



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:

**“EVALUACIÓN ENERGÉTICA A LA UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
FISCOMISIONAL DOMINGO COMÍN”**

AUTORES

MERO ÁLAVA LUIS ANDRÉS
CHILAN MUÑIZ CHRISTIAN BRYAN

DIRECTOR:

Ing. Julio Manuel Silva Becherán MSc.

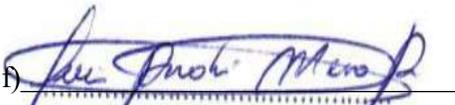
GUAYAQUIL

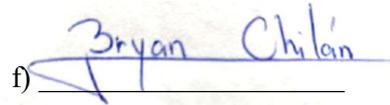
2020

**CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TIULACIÓN**

Sobre nosotros **MERO ÁLAVA LUIS ANDRÉS** y **CHILAN MUÑIZ CHRISTIAN BRYAN** Autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin ánimo de lucro. Asimismo, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones de este trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores

Guayaquil, Julio, 04, 2020

f) 
Autor: **MERO ÁLAVA LUIS ANDRÉS**

f) 
Autor: **CHILAN MUÑIZ CHRISTIAN BRYAN**

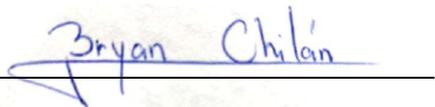
Cédula: **0929154805**

Cédula: **2000124244**

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **CHILAN MUÑIZ CHRISTIAN BRYAN**, Con el documento de identificación N ° **2000124244** expresé mi deseo, y como soy el autor de la tesis, cedí la propiedad a **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA “EVALUACIÓN ENERGÉTICA A LA UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL DOMINGO COMÍN”** Fue desarrollado para optar al título de **INGENIERO ELÉCTRICO** en la Universidad Politécnica Salesiana, otorgando a la universidad el derecho a ejercer plenamente sus derechos previamente asignados. Al utilizar las disposiciones de la Ley de Propiedad Intelectual, me reservo los derechos morales de las obras antes mencionadas como autor. Por ello, firmé este documento cuando entregué el formato impreso y digital definitivo a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Julio, 04, 2019

f) 

Autor: **CHILAN MUÑIZ CHRISTIAN BRYAN**

Cédula: **2000124244**

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO
POR EL TUTOR**

Yo, **JULIO SILVA BECHERAN**, director del proyecto de Titulación denominado “**EVALUACIÓN ENERGÉTICA A LA UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL DOMINGO COMÍN**”, realizado por los estudiantes, **CHILAN MUÑIZ CHRISTIAN BRYAN** y **MERO ÁLAVA LUIS ANDRÉS**, Garantizo que se ha posicionado y revisado durante el proceso de desarrollo desde que se realizó la introducción antes de la aprobación de las autoridades pertinentes.

Guayaquil, Diciembre, 04, 2020

f)  _____

Ing. Julio Silva Becheran MSc.

Cédula

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias madre y padre.

Luis Andrés Mero Álava.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al esfuerzo de mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio y por cada momento en el que estuvo para mí; gracias a mi papá por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo; gracias a ambos por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida. Gracias a la universidad por permitirme convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte que al día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. forjarme con profesional y como persona, también agradezco a todos mis amigos que fui conociendo a lo largo de mi preparación académica gracias a ellos por ayudarme a no rendirme, gracias por las alegrías y recuerdos gratos y sobre todo por sus consejos de aliento que me hicieron ver de forma positiva el mundo, por auxiliarme en los problemas que encontré en mi camino.

Luis Andrés Mero Álava.

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Titulación está dedicado a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en cada obstáculo que se me presentaba.

A la memoria de mi madre, Carmen Muñiz, quien me dio la sabiduría, ganas y fuerzas para lograr mi sueño, también a mi padre que me apoyo incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional.

CHRISTIAN CHILAN MUÑIZ

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo de titulación quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios y a mis padres que me apoyaron a lo largo de mi carrera, específicamente a mi Madre quien me ayudo en el largo camino de mi carrera, pero desde el cielo me bendice y me da la fortaleza para poder terminar esta etapa que ambos iniciamos. También agradezco a mi hermosa universidad y todas las autoridades, que me permitieron finalizar una etapa de mi vida, gracias a mi tutor Julio Manuel Silva Becheran por la paciencia y firmeza que tuvo para guiarme al desarrollo de mi investigación.

No puedo dejar de agradecerte especialmente a ti Andrea, que eres mi novia, pero sobre todo mi amiga, has sido mi pilar y apoyo desde aquel día que partió lo más preciado de mi vida, te agradezco de corazón por ayudarme a seguir luchando por mis sueños, metas y no dejarme solo.

CHRISTIAN CHILAN MUÑIZ

RESUMEN

Este Trabajo de Tesis fue realizado en el Colegio Salesiano Domingo Comín, dicha institución se encarga de transmitir el conocimiento de excelente calidad a la juventud moderna de la ciudad Guayaquileña. Este colegio se fundó en el año 1952 y ha venido creciendo en su infraestructura a lo largo de los últimos años albergando una mayor cantidad de alumnos en la última década y cuenta con varios laboratorios de computación, de música, de física, de química. En esta institución se incentiva a los estudiantes a descubrir su parte investigativa y que puedan realizar sus experimentos en los mejores laboratorios con tecnología de punta.

El desarrollo estructural del sector educativo Salesiano Fiscomisional Domingo Comín ha generado un elevado consumo energético. Los nuevos niveles de armónicos en la red producirán cambios de voltaje y fluctuaciones de potencia, lo que conducirá a un aumento de la factura eléctrica y una reducción de la vida útil de los equipos de laboratorio.

Por ello, la investigación y evaluación energética se llevó a cabo en la Unidad Educativa Salesiana Domingo Comín. Investigaremos la carga instalada y usaremos AutoCAD para actualizar el plano eléctrico, esto se demostrará en un informe que se entregará al jefe del departamento de educación.

Los datos se obtendrán midiendo la cantidad de electricidad obtenida a través del analizador de calidad de energía, lo que nos permite comprender el comportamiento del contenido de armónicos para poder introducirlo en el programa Simulink y visualizarlo.

PALABRAS CLAVES:

Índice de Consumo, Armónicos, Flickers, Coeficiente de Correlación, Distorsión Armónica Total.

ABSTRACT

The present Thesis Work was carried out at the Domingo Comín Salesian School, said institution is in charge of transmitting the knowledge of excellent quality to the modern youth of the Guayaquil city. This school was founded in 1952 and has been growing in its infrastructure over the last few years, housing a greater number of students in the last decade and has several computer, music, physics and chemistry labs. In this institution, students are encouraged to discover their investigative part and to carry out their experiments in the best laboratories with state-of-the-art technology.

The structural growth of the Salesian Fiscomisional Domingo Comín educational unit has generated high energy consumption, new levels of harmonics in the network, producing voltage variations and power fluctuations that can cause an increase in electricity billing and a reduction in electricity. useful life of laboratory equipment.

For this reason, it has been made an Study and a Energy Evaluation in the Salesian educational unit Domingo Comín. We will relate a survey of the installed load, the electrical plans will be updated using AutoCAD, it will be evidenced in a report that will be delivered to the directors of the educational unit.

Data will be acquired through measurements of the electrical quantities obtained by means of the energy quality analyzer, this will allow us to know the behavior of the harmonic contents, so that we can introduce them to the Simulink program and be able to visualize their behavior.

KEYWORDS:

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pág.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
Pág.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
Pág.....	XV
Pág.....	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS	XXV
Pág.....	XXV
CAPÍTULO 1.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Delimitación	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
Tareas a Realizar	4
1.5. Beneficiarios de la Propuesta de Intervención.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL COLEGIO SALESIANO DOMINGO	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Índice de consumo de electricidad.....	5

CAPÍTULO 3	11
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1. Armónicos	11
3.1.1. ¿Cómo se generan los armónicos?.....	11
2.1.2. Efectos de los Armónicos.....	12
3.2. Variaciones de Tensiones	13
3.2.1. Variaciones de Tensión de Corta Duración	13
3.3. Variaciones de Tensión de Larga Duración	14
3.4. Tipos de Carga	15
3.4.1. Cargas Lineales.....	15
3.4.2. Cargas No Lineales.....	17
3.5. Perturbaciones en los Sistemas Eléctricos de Potencia	19
2.5.1 Transitorios.....	19
2.5.2. Variaciones de Corta Duración	19
2.5.3. Interrupción	20
3.6. Variaciones de Larga Duración	22
3.7. Desequilibrio de Tensión	25
3.8. Distorsión de la Forma de Onda	26
3.8.1. Distorsión Armónica.....	29
3.8.2. Corte	30
3.8.3. Ruido.....	31
3.9. Fluctuación de Tensión	31
3.10. PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA	
32	
3.10.1. Fluctuaciones de Tensión: FLICKER	33
3.11. Tolerancia para Flicker en el Voltaje	34
3.12. Diagrama de Pareto	34

2.17. Gráficos de Control.....	35
2.18. Gráficos de Cargas.....	35
2.19. Estudio de Cargas	35
2.19.1. Eficiencia.....	35
2.19.2. Eficacia.....	36
2.19.3. Efectividad.....	36
2.20. Intensidad Energética	36
2.21. Desviación Estándar	36
2.22. Normatividad de la Calidad de Energía	37
2.22.1. Nivel de Voltaje.....	37
2.22.2. Clasificación de la Normatividad “Calidad De Energía”	38
2.22.3. Norma EN50160.....	39
2.22.4. Norma IEC 6100032	40
2.22.5. Norma IEC 6100024	40
2.22.6. Norma IEC 61000430.....	41
2.22.7. Estándar IEEE 1159	41
2.22.8. Norma IEC 5552.....	42
2.24.1. Importancia de la Calidad de la Energía	45
2.25. Analizadores de Calidad Eléctrica	45
2.31 Componentes de Matlab	51
Matlab consta de cinco partes fundamentales:.....	51
1. Entorno de desarrollo. Se trata de un conjunto de utilidades que permiten el uso de funciones Matlab y ficheros en general. Muchas de estas utilidades son interfaces graficas de usuario. Incluye el espacio de trabajo Matlab y la ventana de comandos.	51
CAPÍTULO 4.....	54
4.1 ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS DEL COLEGIO SALESIANO DOMINGO COMÍN.....	54
4.1.3.1 IMÁGENES DE LOS PLANOS ELÉTRICOS 2020	56

CAPÍTULO 5	57
5.1. METODOLOGÍA	57
5.2 DESCRIPCIÓN DE ANÁLISIS	62
5.2.2 GRÁFICO DE CORRIENTES 18/07/2020 EN TRANSFORMADOR.	63
5.2.3 TENSIONES REGISTRADAS EL 19/07/2020 EN TRANSFORMADOR ...	64
5.2.5 TENSIÓN 20/07/2020 EN TRANSFORMADOR.....	67
5.2.6 CORRIENTE 20/07/2020 EN TRANSFORMADOR.	69
5.2.7 TENSIÓN 21/07/2020 EN TRANSFORMADOR.....	70
5.2.8 CORRIENTE 21/07/2020 EN TRANSFORMADOR	71
.....	71
5.2.9 TENSIÓN 22/07/2020 EN TRANSFORMADOR.....	72
FUENTE: LOS AUTORES	73
5.2.10 CORRIENTE 22/07/2020 EN TRANSFORMADOR	74
.....	74
5.2.11 TENSIÓN 23/07/2020 EN TRANSFORMADOR.....	75
FUENTE: LOS AUTORES	76
5.2.12 CORRIENTE 23/07/2020 EN TRANSFORMADOR	77
.....	78
FUENTE: LOS AUTORES	78
.....	80
.....	81
.....	82
.....	82
5.3 SIMULACIÓN DE ARMÓNICOS.	83
5.5 CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 : SEÑALES ARMÓNICAS.....	11
FIGURA 2: FORMA DE ONDA DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE CARGAS LINEALES	15
FIGURA 3: CURVA DE COMPORTAMIENTO DE CARGA LINEAL;Error! Marcador no definido.	
FIGURA 4: DISTORSIÓN DE VOLTAJE CAUSADA POR CARGA NO LINEAL	17
FIGURA 5: CURVA NO LINEAL	18
FIGURA 6: INTERRUPCIÓN DE LA CURVA DEL ESPECTRO	20
FIGURA 7: CURVA ESPECTRO SAG.....	21
FIGURA 8: CURVA ESPECTRO SWELL.....	21
FIGURA 9: INTERRUPCIÓN SOSTENIDA DEBIDA A UNA FALLA.....	22
FIGURA 10: BAJADA DE TENSIÓN EN INTERVALOS CORTOS DE TIEMPO	23
FIGURA 11: BAJADA DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN EN EL TIEMPO	23
FIGURA 12: GRAFICA DE LA ONDA CUANDO SUFRE INCREMENTOS DE TENSIÓN MOMENTÁNEOS	24
FIGURA 13: AUMENTO DE TENSIÓN DURANTE INTERVALOS CORTOS DE TIEMPO.....	24
FIGURA 14: AUMENTO DE TENSIÓN DURANTE INTERVALOS LARGOS DE TIEMPO.....	25
FIGURA 15: TENSIONES DESEQUILIBRADAS	25
FIGURA 16: DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL.....	26
FIGURA 17: ONDA SINUSOIDAL OFFSET DE CD	27
FIGURA 18: CORRIENTE 60HZ SEVERAMENTE DISTORSIONADA EN UN MANDO ELECTRÓNICO	27
FIGURA 19: EJEMPLO APARICIÓN DE MUESCAS VOLTAJE	28
FIGURA 20: FORMA DE ONDA DEL TERCER ARMÓNICO	29
FIGURA 21: CURVA ESPECTRO DE CORTE	30
FIGURA 22: CURVA ESPECTRO DE RUIDO	30
FIGURA 23: CURVA ESPECTRO DE FLUCTUACIÓN TENSIÓN.....	31
FIGURA 24: FLUCTUACIONES TENSIÓN: FLICKER.....	33
FIGURA 25: CLASIFICACIÓN REGLAMENTARIA	38
FIGURA 26: ANALIZADORES TRIFÁSICOS DE CALIDAD ELÉCTRICA	44

FIGURA 27: ANALIZADOR DE CALIDAD ENERGÍA FLUKE 345.....	45
FIGURA 28: ANALIZADOR DE REDES FLUKE 1730.....	46
FIGURA 29: CONEXIÓN DEL ANALIZADOR A UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA TRIFÁSICA.....	47
FIGURA 30: ILUSTRACIÓN VECTORIAL DE UN ANALIZADOR CORRECTAMENTE CONECTADO	48

ÍNDICE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 : PERTURBACIONES SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA	32
TABLA 2: CAMBIO DE VOLTAJE PERMITIDO POR NIVEL DE VOLTAJE	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 3: LÍMITES NORMA EM50160.....	39
TABLA 4: LÍMITES NORMA 61000-3-2.....	39
TABLA 5: LÍMITES DE CORTA Y LARGA DURACIÓN NORMA IEEE1159	41
TABLA 6: LÍMITES NORMA IEEE519.....	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
ECUACIÓN 1: ÍNDICE DE SEVERIDAD DEL FLICKER. ¡Error! Marcador no definido.	
ECUACIÓN 2: ÍNDICE DE TOLERANCIA MÁXIMA FLICKER ¡Error! Marcador no definido.	
ECUACIÓN 3: ÍNDICE DE CALIDAD	36

CAPÍTULO 1

I. PROBLEMA

1.1.Planteamiento Problema

Ha aumentado en los últimos años, ha aumentado la preocupación y la atención en la calidad de energía entregada a las fábricas, establecimientos educativos, comerciales y residenciales, la perturbación de la calidad de energía causa varios desafíos y problemas en los equipos electrónicos.

Todo sistema eléctrico se debe conectar a un nivel de tensión y frecuencia estandarizado que no altere la funcionalidad de los equipos. Cada uno de estos componentes electrónicos tales como computadoras, condensadores, Ups de doble conversión y los equipos que se encuentran en los laboratorios estos pueden inyectar a la red una pequeña distorsión que amenaza la calidad del servicio brindado a la empresa de distribución competente, estos son los Armónicos. Al existir cualquier tipo de variación de tensión, flicker y distorsión de onda que pone en peligro la eficiencia desde todos los componentes conectados, todas estas fallas pueden producirse por un desbalance de cargas en la red o por la conexión de equipos rectificadores.

En Ecuador la empresa de distribución CNEL EP-GUAYAQUIL tiene como obligación prestar el servicio de electricidad de acuerdo con lo establecido REGULACION No. ARCONEL 005/18, actualice periódicamente la base de datos de almacenamiento, los indicadores de calidad de suscitarse una mala calidad en el servicio eléctrico del abonado deben efectuar las acciones correctivas y permitir el acceso a la Empresa CENEL EP-GUAYAQUIL y/o ARCONEL se utiliza para la verificación del sistema.

En la unidad educativa Salesiana Fiscomisional Domingo Comín se ha incrementado nuevas cargas en los últimos años debido a ampliaciones y remodelaciones efectuadas en el predio, por este motivo se realizaron estudios para comprobar la existencia de armónicos en la institución educativa se instaló un analizador de redes por una semana y se realizó un estudio de índice de consumo en el cual se identificaron problemas relacionados armónicos existentes. Se han abierto nuevos laboratorios, se ha añadido un gran número de puntos de alumbrado y puntos de tomacorrientes se han instalados varias centrales de aire acondicionado para climatizar los nuevos cursos y laboratorios. Esta institución funciona como una extensión de la Universidad Politécnica Salesiana durante la noche, al aumentar toda esta capacidad se decidió

instalar un nuevo banco de transformador, pero no se ha realizado un estudio previo de la calidad y uso eficiente de la energía, no se elaboró el sustento físico y digital de los planos con los nuevos puntos eléctricos y planillas de cargas.

1.2. Justificación

La eficiencia energética ha llegado a convertirse en una práctica común adoptada en muchas instituciones escolares por las potencialidades que brinda, llevando a la necesidad de implementar estrategias para reducir su demanda. Implementar soluciones efectivas en términos de ahorro energético y uso eficiente de la energía, puede ayudarnos a mejorar nuestro trabajo y desempeño ambiental. La unidad educativa Salesiana Fiscomisional Domingo Comín se encuentra ubicada en la Avenida Domingo Comín 205, ciudad Guayaquil, brinda servicios a la educación de la niñez, la adolescencia ecuatoriana. Durante un diagnóstico y análisis preliminar usando la información recopilada a través del medidor inteligente existente en la institución evidenciamos que existe contenido de armónicos que provoca un incremento considerable del consumo y facturación de la energía eléctrica por encima de los valores proyectados, existen variaciones de tensión y oscilaciones de potencia que ocurren en las horas pico de la tarde que interceden en la calidad en el uso eficiente de la energía, afectando a las cargas instaladas e incurriendo en un gastos económicos adicionales. Los resultados del estudio resultarán de suma importancia, por la intención que tiene la dirección del colegio de mejorar sus instalaciones eléctricas, de reducir la cantidad de energía requerida para las actividades de la institución académica, evitar disturbios que pudieran ocasionar daños permanentes en los equipos instalados en los laboratorios y oficinas.

1.3. Delimitación

La presente tesis está planeada llevarse a cabo en un plazo de ocho meses posteriores a su aprobación, y se espera que se realice en las instalaciones del colegio Domingo Comín para Diciembre de 2020.

Nos delimitaremos realizar la actualización de planos eléctricos de forma física y digital en AutoCAD mediante un levantamiento de información, instalaremos un analizador de calidad energética para verificar que toda la instalación tenga el nivel especificado en el reglamento número ARCONEL 005/18. Y compárelo con los existentes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Efectuar un análisis del comportamiento de energía y contenidos armónicos, en base a la REGULACION No. ARCONEL 005/18, que presenta la Unidad Educativa Salesiana Fiscomisional Domingo Comín.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Ejecutar un levantamiento de carga en las instalaciones Eléctricas del Colegio Salesiano Domingo Comín.
- Ejecutar el estudio de índice del consumo eléctrico en las Instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín.
- Montaje de un analizador de redes en el tablero de distribución principal del Colegio Salesiano Domingo Comín.
- Realizar pruebas de tensión, frecuencia y potencia en toda la instalación mediante el analizador de redes Fluke ya conectado.
- Identificar la cantidad de armónicos que se generan dentro de la instalación y realizar un modelado en software Simulik para visualizar su comportamiento

Tareas a Realizar

- Realizar un levantamiento de información de las instalaciones del colegio.
- Realizar la digitalización de los planos en AutoCAD.
- Realizar pruebas de fases en los tableros principales.
- Realizar pruebas de tensión en todo el sistema eléctrico.
- Determinar la hora donde se producen mayor cantidad de disturbios eléctricos.

1.5. Beneficiarios de la Propuesta de Intervención

El presente trabajo de titulación tiene como beneficiarios a la institución, docentes y estudiantes de la unidad Educativa Salesiana Domingo Comín, que hacen uso frecuente de los equipos que posee el establecimiento, previniendo el deterioro de los equipos por las perturbaciones en la red y evitando consecuencias legales por la compañía de distribución de servicios de energía.

CAPÍTULO 2

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL COLEGIO SALESIANO DOMINGO

2.1 Introducción

En este capítulo, obtendremos los resultados de un análisis detallado del comportamiento del consumo de energía. Abordaremos el grado de competencia en materia energética del Colegio Salesiano Domingo Comín.

2.2 Índice de consumo de electricidad

Como sabemos el análisis del índice de consumo de electricidad está definido como la cantidad de Kwh entre las Horas Aulas Ocupadas (HAO) es decir kWh/HAO. Los índices de consumo del Colegio Salesiano Domingo Comín se calcularán mediante las horas de aulas ocupadas tanto en las mañanas por el Colegio Salesiano Domingo Comín como en las tardes por la Universidad Politécnica Salesiana.

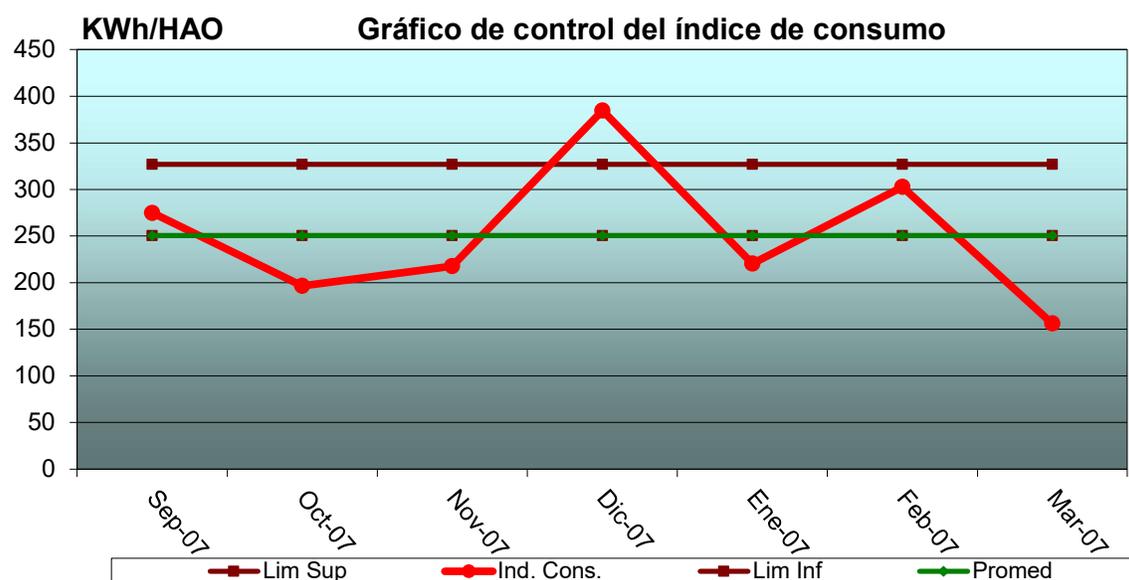


Figura 1: Se muestra el gráfico del índice de consumo de energía contra las horas aulas ocupadas, teniendo en cuenta solamente la energía eléctrica consumida por el Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: El Autor.

Cuando se analiza en forma de gráfico de causa y efecto el índice de consumo de electricidad se obtienen gráficos que demuestran la no correlación entre las HAO y los kWh.

En la Figura 2 se observa que no existe correlación lineal con un coeficiente de $R^2 = 0.1063$, este nos permite determinar la influencia del HAO sobre el consumo de electricidad y establecer nuevas variables de control. Cuando el coeficiente de correlación r está entre 0 y 1. Está correlacionado positivamente. La proximidad 1 define cuán directa y proporcional es la relación entre dos variables, por lo que cuanto más cerca está de 0, más débil es su correlación negativa.

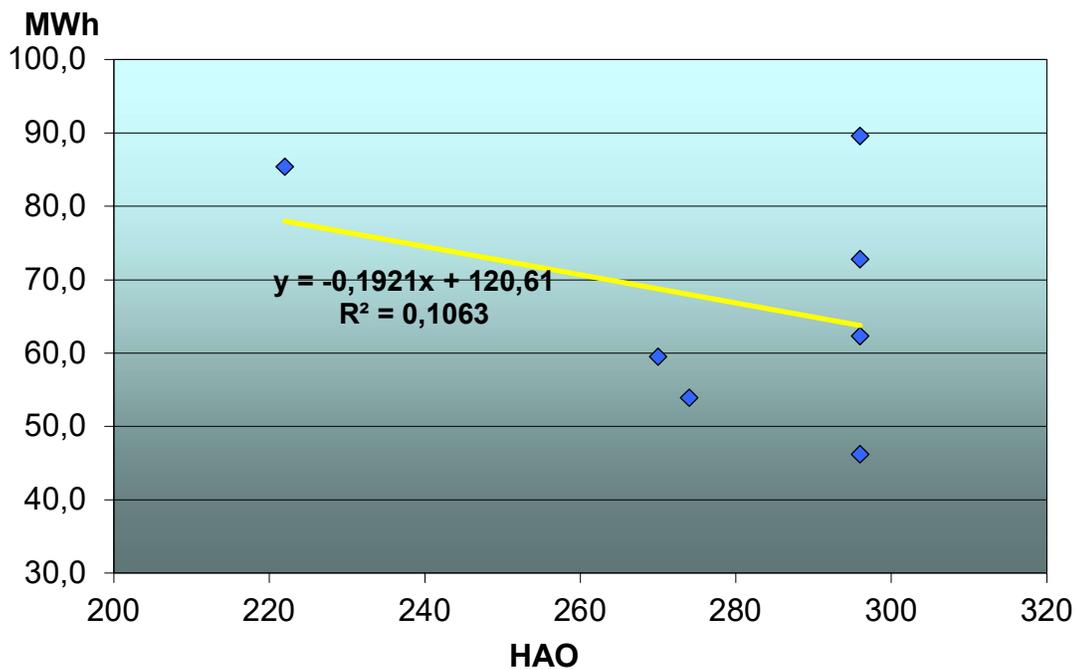


Figura 2: Diagrama de dispersión entre el consumo de Kwh / HAO.

En la Figura 3 se muestra en tiempo la gráfica de consumo y Horas Aula Ocupadas se puede apreciar cómo tiene comportamientos anormales ya que en un intervalo de tiempo incrementa las Horas Aula Ocupadas y decrece el consumo de energía y en otro intervalo decrece la Horas Aula Ocupadas. Aumenta el consumo de energía. Durante el período analizado, la tasa de variación de la producción y el consumo tiene tanto una tendencia creciente como una tendencia decreciente, ya que nos muestra los intervalos donde ocurren estas variaciones.

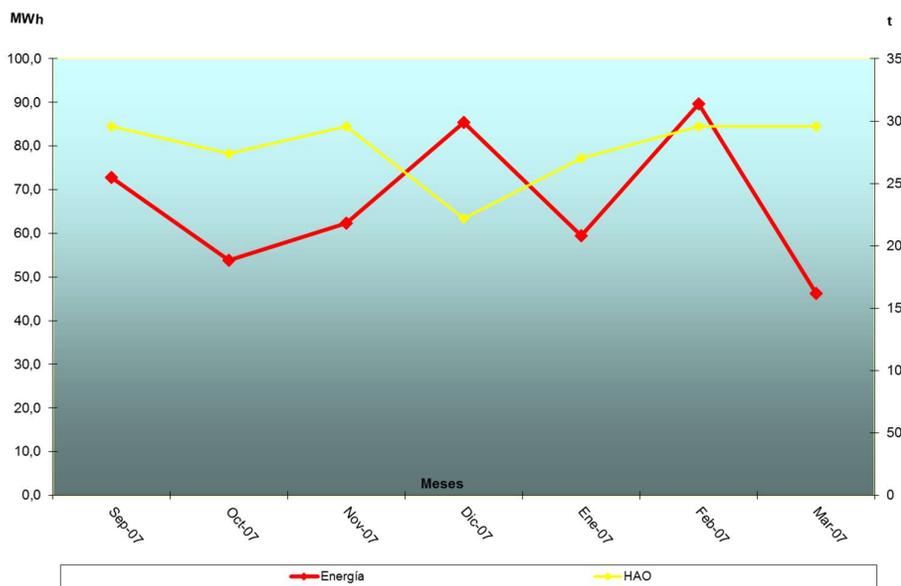


Figura 3 Gráfico de Consumo vs HAO

3.1. Levantamiento de cargas instaladas

En el Colegio Salesiano Domingo Comín se hizo un levantamiento de cargas por las áreas donde se encuentran instaladas cuyo resultado aparece mostrado en el estudio de carga presente. En la instalación se tiene una potencia instalada de 270.39 kW.

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL TDP								
TABLERO	CIRCUITO		PUNTOS	SERVICIOS	Carga (KW)	Subtotal (KW)	Factor Simult. (%)	DEMANDA MÁXIMA (KW)
	NOM.	FASE						
3 FASES 220/127V	1	ABC	1	PANEL PD-A ILUMINACIÓN	3,73	3,73	100%	3,73
	2	ABC	1	PANEL PD-B AA	20,16	20,16	100%	20,16
	3	ABC	1	PANEL PD-C	8,85	8,85	100%	8,85
	4	ABC	1	PANEL PD-D	2,84	2,84	100%	2,84
	5	ABC	1	PANEL PD-E	9,60	9,60	100%	9,60
	6	ABC	1	PANEL PD-F	1,44	1,44	100%	1,44
	7	ABC	1	PANEL PD-G	16,32	16,32	100%	16,32
	8	ABC	1	PANEL PD-H	1,76	1,76	100%	1,76
	9	ABC	1	PANEL PD-I	17,04	17,04	100%	17,04
	10	ABC	1	PANEL PD-J	1,92	1,92	100%	1,92
	11	ABC	1	PANEL PD-K	21,60	21,60	100%	21,60
	12	ABC	1	PANEL PD-L	1,82	1,82	100%	1,82
	13	ABC	1	PANEL PD-M	21,60	21,60	100%	21,60
	14	ABC	1	PANEL PD-N	1,89	1,89	100%	1,89
	15	ABC	1	PANEL PD-O	25,44	25,44	100%	25,44
	16	ABC	1	PANEL PD-P	2,02	2,02	100%	2,02
	17	ABC	1	PANEL PD-Q	21,60	21,60	100%	21,60
	18	ABC	1	PANEL PD-R	2,02	2,02	100%	2,02
	19	ABC	1	PANEL PD-S	25,44	25,44	100%	25,44
	20	ABC	1	PANEL PD-T	2,24	2,24	100%	2,24
	21	ABC	1	PANEL PD-U	24,00	24,00	100%	24,00
	22	ABC	1	PANEL PD-V	4,27	4,27	100%	4,27
	23	ABC	1	PANEL PD-W	32,79	32,79	100%	32,79
TOTALES [W]:						270,39		
DEMANDA trifásica [KW]:								270,39
FACTOR DE POTENCIA:								0,92
DEMANDA MÁXIMA trifásica [KVA]:								294
CORRIENTE MAX[A]:								772
DISYUNTOR PRINCIPAL EXISTENTE								2500A-3P
CONDUCTOR POR FASE EXISTENTE:						5 No 500MCM		
CONDUCTOR POR NEUTRO EXISTENTE:						4 No 500MCM		
CONDUCTOR PARA TIERRA EXISTENTE:						2No 500MCM		

TABLA 1: CÁLCULO DE DEMANDA DEL COLEGIO SALESIANO DOMINGO COMÍN

FUENTE: LOS AUTORES.

Haciendo una clasificación de estas cargas por los lugares donde se encuentran instaladas, tenemos los siguientes resultados muestran en la tabla 1. Tabla 2 Clasificación de carga instalada.

Equipos	Consumo en kW
Climatización	185,28
Equipos de Cocina	7,64
Iluminación	23,63
Equipos de cómputos	15,97

TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS
FUENTE: LOS AUTORES.

Con esta información, es posible conocer la estructura de esta carga instalada, con la cual se tiene una idea del peso que representa cada familia de equipos en la composición global de los consumidores mostrándose estos resultados en la Fig. 4

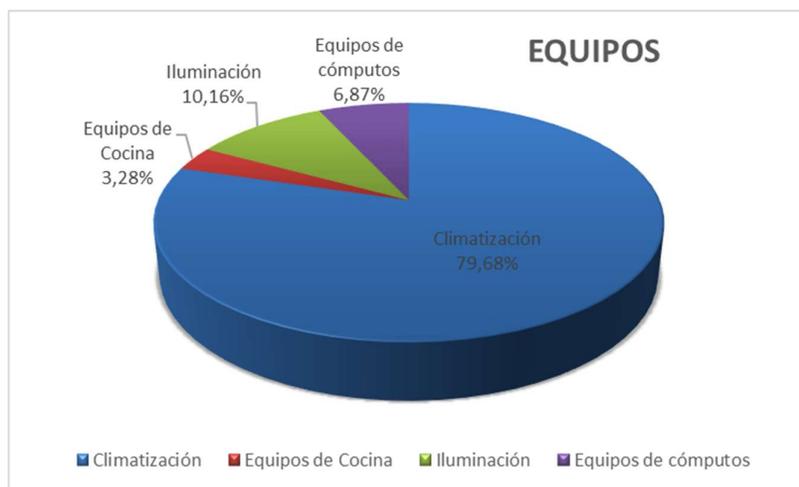


Figura. 4 estructura de las cargas instaladas.

Analizando esta figura, podemos percatarnos que el mayor consumo en las cargas instaladas en el Colegio recae sobre la climatización la cual nos representa el 79.68 % del total de las cargas, continuado por la iluminación con un 10,16 %, en tercer lugar, están otros equipos de cómputo con una suma de 6.87 %, y por último los equipos de cocina con un 3.28 %. Estratificando el consumo de potencia activa a partir de cálculos estimados del tiempo de trabajo de todas las áreas del hotel se realizó un gráfico de pareto mostrado en la Figura.35 en el cual se muestra la estructura de la potencia instalada en forma de barras y en porcentaje acumulativo indicando que entre la climatización y la iluminación se consumen el 89,85 % de la energía eléctrica suministrada en el Colegio Salesiano Domingo Comín.

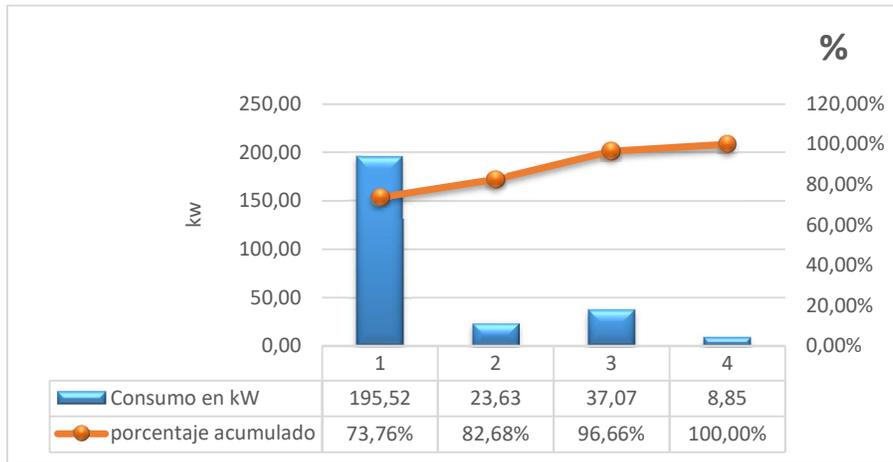


Figura. 5 gráfico de pareto del pronóstico de la demanda tomando como referencia la estructura de la carga instalada.

CAPÍTULO 3

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Armónicos

Hoy en día, los componentes semiconductores existen en casi todos los hogares e industrias. Para aumentar la producción, debe estar equipado con controladores de velocidad, circuitos rectificadores, computadoras y otros componentes, que se utilizan en grandes cantidades en los centros de consumo todos los días. Desde la conveniencia de ajustar el brillo de la bombilla hasta el control multifunción de la maquinaria rotativa, las ventajas de esta tecnología son innegables.

La desventaja de los dispositivos antes mencionados es la contaminación que producen en el sistema eléctrico, porque los componentes semiconductores cambian la naturaleza de la onda sinusoidal original y la convierten en una señal distorsionada en lugar de una onda sinusoidal, y sus características no siempre son fáciles. Al entendimiento. El concepto utilizado para estudiar el comportamiento de los sistemas lineales ha perdido su efectividad y, de la misma forma, también ha disminuido la efectividad de los componentes de protección y medición frente a señales distorsionadas.

3.1.1. ¿ Los armónicos como se generan ?

Las señales periódicas no sinusoidales se pueden convertir en funciones sinusoidales para sumar mediante la aplicación de la serie Fourier[1].

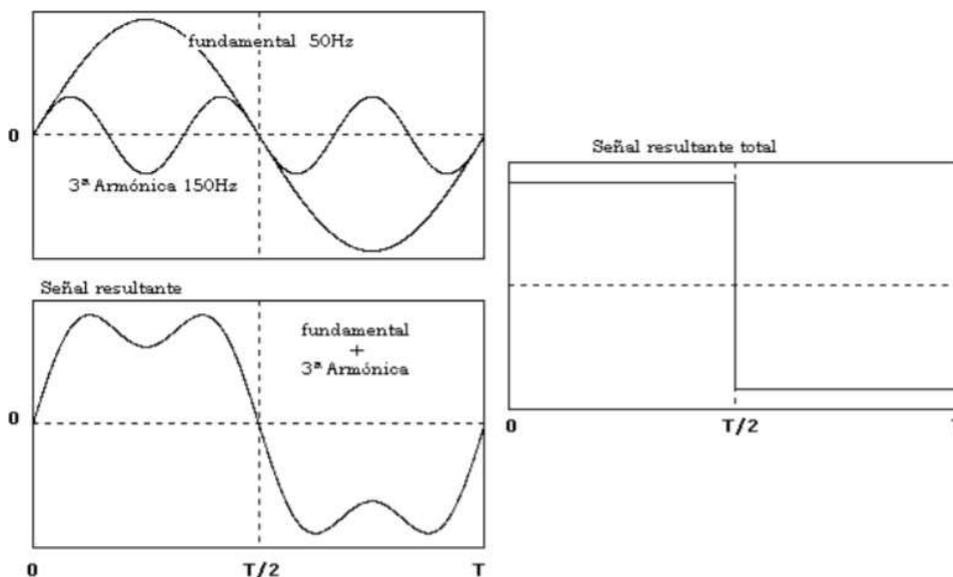


FIGURA 6 : SEÑALES ARMÓNICAS

FUENTE: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS [1]

El sistema no lineal se puede analizar calculando cada componente para obtener la respuesta total de la señal distorsionada. Siempre que cambie la naturaleza de la señal sinusoidal, aparecerán componentes armónicos. Tomemos como ejemplo el rectificador de media onda.[1].

2.1.2. Efectos Armónicos

Puede enumerar los efectos principales de los armónicos de voltaje y corriente en el sistema de energía [1]:

- Las resonancias en serie y en paralelo provocan la posibilidad de cierta amplificación armónica.
- El aislamiento de los componentes de la red está envejeciendo, lo que reduce el consumo de energía.

Por tanto, los armónicos son interferencias y conllevan costes que no siempre son fáciles de comprender o valorar. Estas tarifas se pueden dividir en dos tipos [1]:

- Costes técnicos
- Costes económicos

Se supone que el costo técnico es el costo de la reducción del rendimiento de la instalación, como [2]:

- Pérdida de capacidad en líneas de distribución de energía
- Sobrecarga de transformadores
- Sobrecarga de conductores
- Descalificación de los transformadores
- Pérdidas por efecto Joule en líneas y máquinas
- Pérdidas magnéticas en máquinas eléctricas
- Aumento de fugas

Los costos de tecnología generalmente implican costos económicos, por lo que es importante controlar estos costos de tecnología. Los costos económicos son costos que pueden cuantificarse en moneda, aunque a veces no son fáciles de calcular. A su vez, pueden estar visibles y ocultos[2]:

- Costes visibles:
- Mayor consumo eléctrico
- Puntas de consumo eléctrico
- Recargo o pago de energía reactiva en la factura eléctrica
- Costes ocultos:
- Pérdidas de distribución
- Pérdidas de potencia y energía (por efecto Joule y magnéticas)
- Ampliación de instalaciones
- Paradas de procesos productivos

3.2. Variaciones de Tensiones

3.2.1. Cambio de Voltaje a Corto plazo

a) Depresiones

La depresión (Sag o Dip), también llamada fondo del valle o hundimiento, se reduce de 0,1 a 0,9 p.u. A voltaje o corriente R.M.S., la duración es de 0.5 ciclos a un minuto. Las caídas de tensión suelen estar relacionadas con fallas del sistema, activación de grandes cargas, arranque de motores de alta potencia y activación de transformadores de potencia. Los efectos nocivos de las caídas de tensión dependen de su duración y profundidad, y están relacionados con la desconexión de equipos informáticos, PLC y contactores y otros equipos. También afecta la velocidad del motor. Existen diferentes posibilidades para mitigar los efectos de la flacidez. El primero es estabilizar la señal de voltaje a través del regulador de red, que tiene diferentes principios y tecnologías.[3].

b) Crestas

El cresta (Swell) se define como el voltaje o la corriente entre R.M.S. 1.1 y 1.8 p.u. La duración varía de 0,5 ciclos a un minuto. Al igual que las depresiones, las crestas están relacionadas con fallas en el sistema, aunque son menos comunes que las depresiones. Una situación típica es un aumento temporal de voltaje durante la fase libre de fallas durante una falla a tierra de la línea. También pueden deberse a la desconexión de una gran carga o la activación de un gran banco de condensadores.[3].

c) Interrupciones

Cuando el voltaje o la corriente de la carga cae por debajo de 0,1 p.u., se produce una interrupción. La duración no supera un minuto. La interrupción puede ser el resultado de una falla del sistema, daño del equipo o falla del sistema de control. La duración de la interrupción es característica de la interrupción, porque la amplitud de la tensión es siempre inferior al 10% de su valor nominal. [4] El reenganche instantáneo generalmente limita la interrupción causada por fallas no permanentes a menos de 30 ciclos. La duración de la interrupción causada por un funcionamiento inadecuado del dispositivo o desconexión es irregular.[5]

3.3. Cambios de Voltaje a Corto Plazo

Son aquellas desviaciones del valor R.M.S. de la tensión que ocurren con una duración superior a un minuto. La norma ANSI C84.1 especifica las tolerancias en la tensión de estado estable en un sistema de potencia. Una variación de voltaje se considera de larga duración cuando excede el límite de la ANSI por más de un minuto, debe prestarse atención a los valores fuera de estos rangos [6].

Clasificación de las Variaciones de Tensión de Larga Duración [6]:

- Sobretensión significa que la tensión sube a un nivel superior al 110% del valor nominal en más de un minuto. La sobretensión suele ser el resultado de desconectar una carga grande o conectar un banco de condensadores. Generalmente se observa cuando el sistema es demasiado débil para mantener la regulación de voltaje o el control de voltaje es insuficiente. La selección incorrecta de TAP en el transformador puede provocar una sobretensión del sistema. [7]
- Se entiende por baja tensión la disminución de R.M.S. que dura más de un minuto, reduciendo la tensión a menos del 90% del valor nominal. Conectar la carga o desconectar el banco de condensadores puede causar un voltaje bajo hasta que el dispositivo regulador tome las medidas adecuadas para restaurar el voltaje bajo. El circuito de sobrecarga generará un voltaje bajo en los terminales de carga. La sobretensión y la subtensión no suelen deberse a fallos del sistema. Suelen deberse a cambios de carga o operaciones de conexión y desconexión. Al monitorear el valor R.M.S., estos cambios se registrarán. El tiempo es corto.[8]

- Cuando el estado de no tensión continúa durante más de un minuto, se considera que la continuidad se interrumpe. Estos tipos de interrupciones suelen ser permanentes y requieren una intervención manual para restaurar el sistema.[8]

3.4. Tipos Carga

3.4.1. Cargas Lineales

Esto sucede cuando la carga tiene componentes de valor fijo (como resistencias, inductores y condensadores). Con estas características, el sistema tiene tensión y corriente sinusoidales, y suele haber un desfase entre ellas.

Las cargas de iluminación y calefacción de las lámparas incandescentes son de naturaleza lineal. Esto se debe a que la impedancia de la carga es básicamente constante independientemente del voltaje aplicado. Como se muestra en la figura 7, en el circuito de CA, la corriente aumenta en proporción al aumento de voltaje y disminuye en proporción a la disminución de voltaje[9].

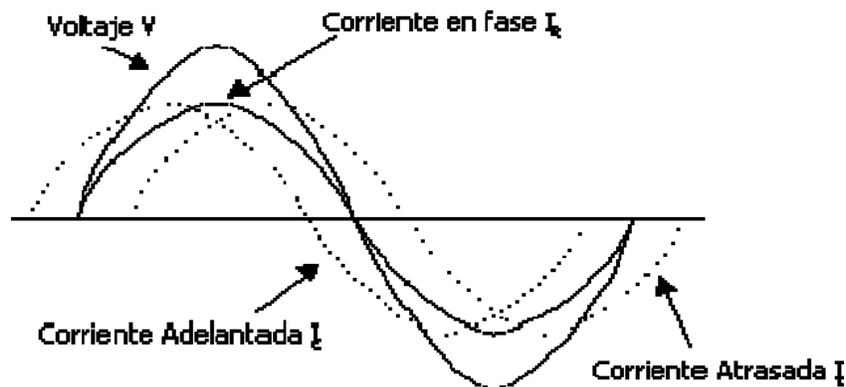
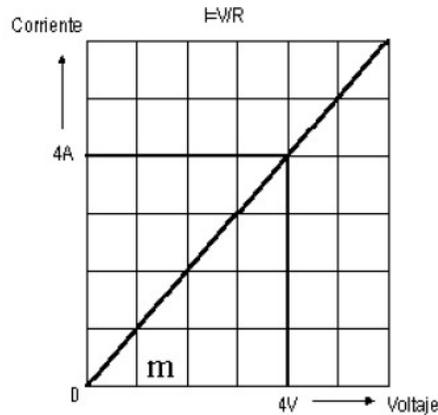


FIGURA 7: *Formas de onda de voltaje y corriente de cargas lineales*

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE
CARGAS NO LINEALES [9]

Corriente lineal: I_R es la corriente del circuito de resistencia pura; I_L es la corriente del circuito de inducción parcial (retraso); e I_C es la corriente del circuito de capacitancia parcial (anteriormente)[9].

La resistencia pura, la inductancia y la capacitancia son lineales. Esto significa que, por ejemplo, si una onda de voltaje sinusoidal de cierta amplitud se coloca en un circuito que contiene resistencia pura, la corriente en el circuito seguirá la ley de Ohm $I = V / R$. Para un valor de ohmios específico, la relación entre voltios y amperios es una línea recta. Esta relación se muestra en la Figura 3. Lo mismo ocurre con los condensadores, los inductores o una combinación de ambos[9]:



$m = \text{Angulo con respecto al eje de voltaje}$

**FIGURA 8: CURVA DE COMPORTAMIENTO DE CARGA LINEAL
FUENTE: DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE
CARGAS NO LINEALES [9]**

Para cargas lineales, la relación entre voltaje y corriente es lineal y proporcional. Cuando el valor de la diagonal es m , el valor de resistencia fijo es m [10].

Debido a que operan de forma lineal, estos tipos de cargas no representan problemas de distorsión de la forma de onda. [10].

Una carga lineal es una carga que no cambia su impedancia durante el ciclo de voltaje, si tenemos una onda sinusoidal de corriente y voltaje y la calculamos en cualquier punto de la onda, obtendremos el mismo valor de resistencia durante todo el tiempo de medición. [10].

3.4.2. Cargas No Lineales

Las cargas no lineales requieren corrientes no sinusoidales, y esta corriente no sinusoidal que pasa a través de la impedancia del sistema provoca una caída de tensión no sinusoidal, que se convierte en distorsión de tensión en los terminales de carga. Entre las cargas no lineales más comunes, tenemos convertidores estáticos, equipos magnéticos saturados y hornos de arco eléctrico[9].

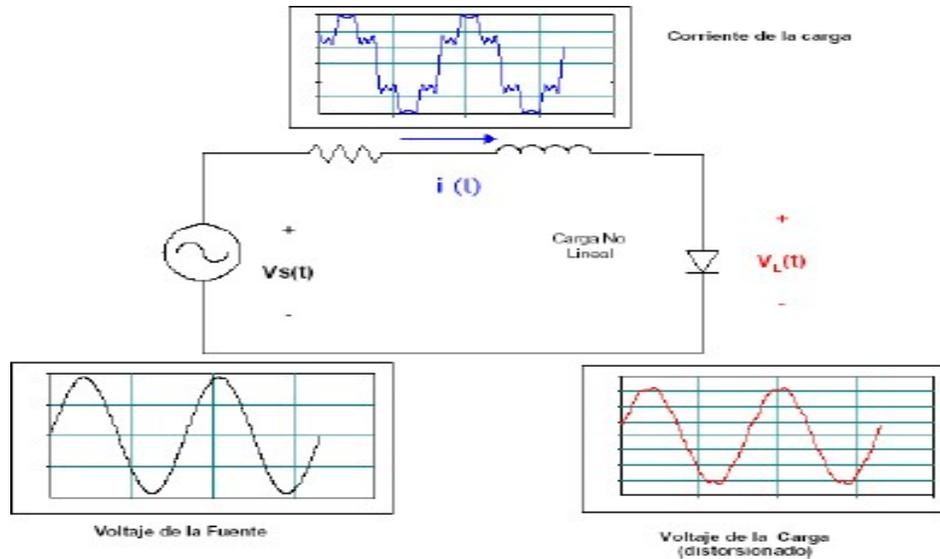


FIGURA 9: DISTORSIÓN DE VOLTAJE CARGA NO LINEAL
FUENTE: DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE
CARGAS NO LINEALES [9]

Para cargas no lineales, no existe una relación directa entre el voltaje y la corriente como las cargas lineales. En la Figura 10 se muestra un ejemplo.[9].

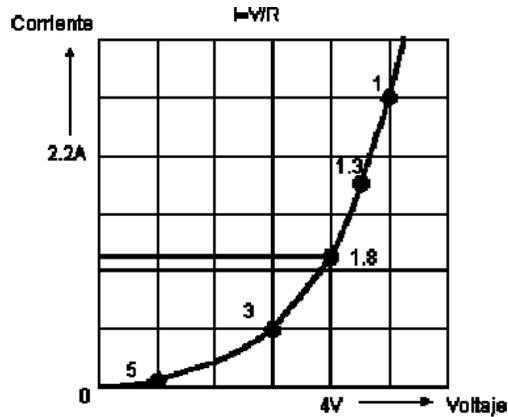


FIGURA 10: CURVA NO LINEAL

FUENTE: DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE CARGAS NO LINEALES [9]

Los convertidores estáticos son las cargas no lineales más utilizadas en la industria. Se utilizan en una variedad de aplicaciones, como fuentes de alimentación para procesos electroquímicos, variadores de velocidad y fuentes de alimentación interrumpibles (UPS)[9].

La distorsión de alta corriente puede causar sobrecalentamiento en conductores y transformadores e interferencia en el equipo de comunicación, mientras que la distorsión de voltaje puede causar un funcionamiento inadecuado de equipos sensibles (computadoras, microcontroladores) y equipos electrónicos en general[9].

• Los efectos de las cargas no lineales en los sistemas eléctricos son:

- Distorsión de voltaje en sistemas eléctricos
- Interrupción del proceso de producción
- Nivel de alto voltaje de neutro a tierra
- Sobrecalentamiento del transformador
- Capacidad reducida de los equipos de distribución de energía
- Multas de servicio debido al bajo factor de potencia.

En las redes eléctricas, los sistemas no lineales suelen estar representados por la saturación de semiconductores de potencia y núcleos de transformadores. [10].

El sistema eléctrico de corriente alterna está diseñado para funcionar con voltaje y corriente sinusoidales. Sin embargo, las cargas no lineales y / o variables en el tiempo pueden distorsionar las formas de onda de voltaje y corriente de estado estable, lo que da como resultado componentes armónicos. El análisis de la generación y propagación de dichos componentes a través del sistema eléctrico se denomina flujo de potencia armónica[10].

3.5. Perturbaciones en los Sistemas Eléctricos de Potencia

El sistema eléctrico de corriente alterna está diseñado para funcionar con voltaje y corriente sinusoidales. Sin embargo, las cargas no lineales y / o variables en el tiempo pueden distorsionar las formas de onda de voltaje y corriente de estado estable, lo que da como resultado componentes armónicos. El análisis de la generación y propagación de dichos componentes a través del sistema eléctrico se denomina flujo de potencia armónica.[11].

2.5.1 Transitorios

En ingeniería eléctrica, el término "transitorio" se refiere a aquellos eventos adversos en el sistema que son de naturaleza transitoria. Las caídas de tensión son perturbaciones a corto plazo, no repetitivas o no repetitivas. Transitorio, que se caracteriza por un voltaje residual llamado profundidad inicial de voltaje (llamado profundidad) y duración. [12].

La norma IEC 6100-4-30 (1) define la interferencia Transitorio es "el fenómeno o magnitud que cambia entre dos Régimen permanente continuo, un intervalo de tiempo relativamente corto en relación con la escala de tiempo considerada. Por lo tanto, las perturbaciones transitorias son desviaciones a corto plazo, generalmente en forma de voltaje normal u ondas de corriente, que están a menos de un ciclo de la frecuencia fundamental[13].

2.5.2. Variaciones de Corta Duración

El cambio de voltaje a corto plazo suele ser debido a falla del sistema eléctrico, gran encendido cargue el bloque. Depende de la ubicación de la falla y las condiciones de funcionamiento de sistema, las fallas pueden producir un aumento voltaje (aumento), caída de voltaje (caída) o interrupción[8].

2.5.3. Interrupción

La interrupción se caracteriza porque la tensión de alimentación se reduce a un valor inferior a 0,1 p.u en un período de 0,5 ciclos a un minuto. El corte de energía puede ser el resultado de una falla del sistema eléctrico, falla del equipo o falla del sistema de control.[8].

La duración de una interrupción causada por una falla del sistema depende del evento que causó la falla. Generalmente, las interrupciones casi siempre causan daños o mal funcionamiento de los equipos electrónicos.[8].

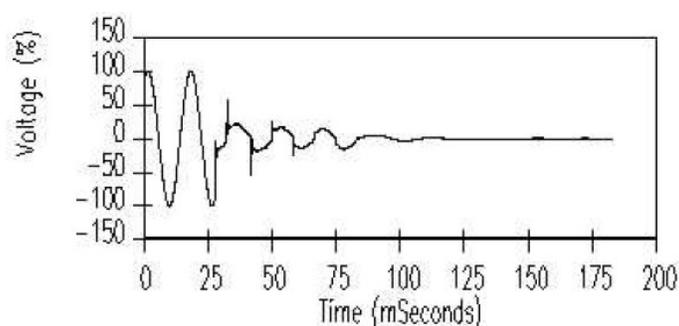


FIGURA 11: CURVA DE ESPECTRO DE INTERRUPCIÓN

FUENTE: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL "NUEVO CAMPUS" DE LA UPS[8]

a) Depresión de Tensión (SAG)

La depresión de tensión es una reducción momentánea del valor eficaz de la tensión al orden de 0,1 a 0,9 [p.u.], con una duración entre 0,5 ciclos a 1 minuto. Principalmente está asociada a fallas del sistema, pero también puede ser producida por la entrada de grandes cargas o arranque de grandes motores. La depresión de tensión puede provocar la parada de equipos electro – electrónicos y la interrupción de los procesos productivos[8].

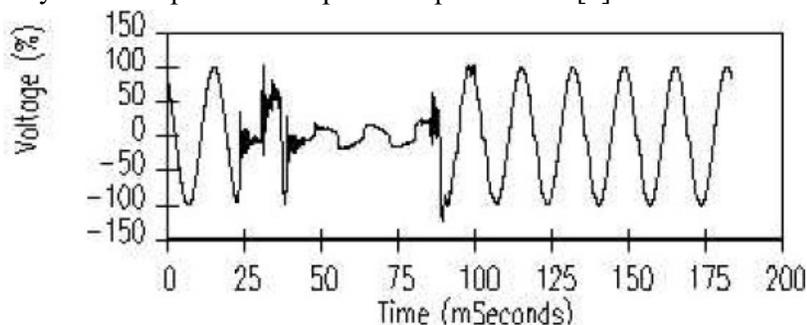


FIGURA 12: CURVA DE ESPECTRO SAG

FUENTE: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL "NUEVO CAMPUS" DE LA UPS[8]

b) Salto Tensión (SWELL)

El salto de voltaje se caracteriza porque el valor efectivo del voltaje aumenta en el orden de 1.1 a 1.8 [p.u.], y la duración es de 0.5 a 1 minuto. Los saltos de voltaje generalmente están relacionados con condiciones de falla desequilibradas en el sistema, la salida de grandes bloques de carga y la entrada de bancos de capacitores. El salto de voltaje hará que el rendimiento del aislamiento de los equipos electrónicos y la fuente de alimentación disminuya y falle inmediatamente, y el varistor y el diodo Zener se quemarán[8].

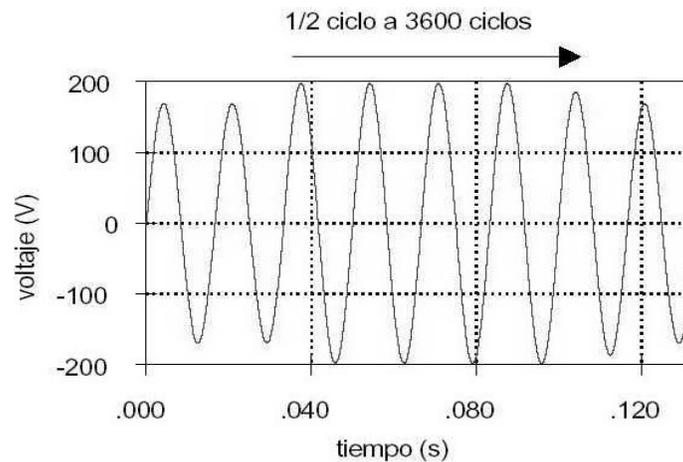


FIGURA 13: CURVA ESPECTRO SWELL

FUENTE: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL "NUEVO CAMPUS" DE LA UPS [8]

3.6. Variaciones de Larga Duración

Incluyen cambios en el valor efectivo de la tensión durante un tiempo superior a 1 minuto, por lo que se consideran perturbaciones en régimen permanente. Los cambios a largo plazo incluyen sesgos. A partir del valor RMS de la frecuencia de red (60 Hz), superior a 1 minuto. Por ejemplo, el estándar ANSI C84.1 especifica tolerancias. Se espera que el voltaje de estado estable sea 0.9 p.u El mínimo y máximo de 1,1p.u. Por lo tanto, el cambio de voltaje se considera como larga vida útil cuando más de uno excede el límite ANSI minuto. El cambio de voltaje a corto plazo se debe a 27 La condición de falla suele ser un cortocircuito del sistema. Cada tipo de cambio puede designarse como instantáneo, instantáneo o temporal, depende de la duración del cambio[14].

a) Interrupción Sostenida

Cuando el voltaje de la fuente de alimentación o la corriente de carga reducir a menos de 0,1 p.u (10% de la tensión nominal). La interrupción puede deberse a una falla del sistema de energía, el mal funcionamiento de la interrupción se mide por la duración, que puede Instantáneo (entre 0,5 ciclos y 30 ciclos), instantáneo (entre 30 ciclos y 3 ciclos), temporal (entre 3 segundos y 1 minuto) o continuo (más largo) 1 minuto [14].

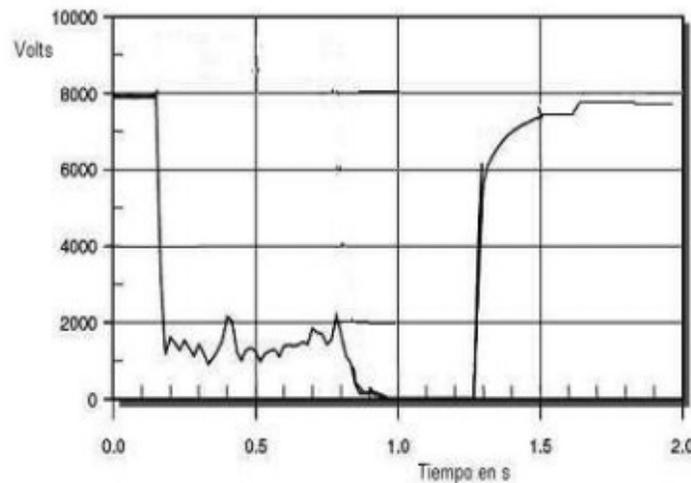


FIGURA 14: INTERRUPCIÓN SOSTENIDA DEBIDA A UNA FALLA

FUENTE:(SÁNCHEZ, 2009, P. 45) [14]

b) Subtensión

La subtensión se define como el valor efectivo de la tensión que disminuye de 0,8 a 0,9 [p.u] en un período de más de 1 minuto. La entrada de la carga o la salida del banco de condensadores provocará subtensión, lo que hará que el equipo estabilizador de tensión del sistema funcione y restaure la tensión a su límite normal, estas subtensiones también pueden ser causadas por la sobrecarga en el alimentador. La subtensión aumentará la pérdida del motor de inducción, detendrá el funcionamiento de los equipos electrónicos y el mal funcionamiento del sistema de control del motor.[14].

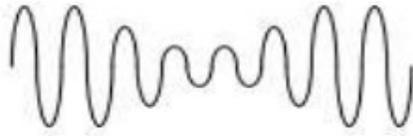


FIGURA 15: BAJADA DE TENSIÓN EN INTERVALOS CORTOS DE TIEMPO

FUENTE: (SÁNCHEZ, 2009, P. 45) [14]

La subtensión es el resultado de un problema a largo plazo La duración de la caída de tensión. El término "caída de voltaje" tiene Se utiliza a menudo Para describir el problema y ha sido reemplazado por el término "subtensión". Caída voltaje poco claro porque también se refiere a la estrategia empresarial energética. Mientras un largo período de alta demanda. La figura 16 muestra las características típicas de una onda de voltaje descendente. Se considera una tensión duradera. de la subtensión hará que el motor se sobrecaliente y puede Causar falla de carga no lineal[15].



FIGURA 16: BAJADA DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN EN EL TIEMPO

FUENTE: (SEYMOUR & HORSLEY, 2010, P. 11)[15].

c) SobreTensión

La característica de la sobretensión es que el valor efectivo de la tensión aumenta de 1,1 [p.u.] durante más de 1 minuto. La salida del bloque de carga excesiva, la entrada del banco de condensadores y la configuración incorrecta de la toma del transformador pueden causar sobretensión. Estos tipos de sobretensiones se muestran en la Figura 17, afecta la carga y la instalación eléctrica[16].

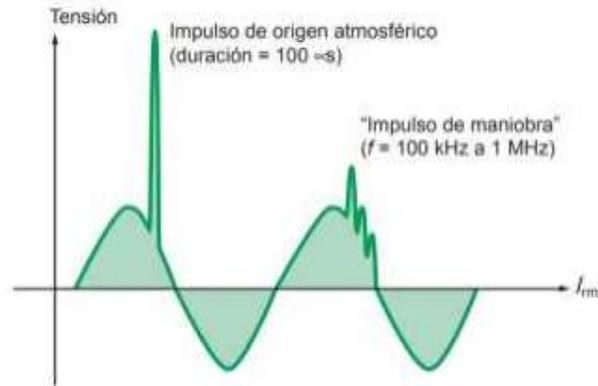


FIGURA 17: GRAFICA DE LA ONDA CUANDO SUFRE INCREMENTOS DE TENSIÓN MOMENTÁNEOS

FUENTE: (SCHNEIDER ELECTRIC, 2010, P. 304)[16]

El aumento de voltaje es la inversa de caída de voltaje y tiene un aumento de voltaje CA que dura de 0,5 ciclos a 1 minuto. En caso de sobretensiones, causas comunes de conexión neutra de alta impedancia, caídas repentinas de carga (especialmente cargas grandes) y fallas monofásicas en sistemas trifásicos, la Figura 18 muestra un ejemplo típico de sobretensión[15].

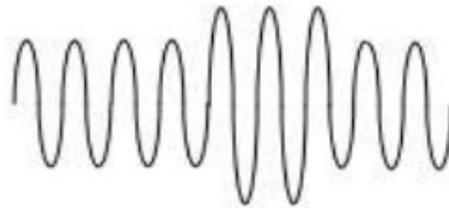


FIGURA 18: AUMENTO DE TENSIÓN DURANTE INTERVALOS CORTOS DE TIEMPO

FUENTE: (SEYMOUR & HORSLEY, 2010, P. 11) [15]

Las sobretensiones pueden ser el resultado de problemas a largo plazo que provocan sobretensiones. La sobretensión se puede considerar una sobretensión a largo plazo. La sobretensión también es común en áreas donde la configuración del valor de referencia de la toma del transformador de potencia es incorrecta y la carga se reduce, como muestra la Figura 19, en la que durante periodos largos de tiempo el voltaje se mantiene en incremento respecto al voltaje inicial nominal. Esto es común en áreas estacionales, donde la comunidad ha reducido el uso de energía durante la temporada baja. Aunque la demanda de electricidad de la estación es mucho menor, todavía proporciona electricidad para la parte de alto uso de la estación.

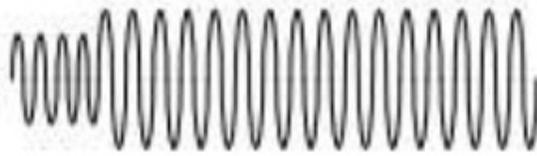


FIGURA 19: AUMENTO DE TENSIÓN DURANTE INTERVALOS LARGOS DE TIEMPO
FUENTE: (SEYMOUR & HORSLEY, 2010, P. 11) [15]

3.7. Desequilibrio de Tensión

Es definido como la razón entre la componente de secuencia negativa y la componente de secuencia positiva. La tensión de secuencia negativa en los sistemas de potencia es el resultado del desequilibrio de carga lo cual causa un flujo de corriente de secuencia negativa. Un desequilibrio de tensión puede ser estimado como el máximo desvío de la media de las tensiones de las tres fases dividido por la media de las tensiones, expresado en forma de porcentaje. La principal fuente de desequilibrio de tensión es la conexión de cargas monofásicas en circuitos trifásicos; anomalías en bancos de capacitores [17].

El estado de desequilibrio en un sistema eléctrico trifásico, donde las tres fases presentan diferentes valores de voltaje en el módulo y el desfase angular entre las fases es diferente de 120° eléctrico [17].

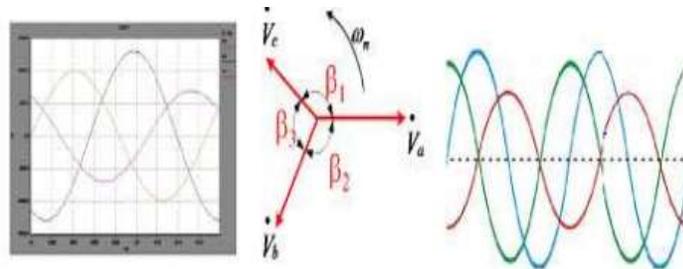


FIGURA 201: TENSIONES DESEQUILBRADAS
FUENTE: (CASTAÑEDA, 2009, P. 22)[17]

3.8. Distorsión Forma de Onda

La distorsión de la forma de onda es la desviación en estado estable de la forma de onda de corriente o voltaje de una señal sinusoidal pura. En estas expresiones matemáticas, vemos que la distorsión armónica total (THD) del voltaje y la corriente sinusoidales es cero, como se muestra en la Figura 21.

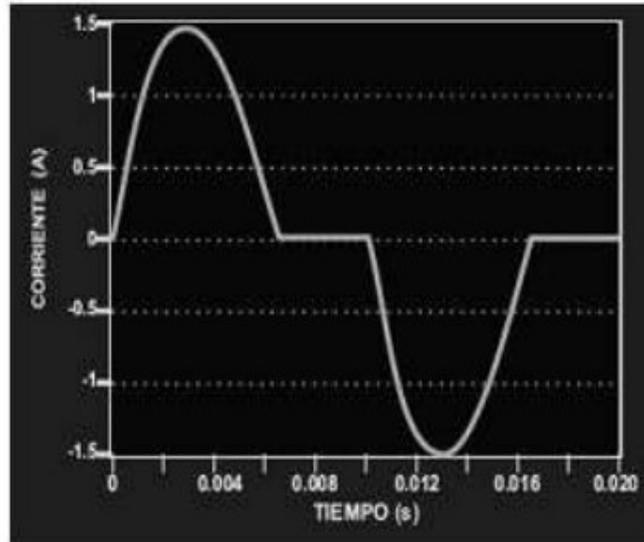


FIGURA 212: DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL

FUENTE: (SÁNCHEZ, 2009, P. 45) [14]

$$\text{Distorsion armónica total (THD)} = \frac{IH}{IF}$$

$$\text{Distorsion armónica total (THD)} = \frac{EH}{EF}$$

Donde: I_H = Corriente armónica

I_F = Corriente fundamental

E_H = Voltaje armónico E

F = Voltaje fundamental

Offset de Corriente Directa: Presencia de voltaje CC o corriente ggCC en un método de CA se nombra desplazamiento de CC. Esto puede deberse a interferencias geomagnéticas o la asimetría del convertidor de potencia electrónico. La corriente continua en la red de CA polarizará el núcleo del transformador, provocando que se sature durante el funcionamiento normal, lo que tendrá efectos adversos (Figura 21). Esto conduce a un mayor calor y acorta la duración del transformador. La corriente continua asimismo puede ocasionar corrosión electrolítica del electrodo de tierra entre otros conectores[14].

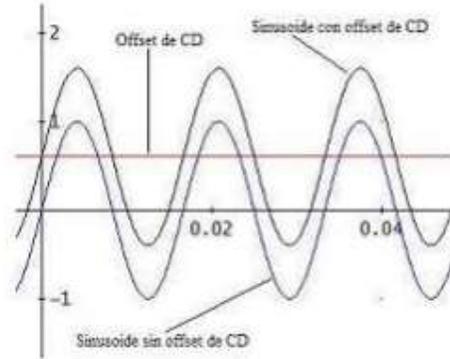


FIGURA 22: ONDA SINUSOIDAL CON OFFSET DE CD

FUENTE:(SÁNCHEZ, 2009, P. 45) [14]

La distorsión de voltaje o corriente se puede atribuir a la inclusión de armónicos. Armónico se refiere a cualquier voltaje o corriente, y la frecuencia es un múltiplo entero de la línea de frecuencia (2, 3, 4, 6, etc.). Considere un conjunto de ondas sinusoidales, la más baja de las cuales es f , y todas las demás son múltiplos enteros de f . Por definición, la onda sinusoidal de frecuencia más baja se llama onda fundamental[18].

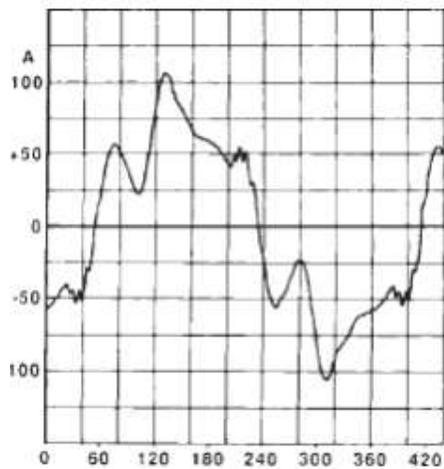


FIGURA 23: CORRIENTE (60 HZ) SEVERAMENTE DISTORSIONADA EN UN MANDO ELECTRÓNICO

FUENTE:(WILDI, 2007B, P. 24) [18]

La forma de onda que se distorsiona periódicamente se puede descomponer en la suma de componentes armónicos. Los armónicos se originan a partir de las características no lineales del equipo en la carga del sistema eléctrico. [14]

Notch es una perturbación periódica de voltaje causada por el funcionamiento normal de los equipos electrónicos de potencia cuando la corriente se cambia de una fase a otra. Dado que este fenómeno ocurre de forma continua, se puede caracterizar por el espectro armónico de la tensión afectada. Un ejemplo de trampa de voltaje está en un convertidor trifásico, que genera una corriente continua DC digital. Cuando la corriente se cambia de una fase a otra, se produce una muesca. Durante este período, hay un cortocircuito instantáneo entre las dos fases, lo que hace que el voltaje sea cercano a cero dentro del rango permitido de impedancia del sistema. [14]

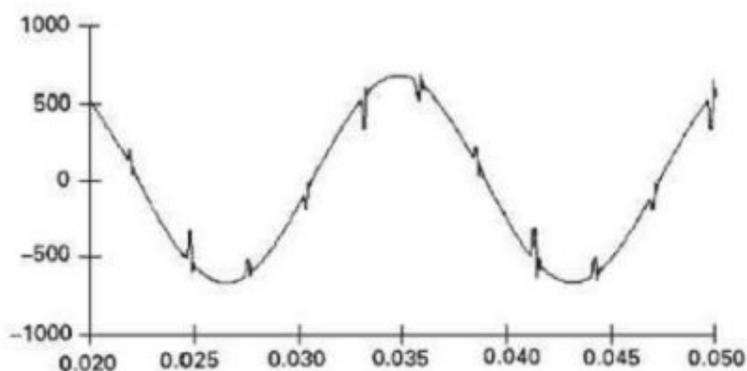


FIGURA 24: EJEMPLO APARICIÓN DE MUESCAS EN VOLTAJE

FUENTE: (SÁNCHEZ, 2009, P. 45) [14]

El ruido en el sistema de potencia puede ser causado por equipos electrónicos de potencia, circuitos de control, equipos de arco, cargas de rectificadores de estado sólido y fuentes de alimentación conmutadas. Una conexión a tierra incorrecta generalmente aumenta los problemas de ruido. Básicamente, el ruido incluye cualquier distorsión dañina de la señal de potencia, que no se puede clasificar como distorsión armónica o distorsión transitoria. [14]

3.8.1. Distorsión Armónica

Se conoce como distorsión armónica a la deformación de la onda de su característica sinusoidal pura original. Un análisis matemático (Fourier) de ondas distorsionadas por cargas no lineales muestra que ellas están compuestas de la onda seno fundamental, además de una o más ondas con una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Las formas de onda no sensoriales consisten en (y pueden ser descompuestas en) un número finito de ondas seno puras de diferentes frecuencias. En la figura se muestra la combinación de una forma de onda de voltaje senoidal y una forma de onda de 3er armónico crea una forma de onda armónicamente distorsionada. La forma de onda resultante dependerá del desplazamiento de fase del 3er armónico[8].

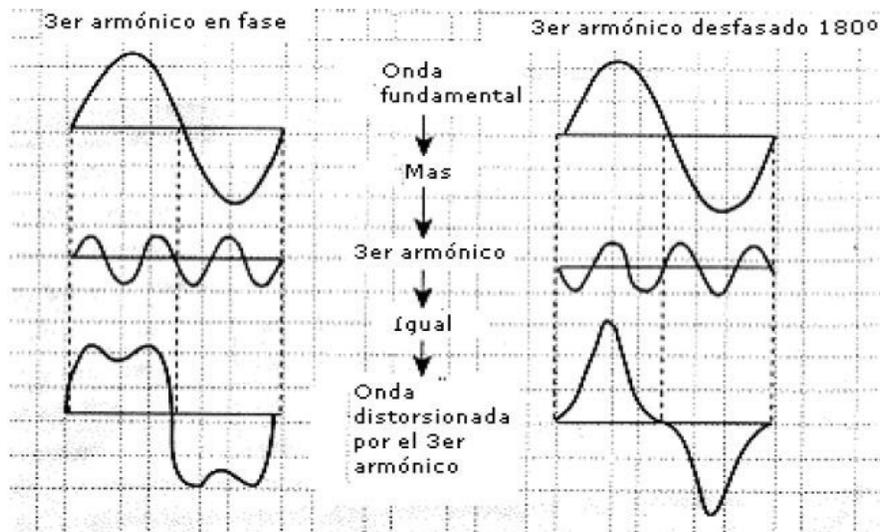


FIGURA 25: FORMA ONDA DEL TERCER ARMÓNICO

FUENTE: HOLGUIN, M GOMEZCOELLO, D

3.8.2. Corte

El corte es la perturbación periódica del voltaje normal del equipo que utiliza equipos electrónicos de potencia cuando la corriente se cambia de una fase a otra. Durante este período, se produce un cortocircuito entre las dos fases. Si el efecto de corte se produce de forma continua (estado permanente), se puede caracterizar por el espectro armónico. La principal fuente de falla de energía es el convertidor trifásico.[17].

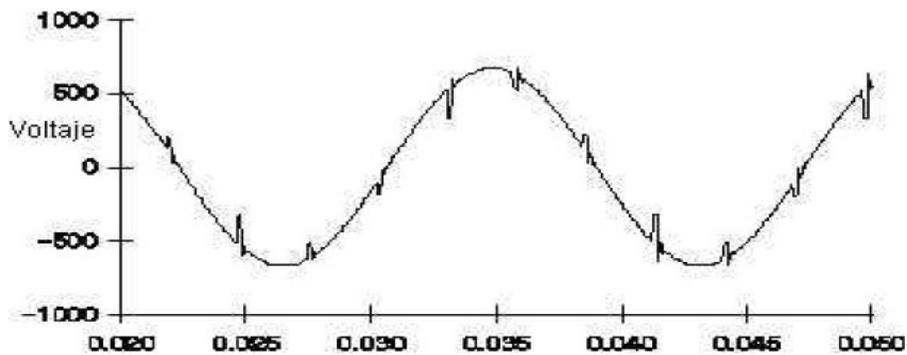


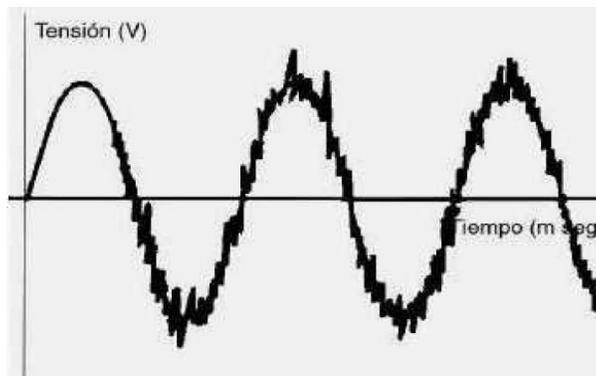
FIGURA 26: CURVA DE ESPECTRO DE CORTE

FUENTE: CASTAÑEDA, O[17]

3.8.3. Ruido

Un fenómeno llamado ruido es una señal indeseable, como un amplio espectro con una intensidad inferior a 200 [kHz], de baja intensidad, superpuesta a la corriente o voltaje del conductor de fase, o que aparece en el conductor neutro. Por lo general, esta interferencia es causada por errores de funcionamiento, instalación incorrecta de componentes en el sistema por parte del equipo, proveedor o usuario y conexión a tierra incorrecta[17].

FIGURA 27: CURVA DE ESPECTRO DE RUIDO



FUENTE: CASTAÑEDA, O. [17]

3.9. Fluctuación de Tensión

La fluctuación de voltaje es un cambio sistemático en la distribución de la tensión, o una serie de cambios aleatorios en la magnitud de la tensión, que generalmente excede el valor límite prescrito de 0,95 a 1,05 [p.u.]. El parpadeo de luz (inglés: flicker = flicker, flicker) se define como "la impresión subjetiva de las fluctuaciones de brillo". Se trata de un fenómeno de origen visual fisiológico, que sufren los usuarios que utilizan fuentes de iluminación ordinarias y lámparas con cargas de interferencia. .[17]

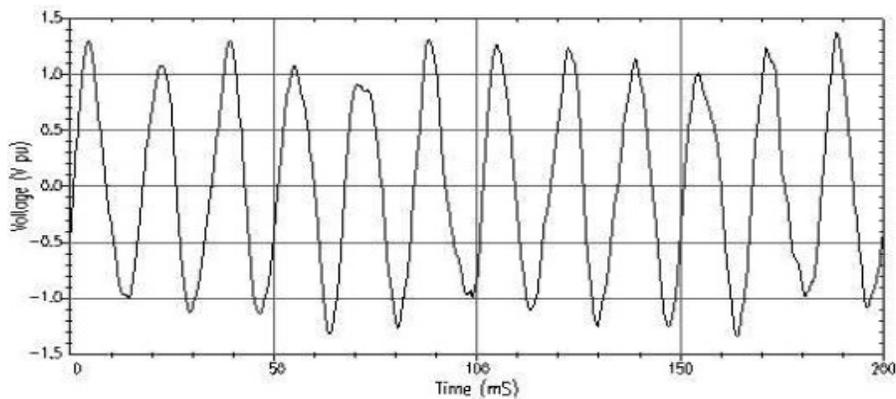


FIGURA 28: CURVA DE ESPECTRO DE FLUCTUACIÓN DE TENSIÓN
FUENTE: CASTAÑEDA, O. [17]

3.10. PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

Categoría	Duración Típica	Magnitud Típica del Voltaje
1. Transitorios		
1.1 Transitorio Impulsivo	< 0.5 ciclos	
1.2 Transitorio Oscilatorio	< 0.5 ciclos	0 – 8 p.u.
2. Corta Duración		
2.1 Interrupción	0.5 ciclos – 1 min	< 0.1 p.u.
2.2 Depresión de Tensión (Sag)	0.5 ciclos – 1 min	0.1 – 0.9 p.u.
2.3 Salto de Tensión (Swell)	0.5 ciclos – 1 min	1.1 – 1.8 p.u.
3. Larga Duración		
3.1 Interrupción Sostenida	> 1 min	0 p.u.
3.2 Subtensión	> 1 min	0.8 – 0.9 p.u.
3.3 Sobretensión	> 1 min	1.1 – 1.2 p.u.
4. Desequilibrio de Tensión	Estado Estable	0.5 – 2 %
5. Distorsión de la forma de onda		
5.1 Armónicos	Estado Estable	0 – 20 %
5.2 Corte	Estado Estable	
5.3 Ruido	Estado Estable	0 – 1 %
6.Fluctuación de Tensión (Flicker)	Intermitente	0.1 – 7 %

TABLA 3 : PERTURBACIONES SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

FUENTE: CASTAÑEDA, O[17]

3.10.1. Fluctuaciones de Tensión: FLICKER

"Flicker" se refiere al fenómeno de cambios en la intensidad de la luz que afectan la visión humana, principalmente en el rango de Hz a 25 Hz, que depende del nivel de percepción del individuo. Sin embargo, se ha demostrado estadísticamente que la visión humana responde a una curva de respuesta de frecuencia con una sensibilidad máxima de 8,8 Hz, en la que un cambio de voltaje del 0,25% ha producido fluctuaciones de luz en la lámpara que pueden percibirse como "parpadeo". Su consumo es de naturaleza variable, como hornos de arco eléctrico, soldadores de arco eléctrico, acerías, arranque y parada de grandes motores eléctricos, sistemas de tracción AC, compresores, bombas, elevadores, etc. Además, la generación de armónicos cruzados provocará una mezcla de frecuencias, lo que dará como resultado cambios lentos en el rango de 0-25 Hz. Este tema es eficaz porque estos efectos se superpondrán a la interferencia armónica y aumentarán con el aumento de la relación. Grande. Consumo no lineal del punto de acoplamiento común en potencia de cortocircuito[19].

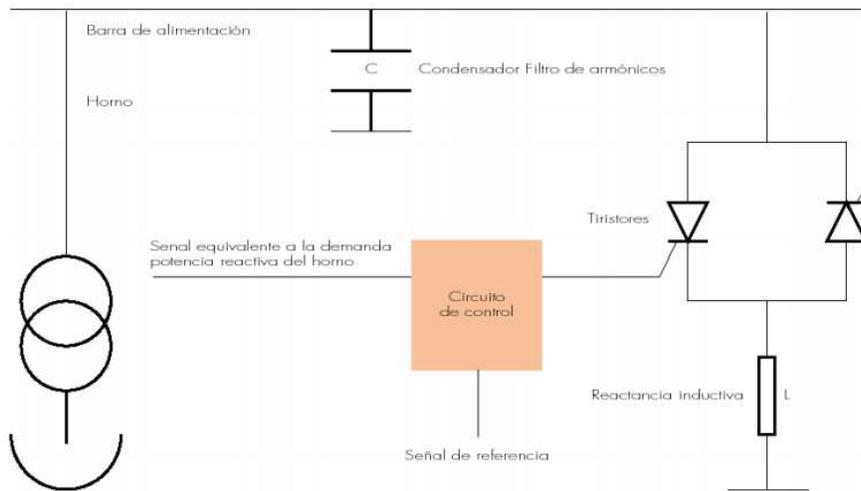


FIGURA 29: FLUCTUACIONES DE TENSIÓN: FLICKER

FUENTE: ITZOL[19]

Índice de gravedad del parpadeo a largo plazo (Plt): índice que evalúa la gravedad del parpadeo en un intervalo de tiempo prolongado (el intervalo de observación básico es de 2 horas) y considera el valor continuo del índice de gravedad del parpadeo a corto plazo. La siguiente expresión [19]:

$$PLT = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P^3 STI}{12}}$$

ECUACIÓN 1: ÍNDICE DE SEVERIDAD DEL FLICKER

FUENTE: ITZOL 19]

3.11. Tolerancia Flicker en el Voltaje

El índice de tolerancia máximo para el parpadeo es [19]:

$$P_{st} \leq 1$$

ECUACIÓN 2: ÍNDICE DE TOLERANCIA MÁXIMA PARA EL FLICKER

FUENTE: ITZOL [19]

Donde [19]:

Pst: índice de gravedad del parpadeo a corto plazo

3.12. Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras que permite categorizar los factores analizados en orden descendente en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Además, permite la observación acumulada de la incidencia total de los factores estudiados. Se inspira en una ley denominada "principios básicos y menos útiles" o "Ley No. 80-20", que reconoce que hay algunos elementos o razones realmente importantes (20%) en el proceso. El mayor impacto (80%). En otras palabras, del número total de problemas que conducen a la ineficiencia energética o impopularidad de una empresa, solo un número muy pequeño afectará seriamente la competitividad de la empresa. De todas las causas de los problemas, solo unas pocas son los factores decisivos. Para aplicar el principio de Pareto para resolver el problema del ahorro energético, el primer paso que se debe dar es determinar la prioridad, es decir, el costo de generar energía (electricidad, gas, combustible) es mayor. Esta posición se puede completar estratificando El consumo de energía se divide por tipo de energía y el consumo de energía se representa mediante un diagrama de Pareto[19].

2.17. Gráficos de Control

Un gráfico de control es un gráfico lineal, que le permite observar el comportamiento de las variables de acuerdo con ciertos límites. Los círculos y grupos de calidad los utilizan a menudo como herramientas de autocontrol, son muy útiles para respaldar los diagramas de causa y efecto cuando aplicamos diagramas de causa y efecto a cada etapa del proceso y detectamos en qué etapa se produce el cambio. Su importancia radica en que la mayoría de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado "normal", es decir, es muy posible obtener el valor promedio M de los parámetros de salida, y cuando estamos lejos del valor promedio, la posibilidad de ocurrencia Es enorme. Si ninguna causa externa parece cambiar el proceso, los otros valores de este parámetro caerán bruscamente hasta que la desviación se vuelva casi cero cuando la desviación sea mayor que tres veces la desviación estándar ($3S$) de la media. Este comportamiento (que se puede probar en condiciones de incertidumbre) nos permite detectar síntomas anormales que funcionan en ciertas etapas del proceso y afectan las desviaciones de

los parámetros de salida controlados. El gráfico de control se obtiene trazando el valor real del parámetro de control obtenido a lo largo del tiempo sobre el valor promedio y su límite de desviación. [20]

2.18. Gráficos de Cargas

Estos gráficos pueden representar el consumo de carga durante un período de tiempo. Pueden ser: individuales o grupales, continuas o escalonadas, diarias, mensuales o anuales. [21].

2.19. Estudio de Cargas

La investigación de carga consiste en determinar el voltaje, la intensidad, la potencia y factor de potencia o la potencia reactiva en varios puntos de la red en condiciones normales de funcionamiento. Los estudios de carga es la base del desarrollo futuro sistema, pues su funcionamiento satisfactorio depende del conocimiento del impacto de su interconexión con otras redes, nuevas plantas de energía y nuevas líneas de transmisión [20].

2.19.1. Eficiencia

Es la optimización de los recursos utilizados para obtener los resultados u objetivos esperados. [20].

2.19.2. Eficacia

Es la contribución del resultado obtenido a la consecución del objetivo planteado [20].

2.19.3. Efectividad

Este es un resultado consistente producido por el sistema, que integra eficacia y eficiencia[20].

2.20. Intensidad Energética

A nivel de empresa, este indicador se puede determinar como la relación entre el consumo total de energía y la producción total del mercado. Refleja la tendencia del consumo de energía en relación con el aumento de la producción. Todos los indicadores de eficiencia y de consumo energético dependen de condiciones de la producción y los servicios de la Empresa como: factor carga (es relación de la producción real respecto a la capacidad productiva nominal de la Empresa), calidad de la materia prima, estado técnico del equipamiento etc. Debido a esto cada índice debe establecerse especificando las condiciones en que deben alcanzarse [20].

Las mejoras en la eficiencia energética se pueden lograr de dos formas básicas, no mutuamente excluyentes. [20]:

- Mejor gestión energética y buenos hábitos de consumo.
- Tecnología y equipamiento eficientes

Cualquiera de los dos reduce el consumo unitario, pero la combinación de los dos permite llegar al punto óptimo. El primer tipo tiene un costo menor, pero la posibilidad de ahorro es menor y es difícil obtener y mantener los resultados. El segundo requiere inversión, pero el potencial de ahorro es mayor y asegura que sean más duraderos. [20].

2.21. Desviación Estándar

Es una medida de la concentración o dispersión de variables de razón (razón o cociente) e intervalos, y es muy útil en estadística descriptiva.

La desviación estándar se considera una medida secundaria, que representa el valor promedio de la desviación (distancia) de los datos muestrales de su media aritmética, expresada en la misma unidad que la variable[22].

2.22. Normatividad de la Calidad de Energía

2.22.1. Nivel Voltaje

ARCONEL es el organismo encargado de supervisar todos los asuntos relacionados con el uso de energía eléctrica del país a través de la norma ARCONEL-004/01 del país, tales como la calidad de generación, transmisión, distribución y tensión en este caso. Para determinar su calidad, la agencia utiliza fórmulas para establecer parámetros, como los siguientes[23]:

Índice de Calidad

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

ECUACIÓN 1: ÍNDICE DE CALIDAD

FUENTE: ARCONEL[22]

ΔV_k : El cambio de voltaje en el punto de medición, con un intervalo de 10 minutos.

V_k : El voltaje efectivo (rms) medido en cada intervalo de 10 minutos de medición de m k.

V_n : La tensión nominal del punto de medición.

Mediciones[23].

La calidad de la tensión se determina como el cambio en el valor efectivo (rms) medido cada 10 minutos en relación con la tensión nominal al nivel del transformador de distribución[23].

Deben completarse las siguientes tareas:

- El registro de voltaje en el punto de medición (Topas 1000 o Fluke 1760), utilizado para el transformador de distribución en este estudio[23].
- Mientras se registra el voltaje, se debe medir la energía suministrada para comprender la energía proporcionada en condiciones de mala calidad[23].
- El registro de medición debe ser continuo durante no menos de 7 días y el intervalo de medición es de 10 minutos[23].

Limite[23].

Durante el 5% o más del período de medición de 7 días, el proveedor de servicios violó el límite de voltaje y el distribuidor no alcanzó el nivel de voltaje en el punto de medición correspondiente. Durante el 5% o más del período de medición de 7 días, el proveedor de servicios violó el límite de voltaje y el distribuidor no alcanzó el nivel de voltaje en el punto de medición correspondiente.

El cambio de voltaje permitido en relación con el valor de voltaje nominal es el siguiente[23]:

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	7,0 %	5,0 %
Medio Voltaje	10,0 %	8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	10,0 %	8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	13,0 %	10,0 %

TABLA 4: VARIACIONES DE VOLTAJES ADMITIDOS POR NIVEL DE TENSIÓN

FUENTE: ARCONEL [22]

2.22.2. Clasificación de la Normatividad “Calidad De Energía”

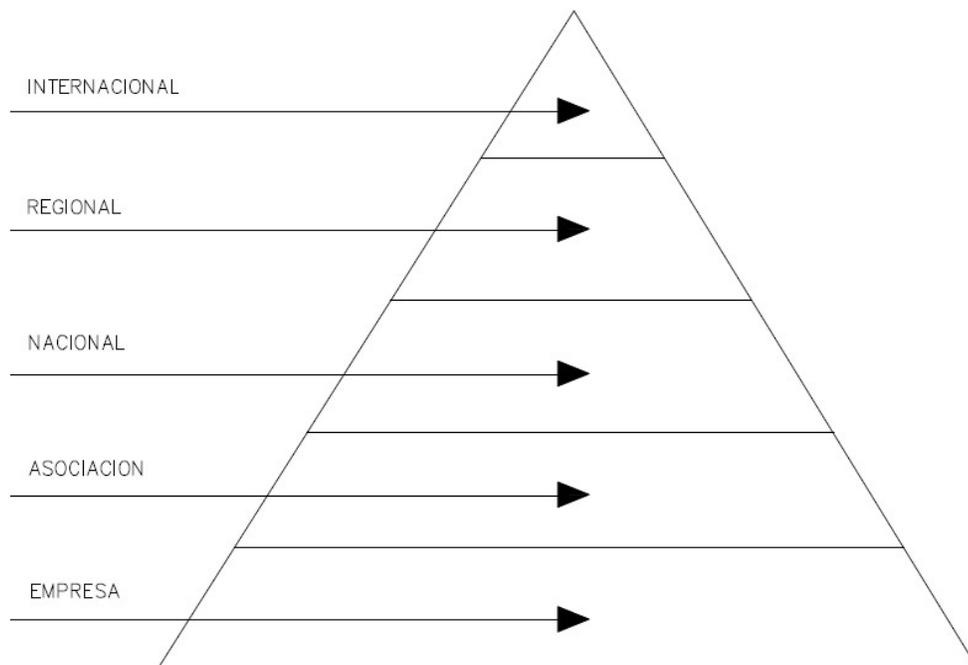


FIGURA: 30 CLASIFICACIÓN EN CATEGORÍAS DE LA NORMATIVIDAD

FUENTE: ITZOL [19].

2.22.3. Norma EN50160

Esta norma describe las principales características que debe poseer la tensión proporcionada por baja tensión en las redes de distribución general en condiciones normales y en el momento de su entrega a los clientes. Como se indica en su primera parte: `` Esta norma da el límite o valor de la característica de voltaje que cada cliente tiene derecho a esperar, en lugar del valor típico en la red de distribución general. Define la frecuencia nominal de la tensión de alimentación, la amplitud de la tensión, el cambio de la tensión de alimentación, el cambio rápido de la tensión (la amplitud del cambio y la gravedad del parpadeo), las caídas de tensión, las interrupciones de energía a corto y largo plazo, las sobretensiones temporales y transitorias y la fuente de alimentación. Tensión, desequilibrio de tensión armónica e interarmónica, señal de información y protocolo de medida transmitida a través de la red. Es importante señalar que esta norma solo es aplicable en condiciones normales de operación e incluye una lista de operaciones para las cuales no se aplican restricciones, como operaciones realizadas después de una falla, medidas industriales o reducción de suministro debido a eventos externos. [24].

Evento en la tensión de suministro	Magnitud	Duración
Sags	90 % < 1%	10 ms < 1 minuto
Baja de tensión	90 % < 1%	> 1 minuto
Interrupción de suministro	< 1%	< 3 minutos (breve) > 3 minutos (larga)
Sobretensión temporal	> 110 %	Relativamente larga
Sobretensión transitoria	> 110 %	Algunos milisegundos

TABLA 5: LÍMITES NORMA EM50160

FUENTE: HILER, K., & LOZADA, D. [24]

2.22.4. Norma IEC 6100032

Se refiere a los límites que deben observarse para la emisión de corrientes armónicas Para equipos con una entrada de corriente de cada fase $\leq 16^a$, [24].

Orden armónico h	Corriente armónica máxima permitida (A)
Armónicos Impares	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq h \leq 39$	0.25 / h
Armónicos pares	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq h \leq 40$	1.84 / h

TABLA 6: LÍMITES PARA LOS EQUIPOS CLASE A SEGÚN NORMA 61000-3-2

FUENTE: HILER, K., & LOZADA, D. [24]

2.22.5. Norma IEC 6100024

Establece los niveles de compatibilidad para las perturbaciones a nivel industrial, se puede aplicar en redes de distribución de 50 y 60 Hz, en baja y media tensión; los parámetros de variación de tensión que define son, frecuencia, forma de onda, amplitud y equilibrio de fases. Para la utilización de esta norma se debe tener en cuenta e identificar los diferentes equipos y sus características, para de esta manera establecer la clase en la cual se encuentran y así aplicar la norma[24]

Clase 1: se refiere a equipos muy sensibles a perturbaciones en el suministro de energía.

Clase 2: se relaciona a puntos de conexión común y puntos de conexión interior en el entorno de la industria.

Clase 3: esta clase aplica, para alimentaciones a través de convertidores, máquinas de gran consumo de energía o motores grandes con arranques frecuentes.

2.22.6. Norma IEC 61000430

Define los métodos de medida de los parámetros de calidad de suministro de energía y el modo de interpretar los resultados. En la norma se indica los métodos de medir sin fijar los umbrales. Entre otros parámetros el estándar define los métodos con los cuales se detectan y evalúan, los huecos de tensión, sobretensiones temporales y las interrupciones de la tensión de suministro. De esta manera define dos formas de utilización de la norma, denominadas clase A y B, la primera clase se refiere a medidas de baja incertidumbre, verificación de cumplimiento de las normas, aplicaciones contractuales, etc. La clase B está destinada a estudios estadísticos, o solución de problemas en instalaciones eléctricas relacionadas con la calidad de energía[24]

2.22.7. Estándar IEEE 1159

Define siete categorías distintas de fenómenos electromagnéticos en las redes eléctricas: transitorios, variaciones corta duración, variaciones de larga duración, desequilibrio de tensión, distorsión de la forma de onda, fluctuaciones de tensión y variaciones de la frecuencia. Las variaciones de corta duración comprenden los Sags, las interrupciones y los “swell”. Cada tipo de clasifica en instantáneo momentáneo o temporal dependiendo de su duración. Las variaciones de corta duración (Swells, Sags e interrupciones sostenidas) se producen casi siempre por condiciones de fallo, por la conexión de cargas que requieren grandes corrientes de arranque. Dependiendo de la ubicación de la falla se pueden producir sobretensiones,

subtensiones o interrupciones temporales. Sin importar el lugar en el cual se localice la falla (lejos o cerca del punto de estudio), su efecto sobre la tensión va a ser una variación de corta duración[24]

Categorías	Duración típica	Magnitud típica de la tensión
1.0 Variaciones corta duración		
1.1 Instantánea		
1.1.1 Hueco	0.5 – 30 ciclos	0.1 – 0.9 p.u.
1.1.2 Swell	0.5 – 30 ciclos	1.1 – 1.8 p.u.
1.2 Momentánea		
1.2.1 Interrupción	0.5 ciclos – 3 s	< 0.1 p.u.
1.2.2 Hueco	30 ciclos – 3 s	0.1 – 0.9 p.u.
1.2.3 Swell	30 ciclos – 3 s	1.1 – 1.4 p.u.
1.3 Temporal		
1.3.1 Interrupción	3 s – 1 min	< 0.1 p.u.
1.3.2 Hueco	3 s – 1 min	0.1 – 0.9 p.u.
1.3.3 Swell	3 s – 1 min	1.1 – 1.2 p.u.
2. variaciones larga duración		
2.1 Interrupción	> 1 min	0.0 p.u.
2.2 Subtension	> 1 min	0.8 – 0.9 p.u.
2.3 Sobretension	> 1 min	1.1 – 1.2 p.u.

TABLA 7: LÍMITES DE CORTA Y LARGA DURACIÓN SEGÚN NORMA IEEE1159

FUENTE: HILER, K., & LOZADA, D. [23]

2.22.8. Norma IEC 5552

La norma establece las exigencias sobre armónicas que deben cumplir todos aquellos equipos que consumen menos de 16 Amperios por fase en la red 220 V a 415 V, entre ellos figuran los computadores personales y los televisores. La norma establece los límites en base a valores eficaces (rms) de cada armónica, la relación entre el valor eficaz y el valor máximo eficaz y valor máximo[24]

2.22.9. Estándar IEEE 519

En la recomendación IEEE 519 encontramos las “Recomendaciones Prácticas y Requerimientos para el Control de armónicas en Sistemas Eléctricos de Potencia”. Existe un efecto combinado de todas las cargas no lineales sobre el sistema de distribución la cual tienen una capacidad limitada para absorber corrientes armónicas. Los operadores de red de energía eléctrica tienen la responsabilidad de suministrar óptimo nivel de tensión y forma de onda. La IEEE 519 hace referencia no solo al nivel absoluto de armónicos producido por una fuente individual sino también a su magnitud con respecto a la red de abastecimiento. Donde existan problemas, a causa de la inyección excesiva de corriente armónica o distorsión de tensión, es obligatorio para el suministrador y el consumidor, resolver estos problemas. Por tal motivo el

propósito de esta norma es el de recomendar límites en la distorsión armónica de acuerdo básicamente a dos criterios[24]

- Existe una limitación sobre la cantidad de corriente armónica que un consumidor puede inyectar en la red de distribución eléctrica.
- Se establece una limitación en el nivel de voltaje armónico que una compañía de distribución de electricidad puede suministrar al consumidor.
- En la IEEE 519 por un lado se recomiendan los niveles máximos de distorsión armónica en función del valor de la relación de corto circuito (SCR) y el orden de la armónica, por otro lado, también identifica niveles totales de distorsión armónica.
- Todos los valores de distorsión de corriente se dan en base a la máxima corriente de carga (demanda). La distorsión total está en términos de la distorsión total de la demanda (TDD) en vez del término más común THD. En la siguiente tabla se muestra los límites de corriente para componentes de armónicas individuales, así como también distorsión armónica total. Por ejemplo, un consumidor con un SCR 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%.

La IEEE 519 establece también otros parámetros de la calidad de la energía eléctrica como lo son los siguientes[24]

- Flicker de Tensión: Los lineamientos para el parpadeo de tensión ocasionado por consumidores individuales, se encuentran recomendados en la IEEE 519.
- El segundo conjunto de parámetros eléctricos establecidos por la IEEE 519 se refiere a los límites de distorsión de la tensión. Los límites armónicos de tensión recomendados se basan en niveles lo suficientemente pequeños como para garantizar que el equipo de los suscriptores opere satisfactoriamente. La Tabla 15 contempla los límites de distorsión armónica de voltaje según IEEE 519.

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de Tensión (%)	Distorsión total del voltaje THD (%)
Hasta 69 KV	3.0	5.0
De 69 KV a 137.9 KV	1.5	2.5
138 KV y mas	1.0	1.5
Nota: Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

TABLA 8: LÍMITES SEGÚN NORMA IEEE519

FUENTE: HILER, K., & LOZADA, D. [24]

Como es común, los límites se imponen sobre componentes individuales y sobre la distorsión total para la combinación de todos los voltajes armónicos (distorsión armónica). Lo diferente en esta tabla, sin embargo, es que se muestran tres límites diferentes. Ellos representan tres niveles de voltaje; hasta 69 KV, de 69 a 161 KV, y por encima de 161 KV. Al aumentar los voltajes disminuyen los límites de distorsiones, al igual que para los límites de corrientes[24]

2.24. Calidad de la Energía

La definición de calidad de la energía de alguna manera resulta algo indeterminada. Por ejemplo, para el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) define que la calidad de la energía es la 45 alimentación y puesta de tierra de equipos electrónicos sensibles en una manera que sea adecuado para su operación. Por otra parte, hay quien comenta que la calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita asegurar continuidad del servicio sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes. La calidad de la energía es un conjunto de límites eléctricos que permiten que una pieza de un equipo pueda funcionar de la manera prevista sin la pérdida significativa en su rendimiento o en su esperanza de vida. Según los autores, Arellano, Mireles y Samayoa, manifiestan la siguiente definición de calidad de la energía: “Es la ausencia de problemas en la energía, ya que se pueden manifestar en el voltaje, corriente o en la frecuencia desviando los resultados de operación produciendo fallas o mal funcionamiento del equipo del cliente” [23]:

2.24.1. Importancia de la Calidad de la Energía

Mejorar la calidad de la energía eléctrica no es sinónimo de reducción en la facturación por energía eléctrica, sino, se trata de evitar paros inesperados en la maquinaria que ocasionan retrasos en la producción, desperdicio de la materia prima y avería de los equipos electrónicos que al final representan costos superiores a los de pérdidas en potencia por armónicos y bajo factor de potencia[23]:

2.25. Analizadores de Calidad Eléctrica

El analizador Fluke 435 es un modelo capaz de mostrar datos de formas de ondas de las señales eléctricas de voltajes, corrientes, potencias, armónicos, en forma de histogramas, graficas fasoriales formas de onda espectros de armónicos, estos son parámetros principales. Cada modelo está diseñado para cubrir las necesidades de la tarea de medida prevista. Los accesorios disponibles garantizan una conexión fiable y segura. El software de aplicación de cada producto facilita la descarga, el análisis y la presentación de datos de la calidad eléctrica con la mayor eficiencia posible, En la figura 31 se muestra el analizador de calidad de la energía[25].



FIGURA 31: ANALIZADORES TRIFÁSICOS DE CALIDAD ELÉCTRICA

FUENTE: FLUKE CORPORATIONS, 2019A, P. 1 [24]

El Fluke 345 es ideal para mediciones en cargas de conmutación tales como frecuencia variable. Accionamientos, iluminación electrónica y sistemas UPS. Además, el sistema de medición de efecto Hall realiza la medición de C.D, posible sin la necesidad de romper el circuito, y la memoria interna permite el registro a largo plazo para el análisis de Tendencias o problemas intermitentes como muestra la figura 31[24]



FIGURA 32: ANALIZADOR DE CALIDAD DE LA ENERGÍA FLUKE 345
FUENTE: FLUKE CORPORATIONS, 2019A, P. 1[24]

2.26. Registrador Trifásico de Consumo Eléctrico 1730

Se puede observar en la figura 33 el analizador de la calidad de la energía de la marca Fluke serie 1730, y se detalla las funciones que contiene el equipo[26]:

- Describir medidas básicas: tensión, corriente, potencia, factor de potencia y valores asociados que facilitan la implantación de estrategias de ahorro energético.
- Software completamente nuevo Energy Analyze, permite notificar de manera automatizada, descargar y analizar una imagen completa del potencial ahorro energético.
- Realiza el registro integral, todas las lecturas se registran automáticamente y pueden revisarse durante el registro y antes de descargarlas para realizar análisis sobre la marcha. Se puede guardar más de 20 sesiones de registro independientes.
- Completar la configuración "in situ" a través del panel frontal, sin necesidad de volver al taller para descargar nada ni llevar el PC a la centralita.
- Contiene dos puertos USB, un puerto USB se usa para conectarse a una PC y el otro se usa para grabar rápida y fácilmente en una tarjeta de memoria u otro dispositivo USB.

- Accesorios optimizados: los cables de tensión planos y las sondas de corriente finas y flexibles se pueden instalar fácilmente en espacios estrechos.



FIGURA 33: ANALIZADOR DE REDES FLUKE 1730
FUENTE: FLUKE CORPORATIONS, 2019A, P. 1 [25]

2.27. Conexiones del Analizador de Redes

Sujete la pinza amperimétrica alrededor de los conductores de fase A (L1), B (L2), C (L3) y N (eutro). La pinza está marcada con una flecha para indicar la polaridad correcta de la señal. Conexión de entrada, haga la conexión de voltaje: comience con la conexión a tierra, luego N, A (L1), B (L2) y C (L3) en secuencia. Para obtener resultados de medición correctos, siempre conecte la entrada de tierra. Compruebe si la pinza amperimétrica está firmemente conectada y completamente cerrada alrededor del conductor. Para la medición monofásica, utilice la entrada de corriente A (L1) y la entrada de voltaje de tierra N (Neutro) y la fase A (L1). A (L1) es la fase de referencia de todas las mediciones Configure el analizador de acuerdo con el voltaje de línea, la frecuencia y la configuración del cableado del sistema de potencia a medir.[27].

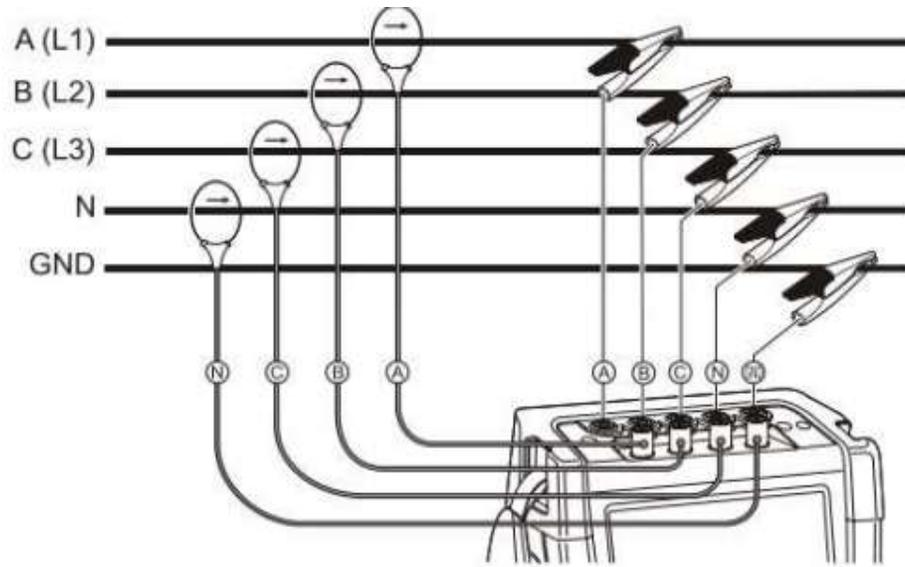


FIGURA 34: CONEXIÓN DEL ANALIZADOR A UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICO
FUENTE: FLUKE, 2012, PP. 6-2[26]

Osciloscopio Fasorial.- La pantalla de fasor muestra la relación de fase entre tensiones y corrientes en un diagrama de vectores, como muestra la figura 35. El vector del canal de referencia A (L1) se dirige en la dirección horizontal positiva. Los valores numéricos adicionales corresponden a la tensión y corriente de fase fundamental, frecuencia y ángulos de fase. En la parte superior de la pantalla se pueden observar los valores rms de tensión y corriente[26].

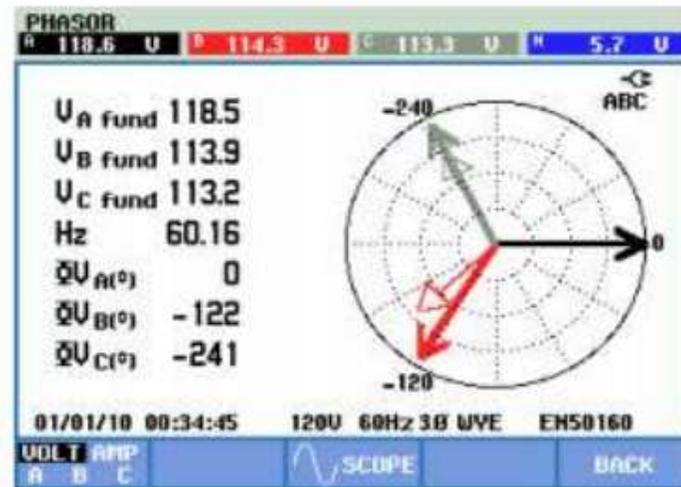


FIGURA 35: DIAGRAMA DE VECTORES CORRESPONDIENTE AL ANALIZADOR CORRECTAMENTE CONECTADO

FUENTE: FLUKE, 2012, PP. 6-2[26]

2.28 Diagrama de Pareto.

En cualquier proceso de producción o trabajo, hay solo unas pocas razones que pueden causar la mayoría de los problemas. Para conmemorar al economista italiano V. Pareto, el principio se llama Ley de Pareto. A fines del siglo XIX, analizó cómo los ingresos de las personas son desiguales, es decir, casi Sin dinero. Unos años más tarde, el estadounidense M. C. Lorenz utilizó el mismo principio en forma de diagrama. Más tarde, el famoso experto J. M. Juran tomó la iniciativa de aplicarlo a este problema y lo llamó Diagrama de Pareto. Esta afirmación también se llama "algunas cosas importantes y muchas triviales", o también se llama la regla 80-20, es decir, el 20% causa el 80% del fenómeno. Esta herramienta se suele utilizar para localizar las causas importantes de problemas de producción o fenómenos indeseables en la empresa. Por lo tanto, dado que estas causas importantes pueden ser controladas, es de gran ayuda para mejorar la calidad. La mayoría de los problemas de calidad que nos acosan son Se

resolverá. Esta herramienta se puede utilizar para identificar las causas de consecuencias indeseables, así como eventos o fenómenos que ocurren en el entorno empresarial, de manera que se pueda lograr la calidad del producto de manera muy flexible. Encontrar estas causas, es decir, definir el problema, constituye un gran paso adelante en la propia solución.

2.29 Procedimiento de Elaboración y Aplicaciones

Para poder elaborar un Diagrama de Pareto de forma correcta debemos guiarnos con los siguientes pasos:

- a) Identificar el problema que desea solucionarse
- b) Identificar los datos que se necesita recopilar
- c) Preparar una tabla para la recolección de los datos
- d) Organizar la tabla de datos para el diagrama
- e) Elaborar el diagrama

2.30 Introducción a Matlab.

Matlab es un programa de ingeniería popular para cálculos generales, científicos y técnicos. Integra operaciones de cálculo, visualización y programación, y utiliza símbolos matemáticos clásicos para la interacción con los usuarios. Los usos y aplicaciones típicos de Matlab son:

- Matemáticas y cálculo.
- Desarrollo de algoritmos.
- Adquisición de datos.
- Modelado, simulación y prototipado.
- Análisis y procesamiento de datos.
- Gráficos científicos y de ingeniería.
- Desarrollo de aplicaciones.

2.31 Componentes de Matlab

Matlab consta de cinco partes fundamentales:

1. **Entorno de desarrollo.** Es un conjunto de utilidades que permite el uso general de funciones y archivos de Matlab. Muchas de estas utilidades son interfaces gráficas de usuario. Incluye el espacio de trabajo de Matlab y la ventana de comandos.
2. **La librería de funciones matemáticas Matlab.** Es una amplia gama de algoritmos de cálculo, que incluyen las funciones más básicas como suma, seno y coseno o aritmética compleja, hasta funciones más complejas como inversión de matriz, cálculo de valores propios, función de Bessel y transformación de Fourier

3. **Gráficos.** Matlab tiene un conjunto de utilidades para mostrar vectores y matrices en forma gráfica. Hay muchas formas de ajustar la apariencia de los gráficos, utilizar las opciones de iluminación y sombra para resaltar la visualización tridimensional y crear animaciones.

4. **El interfaz de aplicación de Matlab (API).** Consiste en una biblioteca que le permite escribir programas ejecutables independientes en C y otros lenguajes, y acceder a la utilidad de cálculo de matrices de Matlab a través de DLL. Entre estos cuatro puntos, presentaremos brevemente los dos primeros en este capítulo.

La gestión de los complementos de Matlab se realiza a través de la denominada caja de herramientas (toolboxes). La caja de herramientas de Matlab es un conjunto de funciones y algoritmos de cálculo, dedicados a los siguientes aspectos del conocimiento: finanzas, procesamiento de señales, teoría de sistemas, etc.

2.32 Simulink

Simulink es una aplicación que le permite construir y simular modelos de sistemas físicos y sistemas de control utilizando diagramas de bloques. El comportamiento de estos sistemas se define mediante funciones de transferencia, operaciones matemáticas, elementos de Matlab y diversas señales predefinidas. Simulink tiene una serie de programas de utilidad para facilitar la visualización, el análisis y el almacenamiento de los resultados de la simulación. Simulink se utiliza ampliamente en la ingeniería de control.

CAPÍTULO 4

4.1 ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS DEL COLEGIO SALESIANO DOMINGO COMÍN.

Para la elaboración de los planos eléctricos del colegio contamos con la ayuda del software de diseño asistido por computadora AutoCAD en el cual quedará como registro digital para su revisión y para futuras nuevas remodelaciones en el futuro que podrán agregar fácilmente, para la elaboración del plano se realizaron las mediciones a todo el colegio que tiene un área aproximada de $16279.81 m^2$.

Panta baja del colegio vista desde la parte superior

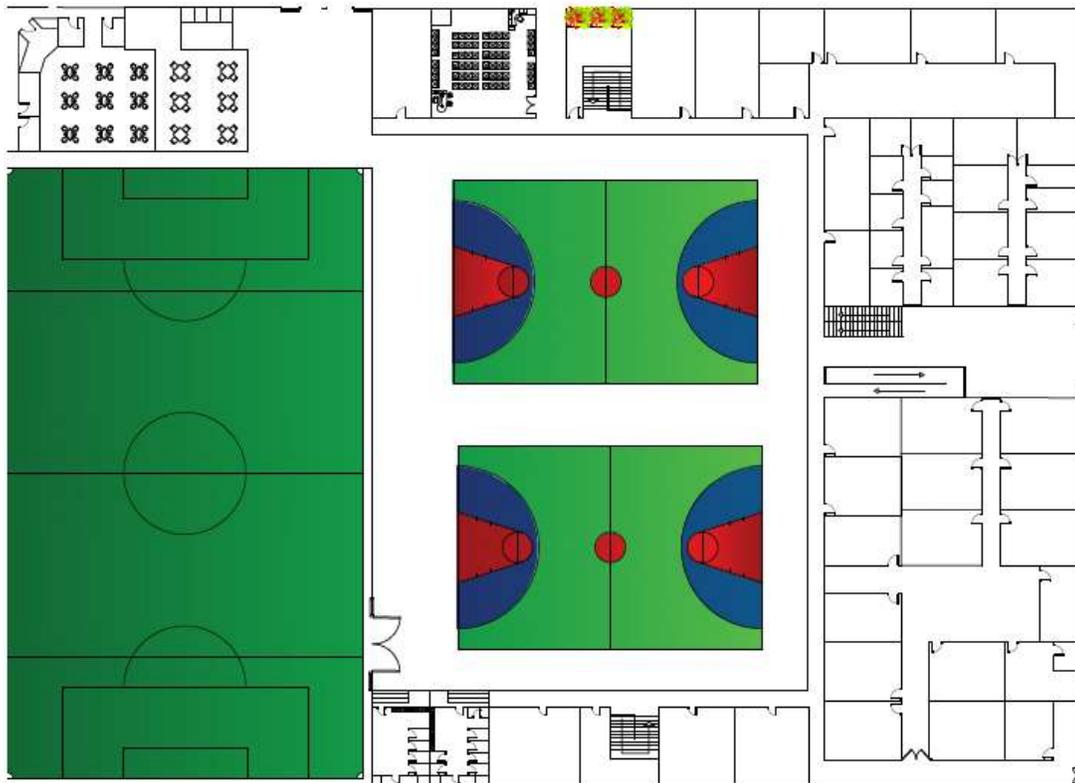


Figura. 36: Planta baja arquitectónica. Fuente: Los Autores

En la planta baja contamos con los departamentos administrativos del colegio el cual contiene gran número de equipos de cómputo y cada uno posee su respectivo ac. Cabe recalcar que esta área administrativa demanda más consumo de energía en los horarios de 09:00 am hasta 16:00.

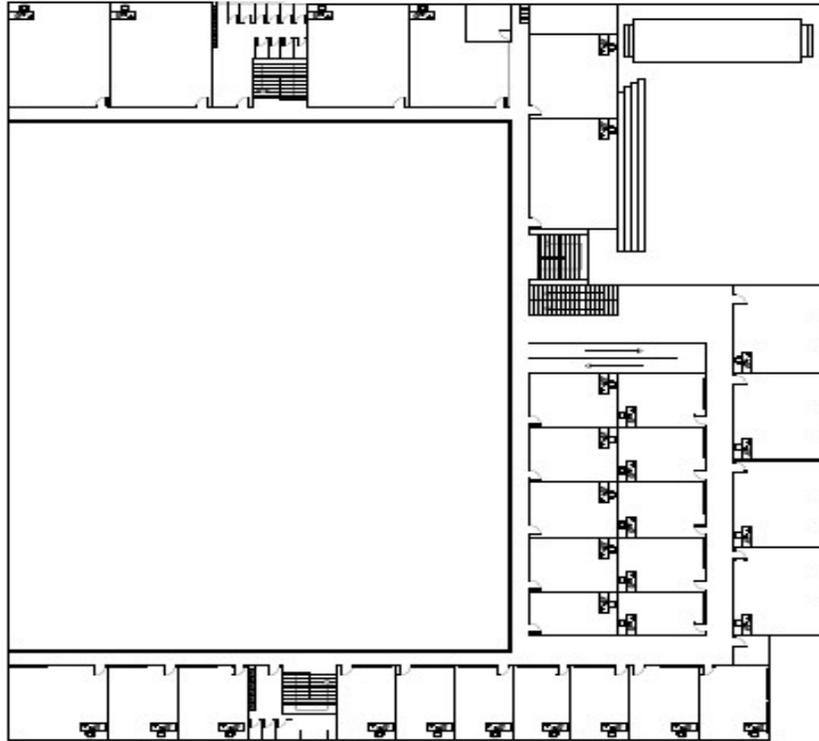


Figura. 37: Primer Piso arquitectónica. Fuente: Los Autores

En el primero piso contamos con los las aulas del colegio el cual contiene gran número de equipos de cómputo y cada uno posee su respectivo aire acondicionado. Cabe recalcar que esta área en particular demanda más consumo de energía en los horarios de 09:00 am hasta 10:00pm debido a que por las noches el predio del colegio es usado por la Universidad Politécnica Salesiana.

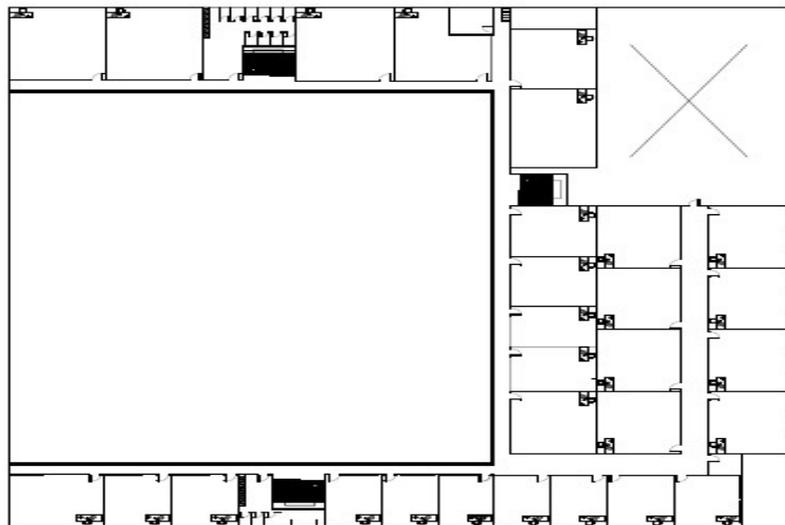


Figura. 38: Segundo Piso arquitectónica. Fuente: Los Autores

4.1.2.1 Simbología Utilizada

SIMBOLOGIA ELECTRICA	
	CUADRO GRAL. DE DISTRIBUCION
	INTERRUPTOR CONTROL POTENCIA
	PULSADOR TIMBRE
	ZUMBADOR
	CONMUTADOR
	INTERRRUPTOR UNIPOLAR
	INTERRUPTOR BIPOLAR
	BASE DE ENCHUFE DE 10/16A
	BASE DE ENCHUFE DE 25A
	ENCHUFE ANTENA TV.
	PUNTO DE LUZ INCANDESCENTE
	PUNTO DE LUZ INCAND. MURAL
	FLUORESCENTE 1/40W
	PULSADOR LUZ
	INSTALACION INTERIOR
	TELEFONO INSTALADO
	INTERRUPTOR GENERAL

Figura 39. Simbología eléctrica utilizada en los Planos del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.

4.1.3.1 IMÁGENES DE LOS PLANOS ELÉTRICOS 2020

En nuestra actualización de los planos eléctricos debemos resaltar las grandes cantidades de luminarias que contiene el colegio, son luminarias de tipo fluorescente y tipo Led. En nuestros planos eléctricos utilizamos las simbologías eléctricas de la Figura 36, para obtener todos los circuitos actualizados del colegio realizamos una desconexión temporal de los disyuntores de cada piso para la verificación del circuito, durante 14 días realizamos el levantamiento de la red eléctrica de la institución, posteriormente se dibujó cada circuito dentro de los planos arquitectónicos actualizados.

En el coliseo del colegio todavía se utilizan luminarias de 220v de tipo incandescente, también resaltamos que la institución cuenta con 2 ascensores, para facilitar el acceso a cada piso superior a los estudiantes y personas con discapacidad.

Resaltamos que el uso de mayor cantidad de energía se produce en la PB del colegio, donde mantienen grandes equipos de oficina, y gran parte de aires acondicionados para la climatización de cada área. En la figura 53.

CAPÍTULO 5

5.1. METODOLOGÍA

En nuestro análisis realizado en el predio del colegio Domingo Comín hemos adquirido, en 7 días, con un analizador de redes Fluke conectado a las barras del tablero de distribución principal del colegio Domingo Comín, los datos necesarios para efectuar un reporte y visualizar el comportamiento real de las instalaciones eléctricas, los datos se comenzaron a censar desde el día 18/07/2020 hasta 25/07/2020. Durante este tiempo se produjeron diferentes eventos los cuales reflejaron que el establecimiento tiene algunas falencias en la red eléctrica que deben de ser corregidas para el bienestar de los usuarios restablecer una gran eficiencia.

Al realizar un estudio de la calidad energética se evalúa el comportamiento del sistema cuando se encuentran en pleno uso de todos los equipos instalados y que tienen cierto uso de energía, analizando cuanto es su consumo y que efectos generan. Realizaremos una comparación; cuando se realiza una auditoria en una empresa se reflejan los gastos de su capital en el campo de la ingeniería eléctrica se realiza una auditoria energética para constatar cómo se consume la energía, es decir:

5.2 MÉTODOS

Método Analítico: En la aplicación de este método debemos reflejar el esfuerzo investigativo que realizamos antes de empezar nuestro proyecto de tesis, reconociendo la forma correcta de ejecutarlo y estudiando el impacto generado cabe recalcar la gran necesidad de aplicarlo a las edificaciones que presenta problemas.

Método deductivo: En la aplicación de este método debemos reflejar la interpretación que alcanzamos como profesionales en el área para brindar nuestras soluciones y posibles fallas que se puedan generar en los próximos años junto a los resultados del análisis generado en la Unidad Educativa Salesiana Domingo Comín.

5.3. Descripción de las instalaciones Eléctricas

El colegio cuenta en sus instalaciones con un sistema de transformación de tensión, la carga es abastecida por la conexión de un transformador de 1MVA, este transformador se encuentra ubicado cerca del ingreso central del colegio. El nivel de tensión primaria es de 13.8kv y el nivel de tensión secundaria es de 220v/127v.

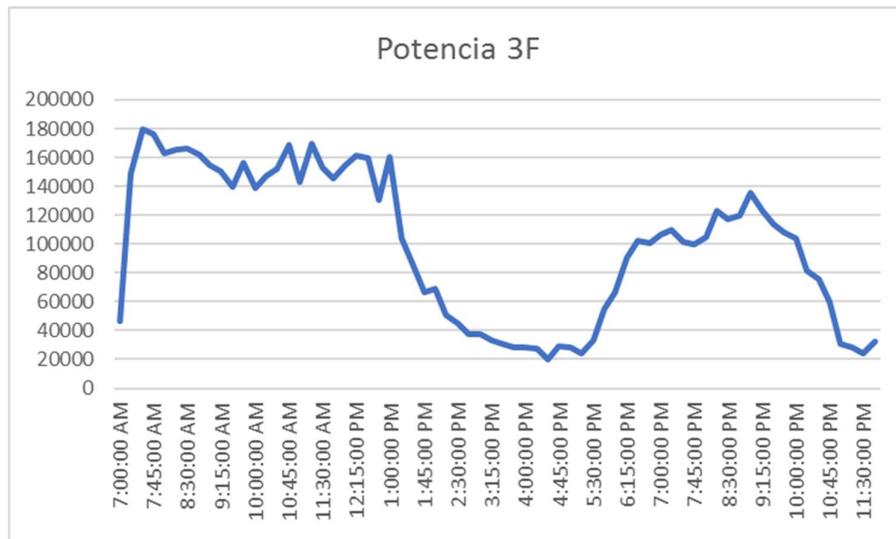


Figura 39. Potencia Trifásica del Colegio Salesiano Domingo Comín Día 18/07/2020.

Fuente: Los Autores.

Actualmente el transformador se encuentra sobredimensionado, lo observamos en la figura 39, muestra el valor de carga aparente(KVA), llegando a un máximo de 290KVA , que mantiene el colegio sin contar con algunas nuevas instalaciones que al momento de estar en servicio aumenta esta potencia y llegan a saturar el nivel de cargabilidad del banco de transformadores y una de las razones es la conexión de nuevas cargas sin haber realizado un análisis sobre la capacidad del transformador con los nuevos elementos conectados, el colegio cuenta con aires acondicionados, computadoras, bombas de aguas y otros equipos electrónicos, la agrupación de

todos estos equipos en diferentes circuitos eléctricos logran generar niveles de armónicos y este efecto negativo se pueden visualizar en las fluctuaciones de varias luminarias.

El colegio tiene las horas picos de carga que van desde las 07:00 am hasta las 13:00 pm debido a las clases que se realizan en la unidad educativa, luego disminuye la demanda hasta las 18:00 pm y vuelve a retomar gran cantidad de la carga hasta las 22:00 pm. Todas estas horas de trabajo se mantienen durante los 5 días de las semanas (lunes-viernes) mientras que los sábados y domingos se obtienen valores de carga no tan elevados. El uso elevado de energía eléctrica se ve reflejado en el periodo lectivo dura 12 meses desde abril hasta febrero.

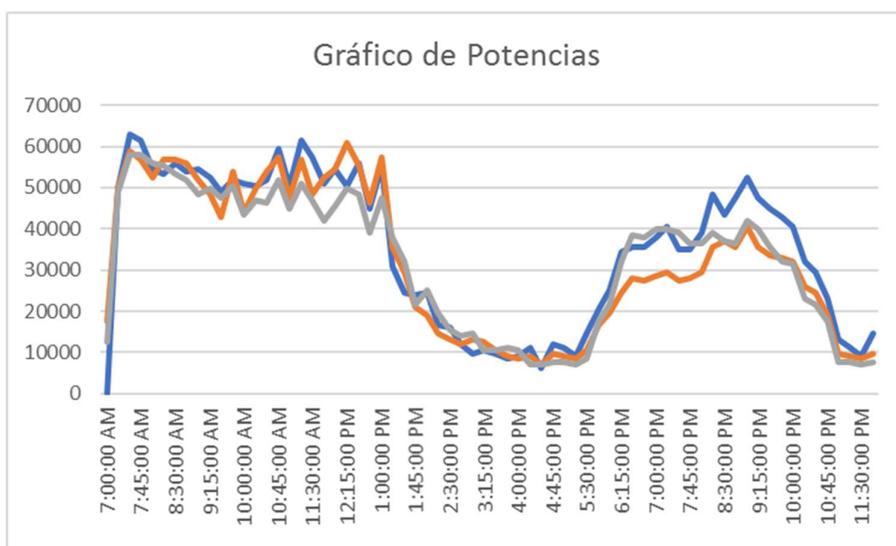


Figura 4. Gráficos de Potencias por Fase del Colegio Salesiano Domingo Comín Día 18/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.1.5 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

En el tablero de la figura 39 se distribuye todo el circuito eléctrico del colegio y abastece a los bares y el edificio de pastoral. Aquí encontramos 1 breaker principal 3P-1500amp regulable, 5 conductores 4/0 AWG por fase y 5 Conductores 3/0 AWG por neutro y conectados 3 Transformadores de Corrientes 1500/5 por cada fase .



Figura 39. Tablero de Distribución Principal Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores

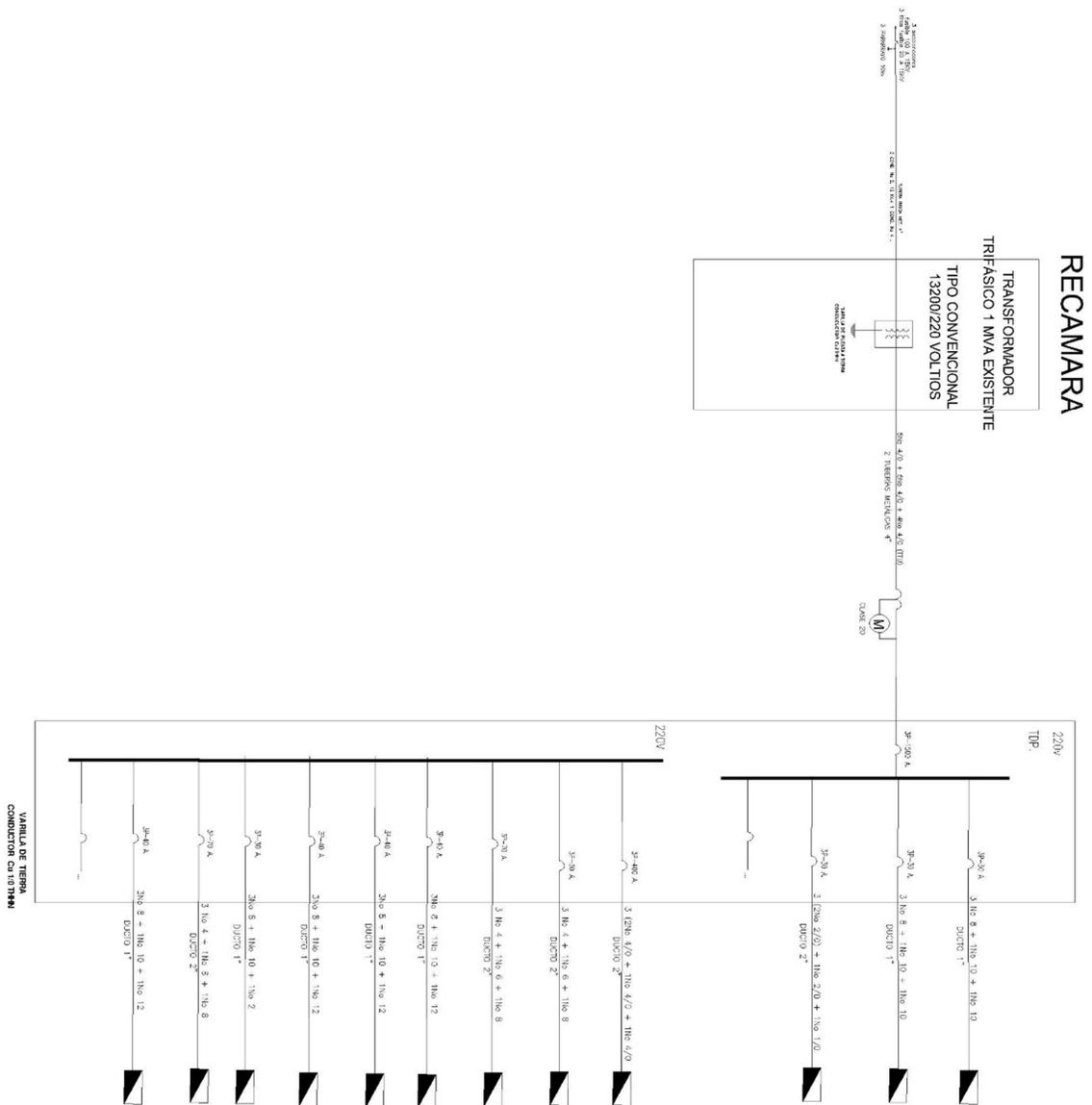


Figura 40. Diagrama Unifilar del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores

En la figura 40 muestra el diagrama unifilar del tablero de distribución principal, es aquí donde colocamos otro analizador de red y en los estudios no se encontró mayor novedad por que la carga instalada no supera el 80% de la cargabilidad del transformador.

5.2 DESCRIPCIÓN DE ANÁLISIS

A continuación, reflejaremos el comportamiento del servicio eléctrico mediante graficas generadas a través de los datos recogido por el analizador de red dentro del colegio salesiano Domingo Comín

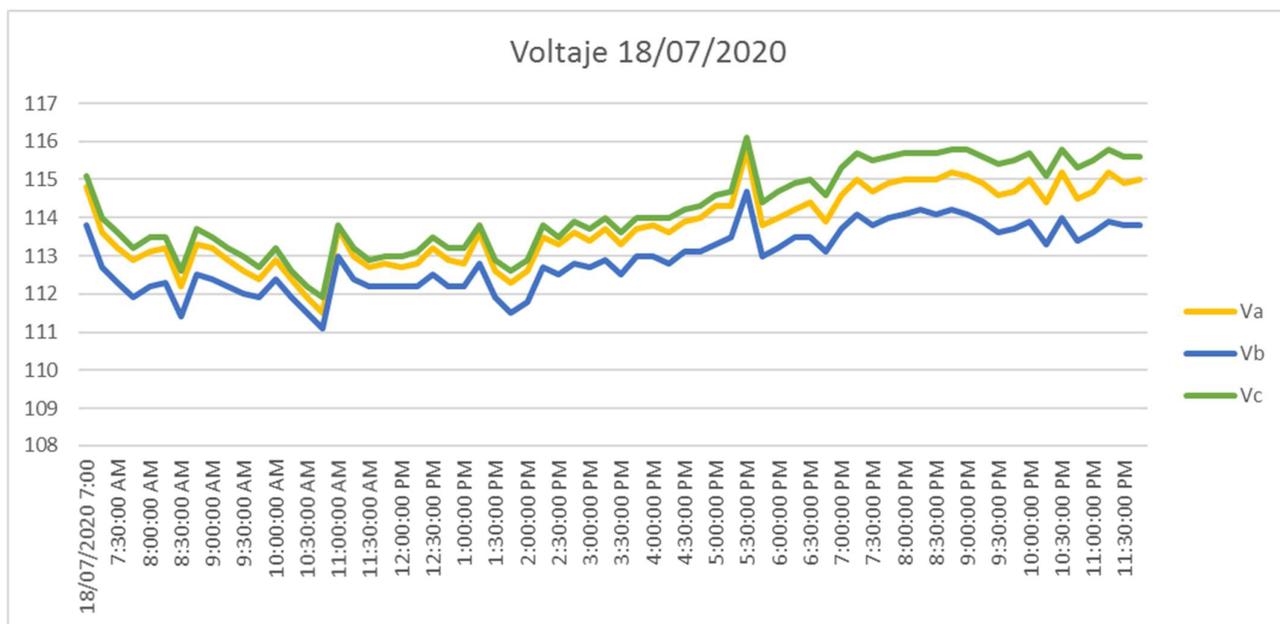


Figura 41. Gráficas del Comportamiento del Voltaje de línea a neutro en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 18/07/2020. Fuente: Los Autores

En la figura 41 observamos el comportamiento de los voltajes de L-N de las fases A-B-C G, se registraron los valores máximos, medios y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 7:00am del 18/07/2020 hasta las 11:25 pm del 18/07/2020, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	111,5	18/07/2020	10:45am
Vmax	115,8	18/07/2020	5:30pm
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	111,1	18/07/2020	10:45am
Vmax	114,7	18/07/2020	5:30pm
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	111,9	18/07/2020	10:45am
Vmax	116,1	18/07/2020	5:30pm

TABLA 9: TENSIONES MAX Y MIN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

FUENTE: LOS AUTORES

Los valores máximos y mínimos de Voltaje en las fases A, B y C se registraron a la misma hora en las 3 fases, concretamente a las 10:45pm del 18/07/2020. Cabe recalcar que esto se dio un día Sábado cuando no existía mucha carga conectada. la tabla 9 muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la 41 figura las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 07:00 am hasta las 13:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos simulando el horario de clases de los sábados. Ocurrieron disturbios en la tensión que el analizador los catalogó como eventualidades, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 116,1V y un voltaje mínimo de 111,1V.

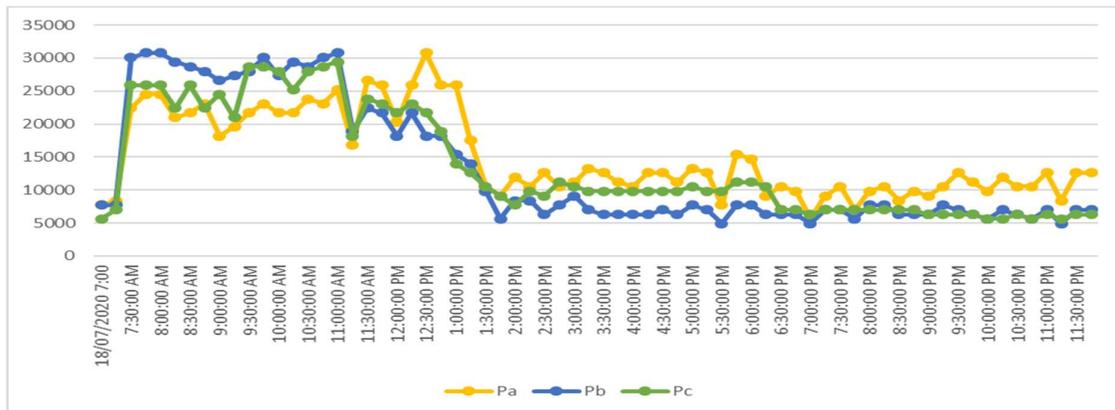


Figura 43. Gráficas del Comportamiento las Potencias en las fases A, B y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 18/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.2 GRÁFICO DE CORRIENTES 18/07/2020 EN TRANSFORMADOR.

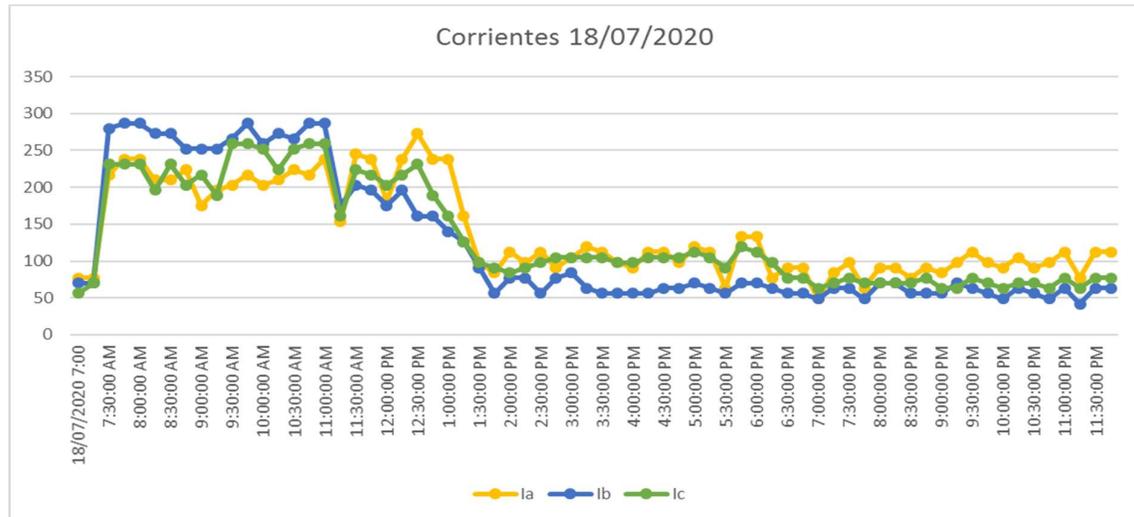


Figura 43. Gráficas del Comportamiento la Corriente línea a neutro en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 18/07/2020. Fuente: Los Autores

En la figura 42 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, medios y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 13:25 pm del 22/07 hasta las 13:25 pm del 23/07, los datos fueron registrado pasando 1 min.

	Voltaje A-B	Voltaje B-C	Voltaje C-A
Vmin	193,12	192,43	193,82
Vmax	200,57	198,67	201,09
	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	49	42	56
Imax	273	287	259

TABLA 10: MÁX Y MIN DE VOLTAJES LÍNEA A LÍNEA Y CORRIENTES. FUENTE: LOS AUTORES.

En la tabla 10 muestra los valores máximos, mínimos registrados durante el día y en la tabla 9 muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 69 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 07:00 am hasta las 14:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Se realizaron unos aumentos de corriente, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 287 Amp y una corriente mínima de 56Amp.

5.2.3 TENSIONES REGISTRADAS EL 19/07/2020 EN TRANSFORMADOR

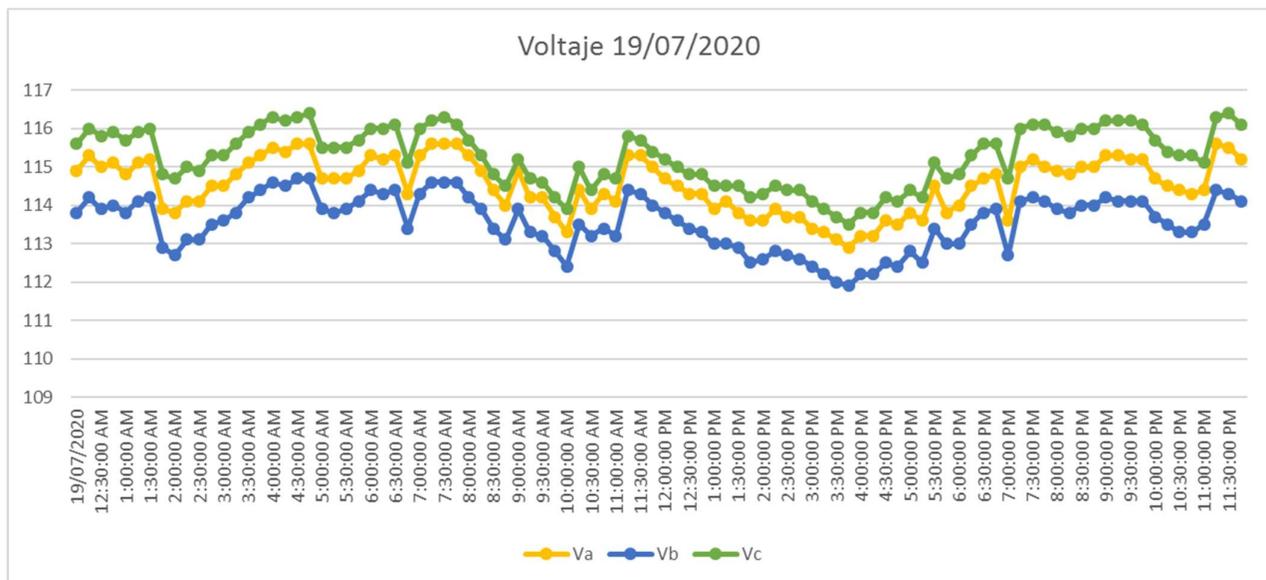


Figura 44. Gráficas del Comportamiento la Corriente línea a neutro en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 19/07/2020. Fuente: Los Autores

En la figura 44 observamos el comportamiento de las Tensiones de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, medios y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 12:00am del 19/07/2020 hasta las 11:45pm del mismo día, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	112,9	19/07/2020	3:45pm
Vmax	115,6	19/07/2020	7:15pm-7:45pm
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	111,9	19/07/2020	3:45pm
Vmax	114,7	19/07/2020	4:30am-4:45am
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	113,5	19/07/2020	3:45am
Vmax	116,4	19/07/2020	7:30am

**TABLA 11: TENSIONES MAX Y MIN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

La tabla 11 muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 45 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 07:00 am hasta las 12:00 am, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Se presentaron unas anomalías en la tensión que el analizador los catalogó como eventualidades, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de línea a neutro de 116,4V y un voltaje mínimo de 111,9V.

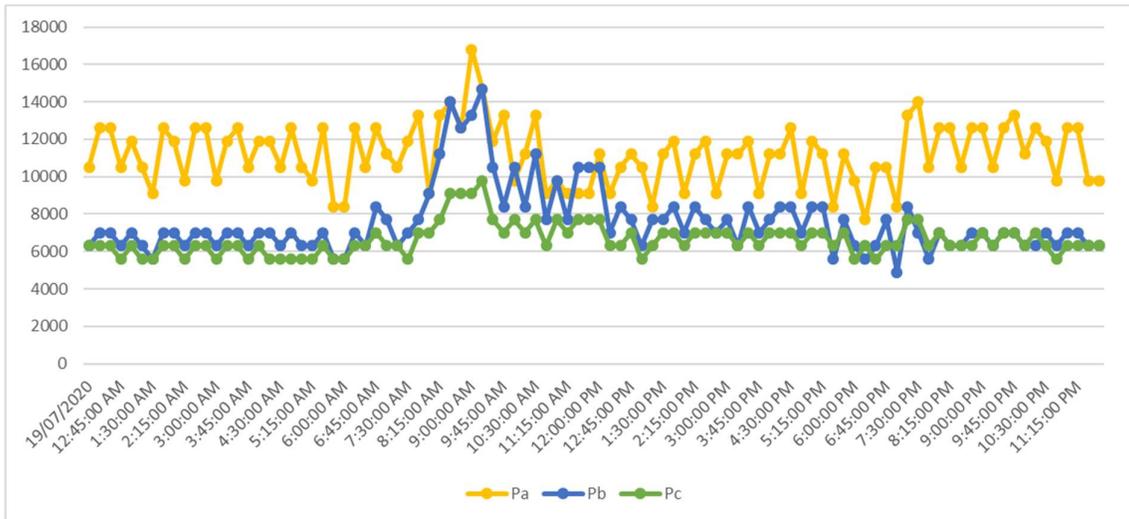


Figura 45. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 19/07/2020. Fuente: Los Autores

5.2.4 CORRIENTE 19/07/2020 EN TRANSFORMADOR

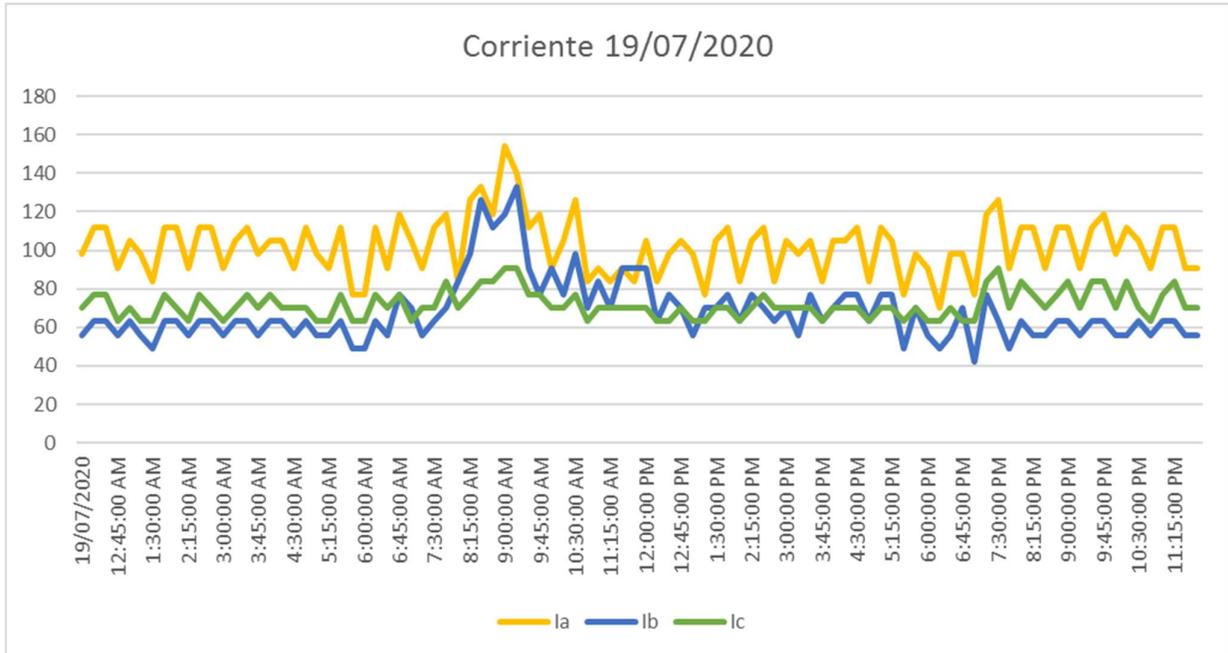


Figura 46. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 19/07/2020. Fuente: Los Autores

En la figura 46 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, mínimos de las corrientes. Estos datos fueron censados desde las 12:00 am del 19/07 hasta las 11:45 pm del mismo día, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
I_{min}	70	42	63
I_{max}	154	133	91

**TABLA 12: TENSIONES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES.**

En la tabla 12 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 45 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 07:00 am hasta las 12:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Se realizaron unos aumentos de corriente, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 154 Amp y una corriente mínima de 42Amp.

5.2.5 TENSIÓN 20/07/2020 EN TRANSFORMADOR.

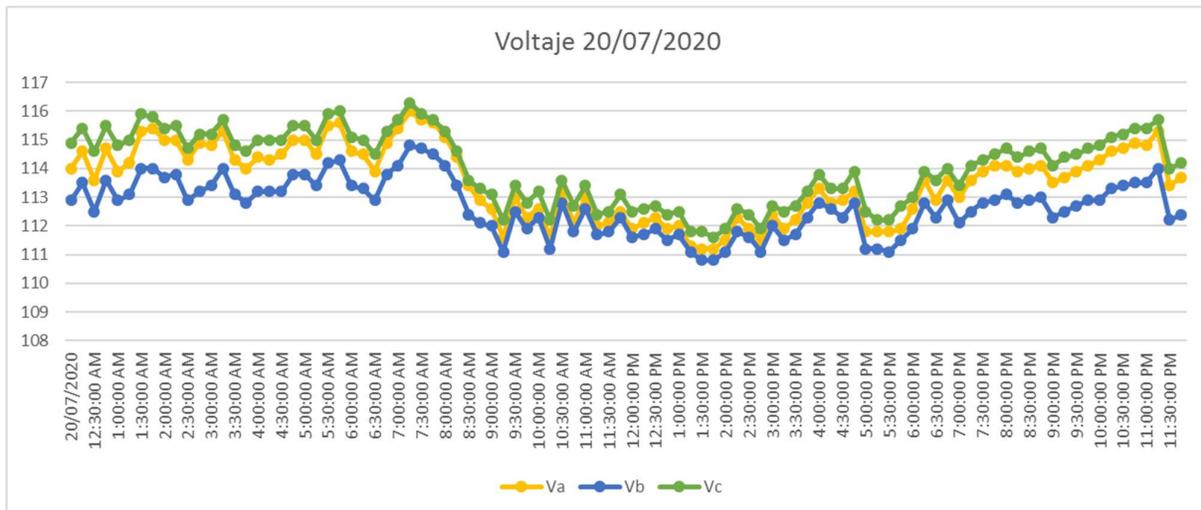


Figura 47. Gráficas del Comportamiento las Tensiones de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 20/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 47 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C , se registraron los valores máximos, medios y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 12:30 am del 20/07 hasta las 11:45 pm del mismo día, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	111,2	20/07/2020	1:30pm-1:45pm
Vmax	116	20/07/2020	7:15am
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	110,8	20/07/2020	1:30pm-1:45pm
Vmax	114,8	20/07/2020	7:15am
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	111,6	20/07/2020	1:45am
Vmax	116,3	20/07/2020	7:15am

TABLA 13: TENSIONES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES

En la tabla 13 muestra los valores máximos, medios y mínimos registrados durante el día en la misma se muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 48 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 07:00 hasta las 14:00 , y luego desde las 17:00 hasta las 22:00 durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 110,8V y un voltaje mínimo de 116,3V.

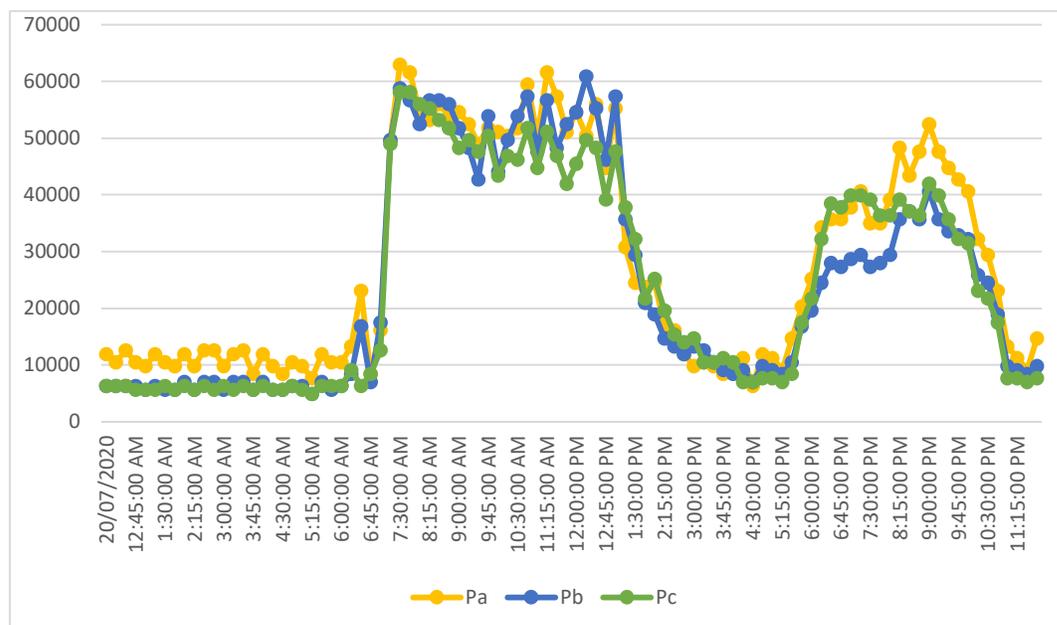


Figura 48. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 20/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.6 CORRIENTE 20/07/2020 EN TRANSFORMADOR.

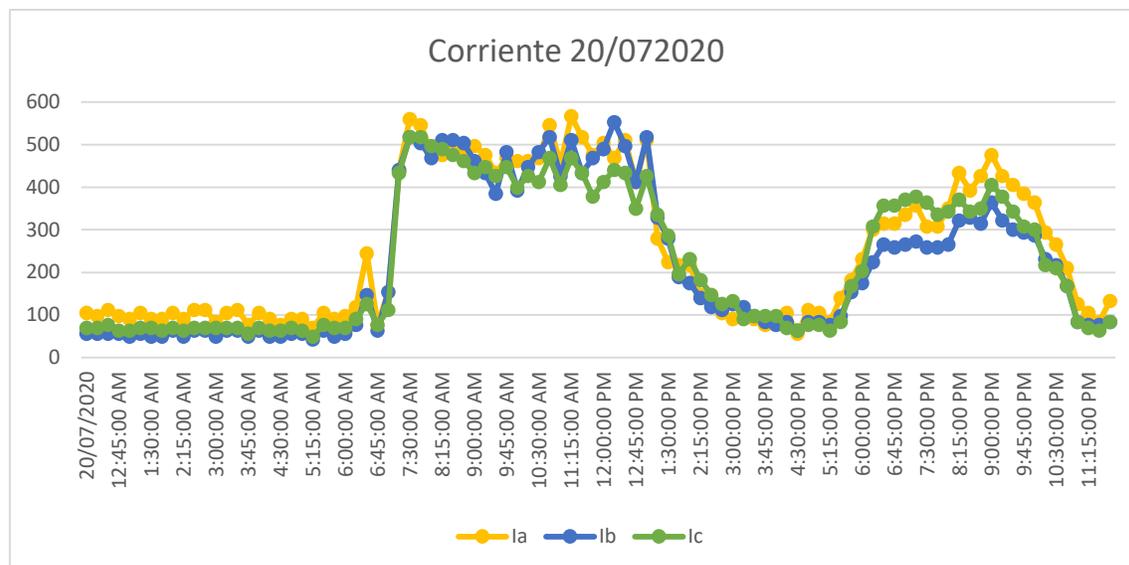


Figura 49. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 20/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 49 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C se registraron los valores máximos, y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron tomados desde las 12:00 am del 20/07 hasta las 11:45 am del 20/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	56	42	49,00
Imax	553	553	518

**TABLA 13: VALORES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES.**

En la tabla 13 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 49 las horas que presentaron picos elevados de corriente fueron desde las 07:00 am hasta las 14:00 pm y luego desde las 18:00 pm hasta las 22:30pm, durante este periodo se

encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Se realizaron unos aumentos de corriente, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 553 Amp y una corriente mínima de 42 Amp.

5.2.7 TENSIÓN 21/07/2020 EN TRANSFORMADOR

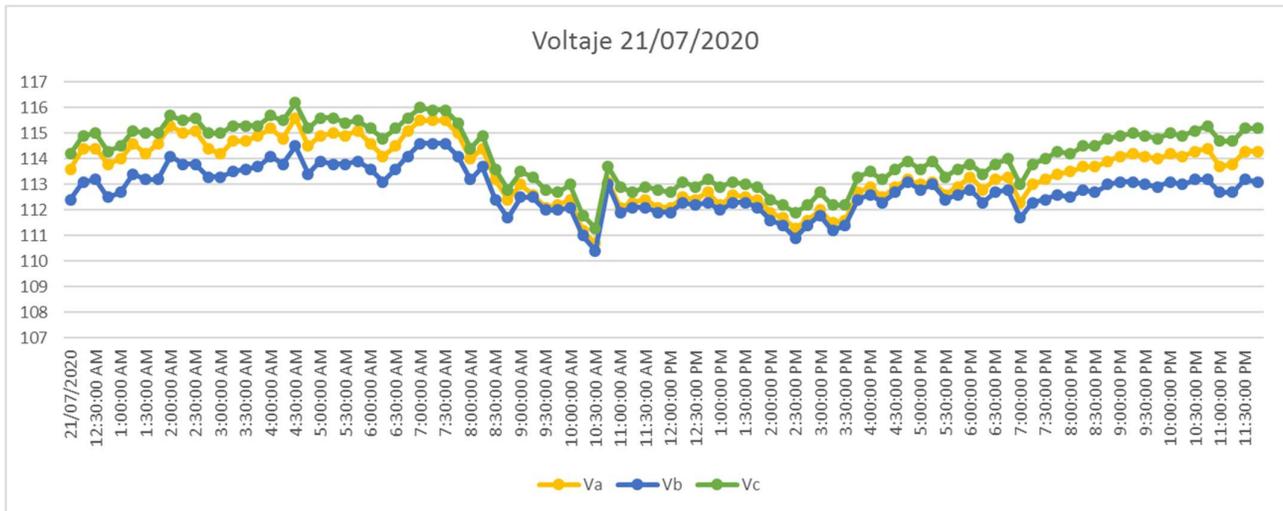


Figura 50. Gráficas del Comportamiento las Tensiones de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 21/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 50 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron tomados por el analizador desde las 12:00 am del 21/07 hasta las 11:45 pm del 21/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	110,7	21/07/2020	10:30am
Vmax	115,6	21/07/2020	4:30am
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	110,4	21/07/2020	10:30am
Vmax	114,6	21/07/2020	4:30am
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	111,3	21/07/2020	10:30am
Vmax	116,2	21/07/2020	4:30am

**TABLA 14: TENSIONES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

En la tabla 14 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día en la misma se muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 51 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 07:00 hasta las 14:00 , y luego desde las 17:00 hasta las 22:00 durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 110,4V y un voltaje mínimo de 116,2V.

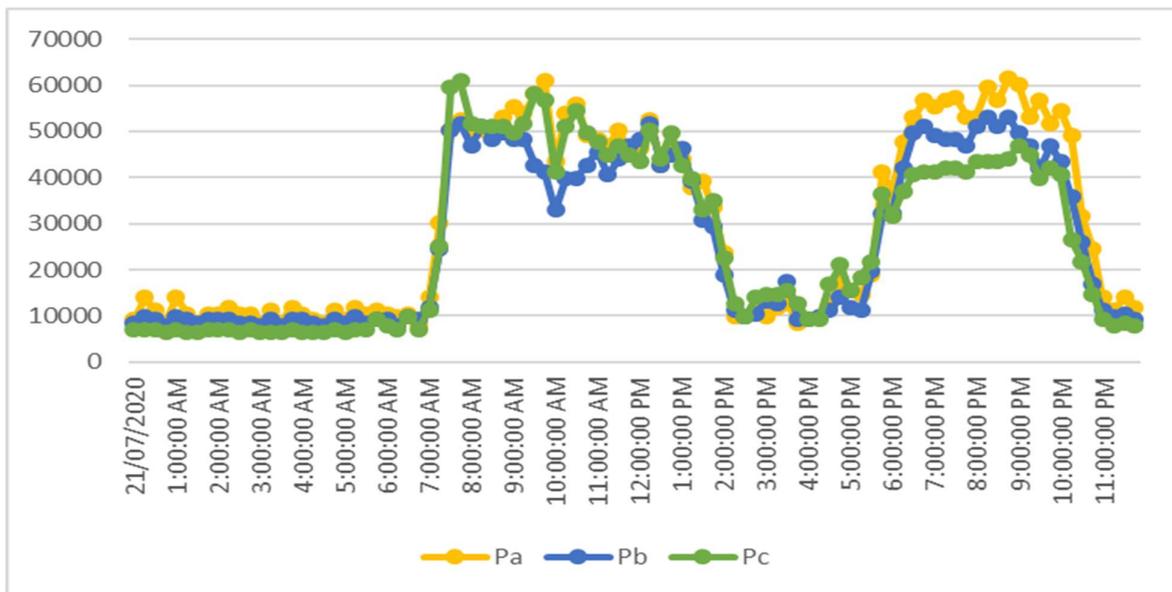


Figura 51. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 21/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.8 CORRIENTE 21/07/2020 EN TRANSFORMADOR

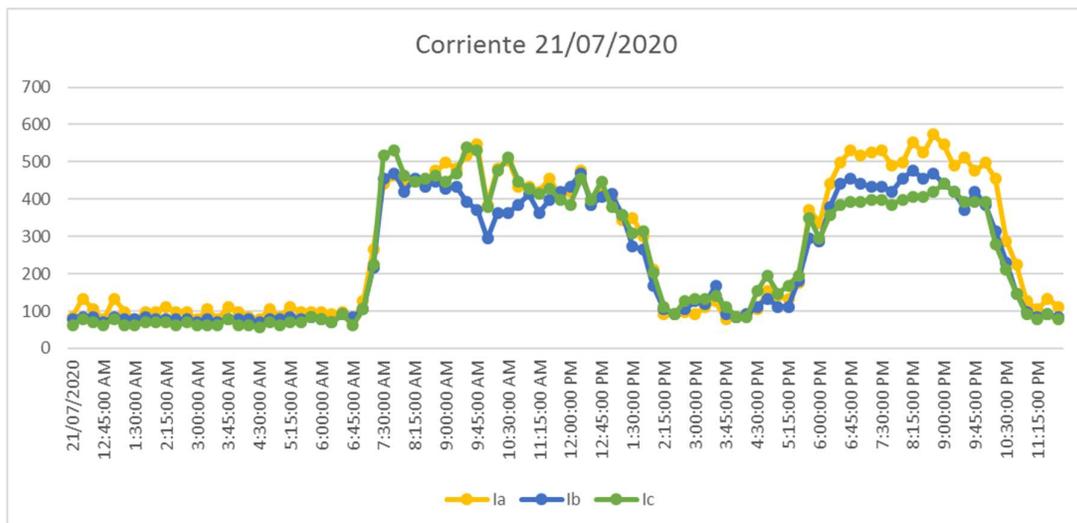


Figura 52. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 21/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 52 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron tomados por el analizador desde las 12:00 am del 21/07 hasta las 11:45 pm del 21/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	77	70	56,00
Imax	574	476	539

**TABLA 15: VALORES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

En la tabla 15 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 50 las horas que presentaron picos elevados de corriente fueron desde las 07:00 am hasta las 14:00 pm y desde las 5:30pm hasta las 11:00pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. La corriente disminuyó con respecto al día anterior, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 574 Amp y una corriente mínima de 56Amp.

5.2.9 TENSIÓN 22/07/2020 EN TRANSFORMADOR

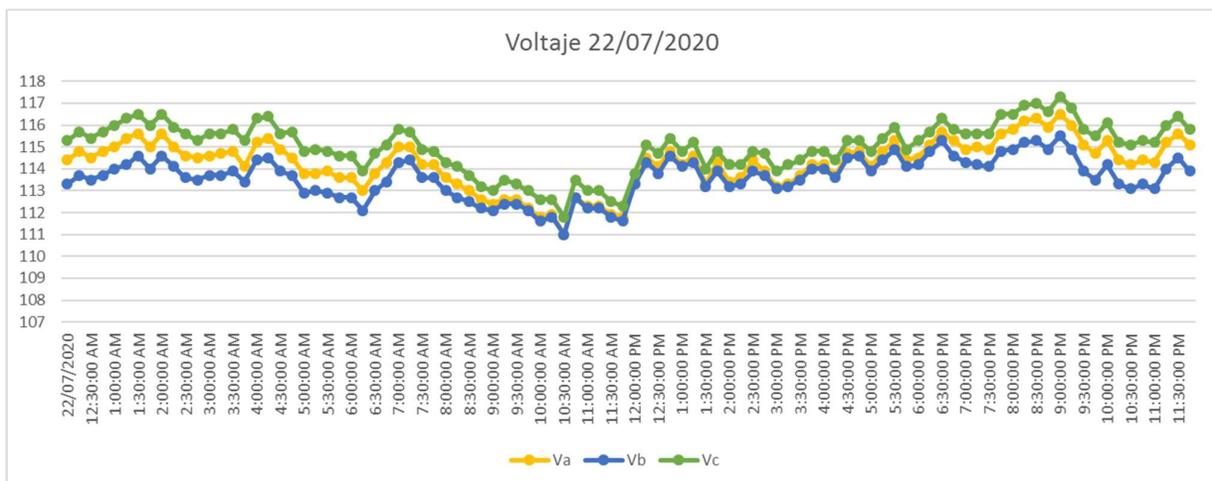


Figura 53. Gráficas del Comportamiento las Tensiones de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 22/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 53 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 7:00am del 22/07 hasta las 11:45 am del 22/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	111	22/07/2020	10:30am
Vmax	116,5	22/07/2020	9:00pm
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	111	22/07/2020	10:30am
Vmax	115,5	22/07/2020	9:00pm
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	111,8	22/07/2020	10:30am
Vmax	117,3	22/07/2020	9:00pm

**TABLA 16: VALORES MAX Y MIN DE LAS TENSIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

En la tabla 16 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día y se muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 53 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 06:45 am hasta las 15:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Los voltajes se mantuvieron bajos, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 117.3V y un voltaje mínimo de 111V.

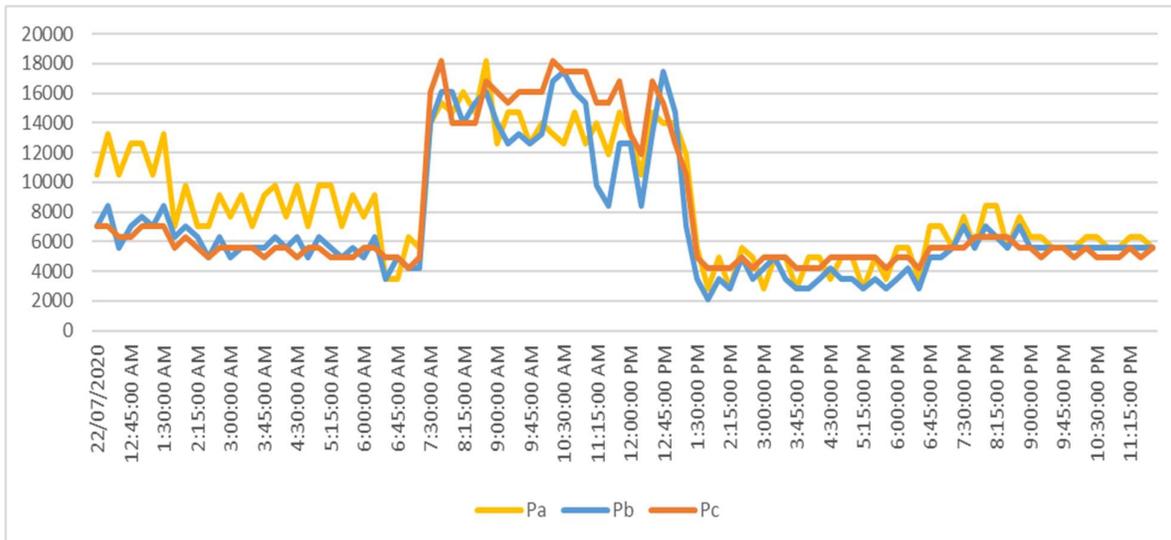


Figura 54. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 22/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.10 CORRIENTE 22/07/2020 EN TRANSFORMADOR

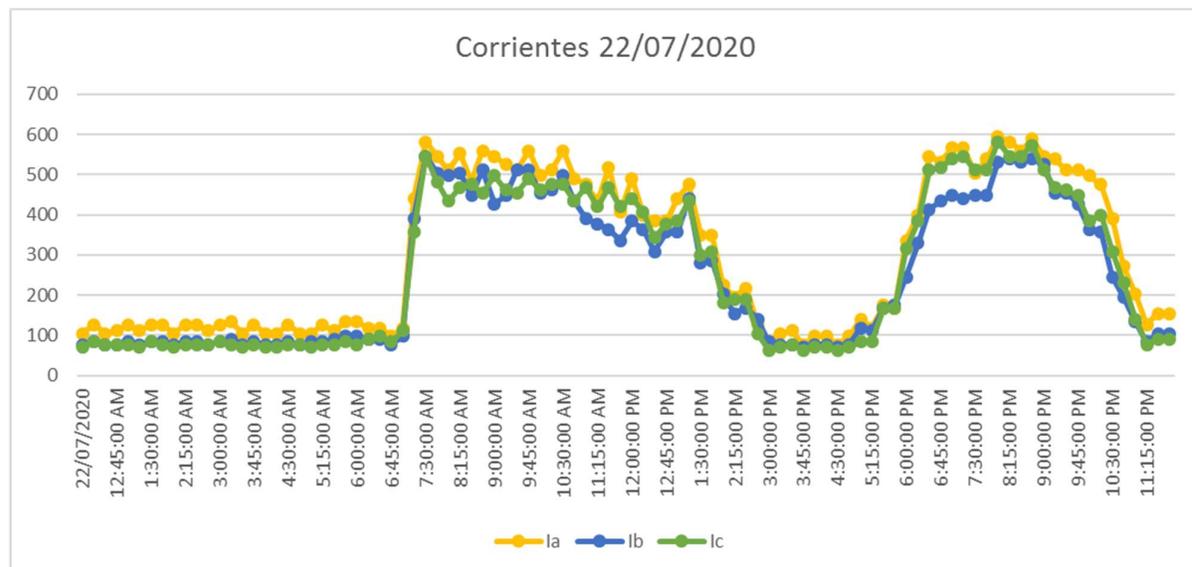


Figura 55. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 22/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 55 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos y mínimos de las corrientes. Estos datos fueron tomados por el analizador desde las 12:00 am del 22/07 hasta las 11:45 pm del 22/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	77	70	63,00
Imax	595	546	581

TABLA 17: VALORES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES

En la tabla 17 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 55 las horas que presentaron picos elevados de corriente fueron desde las 06:45 am hasta las 14:15 pm y desde las 5:30pm hasta las 11:15pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. La corriente disminuyó con respecto al día anterior, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 595 Amp y una corriente mínima de 63Amp.

5.2.11 TENSIÓN 23/07/2020 EN TRANSFORMADOR

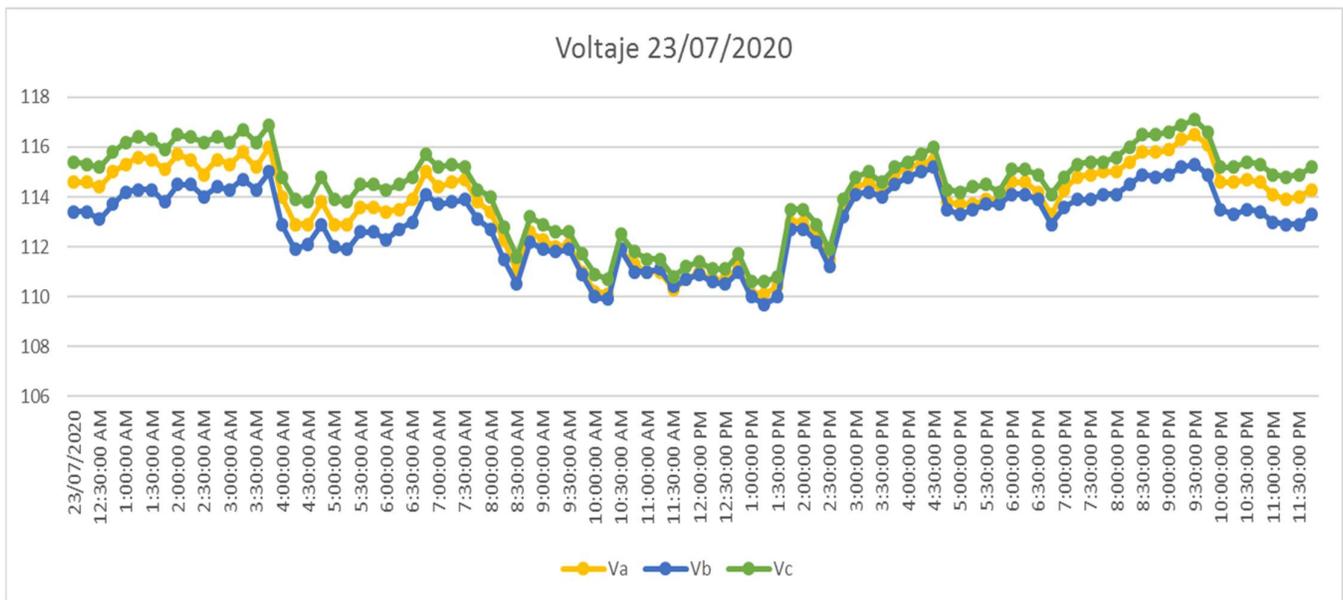


Figura 56. Gráficas del Comportamiento las C Tensiones de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 23/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 56 observamos el comportamiento de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 12:30am del 23/07 hasta las 11:45 am del 23/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	110,1	23/07/2020	1:15pm
Vmax	116,5	23/07/2020	4:30pm
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	109,7	23/07/2020	10:30am y 1:30pm
Vmax	115,3	23/07/2020	4:30pm
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	110,6	23/07/2020	10:30am
Vmax	117,1	23/07/2020	3:30am y 9:30pm

TABLA 18: VALORES MAX Y MIN DE LAS TENSIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

FUENTE: LOS AUTORES

En la tabla 18 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día y se muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 57 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 06:45 am hasta las 15:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Los voltajes se mantuvieron bajos, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 117.1V y un voltaje mínimo de 109.7V.

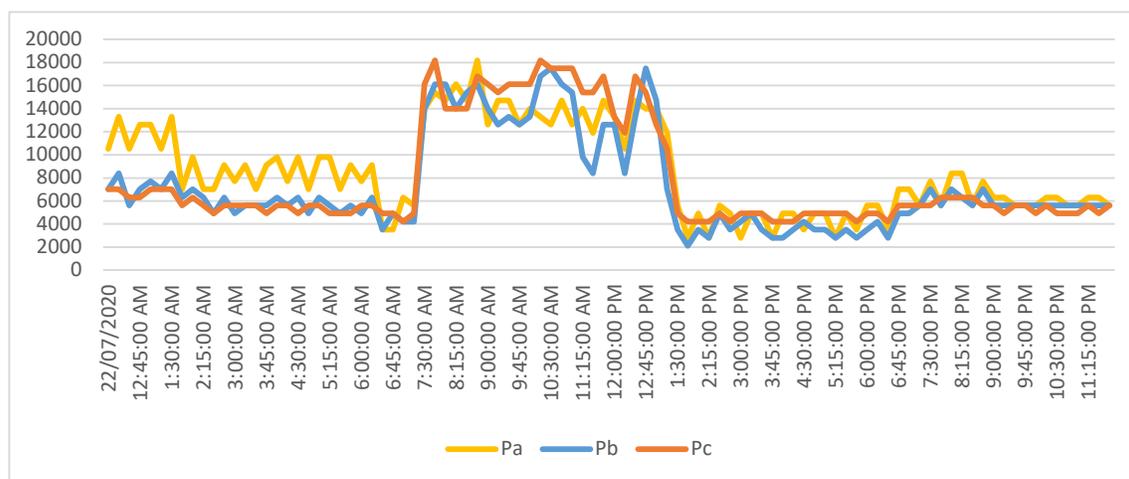


Figura 57. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 23/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.12 CORRIENTE 23/07/2020 EN TRANSFORMADOR

Figura 58. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 23/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 56 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos y mínimos de las corrientes. Estos datos fueron tomados por el analizador desde las 12:00 am del 23/07 hasta las 11:45 pm del 23/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	84	49	63,00
Imax	665	539	630

**TABLA 19: VALORES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

En la tabla 19 muestra los valores máximos, medios y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 58 las horas que presentaron picos elevados de corriente fueron desde las 06:45 am hasta las 14:15 pm y desde las 5:30pm hasta las 11:15pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. La corriente disminuyó con respecto al día anterior, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 665 Amp y una corriente mínima de 49Amp.

5.2.13 TENSIÓN 24/07/2020 EN TRANSFORMADOR

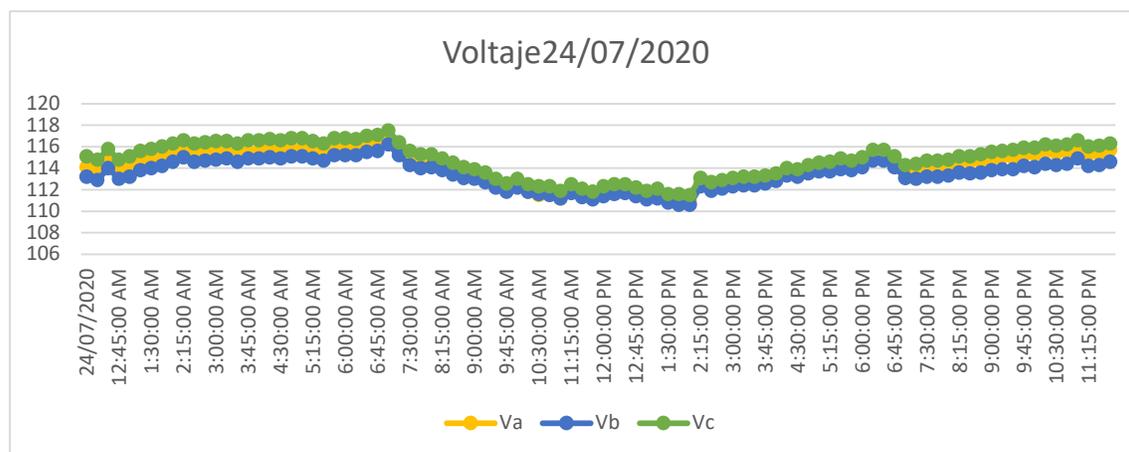


Figura 59. Gráficas del Comportamiento las C Tensiones de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 24/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 59 observamos el comportamiento de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 12:30am del 24/07 hasta las 11:45 am del 24/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	110,9	24/07/2020	2:00pm
Vmax	116,9	24/07/2020	7:00am
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	110,6	24/07/2020	2:00pm
Vmax	116,2	24/07/2020	7:00am
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	111,5	24/07/2020	2:00pm
Vmax	117,5	24/07/2020	7:00am

**TABLA 20: VALORES MAX Y MIN DE LAS TENSIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

En la tabla 20 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día y se muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 60 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 06:45 am hasta las 15:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Los voltajes se mantuvieron bajos, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 117 V y un voltaje mínimo de 110.6V.

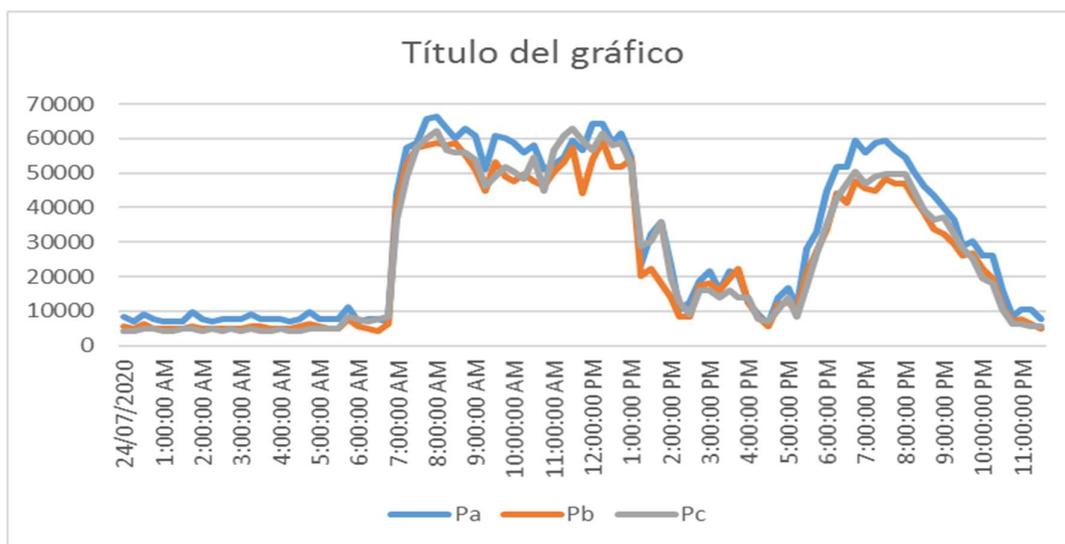


Figura 60. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 24/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.13 CORRIENTE 24/07/2020 EN TRANSFORMADOR

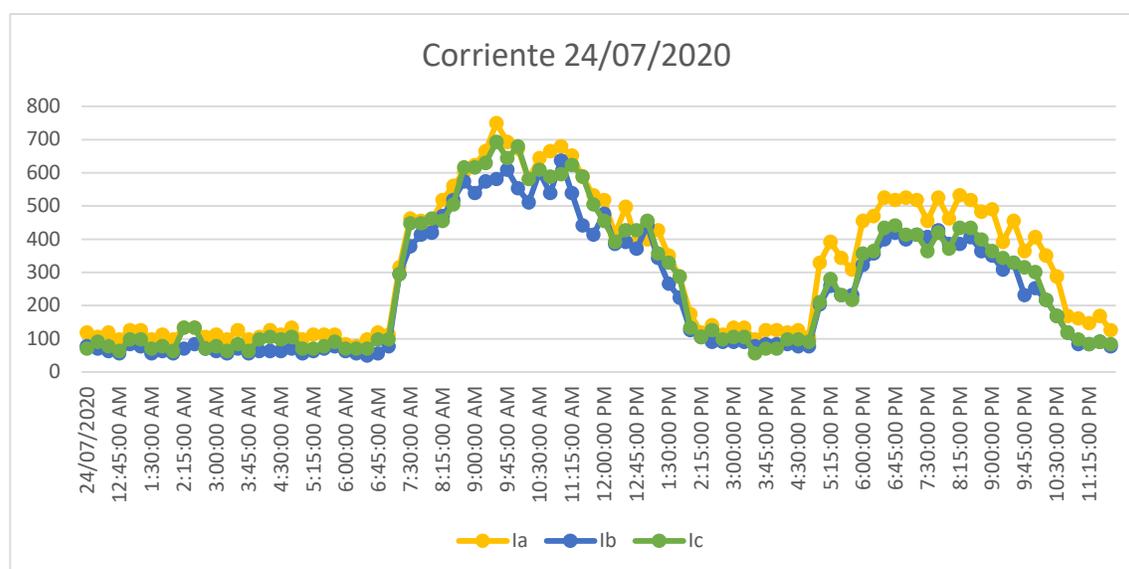


Figura 60. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 24/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 60 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos y mínimos de las corrientes. Estos datos fueron tomados por el analizador desde las 12:00 am del 24/07 hasta las 11:45 pm del 24/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	77	49	56,00
Imax	749	637	693

TABLA 21: VALORES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

FUENTE: LOS AUTORES

En la tabla 21 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 60 las horas que presentaron picos elevados de corriente fueron desde las 06:45 am hasta las 14:15 pm y desde las 5:30pm hasta las 11:15pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. La corriente disminuyó con respecto al día anterior, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 749 Amp y una corriente mínima de 49Amp.

5.2.14 TENSIÓN 25/07/2020 EN TRANSFORMADOR

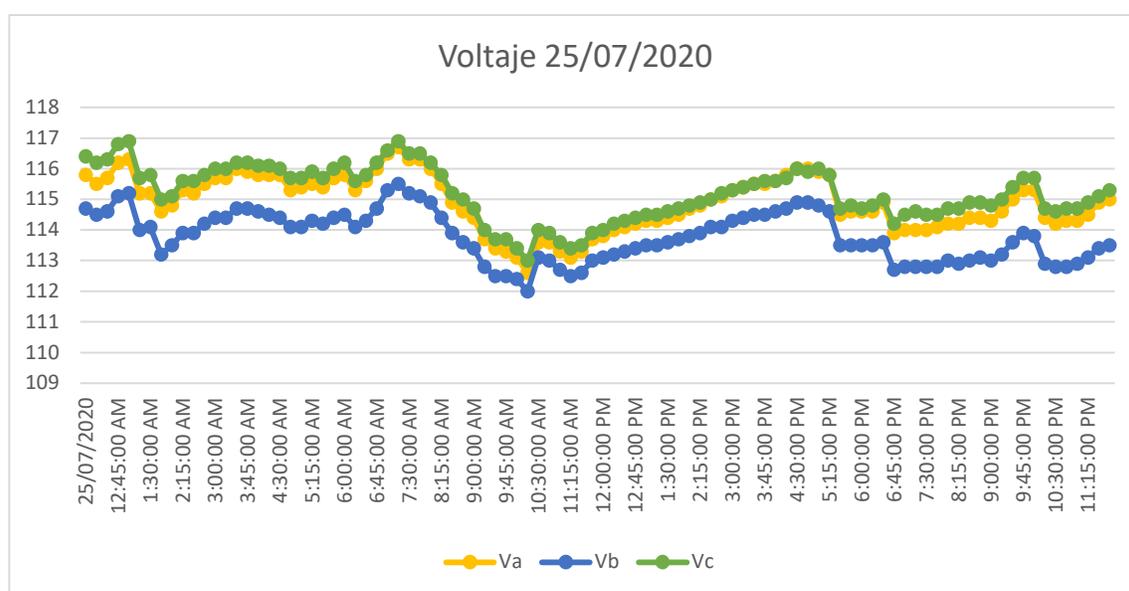


Figura 61. Gráficas del Comportamiento las C Tensiones de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 25/07/2020. Fuente: Los Autores.

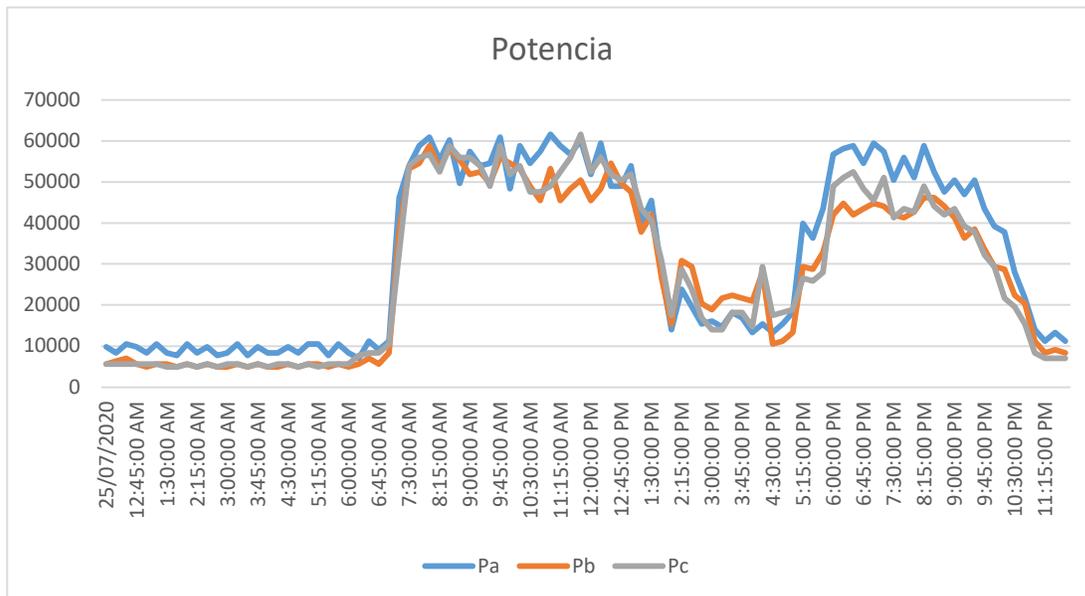
En la figura 61 observamos el comportamiento de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos, y mínimos de las tensiones. Estos datos fueron censados desde las 12:30am del 25/07 hasta las 11:45 am del 25/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Tensión Fase A	Fecha	Hora
Vmin	112,6	25/07/2020	10:00am
Vmax	116,7	25/07/2020	7:00am
	Tensión Fase B	Fecha	Hora
Vmin	112	25/07/2020	10:00am
Vmax	115,5	25/07/2020	7:00am
	Tensión Fase C	Fecha	Hora
Vmin	113	25/07/2020	10:00am
Vmax	116,9	25/07/2020	7:00am

TABLA 22: VALORES MAX Y MIN DE LAS TENSIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

FUENTE: LOS AUTORES

En la tabla 22 muestra los valores máximos y mínimos registrados durante el día y se muestra la hora exacta en la cual se registraron esos valores, observamos en la figura 62 las horas que presentaron más uso de energía fueron desde las 06:45 am hasta las 15:00 pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos electrónicos. Los voltajes se mantuvieron bajos, mientras tanto en esta fecha tuvimos un voltaje máximo de 116.9V y un voltaje mínimo de 112V.



62. Gráficas del Comportamiento las Potencias Activas de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 25/07/2020. Fuente: Los Autores.

5.2.15 CORRIENTE 25/07/2020 EN TRANSFORMADOR

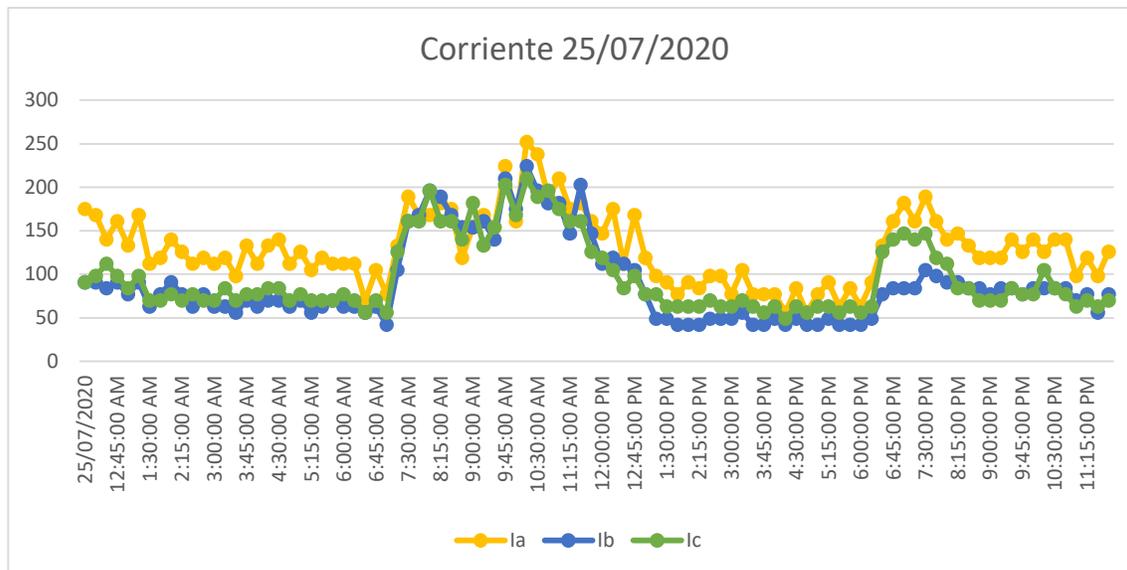


Figura 63. Gráficas del Comportamiento las Corrientes de las fases A, B Y C en las instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín realizados el 25/07/2020. Fuente: Los Autores.

En la figura 63 observamos el comportamiento de las corrientes de L-N de las fases A-B-C, se registraron los valores máximos y mínimos de las corrientes. Estos datos fueron tomados por el analizador desde las 12:00 am del 25/07 hasta las 11:45 pm del 25/07, los datos fueron registrado pasando 15 min.

	Corriente A	Corriente B	Corriente C
Imin	56	42	49,00
Imax	252	224	210

**TABLA 23: VALORES MAX Y MIN DE LAS CORRIENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: LOS AUTORES**

En la tabla 23 se muestran los valores máximos y mínimos registrados durante el día, observamos en la figura 63 las horas que presentaron picos elevados de corriente fueron desde las 07:30 am hasta las 14:15 pm y desde las 5:30pm hasta las 11:15pm, durante este periodo se encendieron computadoras, aires acondicionados, bombas de aguas y otros equipos

electrónicos. La corriente disminuyó con respecto al día anterior, mientras tanto en esta fecha tuvimos una corriente máxima de 252 Amp y una corriente mínima de 42Amp.

5.3 SIMULACIÓN DE ARMÓNICOS.

En la tabla 24 se muestra los voltajes armónicos obtenidas por el analizador de redes, solo se muestran los datos de una fase, lo mismo se realiza para las demás.

Voltajes	Fase a
Vfund	117,9
Vh0	0,076
Vh2	0,094
Vh3	5,765
Vh4	0,063
Vh5	0,65
Vh7	0,55
Vh9	1,35
Vh11	0,426
Vh13	0,204

TABLA 24: VOLTAJE ARMÓNICOS

FUENTE: Los Autores.

Se calcula la THD_v con la ecuación y se obtiene lo siguiente para la fase A.

$$THD_v = \frac{\sqrt{36.02}}{117.9} = 5.09\%$$

Se realiza la misma ecuación con las fases B y C.

$$THD_v = \frac{\sqrt{35.72}}{116.1} = 5.14\%$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{35.02}}{117.5} = 5.04\%$$

El software Simulink nos deja simular y realizar mediciones de circuitos eléctricos, realizar mediciones y poder visualizar las gráficas. El Software se utilizó para visualizar la señal distorsionada de voltaje del sistema analizado. Para ello se usaron los bloques generadores de señales.

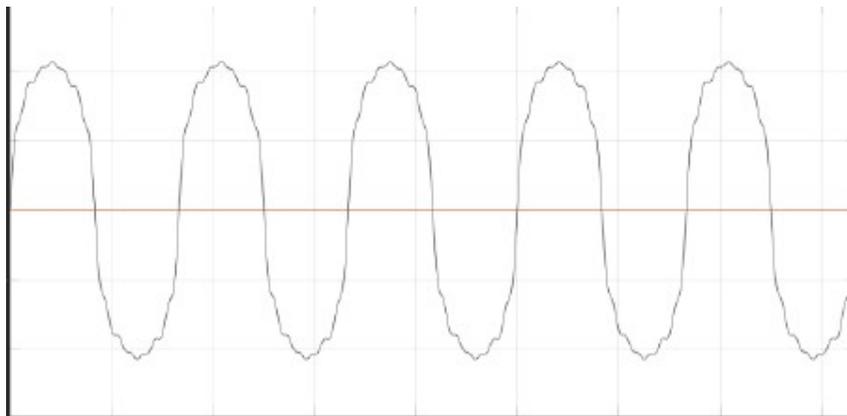


Figura 64. Señal distorsionada del Transformador de 1MVA del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.

También se realizó un modelado de la red eléctrica del Colegio domingo comín.

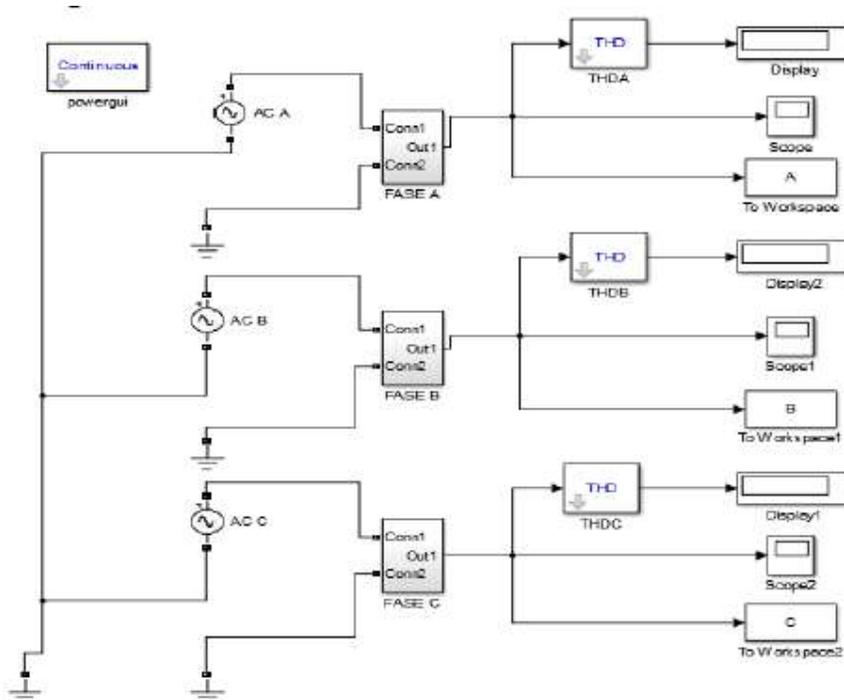


Figura 64. Modelado de la red eléctrica Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.

5.5 CONCLUSIONES

- Realizar un levantamiento de carga de las Instalaciones Eléctricas del Colegio Salesiano Domingo Comín.
- Realizar un estudio de índice de consumo de energía eléctrica en las Instalaciones del Colegio Salesiano Domingo Comín.
- Instalación de un analizador de redes en el tablero de distribución principal del Colegio Salesiano Domingo Comín.
- Realizar pruebas de tensión, frecuencia y potencia en toda la instalación mediante el analizador de redes Fluke ya conectado.
- Identificar la cantidad de armónicos que se generan dentro de la instalación y realizar un modelado en software Simulik para visualizar su comportamiento

En nuestro análisis evidenciamos que el nivel de armónicos registrados desde el día dieciocho de julio del 2020 hasta el veinticinco de julio del 2020 interfieren en la calidad del servicio eléctrico, observando que el nivel THD corriente supera los valores del 5% que establece la norma EN50160, ocasionando sobrecalentamiento en los conductores, el más afectado es en el conductor neutro instalado para los circuitos de cada piso está diseñado para soportar 50amp pero se registraron aumentos de corriente hasta 53amp, por lo tanto desgasta la resistencia del cable instalado, comprometiendo la confiabilidad de la instalación eléctrica de todo el colegio. En las fechas mencionadas se presentaron un total de 26 eventualidades como caídas de tensiones que se producen por el sobredimensionamiento del transformador de 1MVA del cual esta dimensionado para soportar una potencia de 294kva y la carga real máxima registrada es de 271Kva con el colegio a plena carga.

El sobre dimensionamiento del transformador de 1MVA, no solo tiene un efecto en el costo de facturación sino también en el costo del proyecto. Ya que al sobredimensionar el transformador también se requiere sobredimensionar los componentes de la subestación (Conductor, Fusibles, Seccionadores, Llaves termomagnéticas, Tablero, Espacio de construcción, etc.). El

Colegio Salesiano Domingo Comín tiene un crecimiento energético de anual de 5.86 %, actualmente tiene un consumo máximo de 294 KVA, con una proyección a 20 años el transformador adecuado debería haber sido de 700 KVA. Las pérdidas de un transformador siempre van a existir ya que se transforma energía, y ninguna máquina tiene eficiencia del 100 %, pero lo ideal es tener una máquina lo más eficiente, se consuma lo que requiere, y se pague lo adecuado.

En la aplicación del programa Matlab se realizó la simulación con los valores registrados de armónicos presentados en la institución con los cual se cumplió con el modelado de los armónicos de la unidad educativa.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades de la institución ejecutar un mantenimiento preventivo a todas las instalaciones eléctricas del predio. Se encontraron que algunos de los paneles tenían terminales flojos que debían ser ajustados.
- Se recomienda realizar un estudio sobre el sobredimensionamiento del transformador actual que existe en las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa Salesiana Domingo Comín.
- Se recomienda realizar fotografías térmicas en los principales tableros y conductores del servicio eléctrico del colegio.
- Se recomienda realizar un estudio de costos con respecto al cambio de luminarias led por las lámparas fluorescentes que están instaladas en toda la institución.

ANEXOS



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Celibos Piso 3
Sucursal: Cda. La Garzota Mz 47, sector 3.
Ruc: 096859920001
Contribuyente especial, resolución No. 065
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-014914908
Nro. doc. interno 1800176070
Fecha de emisión 11-09-2019
Número de autorización
110920190109685992000121489990149149080179666214



K200016563096

VALOR TOTAL: 7690,66

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096

Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
RUC 0992504420001
Celular 0997407502
Correo Electrónico whidalgo0984@hotmail.com
Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLIN DAULE / . PB / XIMENA - GUAYAQUIL

Código Único Eléctrico 0400514098
Tipo de tarifa Arconel
Geocódigo 0404E004000189
Unidad de Lectura 0404E004

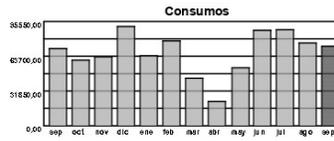
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101
Tipo de consumo leído
Fecha desde 07-08-2019
Días facturados 30
Fecha hasta 05-09-2019
Factor de multiplicación 700,00
Factor de corrección 0,6000
Factor de potencia (FP) 0,9656
Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	05-09-2019	3418,00	3339,00	0,00	55300,00	0,00	55300,00	kWh	4977,00
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	05-09-2019	613,00	599,00	0,00	9800,00	0,00	9800,00	kWh	882,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	05-09-2019	484,00	473,00	0,00	7700,00	0,00	7700,00	kWh	562,10
Energía reactiva total	05-09-2019	1301,00	1273,00	0,00	19600,00	0,00	19600,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	05-09-2019	0,58	0,00	0,58	0,00	0,00	0,58	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	05-09-2019	0,28	0,00	0,28	0,00	0,00	0,28	kW	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	05-09-2019	0,21	0,00	0,21	0,00	0,00	0,21	kW	0,00
Demanda facturable	05-09-2019	406,00	0,00	406,00	0,00	0,00	406,00	kW	975,13

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

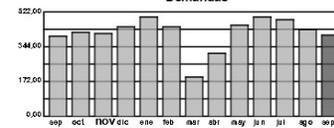


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo 6421,10
Comercialización 7,07
Valor Demanda 975,13
Subtotal Servicio Eléctrico (SE) 7403,30
Servicio Alumbrado Público General 281,45
Subtotal Alumbrado Público (APG) 281,45
Base I.V.A. 0% 7684,75
I.V.A. 0% 0,00
TOTAL SE Y APG (1) 7684,75

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	7684,75	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	7684,75
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICIDAD (1+2+3)	7684,75

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL	
Beneficiario	BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
R.U.C Beneficiario	0968514210001
Fecha de Emisión	11-09-2019
Cuenta Contrato	200016563096
RUC	0992504420001
Nombre	UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
Dirección Servicio	AV. DOMINGO COMIN 205 CLLIN DAULE / . PB / XIMENA - GUAYAQUIL
CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	5,91
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	5,91

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	7684,75
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	5,91
VALOR TOTAL (USD)	7690,66

Anexo 1. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Septiembre del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Celios Piso 3
 Sucursal: Cdla. La Garzota Mz.47, sector 3.
 Ruc: 096859920001
 Contribuyente especial, resolución No. 065
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-015741451
Nro. doc. interno 1900182477
Fecha de emisión 16-10-2019
Número de autorización
 161020190109685992000121489990157414510179666211



VALOR TOTAL: 5954,02

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096

Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
 RUC 0992504420001
 Celular 0997407502
 Correo Electrónico whidalgo0984@hotmail.com
 Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

Código Único Eléctrico 0400514098
 Tipo de tarifa Arconel MTCGDD02 - MT Comercial con Demanda Horaria
 Geocódigo 0404E004000189 Unidad de Lectura 0404E004

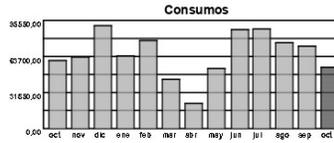
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101
 Tipo de consumo leído
 Fecha desde 06-09-2019
 Dias facturados 32
 Fecha hasta 07-10-2019
 Factor de multiplicación 700,00
 Factor de corrección 0,6000
 Factor de potencia (FP) 0,9615
 Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	07-10-2019	3473,00	3418,00	0,00	38500,00	0,00	38500,00	kWh	3465,00
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	07-10-2019	623,00	613,00	0,00	7000,00	0,00	7000,00	kWh	630,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	07-10-2019	496,00	484,00	0,00	8400,00	0,00	8400,00	kWh	613,20
Energía reactiva total	07-10-2019	1323,00	1301,00	0,00	15400,00	0,00	15400,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	07-10-2019	0,60		0,00	0,60	0,00	0,60	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	07-10-2019	0,20		0,00	0,20	0,00	0,20	kW	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	07-10-2019	0,20		0,00	0,20	0,00	0,20	kW	0,00
Demanda facturable	07-10-2019	420,00		0,00	420,00	0,00	420,00	kW	1008,76

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

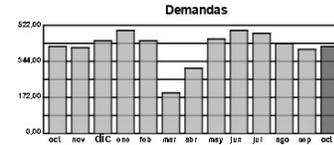


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo 4708,20
 Comercialización 7,07
 Valor Demanda 1008,76
Subtotal Servicio Eléctrico (SE) 5724,03
 Servicio Alumbrado Público General 224,08
Subtotal Alumbrado Público (APG) 224,08
 Base I.V.A. 0% 5948,11
 I.V.A. 0% 0,00
TOTAL SE Y APG (1) 5948,11

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	5948,11	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	5948,11
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICÓ (1+2+3)	5948,11

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL

Beneficiario BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
 R.U.C Beneficiario 0968514210001
 Fecha de Emisión 16-10-2019
 Cuenta Contrato 200016563096
 RUC 0992504420001
 Nombre UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
 Dirección Servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	5,91
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	5,91

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	5948,11
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	5,91
VALOR TOTAL (USD)	5954,02

Anexo 2. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Octubre del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Ceibos Piso 3
 Sucursal: Cda. La Garzota Mz.47, sector 3.
 Ruc: 096859902001
 Contribuyente especial, resolución No. 065
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-016372333
 Nro. doc. interno 130188816
 Fecha de emisión 13-11-2019
 Número de autorización 13112019010968599020012148999016372330179666212



VALOR TOTAL: 6795,19

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096

Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
 RUC 0992504420001
 Celular 0997407502
 Correo Electrónico whidalgo0984@hotmail.com
 Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

Código Único Eléctrico 0400514098
 Tipo de tarifa Arconel MTCGCD02 - MT Comercial con Demanda Horaria
 Geocódigo 0404E004000189 Unidad de Lectura 0404E004

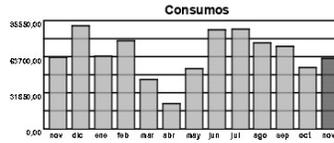
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101
 Tipo de consumo leído
 Fecha desde 08-10-2019
 Dias facturados 30
 Fecha hasta 06-11-2019
 Factor de multiplicación 700,00
 Factor de corrección 0,6000
 Factor de potencia (FP) 0,9682
 Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	06-11-2019	3540,00	3473,00	0,00	4690,00	0,00	4690,00	kWh	4221,00
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	06-11-2019	632,00	623,00	0,00	630,00	0,00	630,00	kWh	567,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	06-11-2019	509,00	496,00	0,00	910,00	0,00	910,00	kWh	664,30
Energía reactiva total	06-11-2019	1346,00	1323,00	0,00	16100,00	0,00	16100,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	06-11-2019	0,64		0,00	0,64	0,00	0,64	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	06-11-2019	0,23		0,00	0,23	0,00	0,23	kW	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	06-11-2019	0,21		0,00	0,21	0,00	0,21	kW	0,00
Demanda facturable	06-11-2019	448,00		0,00	448,00	0,00	448,00	kW	1076,01

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

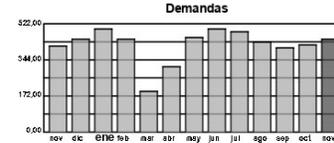


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	5452,30
Comercialización	7,07
Valor Demanda	1076,01
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	6535,38
Servicio Alumbrado Público General	253,90
Subtotal Alumbrado Público (APG)	253,90
Base I.V.A. 0%	6789,28
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	6789,28

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	6789,28	15	dias

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	6789,28
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICÓ (1+2+3)	6789,28

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL

Beneficiario BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
 R.U.C Beneficiario 0968514210001
 Fecha de Emisión 13-11-2019
 Cuenta Contrato 200016563096
 RUC 0992504420001
 Nombre UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
 Dirección Servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	5,91
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	5,91

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	6789,28
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	5,91
VALOR TOTAL (USD)	6795,19

Anexo 3. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Noviembre del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Celbos Piso 3
 Sucursal: Cdla. La Garzota Mz 47, sector 3.
 Ruc: 0968599020001
 Contribuyente especial, resolución No. 065
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-017042714
 Nro. doc. interno 1950194322
 Fecha de emisión 10-12-2019
 Número de autorización 1012201901096859902000121489990170427140179666210



VALOR TOTAL: 8976,40

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096 Código Único Eléctrico 0400514098
 Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
 RUC 0992504420001 Tipo de tarifa Arconel MTCGCD02 - MT Comercial con Demanda Horaria
 Celular 0997407502 Geocódigo 0404E004000189 Unidad de Lectura 0404E004
 Correo Electrónico whidalgo0984@hotmail.com
 Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

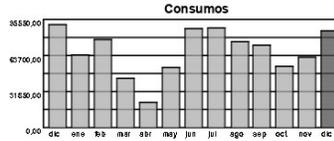
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101 Tipo de consumo leído Tipo de consumo 07-11-2019
 Días facturados 30 Fecha hasta 06-12-2019
 Factor de multiplicación 700,00 Factor de corrección 0,6000
 Factor de potencia (FP) 0,9673 Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act hor. A (08h00-18h00)	06-12-2019	3634,00	3540,00	0,00	65800,00	0,00	65800,00	kWh	5922,00
Energía act hor. B (18h00-22h00)	06-12-2019	648,00	632,00	0,00	11200,00	0,00	11200,00	kWh	1008,00
Energía act hor. C (22h00-08h00)	06-12-2019	521,00	509,00	0,00	8400,00	0,00	8400,00	kWh	613,20
Energía reactiva total	06-12-2019	1378,00	1346,00	0,00	22400,00	0,00	22400,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	06-12-2019	0,65	0,00	0,65	0,00	0,00	0,65	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	06-12-2019	0,36	0,00	0,36	0,00	0,00	0,36	kW	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	06-12-2019	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	kW	0,00
Demanda facturable	06-12-2019	455,00	0,00	455,00	0,00	0,00	455,00	kW	109,28

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

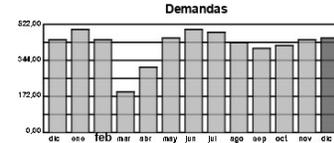


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo 7543,20
 Comercialización 7,07
 Valor Demanda 1092,82
Subtotal Servicio Eléctrico (SE) 8643,09
 Servicio Alumbrado Público General 327,40
Subtotal Alumbrado Público (APG) 327,40
 Base I.V.A. 0% 8970,49
 I.V.A. 0% 0,00
TOTAL SE Y APG (1) 8970,49

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	8970,49	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	8970,49
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICIDAD (1+2+3)	8970,49

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL

Beneficiario BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
 R.U.C Beneficiario 0968514210001
 Fecha de Emisión 10-12-2019
 Cuenta Contrato 200016563096
 RUC 0992504420001
 Nombre UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
 Dirección Servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	5,91
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	5,91

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	8970,49
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	5,91
VALOR TOTAL (USD)	8976,40

Anexo 4. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Diciembre del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Ceibos Piso 3
 Sucursal: Cda. La Garzota Mz.47, sector 3.
 Ruc: 096859902001
 Contribuyente especial, resolución No. 065
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-017813838
 Nro. doc. interno 1700200747
 Fecha de emisión 10-01-2020
 Número de autorización 100120200109685990200121489990178138380179666213



VALOR TOTAL: 6666,11

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096

Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
 RUC 0992504420001
 Celular 0997407502
 Correo Electrónico whidalgo984@hotmail.com
 Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

Código Único Eléctrico 0400514098
 Tipo de tarifa Arconel MTCGCD02 - MT Comercial con Demanda Horaria
 Geocódigo 0404E004000189
 Unidad de Lectura 0404E004

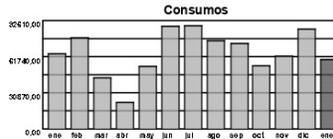
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101
 Tipo de consumo leído
 Fecha desde 07-12-2019
 Dias facturados 31
 Fecha hasta 06-01-2020
 Factor de multiplicación 700,00
 Factor de corrección 0,6000
 Factor de potencia (FP) 0,9653
 Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	06-01-2020	3696,00	3634,00	0,00	43400,00	0,00	43400,00	kWh	3906,00
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	06-01-2020	660,00	648,00	0,00	8400,00	0,00	8400,00	kWh	756,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	06-01-2020	532,00	521,00	0,00	7700,00	0,00	7700,00	kWh	562,10
Energía reactiva total	06-01-2020	1401,00	1378,00	0,00	16100,00	0,00	16100,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	06-01-2020	0,70		0,00	0,70	0,00	0,70	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	06-01-2020	0,28		0,00	0,28	0,00	0,28	kV	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	06-01-2020	0,23		0,00	0,23	0,00	0,23	kW	0,00
Demanda facturable	06-01-2020	490,00		0,00	490,00	0,00	490,00	kW	1176,88

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

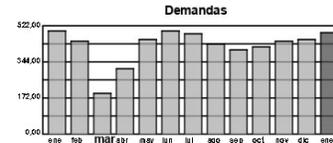


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo 5224,10
 Comercialización 7,07
 Valor Demanda 1176,88
Subtotal Servicio Eléctrico (SE) 6408,05
 Servicio Alumbrado Público General 252,06
Subtotal Alumbrado Público (APG) 252,06
 Base I.V.A. 0% 6660,11
 I.V.A. 0% 0,00
TOTAL SE Y APG (1) 6660,11

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	6660,11	15	dias

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	6660,11
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (1+2+3)	6660,11

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL

Beneficiario BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
 R.U.C Beneficiario 0968514210001
 Fecha de Emisión 10-01-2020
 Cuenta Contrato 200016563096
 RUC 0992504420001
 Nombre UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
 Dirección Servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	6,00
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	6,00

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	6660,11
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	6,00
VALOR TOTAL (USD)	6666,11

Anexo 5. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Enero del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Celios Piso 3
 Sucursal: Cdla. La Garzota Mz.47, sector 3.
 Ruc: 096859902001
 Contribuyente especial, resolución No. 065
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-018538081
Nro. doc. interno 1900205983
Fecha de emisión 08-02-2020
Número de autorización
 080220200109685990200121489990185380810179666211



VALOR TOTAL: 9473,21

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096

Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
 RUC 0992504420001
 Celular 0997407502
 Correo Electrónico whidalgo984@hotmail.com
 Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

Código Único Eléctrico 0400514098
 Tipo de tarifa Arconel MTCGCD02 - MT Comercial con Demanda Horaria
 Geocódigo 0404E004000189
 Unidad de Lectura 0404E004

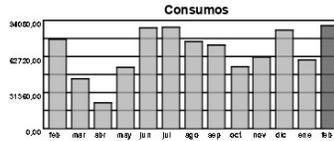
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101
 Tipo de consumo leído
 Fecha desde 07-01-2020
 Días facturados 29
 Fecha hasta 04-02-2020
 Factor de multiplicación 700,00
 Factor de corrección 0,6000
 Factor de potencia (FP) 0,9683
 Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	04-02-2020	3791,00	2696,00	0,00	66500,00	0,00	66500,00	kWh	5985,00
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	04-02-2020	678,00	660,00	0,00	12600,00	0,00	12600,00	kWh	1134,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	04-02-2020	547,00	532,00	0,00	10500,00	0,00	10500,00	kWh	766,50
Energía reactiva total	04-02-2020	1434,00	1401,00	0,00	23100,00	0,00	23100,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	04-02-2020	0,73		0,00	0,73	0,00	0,73	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	04-02-2020	0,28		0,00	0,28	0,00	0,28	kW	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	04-02-2020	0,62		0,00	0,62	0,00	0,62	kW	0,00
Demanda facturable	04-02-2020	511,00		0,00	511,00	0,00	511,00	kW	1227,32

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

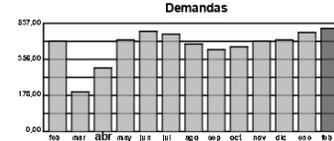


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	7885,50
Comercialización	7,07
Valor Demanda	1227,32
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	9119,89
Servicio Alumbrado Público General	347,32
Subtotal Alumbrado Público (APG)	347,32
Base I.V.A. 0%	9467,21
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	9467,21

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	9467,21	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	9467,21
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICIDAD (1+2+3)	9467,21

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL

Beneficiario BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
 R.U.C Beneficiario 0968514210001
 Fecha de Emisión 08-02-2020
 Cuenta Contrato 200016563096
 RUC 0992504420001
 Nombre UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
 Dirección Servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	6,00
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	6,00

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	9467,21
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	6,00
VALOR TOTAL (USD)	9473,21

Anexo 6. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Febrero del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autores.



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa Edif. Grace Celibos Piso 3
 Sucursal: Cdla. La Garzota Mz.47, sector 3.
 Ruc: 0968599020001
 Contribuyente especial, resolución No. 065
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 148-999-019327582
 Nro. doc. interno 1960219767
 Fecha de emisión 11-03-2020
 Número de autorización 1103202001096859902000121489990193275820179666219



VALOR TOTAL: 5016,83

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200016563096

Razón social UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMISIONAL EXPERIMENTAL DOMINGO COMIN (UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA FISCOMIS)
 RUC 0992504420001
 Celular 0997407502
 Correo Electrónico whidalgo0984@hotmail.com
 Dirección del servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

Código Único Eléctrico 0400514098
 Tipo de tarifa Arconel MTCGDD02 - MT Comercial con Demanda Horaria
 Geocódigo 0404E004000189 Unidad de Lectura 0404E004

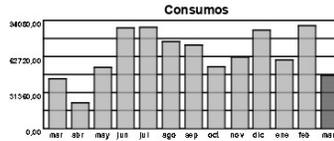
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1138101
 Tipo de consumo leído
 Fecha desde 05-02-2020
 Días facturados 31
 Fecha hasta 06-03-2020
 Factor de multiplicación 700,00
 Factor de corrección 0,6905
 Factor de potencia (FP) 0,9684
 Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	06-03-2020	3824,00	3791,00	0,00	23100,00	0,00	23100,00	kWh	2079,00
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	06-03-2020	695,00	678,00	0,00	11900,00	0,00	11900,00	kWh	1071,00
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	06-03-2020	563,00	547,00	0,00	11200,00	0,00	11200,00	kWh	817,60
Energía reactiva total	06-03-2020	1451,00	1434,00	0,00	11900,00	0,00	11900,00	kVarh	0,00
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	06-03-2020	0,38		0,00	0,38	0,00	0,38	kW	0,00
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	06-03-2020	0,29		0,00	0,29	0,00	0,29	kW	0,00
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	06-03-2020	0,42		0,00	0,42	0,00	0,42	kW	0,00
Demanda facturable	06-03-2020	306,60		0,00	306,60	0,00	306,60	kW	847,46

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

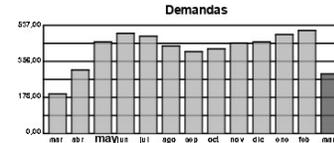


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo 3967,60
 Comercialización 7,07
 Valor Demanda 847,46
Subtotal Servicio Eléctrico (SE) 4822,13
 Servicio Alumbrado Público General 188,70
Subtotal Alumbrado Público (APG) 188,70
 Base I.V.A. 0% 5010,83
 I.V.A. 0% 0,00
TOTAL SE Y APG (1) 5010,83

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	5010,83	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	5010,83
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICÓ (1+2+3)	5010,83

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

4. NOTIFICACIÓN DE PAGO DEL TRIBUTO PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN GUAYAQUIL

Beneficiario BEN C. BOMBEROS GUAYAQUIL
 R.U.C Beneficiario 0968514210001
 Fecha de Emisión 11-03-2020
 Cuenta Contrato 200016563096
 RUC 0992504420001
 Nombre UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA
 Dirección Servicio AV. DOMINGO COMIN 205 CLLJIN.DAULE / PB / XIMENA - GUAYAQUIL

CONCEPTO	VALOR
Contribución Bomberos	6,00
TOTAL CONTRIBUCIÓN BOMBEROS (4)	6,00

RESUMEN DE VALORES	
Total Sector Eléctrico (A)	5010,83
Total Recaudación de Terceros (4+5+6)	6,00
VALOR TOTAL (USD)	5016,83

Anexo 7. Planilla de consumo Eléctrico del mes de Marzo del Colegio Salesiano Domingo Comín. Fuente: Los Autore

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. J. Cabarna González, M. Chiriac, and J. M. de Uña García, “Sistema de adquisición de datos,” *Rev. española electrónica*, no. 665, pp. 58–70, 2010, [Online]. Available: http://www.redeweb.com/_txt/665/abril_2010.pdf.
- [2] J. H. Vanegas García, “3. Sensores y Transductores. 3.1. Sensores y Transductores. Un,” *Univ. Tarapacá*, p. 34, 2014, [Online]. Available: http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf.
- [3] C. Gil, “Aplicación De Herramientas De Inteligencia Artificial En Armónicos De Corriente Y Voltajes En Sistemas Y Máquinas Eléctricas: Su Importancia Y Trabajos Relacionados // Application of Artificial Intelligence Tools in Harmonic Current and Voltage Systems an,” pp. 49–64, 2014.
- [4] C. Campos, “E L a B O R a D O P O R :,” 2011.
- [5] National Instruments, “Instrumentación Virtual con LabVIEW,” *Instrumentación Virtual*, p. 89, 2013, [Online]. Available: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/labviewcursodeinstrumentacion.pdf>.
- [6] K. M. Alawasa and A. I. Al-odienat, “Evaluación y análisis de armónicos en redes de baja tensión - Estudio de caso : Campus de la Universidad de Mutah (Edificio de ingeniería),” pp. 2–7, 2017.
- [7] Ambar, “Prueba de Impedancia y Pérdidas con Carga,” *Electron Seguridad en su energía*. p. 3, 2015, Accessed: Mar. 31, 2020. [Online]. Available: https://id.elsevier.com/as/authorization.oauth2?state=6c424be18a6d3b87ec69c298ca9e5c84&prompt=login&scope=openid_email_profile_els_auth_info_els_analytics_info urn%3Acom%3Aelsevier%3Aidp%3Apolicy%3Aproduct%3Aindv_identity&authType=SINGLE_SIGN_IN&response_.
- [8] M. Holguin and D. Gomezcoello, “Análisis de la calidad de energía eléctrica en el ‘Nuevo Campus’ de la Universida politécnica salesiana,” pp. 1–234, 2010, doi: 10.20868/UPM.thesis.39079.
- [9] J. C. H. Heredia, “Determinación de la potencia de cargas no lineales,” p. 318, 1997.
- [10] W. C. Carreño, G. O. Plata, A. L. M. Wandurraga, and C. A. Duarte Gualdrón, “Simulación de sistemas eléctricos con cargas no lineales y variantes en el tiempo,” *Ingeniare*, vol. 19, no. 76–92, 2011, [Online]. Available:

- https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052011000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttps://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-33052011000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [11] J. Meléndez Frigola, J., Herraiz Jaramillo, S., & Colomer Llinás, “Causas y efectos de las perturbaciones. Calidad de onda en el servicio eléctrico,” 2005.
- [12] P. D. E. Mejora, E. N. Base, A. L. Análisis, and C. D. E. E. D. E. L. O. S. A. N. Y, “Escuela politécnica del ejército,” 2012.
- [13] C. Matilde de Apráiz, “Método de detección en tiempo real de perturbaciones transitorias en redes de suministro eléctrico (Ph.D. Thesis).,” 2013.
- [14] M. (2009) Sánchez, “Calidad de la Energia.IEEE,” *Calid. la Energia*.
- [15] T. Seymour, J., & Horsley, “Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico,” 2010, [Online]. Available: https://www.apc.com/salestools/VAVR-5WKLPK/VAVR-5WKLPK_R0_LS.pdf.
- [16] S. Electric, “Guía de diseño de instalaciones eléctricas,” 2010, [Online]. Available: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Application+solutions&p_File_Name.
- [17] O. Castañeda, “Análisis de calidad de energía acerca de la calidad de producto de la zona urbana de Milagro del área de concesión de la empresa Eléctrica Milagro usando la regulación de conelec N° - 004/01.,” 2009.
- [18] T. Wildi, “Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. Pearson Educación. IEEE,” 2007.
- [19] L. R. de la R. Itzol, “ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA EN LA CALIDAD DE LA POTENCIA ELÉCTRICA EN LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA,” 2007.
- [20] R. M. Eskandrani, “No Title血清及尿液特定蛋白检测在糖尿病肾病早期诊断中的意义,” pp. 2007–2009, 2007.
- [21] K. P. F. BRIONES and O. A. C. BALÓN, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación MAGISTER EN SEGURIDAD INFORMÁTICA APLICADA,” 2016.
- [22] M. Rendón, M. Villasís, and M. Miranda, “Estadística descriptiva,” *Rev. Alerg. México*, vol. 63, no. 4, p. 397, 2016, doi: 10.29262/ram.v63i4.230.
- [23] ARCONEL, “REGULACIÓN No. ARCONEL 005/18,” 2018.
- [24] D. Hiler, K., & Lozada, “Análisis de la calidad de energía en la industria alimenticia Agrovanic S.A.,” 2018.

- [25] F. Corporations., “Analizadores de calidad eléctrica.”
- [26] F. Corporations., “Analizadores de Calidad Eléctrica de la Red y Analizadores de Potencia para aplicaciones de alto ancho de banda.”
- [27] F. (2012), “F430-II.”

