambio de transformador ejecutado, comprobando así mediante este simulador que el transformador de 250 kVA y la carga instalada de 310 kW, arroja como resultado una sobrecarga en mismo que está operando al 124% de su capacidad, en el segundo escenario con la carga actual y la carga proyectada para un transformador de 500 kVA el resultado de la simulación fue un transformador trabajando en condiciones normales con un porcentaje de 62%, y teniendo una reserva del 48% para el crecimiento de carga futura.
- Al descentralizar las cargas en dos tableros diferentes, se logró corregir los desbalances energéticos en las diferentes áreas, y se redujo la magnitud de corriente en la acometida principal existente, la misma que se encontraba trabajando fuera de sus valores nominales y con posibilidades de un colapso en el sistema eléctrico por deterioro irreversible del cableado o pérdidas de conducción de corriente a lo largo del cableado,
- La implementación de supresores de transcientes en equipos sensibles a variaciones de voltaje fue de gran ayuda ya que se logró disminuir las pérdidas de producción, daños en sus elementos de control, circuitos electrónicos averiados, entre otras fallas, brindando una protección extra a los equipos. En la empresa se instaló un supresor de transcientes, como parte de la primera etapa del proyecto, de la misma manera con la instalación del Controlador Automático del Factor de potencia PFW01, se garantiza el control de la demanda de reactivo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dirección General de eficiencia energética del Perú. Guía de Orientación del uso eficiente de la energía y diagnóstico energético. 2018. Retrieved 08 31, 2022 from https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/13_%20guia%20industria%20de%20alimentos%20DGEE.pdf
- [2] ELECTRICASAS. Sistema de Suministro Eléctrico. Generación, transporte y distribución de la Energía Eléctrica. 2022. Retrieved 09 09, 2022 from <https://www.electricasas.com/sistema-de-suministro-electrico/>
- [3] Industria, R. E. Armónicos y la norma IEEE 519 1992. From Armónicos y la norma IEEE 519 1992: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=570>
- [4] Calle, J. R. (2013, 07 16). Eficiencia eléctrica en alimentadores primarios de distribución de LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A. – ECUADOR. 2013. Retrieved 10 28, 2022 from <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3699/1/TESIS.pdf>.
- [5] Rios P. C., Aristizabal N. M., Gallego R. R. Análisis de armónicos en sistemas eléctricos. SCIENTIA ET TECHNICA No. 21. 2003
- [6] MAQUICLICK. (2019, 07 17). El desarrollo pide la electricidad y su uso industrial. Retrieved 08 31, 2022 from <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/desarrollo-de-la-electricidad/>
- [7] González P. I. et al. Modelación de Regímenes de Redes Eléctricas en Presencia de Distorsión Armónica. VOL. REVISTA TÉCNICA "ENERGÍA", EDICIÓN NO. 13 13 NÚM. 1 (2017).