



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:

“Estudio de calidad de energía y rediseño del sistema eléctrico de la
planta de Cacaos Finos Ecuatorianos CAFIESA”

AUTORES

Kevin Josue Mackliff Rivera.

Rubén Darío Sánchez Figueroa.

Director: Ing. Daniel Contreras Ramírez, Msc

Guayaquil – Ecuador

2019

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Josué Mackliff Rivera y Rubén Darío Sánchez Figueroa autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que sus conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusividad responsabilidad de los autores.

Guayaquil, abril del 2019.

-

Kevin Mackliff Rivera.

Cédula: 0922148622

Rubén Sánchez Figueroa.

Cédula: 1204656035

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **KEVIN JOSUÉ MACKLIFF RIVERA**, con documento de identificación N° **0922148622** manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE CACAOS FINOS ECUATORIANOS CAFIESA**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2019.

Kevin Josué Mackliff Rivera

Cédula: 0922148622

Fecha: Abril del 2019

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

Yo, **RUBEN DARIO SANCHEZ FIGUEROA**, con documento de identificación N° **1204656035** manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE CACAOS FINOS ECUATORIANOS CAFIESA**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2019.

Rubén Darío Sánchez Figueroa

Cédula: 1204656035

Fecha: Abril del 2019

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR

Yo, **DANIEL SANTOS CONTRERAS RAMÍREZ**, director del proyecto de Titulación denominado **“ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE CACAOS FINOS ECUATORIANOS CAFIESA”** realizado por los estudiantes, Kevin Josué Mackliff Rivera y Rubén Darío Sánchez Figueroa, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, abril del 2019.

Ing. Daniel Contreras Ramírez, Msc

TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios quien con su divina misericordia ha derramado en mis muchas bendiciones y me ha dado fuerzas para no desmallar y lograr el objetivo planteado.

A mis padres porque gracias al esfuerzo de ellos y a su apoyo constante he podido alcanzar todos los objetivos que me he planteado en mi vida.

A mis abuelos, hermanos, tíos, sobrinos y toda mi familia que ha aportado en mi formación profesional y humana.

A todas las personas que de alguna forma se vieron involucradas en darme apoyo y motivación para la ejecución del proyecto de titulación.

Kevin Mackliff Rivera.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres Washington Sánchez Bermeo y Margarita Figueroa Silva, por todo su apoyo incondicional, sacrificio y esfuerzo.

A mi mami Judith Sánchez Bermeo por brindarme toda su ayuda, por creer siempre en mí y sacarme siempre adelante en lo académico, económico, emocional, y espiritual.

A mis Hermanos Margarita Sánchez F. y Ronald Sánchez F. que siempre estuvieron pendiente y presente en todas las etapas de mi vida su apoyo es y siempre será lo más importante.

A mi amada hija y esposa Amarilis Sánchez M. y Lissette Monar por ser unos de los pilares fundamentales de mi vida.

Rubén Sánchez Figueroa.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme gozar de la experiencia dentro de la Universidad y darme fuerzas para terminar mi proyecto final de grado.

Gracias a todos y cada uno de los docentes que tuve en toda mi formación académica en la Universidad.

Gracias a los directivos de la empresa CAFIESA por haber permitido realizar mi tema de tesis en sus instalaciones.

Gracias a mi familia y a cada una de las personas que han aportado en formación personal y profesional.

Kevin Mackliff Rivera.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a toda mi familia por darme siempre a tiempo ese gran ejemplo de superación, dedicación, sacrificio y humildad.

Gracias a todos mis compañeros, amigos y profesores por su ayuda incondicional y hacer de la universidad un lugar más agradable.

Rubén Sánchez Figueroa.

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en planta de procesamiento de cacao "CAFIESA" ubicada en la vía Duran-Tambo, en donde no constaba con una información del sistema eléctrico que permitiera tener un panorama confiable en las decisiones correctivas o de ampliaciones futuras.

Utilizando el método descriptivo que determinan el estado actual de la planta y tener en consideración de los principales problemas existentes; se procedió a realizar un levantamiento de información donde se recopilaron resultados específicos para la elaboración de los diagramas unifilares de los tableros principales, actualización de los planos de implantación con la ubicación de los principales componentes eléctricos. Con las mediciones efectuadas en los transformadores principales se logró verificar las condiciones de la calidad de energía de la planta. Con el software Etap se realizaron ciertas simulaciones del sistema logrando presentar panoramas de mejoras especificando los cambios que deben realizarse para lograr un modelo óptimo y eficaz de la energía eléctrica.

Como conclusión general, dentro de la planta luego del proceso de evaluación es preciso tomar correctivos del sistema eléctrico que permitirá tener un servicio más confiable, y a su vez obtener un mejor rendimiento de los equipos que estén relacionados con la energía eléctrica.

Palabras claves: evaluación, mediciones, simulación, propuestas, dimensionamientos, motores, parámetros eléctricos, diseños, calidad de energía.

ABSTRACT

The present project developed in the cacao processing plant "CAFIESA" located in the highway Duran-Tambo, where there wasn't information about the electrical system that could allow us to have a reliable view in the corrective decisions or future extensions.

An information survey was processed, using the descriptive method that determines the current state of the plant and take into account the main problems, the results were compiled in order to prepare the single-core diagrams of the main boards, the updating of the plans for the location of the main electrical components.

With the measurements made in the main transformers, we could verified the conditions of the power quality of the plant. Parallel with the Etap software's, they were made simulations of the system, managing to present scenarios of improvements specifying the changes that must be fulfilled in order to achieve an optimal and efficient model of electrical energy.

As a general conclusion, within the plant after the evaluation process it is necessary to correct the electrical system, have a more reliable service, and once again obtain a better performance of the equipment that is related to electric power.

Keywords: evaluation, measurements, simulation, proposals, sizing, motors, electric parameters, designs, energy quality.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1. EL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción Del Problema.....	3
1.2 Importancia y Alcances	3
1.3 Delimitación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivos General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Marco Metodológico	5
1.5.1 Método de Investigación Descriptiva.....	5
1.5.2 Método de Investigación Experimental	6
CAPÍTULO II	7

2	MARCO TEÓRICO	7
2.1	Conceptos básicos referentes a electricidad	7
2.2	Voltaje	7
2.2.1	Voltaje Armónico.....	7
2.2.1	Voltaje Nominal	8
2.2.1	Voltaje de Suministro.....	8
2.3	Corriente Eléctrica.....	8
2.3.1	Corriente Continua	9
2.3.2	Corriente Alterna.....	9
2.4	Potencia Activa.....	10
2.5	Potencia Reactiva	10
2.6	Potencia Aparente.....	11
2.7	Factor de Potencia	11
2.8	Acometida	12
2.8.1	Acometida en Baja Tensión	12
2.8.2	Acometida en Media Tensión	12
2.9	Medidor de Energía Eléctrica.....	12
2.10	Servicio Eléctrico	13
2.11	Carga Instalada	13
2.12	Capacidad Instalada.....	14
2.13	Demanda.....	14
2.14	Factor de Demanda.....	14
2.15	Factor de Utilización	14
2.16	Factor de Coincidencia	15
2.17	Celdas de Media Tensión	15
2.18	Seccionadores Fusibles.....	16

2.19	Transformador	16
2.20	Sistema Puesta a Tierra	17
2.20.1	Resistividad del Terreno	17
2.20.2	Resistencia a Tierra	17
2.20.3	Tensión de Contacto.....	18
2.20.4	Tensión de Paso	18
2.20.5	Malla a Tierra.....	18
2.21	Tablero Distribución Principal	19
2.22	Motores Eléctricos.....	19
2.23	Conductores eléctricos	20
2.24	Calidad de Energía Eléctrica	20
2.25	Armónicos	21
2.26	Fluctuaciones de Voltaje	23
2.27	Flikers	24
2.28	Sobre tensiones transitorias	25
2.29	Desequilibrios de tensión	25
2.30	Frecuencia de Interrupciones.....	26
2.31	Interrupciones	26
2.32	Esquemas Eléctricos	26
2.33	Normativas	26
CAPÍTULO III.....		28
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1	Evaluación del sistema eléctrico de la planta.....	28
3.2	Sistema eléctrico en media tensión.....	29
3.2.1	Recorrido en media tensión.....	29
3.2.2	Medición en media tensión	30

3.2.3	Acometida aislada en media tensión	32
3.3	Sistema de puesta a tierra	33
3.4	Cuarto eléctrico	33
3.4.1	Distribución en media tensión.....	35
3.4.2	Transformadores	36
3.4.3	Tableros de distribución principal en baja tensión.....	37
3.5	Distribución en baja tensión	38
3.5.1	Tableros de distribución secundarios	38
3.5.2	Canalizaciones.....	40
3.6	Compensación reactiva en baja tensión.....	41
3.6.1	Compensación reactiva a nivel de 380V	41
3.7	Cargas eléctricas de la planta	42
3.8	Estudio y cálculo de cargas actual.....	43
3.9	Estudio de calidad de energía eléctrica	44
3.9.1	Parámetros para la medición	44
3.9.2	Equipo analizador de redes	44
3.9.3	Medición 1 al transformador a 380V	46
3.9.4	Resultados medición transformador 380V.....	47
3.9.5	Conclusiones y observaciones de la medición 1	66
3.9.6	Medición 2 al transformador a 220V	66
3.9.7	Resultados medición transformador 220V	67
3.9.8	Conclusiones y observaciones de la medición 2.....	72
CAPÍTULO IV.....		74
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
4.1	Sistema eléctrico en media tensión propuesto.....	74
4.1.1	Calculo de cargas propuesto	75

4.1.2	Recorrido en media tensión.....	75
4.1.3	Medición en media tensión	76
4.1.4	Acometida aislada en media tensión	77
4.1.5	Cuarto eléctrico propuesto	77
4.2	Sistema de Puesta a Tierra propuesto	82
4.2.1	Medición del terreno	82
4.2.2	Desarrollo del diseño de la malla a tierra con el software Etap.	84
4.3	Sistema eléctrico en baja tensión.....	91
4.3.1	Cuarto de Tableros propuesto	92
4.3.2	Acometidas eléctricas en baja tensión.....	93
4.3.3	Tableros de distribución en baja tensión	94
4.3.4	Compensación Reactiva	95
4.3.5	Sistema eléctrico a 380V.....	98
4.3.6	Canalizaciones y accesorios en sistema a 380 V	98
4.3.7	Sistema eléctrico a 220V.....	99
4.3.8	Transformador seco para distribución a 220V	100
4.3.9	Canalizaciones y accesorios en sistema a 220V	101
4.3.10	Iluminación General de la planta de chocolates.....	102
4.4	Normas a técnicas de construcción	103
4.5	Simulación del sistema propuesto en software Etap.	105
4.5.1	Herramientas de Simulación del Software.....	105
4.6	Utilización de Software Etap en el proyecto.	106
4.6.1	Datos de entrada.....	106
4.6.2	Análisis de Flujo de Carga	110
4.6.3	Estudio de Cortocircuito	113
CAPÍTULO V		116

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
5.1.1	Conclusiones	116
5.1.2	Recomendaciones.....	118
	Bibliografía	119

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CAFIESA.....	4
FIGURA 2: CIRCUITO DE CORRIENTE CONTINUA. FUENTE: [4]	9
FIGURA 3: ONDA DE CORRIENTE SENOIDAL. FUENTE: [5]	10
FIGURA 4: MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA. FUENTE [9]	13
FIGURA 5: CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.....	15
FIGURA 6: SECCIONADOR FUSIBLE.	16
FIGURA 7: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE [16]	16
FIGURA 8: EXPOSICIÓN A LA TENSIÓN DE CONTACTO. FUENTE [19]	18
FIGURA 9: EXPOSICIÓN A LA TENSIÓN DE PASO. FUENTE [19]	18
FIGURA 10: MALLA DE PUESTA A TIERRA MODELADA EN COMPUTADORA. FUENTE [19]	19
FIGURA 11: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.	19
FIGURA 12: MOTOR DE INDUCCIÓN ELÉCTRICA. FUENTE [20].....	20
FIGURA 13: CONDUCTORES ELÉCTRICOS. FUENTE [21]	20
FIGURA 14: ONDA DE VOLTAJE SIN CONTENIDO ARMÓNICO. FUENTE [23]	21
FIGURA 15: ONDA DE VOLTAJE CON CONTENIDO ARMÓNICO. FUENTE [23]	22
FIGURA 16: SOBRE TENSIONES TRANSITORIAS. FUENTE [22]	25
FIGURA 17: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO.	28
FIGURA 18: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE PLANOS.	29
FIGURA 19: RECORRIDO INTERNO EN MEDIA TENSIÓN. FUENTE:	30
FIGURA 20: EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN.....	30
FIGURA 21: POSTE CON MEDICIÓN EN MEDIA TENSIÓN.	31
FIGURA 22: EQUIPOS DE MEDICIÓN CTS Y PTS.	31
FIGURA 23: MEDIDOR CLASE 20.	32
FIGURA 24: ESTRUCTURA RETENIDA.	32
FIGURA 25: BAJANTE DE ACOMETIDA AISLADA.....	33
FIGURA 26: INGRESO CUARTO DE TABLEROS.....	34
FIGURA 27: INTERIOR DEL CUARTO ELÉCTRICO.....	34
FIGURA 28: INTERIORES DEL CUARTO ELÉCTRICO DETERIORADOS.	35

FIGURA 29: CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.....	35
FIGURA 30: TRANSFORMADOR 13.8 KV / 380 V.	36
FIGURA 31: TRANSFORMADOR 13.8 KV / 220-127V.....	37
FIGURA 32: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL EN BAJA TENSIÓN.	38
FIGURA 33: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y CONTROL ÁREA MOLINOS.	39
FIGURA 34: INTERIOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN.....	39
FIGURA 35: BANDEJA PORTACABLE.	40
FIGURA 36: BANDEJA PORTA CABLES Y TUBERÍAS.....	40
FIGURA 37: TABLERO DE BANCO DE CAPACITORES.	41
FIGURA 38: INTERIOR TABLERO DE BANCO DE CAPACITORES.....	41
FIGURA 39: MOTOR ELÉCTRICO DE MAQUINA TOSTADORA.	42
FIGURA 40: MOTORES ELÉCTRICOS ÁREA CONCHAS.	42
FIGURA 41: LUMINARIA CUARTO DE CELDAS.	43
FIGURA 42: TOMACORRIENTES SERVICIO GENERAL Y ESPECIALES.....	43
FIGURA 43: EQUIPO DE MEDICIÓN MARCA FLUKE MODELO 435	46
FIGURA 44: CONEXIÓN EQUIPO DE MEDICIÓN SISTEMA TRIFÁSICO 4 HILOS. FUENTE: [23].....	47
FIGURA 45: RESULTADO DE VOLTAJE 1 DE LA MEDICIÓN 1 - V1	48
FIGURA 46: RESULTADO DE VOLTAJE 2 DE LA MEDICIÓN 1 – V2	48
FIGURA 47: RESULTADO DE VOLTAJE 3 DE LA MEDICIÓN 1 – V3	49
FIGURA 48: RESULTADO DE VOLTAJE LNG DE LA MEDICIÓN 1 – LNG... ..	50
FIGURA 49: RESULTADO DE VOLTAJE L1-2 DE LA MEDICIÓN 1 – L1-L2 .	51
FIGURA 50: RESULTADO DE VOLTAJE L2-3 DE LA MEDICIÓN 1 – L2-L3 .	51
FIGURA 51: RESULTADO DE VOLTAJE L3-1 DE LA MEDICIÓN 1- L3-L1 ...	52
FIGURA 52: RESULTADO DE AMPERAJE L1 DE LA MEDICIÓN 1 – L1 A ..	53
FIGURA 53: RESULTADO DE AMPERAJE L2 DE LA MEDICIÓN 1 – L2 A ...	54
FIGURA 54: RESULTADO DE AMPERAJE L3 DE LA MEDICIÓN 1 – L3 A ...	55
FIGURA 55: RESULTADO DE AMPERAJE NEUTRO DE LA MEDICIÓN 1 – N A.....	56
FIGURA 56: RESULTADO DE LA MEDICIÓN EN FRECUENCIA HZ	57

FIGURA 57: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L1	58
.....	58
FIGURA 58: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE)	
L1	58
FIGURA 59: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L2	
.....	58
FIGURA 60: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE)	
L2	59
FIGURA 61: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L3	
.....	59
FIGURA 62: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE)	
L3	59
FIGURA 63: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE)	
NG.....	60
FIGURA 64: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE)	
NG.....	60
FIGURA 65: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L1 ...	61
FIGURA 66: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L2..	62
FIGURA 67: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L3 ...	63
FIGURA 68: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L1,2,3	
.....	64
FIGURA 69: CONEXIÓN EQUIPO DE MEDICIÓN SISTEMA TRIFÁSICO 4	
HILOS. FUENTE: [23].....	66
FIGURA 70: RESULTADOS CALIDAD DE TENSIÓN DE LA MEDICIÓN 2....	68
FIGURA 71: CALIDAD DE ARMÓNICOS DE LA MEDICIÓN 2.....	70
FIGURA 72: ESTRUCTURA PARA SECCIONADORES Y PARARRAYOS.	
FUENTE [25].....	76
FIGURA 73: CUARTO ELÉCTRICO PROPUESTO.	78
FIGURA 74: CELDAS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA EN MEDIA TENSIÓN.	
FUENTE: [26].....	79
FIGURA 75: ESQUEMA MÉTODO DE WENNER. FUENTE: [27].....	83
FIGURA 76: ESQUEMA MÉTODO DE WENNER. FUENTE: [27].....	83
FIGURA 77: DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL EN SOFTWARE ETAP	84

FIGURA 78: ICONO GROUND GRID PARA DISEÑO DE LA MALLA.....	85
FIGURA 79: CALCULO DE CORTO CIRCUITO EN BARRA PRINCIPAL	86
FIGURA 80: SELECCIÓN DE METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA MALLA.	86
FIGURA 81: VENTANA DE INTERFACE PARA EL CALCULO DE LA MALLA EN ETAP	87
FIGURA 82: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE DIMENSIONES Y CONDUCTOR DE LA MALLA	88
FIGURA 83: VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE VARILLA DE LA MALLA	88
FIGURA 84: : VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE SUELO DE LA MALLA.....	89
FIGURA 85: : VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE ESTUDIO DE LA MALLA.....	90
FIGURA 86: : VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE CALCULO DE LA MALLA	91
FIGURA 87: CONEXIÓN DE ACOMETIDA CON TERMINALES DE COMPRESIÓN.....	93
FIGURA 88: VISTA FRONTAL DE TABLEROS PROPUESTOS.....	95
FIGURA 89: TRIANGULO DE POTENCIA PARA COMPENSACIÓN REACTIVA.....	96
FIGURA 90: LOGO SOFTWARE ETAP. FUENTE [29].....	105
FIGURA 91: BARRA DE COMPONENTES PARA ELABORACIÓN DE DIAGRAMA UNIFILAR EN EL SOFTWARE	107
FIGURA 92: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR.....	107
FIGURA 93: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	108
FIGURA 94: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE ACOMETIDAS PRINCIPALES	108
FIGURA 95: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE BARRAS PRINCIPALES	109
FIGURA 96: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS	110

FIGURA 97: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE CASOS DE ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS	111
FIGURA 98: PARÁMETROS OBTENIDOS EN EL FLUJO DE CARGA.....	111
FIGURA 99: VENTANA DE ALERTAS Y ADVERTENCIA DEL FLUJO DE CARGA.....	112
FIGURA 100: CONFIGURACIÓN DE BARRAS A FALLAR.....	113
FIGURA 101: RESULTADOS GRÁFICOS DE ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO	114
FIGURA 102: PANTALLA DE ALERTA Y ADVERTENCIA DEL ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.	115

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: VOLTAJES DE SUMINISTRO.....	8
TABLA 2: VALORES DE REFERENCIA PARA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	17
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE ÀRMONICOS (ORDEN, FRECUENCIA, SECUENCIA).....	22
TABLA 3: CARACTERÍSTICAS TRANSFORMADOR 1 ACTUAL.....	36
TABLA 4: CARACTERÍSTICAS TRANSFORMADOR 2 ACTUAL.....	37
TABLA 5: PLANILLA DE CARGAS TOTALES DE LA PLANTA	44
TABLA 6: INFORMACION DEL INSTRUMENTO.....	45
TABLA 7: INFORMACION DE SOFTWARE DEL EQUIPO.....	45
TABLA 8: INFORMACIÓN GENERAL DE MEDICIÓN	45
TABLA 9: RESUMEN DE MEDICIÓN	45
TABLA 10: ESCALA DE MECIDICÓN.....	46
TABLA 11: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE 1 MEDICIÓN 1.....	48
TABLA 12: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE 2 MEDICIÓN 1	49
TABLA 13: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE 3 MEDICIÓN 1-V3	49
TABLA 14: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1- LNG	50
TABLA 15: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1- L1-L2	51
TABLA 16: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1 L2-L3.....	52
TABLA 17: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1 L3-L1.....	52

TABLA 18: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE	
MEDICIÓN 1- L1 A	53
TABLA 19: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE	
MEDICIÓN 1- L2 A	54
TABLA 20: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE	
MEDICIÓN 1- L3 A	55
TABLA 21: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE	
MEDICIÓN 1- N A.....	56
TABLA 22: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN FRECUENCIA HZ	57
TABLA 23: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L1.	61
TABLA 24: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L2.	62
TABLA 25: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L3.	63
TABLA 26: PARÁMETROS MEDIDOS DE TENSIÓN CON LA NORMA	
EN50160.	64
TABLA 27: PARÁMETROS MEDIDOS DE FRECUENCIA MEDICIÓN 1.....	64
TABLA 28: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L1,2,3	
.....	65
TABLA 29: PARÁMETROS MEDIDOS DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN DE LA	
MEDICIÓN 1.....	65
TABLA 30: TABLA DE INFORMACIÓN GENERAL DE LA MEDICIÓN DE	
CALIDAD DE ENERGÍA DEL TRANSFORMADOR A 220V	67
TABLA 31: PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 2.	68
TABLA 32: PARÁMETROS MEDIDOS DE % DE THD MEDICIÓN 2.....	69
TABLA 33: PARÁMETROS MEDIDOS DE ASIMETRÍA DE TENSIÓN	
MEDICIÓN 2.....	69
TABLA 34: PARÁMETROS MEDIDOS DE FRECUENCIA MEDICIÓN 2.....	69
TABLA 35: PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKERS DE MEDICIÓN 2.....	69
TABLA 36: PARÁMETROS MEDIDOS DE ARMÓNICOS DE LA MEDICIÓN 2.	
.....	70
TABLA 37: PARÁMETROS MEDIDOS DE ARMÓNICOS DE LA MEDICIÓN 2.	
.....	70
TABLA 38: MEDICIÓN PARÁMETROS DE POTENCIA MEDICIÓN 1	72
TABLA 39: CALCULO DE CARGAS TOTALES PROPUESTAS	75

TABLA 40: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.....	79
TABLA 41: CARACTERÍSTICAS GENERALES TRANSFORMADOR PROPUESTO.....	81
TABLA 42: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GENERADOR PROPUESTO	81
TABLA 43: MEDICIONES RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	84
TABLA 44: CALCULO DE LA MALLA GENERADO POR EL SOFTWARE ETAP.....	90
TABLA 45: TABLA DE COLORES DE CONDUCTORE NORMA NEMA	94
TABLA 46: TABLA PARA COMPENSACIÓN REACTIVA.	96
TABLA 47: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR SECO	100
TABLA 48: NIVELES DE ILUMINACIÓN SEGU NORMA UNE 12464.1.....	102

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: ECUACIÓN DE VOLTAJE	7
ECUACIÓN 2: ECUACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA	9
ECUACIÓN 3: ECUACIÓN DE POTENCIA ACTIVA.	10
ECUACIÓN 4: ECUACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.	11
ECUACIÓN 5: ECUACIÓN DE POTENCIA APARENTE.	11
ECUACIÓN 6: ECUACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA.	11
ECUACIÓN 7: ECUACIÓN CARGA INSTALADA.	13
ECUACIÓN 8: FACTOR DE DEMANDA.	14
ECUACIÓN 9: ECUACIÓN FACTOR DE COINCIDENCIA.	15
ECUACIÓN 10: ECUACIÓN RESISTIVIDAD DEL TERRENO.	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 DIAGRAMAS UNIFILAR GENERAL Y DE LOS TABLEROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUALES.....	123
ANEXO 2 PLANILLA DE CARGAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL .	169
ANEXO 3 PLANILLA DE CARGAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PROPUESTO	199
ANEXO 4 DETALLES ELÉCTRICOS DE LA MEDICIÓN INDIRECTA EN MEDIA TENSIÓN	226
ANEXO 5 DETALLES ELÉCTRICOS ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN...	229
ANEXO 6 DETALLES DEL CUARTO ELÉCTRICO PROPUESTO	233
ANEXO 7 DISEÑO Y DETALLE DE LA MALLA A TIERRA.....	238
ANEXO 8 DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL Y DE LOS TABLEROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PROPUESTO.....	243
ANEXO 9 DISEÑO DE TABLEROS ELÉCTRICOS PRINCIPALES	294
ANEXO 10 PLANO RECORRIDO DE CANALETAS	301
ANEXO 11 INFORME LUMINOTÉCNICO Y PLANOS DE CIRCUITO DE ILUMINACIÓN.....	304
ANEXO 12 DIAGRAMA UNIFILAR GENERADO POR EL SOFTWARE ETAP	312
ANEXO 13 INFORME Y PLANOS GE-NERADOS POR EL ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA Y CORTO CIRCUITO.	314
ANEXO 14 PRESUPUESTO REFERENCIAL	334

INTRODUCCIÓN

El tema denominado Estudio de calidad de energía y rediseño del sistema eléctrico de la planta de cacao finos ecuatorianos CAFIESA, como su nombre indica es un diagnóstico completo del sistema eléctrico actual para poder erradicar malas prácticas en lo que respecta a las instalaciones que no han cumplido normas técnicas y que es evidenciado en la ineficiencia de los equipos.

Para una mejor comprensión del trabajo realizado se han dividido en cuatro capítulos:

Dentro de este capítulo uno se enuncia los principales problemas que motivan esta investigación sobre la calidad de energía en la planta y se presentan la metodología a realizarse.

En el capítulo dos se hace una breve descripción de temas relacionados al tema de tesis, mencionando conceptos generales y normas aplicadas.

Capítulo tres se describe la evaluación integral del sistema eléctrico de la planta, empezando con un levantamiento de la situación actual, incluyendo mediciones realizadas en los transformadores principales para evaluar su sistema.

Capítulo cuatro llamados análisis de resultados, se muestran las acciones correctivas que se deben realizar para mejorar las condiciones encontradas en el capítulo tres. En conclusión, se muestra un re-diseño eléctrico aplicando normas locales e internacionales y previas simulaciones con software especializado para tener un sistema más confiable.

La importancia de este proyecto para “CAFIESA”, es tener una información confiable para tomar decisiones al momento de ampliar su proceso de producción y a su vez mejorar la eficiencia de sus equipos para que se vea reflejado en el retorno de sus inversiones, cumpliendo con los objetivos generales planteados.

Cabe reconocer que unos de los inconvenientes presentados fue el que era escaso y casi nulo la información del sistema eléctrico y que se tuvo que invertir tiempo para lograr un modelo previo del sistema eléctrico, pero con la metodología aplicada en investigación descriptiva y experimental se logró obtener el producto apropiado.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 Descripción Del Problema.

A través del tiempo las tecnologías y la vanguardia en los sistemas de procesos de control son muy cambiantes, por otra parte, muchos de los materiales y equipos que constituyen una planta de proceso cumplen con su tiempo de vida útil, por lo que generalmente las empresas de producción de productos optan por restituir muchos sistemas y equipos por tecnologías nuevas, las cuales puedan dar una mejor eficiencia en la elaboración de un producto.

Las tecnologías, sistemas, materiales y equipos eléctricos no se encuentran a salvo del deterioro o de nuevas vanguardias que mejoran su eficiencia y su funcionamiento, por lo cual son reemplazados por nuevas tecnologías, que mejoran la seguridad dando así un mejor servicio de energía eléctrica.

Realizando un recorrido por la planta de procesamiento de cacao podemos visualizar que los métodos de repartición y protección de la energía eléctrica no son nuevos y no están dentro de las tecnologías actuales, por su parte claramente se puede evidenciar su vetustez, no obstante, en muchos casos se puede constatar que algunas partes se ha rehabilitado o cambiado equipos y sistemas con nuevas tecnologías.

Por las premisas de las que se habló anteriormente, se ha hecho necesario un monitoreo del contexto actual realizando un estudio de calidad de la energía lo cual nos dará apertura a realizar un re-diseño del sistema eléctrico cumpliendo con todas las normas eléctricas vigentes, dando una mejor seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico.

1.2 Importancia y Alcances

Es importante reconocer que dentro de toda obra que requiera el servicio de energía eléctrica, es prioridad llevar un plan de ejecución previo a un diseño para mitigar imprevistos, pues el improvisar son unos de los principales problemas en las empresas,

como es el caso de no considerar cargas futuras que logran sobrecargar las fuentes de energías, o le mal dimensionamientos de conductores y las malas prácticas de instalación sin estándares técnicos que hacen que los equipos no tenga el óptimo rendimiento. Es por eso que el alcance del proyecto planteado es entregar toda la documentación confiable para ejecutar correcciones necesarias y erradicar malas prácticas ejecutadas.

1.3 Delimitación

El presente proyecto fue realizado en las inmediaciones del centro de proceso de cacao de la empresa Cacaos finos ecuatorianos situada en el Km 4.5 de la vía Durán-Tambo, en la zona industrial del cantón Durán.

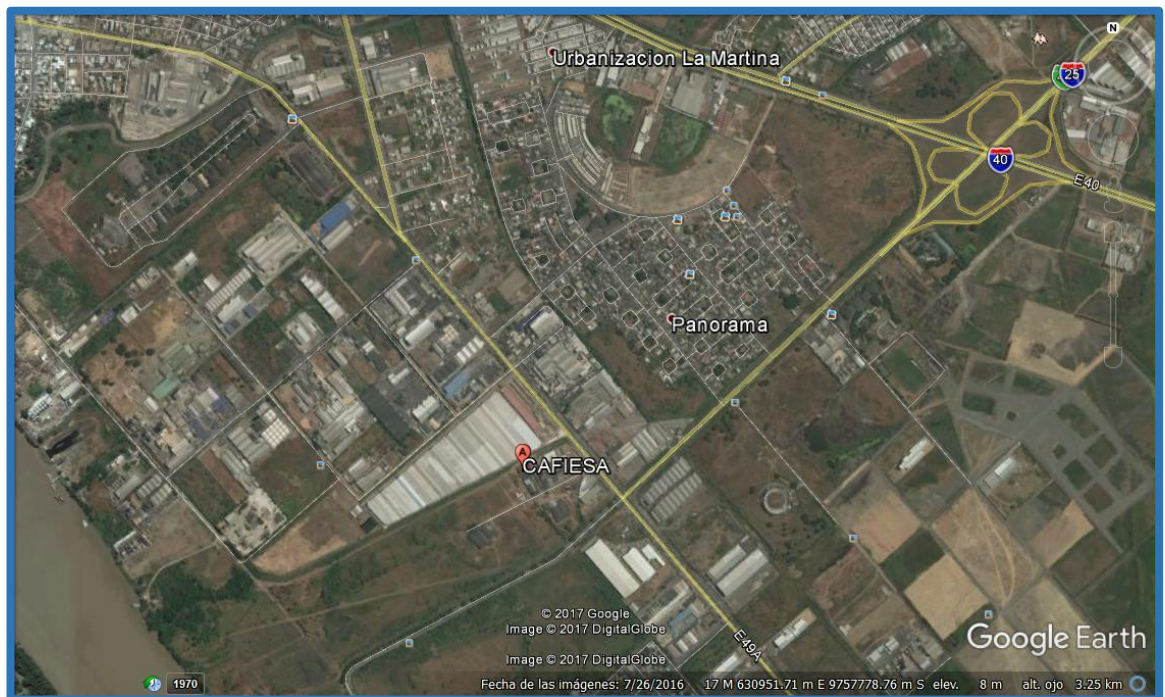


FIGURA 1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CAFIESA.

El proyecto de tesis se encuentra desarrollado en el campo eléctrico a nivel de media y baja tensión.

La perspectiva principal del trabajo es realizar el estudio de las condiciones actuales de la planta, analizar sus datos, fallas y elaborar un re-diseño que abarque la modernización de los equipos, seguridad, prevención de accidentes y continuidad del sistema eléctrico de la planta.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos General

Realizar un estudio de calidad de energía de acuerdo a los datos arrojados elaborar el re-diseño del sistema eléctrico en media y baja tensión de la planta de procesamiento de cacao CAFIESA S.A.

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1) Evaluar la situación actual del sistema eléctrico de la planta.
- 2) Efectuar un estudio de calidad de energía cumpliendo con la norma vigente.
- 3) Identificar los problemas, diagnosticar las actuales fallas en el sistema eléctrico en ámbitos de seguridad, confiabilidad y sistemas tecnológicos.
- 4) Elaborar un re-diseño en el sistema eléctrico de la planta tanto en media como baja tensión, también simular en el software ETAP que cumpla con las normar actuales.

1.5 Marco Metodológico

Para el desarrollo de este proyecto de tesis y con la intención de llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos específicos diseñados, se recurrirá con la aplicación de los métodos de investigación descriptiva y experimental las cuales nos ayudaran con el desarrollo del proyecto.

1.5.1 Método de Investigación Descriptiva

El método de investigación descriptiva implica la observación, descripción, comportamiento del objeto a investigar la cual puede exponer a prácticas, opiniones, actitudes y procesos en marcha; este método se utilizó para realizar el levantamiento de información de la planta tomando datos, mediciones y opiniones de operadores para llegar al estado existente del sistema de electricidad en la planta el cual es el objeto de estudio.

1.5.2 Método de Investigación Experimental

El método empleado para este trabajo investigativo es el experimental que es un proceso organizado a la investigación la cual se caracteriza por que el investigador manipula una o más variables con la cual puede realizar Mediciones y controlar cualquier alteración de otra variable; en este proyecto de tesis el método experimental se utilizó para realizar el rediseño eléctrico en el cual mediante un software se pudieron hacer cambios y Mediciones en las variables del sistema eléctrico para poder llegar a una confiable, segura distribución y protección eléctrica.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos básicos referentes a electricidad

En esta sección, se definirán las concepciones básicas de electricidad, que servirán para entender un poco más el desarrollo de la tesis.

2.2 Voltaje

El voltaje también llamado Diferencia de potencia es la fuerza electromotriz que tiene la capacidad de mover los electrones a lo largo de un conductor.

Resumiendo en todo caso si se toma en cuenta la exploración de los significados podemos definir a esta palabra como, “Voltaje es la magnitud física que es capaz de cuantificar la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos” [1]

La fórmula del voltaje es la siguiente. Ver Ecuación 1.

$$V = R * I$$

ECUACIÓN 1: ECUACIÓN DE VOLTAJE

2.2.1 Voltaje Armónico

Este tipo de voltaje esta denominado como sinusoidal de frecuencia y es igual al múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro. [2]

El voltaje armónico hace referencia a la onda de voltaje a cuál se encuentra distorsionada en su frecuencia fundamental.

2.2.1 Voltaje Nominal

Es la valoración de voltaje aplicado en reconocer de referencia en un sistema eléctrico. [2]

La tensión nominal en los equipos es aquella que indica hasta que valor de tensión el equipo es capaz de soportar y funcionar.

2.2.1 Voltaje de Suministro

Es el total de voltaje del sistema que emitido por el distribuidor desde el punto de entrega hacia el consumidor en un tiempo definido [2]

En el Ecuador se manejan algunos voltajes de suministro como se muestra en la siguiente tabla expuesta, las diferentes cotas de tensión que las empresas distribuidoras de la región Costa Suministran.

TABLA 1: VOLTAJES DE SUMINISTRO.

Voltaje de suministro		
<i>Niveles de tensión</i>	<i>Monofásica</i>	<i>Trifásica</i>
Alta tensión	-	69000 v
Media tensión	$13800/\sqrt{3}$ v	13800 v
Baja tensión	120 v – 2 hilos	120/240 v – 4 hilos
	120/240 – 3 hilos	120/208 v – 4 hilos

2.3 Corriente Eléctrica

La corriente eléctrica se la define en breves palabras como la cantidad de flujo de electrones que pasa por un conductor.

De la misma manera podemos definir que la suma de flujo de electrones libres es denominada como corriente, y se la logra identificar con la letra I. [3]

La ecuación de la corriente eléctrica según la ley de ohm es la siguiente. Ver ecuación 2.

$$I = V / R$$

ECUACIÓN 2: ECUACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA

2.3.1 Corriente Continua

La corriente continua es la que refleja un flujo continuo de carga donde los electrones se mueven por circuito desde la terminal negativa del generador al terminal positivo. [4]

Los generadores más comunes de corriente continua que existen son las baterías que mediante una reacción química generan corriente continua.

A continuación, mediante una figura se explica el recorrido de los electrones en un circuito de corriente continua. Ver Fig. 2.

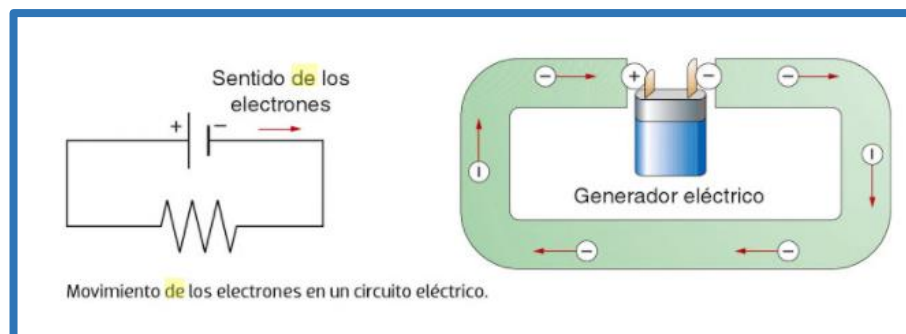


FIGURA 2: CIRCUITO DE CORRIENTE CONTINUA. FUENTE: [4]

2.3.2 Corriente Alterna

Se define esta clase de corriente como un torrente de electrones cuya dirección se invierte periódicamente, de forma que el valor medido a lo largo de un periodo es cero. [5]

La corriente alterna de acuerdo a su inversión de dirección con respecto al tiempo forma una onda senoidal de tipo fundamental la cual es la que más se usa en las aplicaciones de la electrotecnia. Ver Fig. 3.

La corriente alterna debido a su eficiencia en transporte y producción de la misma, es la que a través de los años se ha utilizado como medio de energización para entregar electricidad al área comercial, industrial y residencial.

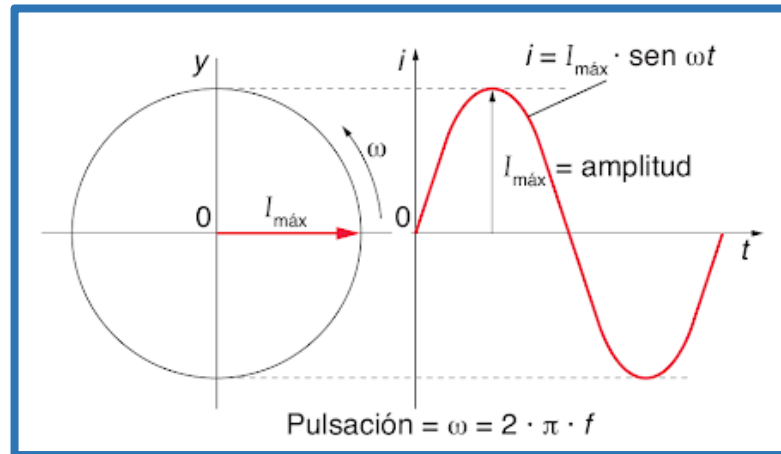


FIGURA 3: ONDA DE CORRIENTE SENOIDAL. FUENTE: [5]

2.4 Potencia Activa

Es aquella fuerza que es disipada únicamente por los componentes resistivos, el consumo de potencia activa se da cuando la tensión, la corriente van en fase y se la mide en watts. [6]

La potencia activa viene dada por la siguiente formula. Ver ecuación 3.

$$P = I / V_r$$

ECUACIÓN 3: ECUACIÓN DE POTENCIA ACTIVA.

2.5 Potencia Reactiva

Esta determinada de manera única por la fuerza desarrollada en elementos reactivos, ya sean estas bobinas o condensadores. [6]

Esta potencia es la que se genera por el resultado de las descargas producidas por los condensadores o a su vez la mutación de la fuerza denominada energía magnética a su

vez en corriente, está dado en bobinados, su medida en voltio-amperios reactivos y viene dada por la siguiente formula. Ver ecuación 4

$$Q = I^2 / X$$

ECUACIÓN 4: ECUACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.

2.6 Potencia Aparente

Se define como la suma vectorial de la potencia activa y la potencia reactiva [6] un generador en un sistema de potencia.

La potencia activa se mide en voltio-amperios, está dada por la siguiente formula vectorial. Ver ecuación 5.

$$\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}$$

ECUACIÓN 5: ECUACIÓN DE POTENCIA APARENTE.

2.7 Factor de Potencia

Se trata de un indicativo de la proporción de potencia aparente que se transfigura en la potencia activa. [6]

Este factor es adimensional es decir no tiene una dimensión física, el factor de potencia es una cuantificable, permuta entre cero y la unidad, está dada por la medida del coseno de un Angulo de desfase entre la potencia activa y la potencia aparente tal como se aprecia en la ecuación. Ver ecuación 6.

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

ECUACIÓN 6: ECUACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA.

2.8 Acometida

Es el fragmento de la red que distribuye la energía, su objetivo es alimentar la caja o cajas de protección o también denominada, unidad funcional equivalente. [7]

La acometida está compuesta por los cables que conducirán la energía eléctrica así mismo será canalizada por medio de tubería, bandeja porta cables o dependiendo el medio.

2.8.1 Acometida en Baja Tensión

Este tipo de acometida se distingue por estar vinculada a la red de baja tensión que posee un voltaje de hasta 600 V. [8]

En la ciudad de Guayaquil los niveles de voltaje de baja tensión que suministra la empresa distribuidora de energía son 240 V, 208 V y 120 V.

2.8.2 Acometida en Media Tensión

Esta se ve conectada de manera directa a un sistema que distribuye sobre unos 600 voltios, hasta 15kV y vincula conductores de alimentación y sus accesorios, la extensión comprende desde la red hasta el punto o los puntos de contacto del transformador o en su defecto al equipo de medición de media tensión si este fuera el caso. [8]

En la ciudad de Guayaquil los niveles de voltaje en media tensión que suministra la empresa eléctrica distribuidora de energía son 13800 V y 7967 V.

2.9 Medidor de Energía Eléctrica

Los medidores de energía eléctrica son equipos capaces de tomar lectura de la red de suministro con la tarea de medir el empleo de energía en Kw, Kw/h y demás parámetros que le servirán a la empresa distribuidora para realizar una facturación adecuada de la energía consumida.

Existen muchos tipos de medidores de energía, en la ciudad de Guayaquil los medidores pueden ser clase 100 este se utiliza cuando la protección principal del consumidor es hasta 75 A, la clase 200 se utiliza cuando la protección principal del consumidor es hasta 175A y la clase 20 que se utiliza para medición indirecta utilizando CTs y PTs para medición.



FIGURA 4: MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA. FUENTE [9]

2.10 Servicio Eléctrico

Puede definirse como aquel que provee repartidor a los consumidores, desde los circuitos distribuidores de baja, media, y alta tensión, acogido en el acuerdo de suministro. [8]

2.11 Carga Instalada

La carga colocada se puede definir como la adición entre las fuerzas nominales total de los dispositivos eléctricos de la instalación. [9].

La carga instalada que da expresada en la siguiente ecuación. Ver ecuación 7.

$$\text{Carga instalada} = \sum \text{Potencias nominales de las cargas}$$

ECUACIÓN 7: ECUACIÓN CARGA INSTALADA.

2.12 Capacidad Instalada

Es la característica que corresponde, a la adición entre potencias de los artefactos instalados, conectados directamente a la línea de suministro de la potencia eléctrica a los demás elementos conectados se denomina como capacidad nominal de un sistema. [10]

2.13 Demanda

Se puede precisar a esta como la fuerza de corriente eléctrica, relativa a un espacio de tiempo definido, que debe consumir su carga para realizar su función. [11]

Para la medición de la demanda existen muchos intervalos de tiempo de los cuales de acuerdo al estudio se puede plantear los intervalos, esto quiere decir que podemos hacer obtener demanda en una hora, en un día o la demanda mensual de las cargas instaladas.

2.14 Factor de Demanda

Este aspecto está visto en un lapso de tiempo (t), además es el que está expresando en la razón de la demanda máxima y la carga total instalada [10], esta característica debe de ser menor a 1, debido a que si es la unidad expresa que todos los aparatos conectados están absorbiendo su potencia nominal.

El factor de utilización queda expresado en la siguiente ecuación. Ver ecuación 8.

$$FD (\text{Factor de Demanda}) = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Carga Instalada}}$$

ECUACIÓN 8: FACTOR DE DEMANDA.

2.15 Factor de Utilización

Se puede definir a esta característica por su utilización dentro de una red eléctrica en un periodo de tiempo definido es la justificación entre la demanda máxima y la capacidad nominal de un sistema. El elemento que nos indica el fragmento de

capacidad del sistema, es un factor de utilización que se está poniendo en un lapso considerado, es decir indica el rendimiento máximo de un equipo o red de instalación. [10]

2.16 Factor de Coincidencia

Se define como la relación entre lo que se conoce como demanda máxima que coincide de y adición de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que integran el conjunto ambos establecidos en el mismo punto de alimentación para el mismo intervalo de tiempo [10]. Ver ecuación 9.

$$F_{co} = \frac{\text{Demanda máxima coincidente}}{\text{Suma de demandas máximas individuales}}$$

ECUACIÓN 9: ECUACIÓN FACTOR DE COINCIDENCIA.

2.17 Celdas de Media Tensión

Estos elementos deben entenderse por ser conjuntas continuas de varias secciones verticales denominadas celdas dentro de las cuales se ubican equipos para maniobrar o medir en cuanto se solicite equipos de protección y control estos van montados en uno o más de un compartimiento situados en estructuras metálicas que deben cumplir la función de recibir y repartir la energía eléctrica. [12]

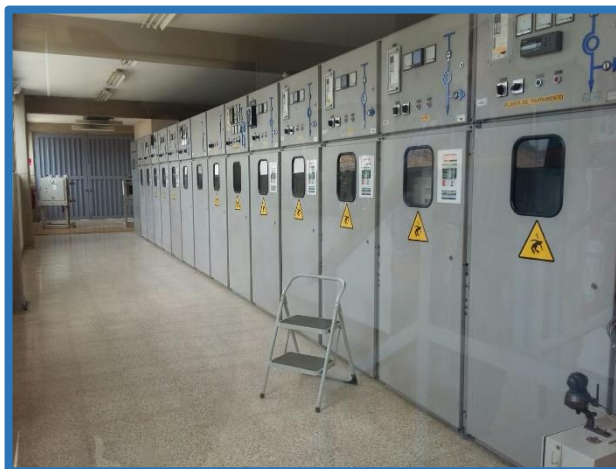


FIGURA 5: CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.

2.18 Seccionadores Fusibles

La función de estos elementos es el bloqueo de circuitos o secciones de la instalación en condiciones de vacío ya sea por motivo de seguridad o para es la miento físico. [13]

Los seccionadores pueden llevar fusibles para protección de sobre cargas y corto circuito de las cargas.

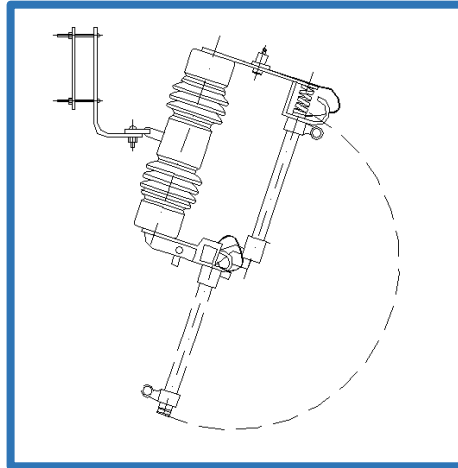


FIGURA 6: SECCIONADOR FUSIBLE.

2.19 Transformador

El transformador es una maquina eléctrica estacionaria y que su función principal es la transformación de nivel de voltaje aumentándolo o disminuyéndolo dependiendo el uso. El transformador trabaja en sentido de la definición de la inductancia mutua entre dos o más bobinas o circuitos acoplados inductivamente. [14]



FIGURA 7: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE [16]

2.20 Sistema Puesta a Tierra

Esta particularidad debe entenderse como la unión eléctrica de forma directa mediante un conductor sin la necesidad de recurrir a fusibles ni protección alguna de los elementos que hagan parte de la red y que en su defecto puedan entrar en tensión de manera accidental con un electrodo o grupo de electrodos ubicados en el suelo. [15]

2.20.1 Resistividad del Terreno

Se puede determinar a esta particularidad como el valor medido en ohmios metros que nos indica que tan resistivo es el terreno en el cual construiremos nuestra malla a tierra.

Lo declives de la fuerza de la energía dentro de una subestación se relacionan de manera casi directa con la cualidad de la resistividad del terreno. [16]

2.20.2 Resistencia a Tierra

Se define como importe de resistencia de la malla de una red de puesta a tierra, este valor nos indica si la malla cumple con los valores que por normativa debe cumplir. A continuación, se muestra una tabla donde se indican la valoración máxima en la resistencia de puesta a tierra de acuerdo a su aplicación.

TABLA 2: VALORES DE REFERENCIA PARA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

<i>Aplicación</i>	<i>Valores máximos de resistencia de puesta a tierra</i>
Estructuras y líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de extra y alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω

2.20.3 Tensión de Contacto

Se puede clasificar como la diferenciación entre el desnivel de potencia de tierra la superficie y el sector donde una persona se sitúa mientras tanto que al mismo tiempo mantiene contacto con una estructura. [17]

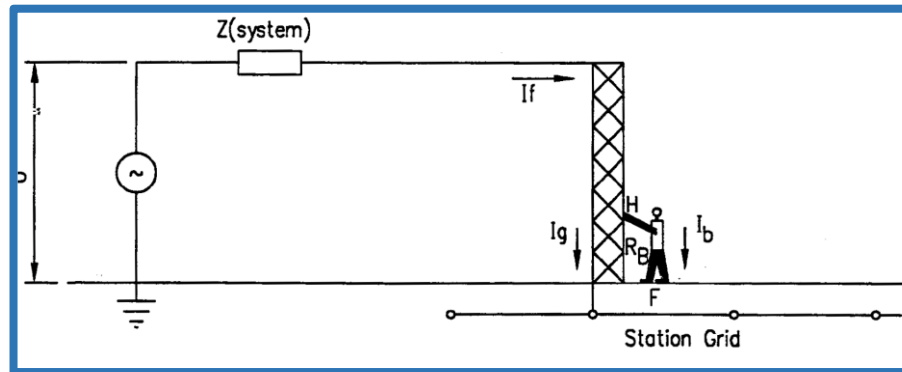


FIGURA 8: EXPOSICIÓN A LA TENSIÓN DE CONTACTO. FUENTE [19]

2.20.4 Tensión de Paso

Se define como la diferencia de potencia entre el sector experimental y un individuo que tiende un puente de una distancia de 1 metro con los pies sin tocar ningún objeto puesto a tierra. [17]

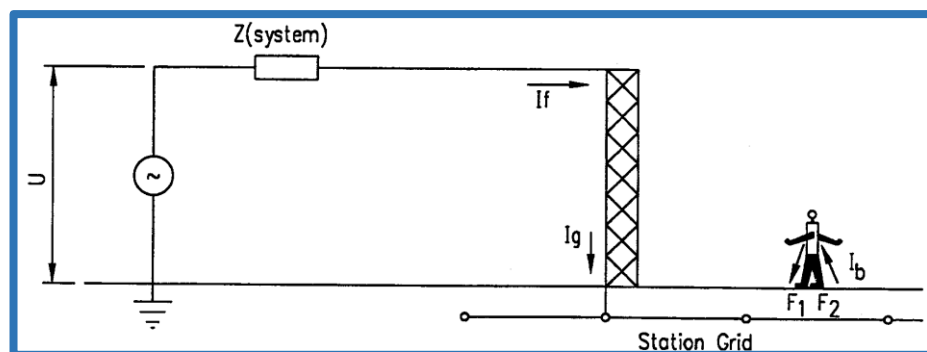


FIGURA 9: EXPOSICIÓN A LA TENSIÓN DE PASO. FUENTE [19]

2.20.5 Malla a Tierra

Se trata de una malla de electrodos y conductores descubiertos que van interconectados de formas horizontal, ubicados en el suelo, de manera que proporciona una tierra común para artefactos eléctricos o estructuras metálicas, ubicadas en un lugar definido. [17]

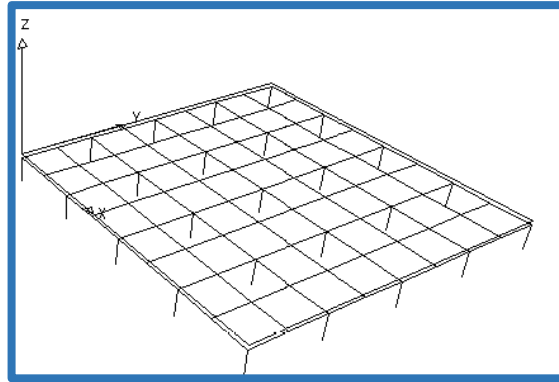


FIGURA 10: MALLA DE PUESTA A TIERRA MODELADA EN COMPUTADORA. FUENTE [19]

2.21 Tablero Distribución Principal

El tablero eléctrico es una caja construida de metal, sometida a diferentes procesos los cuales la hacen óptima para el alojamiento de diferentes equipos, aparatos eléctricos de protección, medición, regulación y control de las instalaciones eléctricas.



FIGURA 11: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

2.22 Motores Eléctricos

Es un conjunto de elementos que realizan un trabajo de forma giratoria convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica

En este proyecto más nos centraremos en los motores de inducción, se les llama así de inducción porque el voltaje en el rotor se induce en la rosca del rotor en un espacio empastado con cables. [18]

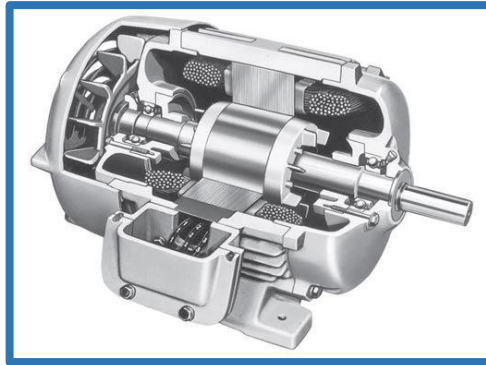


FIGURA 12: MOTOR DE INDUCCIÓN ELÉCTRICA. FUENTE [20]

2.23 Conductores eléctricos

Es el medio por el cual trasladaremos la corriente eléctrica hacia nuestras cargas conectadas en el sistema eléctrico.

Estos conductores están fabricados a partir de material de buena conducción de electricidad en Ecuador se utiliza mucho el cobre y el aluminio, se encuentran recubiertos por unas chaquetas que sirven como aislamiento de las partes activas del conductor.

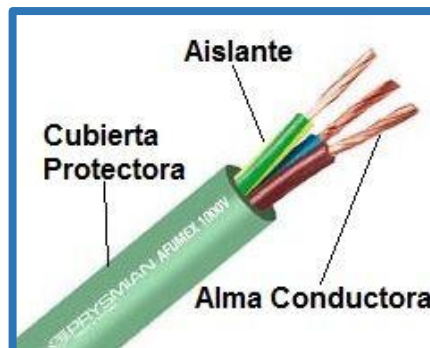


FIGURA 13: CONDUCTORES ELÉCTRICOS. FUENTE [21]

2.24 Calidad de Energía Eléctrica

Existen muchos conceptos acerca del concepto de calidad de energía eléctrica muchos escritos coinciden en decir que la energía que fluye es de buena calidad determinada por el buen funcionamiento de los equipos que suelen estar conectados en la red eléctrica. [19]

La eficacia de energía se basa netamente en el estudio de la onda de tensión, en donde se pueden encontrar perturbaciones, armónicos y demás fenómenos electromagnéticos que pueden existir en el sistema eléctrico.

Se debe considerar que entre los aspectos más mencionados por la regulación CONELEC 004/01 tenemos:

- Nivel del voltaje.
- Perturbaciones de voltaje.
- Factor de potencia.

2.25 Armónicos

Para precisar esta noción de manera correcta se debe definir primero la eficacia de la onda de tensión la cual debe poseer como característica principal amplitud y frecuencia constantes al igual que una forma sinusoidal, Ver figura 14, En el momento que una onda periódica no posea la forma sinusoidal se puede decir que posee contenido armónico y debido a esto se puede alterar el valor pico, causando alteraciones en el desempeño normal de los equipos que estén conectados a esta red de tensión eléctrica Ver figura 14. [20]

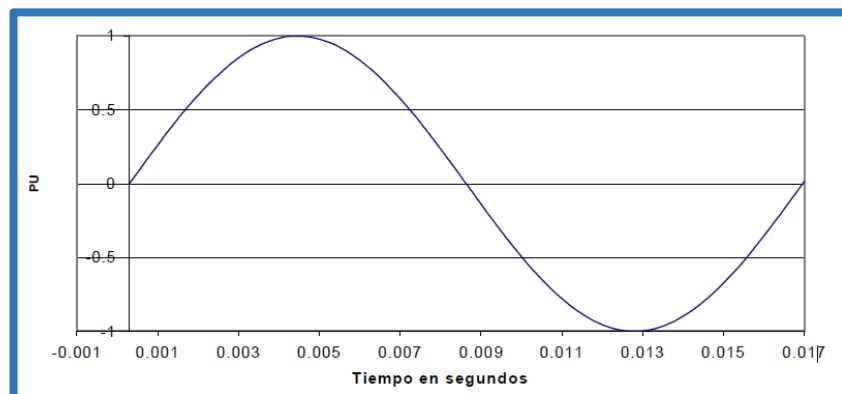


FIGURA 14: ONDA DE VOLTAJE SIN CONTENIDO ARMÓNICO. FUENTE [23]

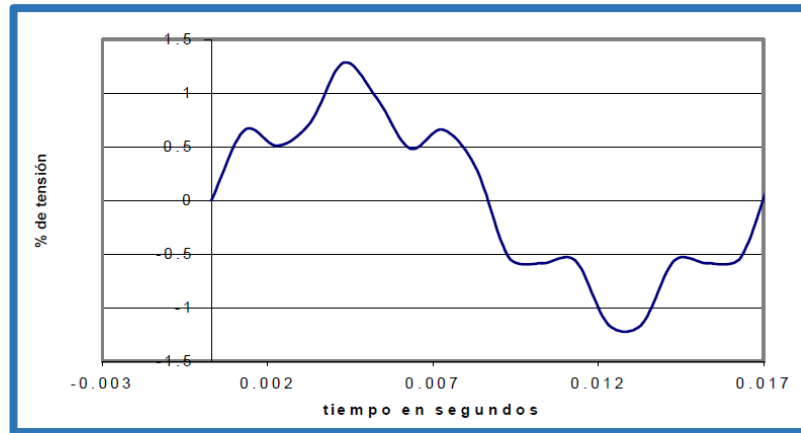


FIGURA 15: ONDA DE VOLTAJE CON CONTENIDO ARMÓNICO. FUENTE [23]

Como se muestra la figura 15 es una onda con contenido de armónico, uno de los parámetros que normalmente se les designa a los armónicos para su clasificación es por su orden, frecuencia y secuencia, como lo indica la siguiente tabla:

TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE ÀRMONICOS (ORDEN, FRECUENCIA, SECUENCIA)

Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	---	N
Frecuencia	50	100	150	200	250	300	350	400	450	---	50 * N
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0	---	---

La primera observación de acuerdo a la tabla es el diferenciar entre los armónicos pares y armónicos impares.

- Los armónicos pares no son de mucha consideración con respecto a los estudios e instalaciones eléctricas, en este tipo de armónicos solo se considera los casos especiales.
- Los armónicos impares son de tomar muy en cuenta dado que es donde se encuentran las mayores perturbaciones.

También los armónicos pueden tener secuencia positiva, secuencia negativa y nula, en los motores trifásicos asíncronos es donde se encuentra la mayor parte de afectación.

- La tendencia de los armónicos de secuencia positiva es de hacer que el motor gire en el mismo sentido con respecto a la componente fundamental, esto tiende a producir una sobre-corriente lo que hace que el motor tengas un sobrecalentamiento que permite reducir considerablemente la vida útil del motor.
- Los armónicos de secuencia negativa generalmente hacen que el motor gire en sentido contrario, por lo que la afectación del motor es en el calentamiento, reducir vida útil como en los engranes y ejes.
- Los armónicos de secuencia cero o homopolares, en estos se tiene que considerar que el desfase en un sistema trifásico es nulo, no tiene ningún efecto con respecto al giro del motor, pero su anomalía es referente al neutro ya que se suman al neutro donde su corriente en ocasiones puede ser superior a la corriente de sus fases y también se los conoce como armónicos TRIPLE-N porque son múltiplos enteros de tres.

Una de las principales causas de los armónicos son las cargas no lineales, estas absorben corrientes no senoidales, entre las más comunes tenemos:

- Convertidores estáticos.
- Grupos de soldaduras.
- Hornos de arco.
- Motores universales.

2.26 Fluctuaciones de Voltaje

Son variantes en la tensión y de manera sistemática en el perfil de la tensión que se puede identificar como una serie de variaciones aleatorias dentro de la magnitud de la tensión las cuales por normalidad suelen exceder el límite especificado de 0.95 a 1.05 p.u. [21]

2.27 Flickers

El fenómeno flicker se da cuando existen variaciones de tensión es decir cuando existen fluctuaciones de forma periódica o cantidades de cambios de manera aleatoria en la tensión de la red eléctrica. [19]

Cuando en un sistema eléctrico existe este tipo de fluctuaciones la forma más perceptible se da cuando las luminarias conectadas a la red presentan un parpadeo.

La duración de este fenómeno tiene un alcance en un periodo de tiempo, que parte de varios milisegundos hasta aproximadamente 10 segundos, teniendo en cuenta que la amplitud de la onda de tensión no supere el más menos 10% del valor nominal de la tensión.

Los flickers se pueden medir de acuerdo la severidad del caso mediante dos indicadores:

- Flickers PST (short time) específicamente se mide en periodos cortos como su nombre lo indica en intervalos de 10 minutos
- Flickers PLT (long time) de larga duración con capturas de un periodo de 2 horas o de las 12 últimas capturas de pst.

Los equipos industriales son los que mayormente dan lugar a que los flickers entre estos tenemos:

- Arranques de motores.
- Molinos trituradores.
- Hornos de arco.
- Lámparas de descarga.
- Electrodomésticos con regulación automática.

2.28 Sobretensiones transitorias

Se identifican como cambios repentinos del valor instantáneo en la amplitud que podría llegar a ser en ocasiones superior al valor nominal cuyo total fluctúa entre algunos microsegundos y 10 mseg. [19]

En el estudio sobre tensiones transitorias existen dos que se mencionan a continuación:

- Sobre tensiones transitorias impulsivas generalmente son originadas por descargas eléctricas, donde la amplitud de la onda es mayor y su energía es baja.
- Sobre tensiones transitorias oscilatorias estas tienen una mayor energía, provocadas por ferrorresonancias y están clasificadas en sobretensiones transitorias de baja, media y alta frecuencia.

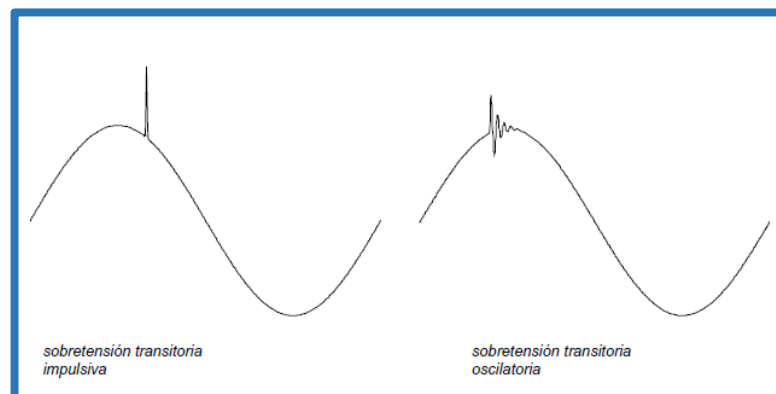


FIGURA 16: SOBRE TENSIONES TRANSITORIAS. FUENTE [22]

2.29 Desequilibrios de tensión

Este aspecto se puede medir como el resultado entre componente negativa y la positiva de aquella onda que se presta en tanto por ciento y de manera general las cualidades de irregularidad tolerables en el lugar de unión cómo reciben niveles de relación hasta el 2% de variación para circuitos de baja y media tensión en valoraciones de más de un minuto, y del 1% en las redes de alta tensión para valoraciones del mismo tiempo. [19]

Por lo general los desequilibrios en la onda de voltaje se da cuando existe una mala distribución de las cargas en la instalación, es muy importante analizar los desbalances

dado que por lo general cuando existen problemas en equipos conectados a la red se suele por equivocación desestimar los desniveles de tensión, centrándose más en los armónicos.

2.30 Frecuencia de Interrupciones

Es la cantidad de períodos, en un tiempo definido en el cual se corta el abasto a un usuario. [2]

2.31 Interrupciones

Es la suspensión parcial o total del abastecimiento de electricidad por parte del distribuidor a los consumidores conectados a las redes de distribución.

2.32 Esquemas Eléctricos

Un esquema eléctrico es la representación de una red eléctrica, de una instalación eléctrica o, de una parte. [22]

2.33 Normativas

Las normativas son documentos técnicos aprobados por organismos reconocidos que estudian problemas técnicos y científicos con el objetivo de generar especificaciones técnicas basadas en experiencias o estudios los cuales se deben de cumplir en determinados productos, servicio o procesos.

Las normativas más conocidas en el área de ingeniería eléctrica son las siguientes descritas:

- National Electrical Code, NEC, 2011, para las instalaciones eléctricas en general, clasificación de áreas según atmósferas y normas de seguridad aplicables.
- Norma ecuatoriana de construcción 15 “Instalaciones electromecánicas”.
- Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

- Regulación Nro. ARCONEL 004/18 “Distribución y comercialización de la energía eléctrica”.
- Regulación Nro. ARCONEL 005/18 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”.
- Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad (NATSIM), de la Empresa Eléctrica del Ecuador.
- Homologación de las unidades de propiedad (UP) y las unidades de construcción (UC) del sistema de distribución eléctrica del MEER.
- IEEE Std 80-2000 “Guía para el diseño de puesta a tierras de subestaciones de AC”
- UNE-EN50160 “Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución”.
- UNE-EN 61000 “Compatibilidad electromagnética”
- IEC 6100-4-30 “Técnicas de ensayo y medición de la calidad de energía”
- NFPA 70E “Seguridad eléctrica en lugares de trabajo”.

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Evaluación del sistema eléctrico de la planta.

Fue necesario realizar un levantamiento de información del estado actual del método de repartición en media y baja tensión, equipos de medición, cámara de transformación y cargas eléctricas generales de la planta.

En el levantamiento eléctrico se detalla cada uno de los componentes que conforman el sistema eléctrico, uno de los objetivos del levantamiento es conocer el estado actual de las máquinas y la distribución de las cargas, como soporte de la información levantada se adjuntó en el anexo, cálculos y diagramas de la situación actual de la planta.



FIGURA 17: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO.



FIGURA 18: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE PLANOS.

3.2 Sistema eléctrico en media tensión

El levantamiento de información la red eléctrica en media tensión se lo describirá en los siguientes ítems.

3.2.1 Recorrido en media tensión

La planta de chocolates de CAFIESA se encuentra alimentada de energía por las líneas de distribución de CNEL. Guayas-Los Ríos alimentador Duran sur-industrias y se toma del poste con numeración P42760, de aquí se conecta con los equipos de seccionamiento de protección conformados por 3 cajas porta fusible de 100 A y 3 pararrayos de 10 KV, de aquí ingresa a la planta haciendo un recorrido aéreo conformado por 3 cables # 2 ACSR con una longitud de 25 metros donde remata en un poste con estructura retenida, de aquí seguirá su recorrido pero con cable aislado en media tensión.



FIGURA 19: RECORRIDO INTERNO EN MEDIA TENSIÓN. FUENTE:



FIGURA 20: EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN.

3.2.2 Medición en media tensión

La planta cuenta actualmente con una medición tipo clase 20 indirecta en media tensión, por tal motivo en el poste de arranque se tiene una estructura doble donde se alojan los transformadores de potencia y los de corrientes, de los cuales salen la identificación de medición que se conectan en la base de socket clase 20 que se encuentra alojada en el tablero de medidor ubicado en el poste a 1.80 metros del piso.



FIGURA 21: POSTE CON MEDICIÓN EN MEDIA TENSIÓN.



FIGURA 22: EQUIPOS DE MEDICIÓN CTS Y PTS.



FIGURA 23: MEDIDOR CLASE 20.

3.2.3 Acometida aislada en media tensión

Este tipo de conexión baja del poste hacia la bandeja porta cables que la canalizara hasta el cuarto eléctrico, la acometida está conformada por una terna de tres cables aislados XLPE de 15 KV tipo MV-90 de calibre #2 AWG para las etapas el cual se conectara a una celda principal que realizara la distribución en media tensión.



FIGURA 24: ESTRUCTURA RETENIDA.

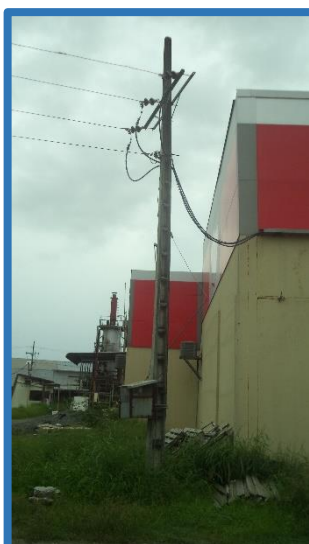


FIGURA 25: BAJANTE DE ACOMETIDA AISLADA.

3.3 Sistema de puesta a tierra

En el interior de la planta se posee conocimiento de que existe un régimen de aplicación a tierra, sin embargo, no existe documentos que lo abalen o den una idea de cómo está constituido o si existe alguna malla a tierra.

En los conectores destinados para el aterrizaje de los transformadores existen cables que no se ha podido dar seguimiento y se pierde entre otro conductor por lo cual no se ha podido determinar si vienen de la técnica de puesta a tierra.

En algunos equipos se ha evidenciado que han utilizado varillas de puesta a tierra exclusivamente para la máquina, eso nos hace asumir que no existe equipotencialidad en el sistema de puesta a tierra.

3.4 Cuarto eléctrico

La planta cuenta con un área en la cual hemos denominado cuarto eléctrico, en este espacio vamos a encontrar tres zonas, la primera zona los transformadores de distribución, en la zona dos encontraremos el área de celdas de media tensión, y en la zona tres están ubicados los tableros de distribución principal.

Dentro del cuarto eléctrico se observaron muchas inconsistencias en el ámbito de seguridad eléctrica, no existe una separación de las áreas de media tensión y baja tensión existen muchas partes que se ven obsoletas debido a que aún no se lleva un plan de mantenimiento enfocado en la prevención ni correctivo, el piso del área es de tablas de madera las cuales por el pasar del tiempo se han ido deteriorando.



FIGURA 26: INGRESO CUARTO DE TABLEROS.



FIGURA 27: INTERIOR DEL CUARTO ELÉCTRICO.



FIGURA 28: INTERIORES DEL CUARTO ELÉCTRICO DETERIORADOS.

A continuación, en los siguientes ítems se describe los equipos que se encuentran en el cuarto eléctrico.

3.4.1 Distribución en media tensión

Esta clase de conexiones se las realiza mediante un grupo de celdas seccionadoras fusibles que distribuyen la energía a los dos transformadores principales de la planta.

Las celdas de media tensión son de tipo en aire, construidas con planchas metálicas en su interior alojan los equipos de seccionamiento y protección con fusibles, en el momento de hacer el levantamiento eléctrico se pudo apreciar que las celdas están ya un poco obsoletas esto dado a que no se les ha hecho un debido mantenimiento.



FIGURA 29: CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.

3.4.2 Transformadores

Dentro de la planta existen 2 transformadores principales de cuales se los describen a continuación:

Transformador #1

El Transformador de Distribución 1, está conformado por una unidad Trifásica, tipo convencional, sumergido en aceite con las siguientes características:

TABLA 4: CARACTERÍSTICAS TRANSFORMADOR 1 ACTUAL

Características del Transformador	
Transformador	Trifásico
Tipo	Distribución
Capacidad	500 kva OA
Voltaje Primario	13,2 KV
Voltaje Secundario	380 V
Conexión	DYN5
Frecuencia	60 Hz
BIL	90KV/30KV
Aislamiento	Aceite dieléctrico



FIGURA 30: TRANSFORMADOR 13.8 KV / 380 V.

Transformador #2

El Transformador de Distribución 2, está conformado por una unidad Trifásica, tipo convencional, sumergido en aceite con las siguientes características:

TABLA 5: CARACTERÍSTICAS TRANSFORMADOR 2 ACTUAL

Características del Transformador	
Transformador	Trifásico
Tipo	Distribución
Capacidad	500 kva OA
Voltaje Primario	13,2 KV
Voltaje Secundario	231/133 V
Conexión	DYN5
Frecuencia	60 Hz
BIL	90KV/30KV
Aislamiento	Aceite dieléctrico



FIGURA 31: TRANSFORMADOR 13.8 KV / 220-127V.

3.4.3 Tableros de distribución principal en baja tensión

Estos elementos están conformados por un grupo de cajas metálicas que en su interior se encuentran ubicados las barras de distribución de energía en baja tensión y los componentes de protección que en este caso está constituido por fusibles cuchillas.



FIGURA 32: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL EN BAJA TENSIÓN.

Muchos de estos tableros por el paso del tiempo ya se ven que están obsoletos y fuera de servicio, no cuentan con protecciones contra contacto accidentales y muchas de sus puertas no sirven por lo que las hace muy peligrosa para las maniobras en caso de fallas o desconexiones de circuitos.

3.5 Distribución en baja tensión

La planta cuenta con dos niveles de voltaje en baja tensión a 220 V y 380 V, en la planta se encuentran muchos procesos que cuentan con cargas a los dos niveles, están distribuidos la mayoría por bandeja porta cables y tuberías metálicas, dentro de la planta no existe señalización del voltaje que manejan, en la canalización no existe señalización ni separación de los conductores por niveles de voltaje.

3.5.1 Tableros de distribución secundarios

En su mayoría son cajas de metal pintadas sin la técnica que exige las normas actuales, en muchos de los casos se las ha pintado con pintura de esmalte y muchos de los casos se nota deterioro en sus partes, así como puertas dañadas y cerraduras obsoletas.



FIGURA 33: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y CONTROL ÁREA MOLINOS.

En estos tableros es muy difícil distinguir el nivel de voltaje el cual maneja porque no existe ninguna señalización del nivel de voltaje, dentro de ellos aloja los equipos de seccionamiento y protección de las cargas muchos de ellos ya con un ciclo de vida muy avanzado y con tecnologías que en la actualidad no se usan.

Dentro de los tableros también se aprecian muchas partes vivas expuestas lo que podría ocasionar falsos contactos y podría electrocutar al personal de mantenimiento y a los operarios, existe mucho desorden en el cableado como también la mala práctica técnica en las conexiones.



FIGURA 34: INTERIOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN.

De acuerdo con el levantamiento de información en el anexo 1 se adjuntan los diagramas unifilares de los tableros levantados con la información eléctrica actual de ellos.

3.5.2 Canalizaciones

La canalización eléctrica de planta está conformada en su mayoría por tuberías metálicas que se derivan de bandejas porta cables que en muchos de los casos son bandejas fabricadas con ángulos y varillas de metal.

Mucha de las canalizaciones se encuentra ya en mucho deterioro por motivos del paso de los años y también por la mala forma en la cual han sido instaladas.



FIGURA 35: BANDEJA PORTACABLE.



FIGURA 36: BANDEJA PORTA CABLES Y TUBERÍAS

3.6 Compensación reactiva en baja tensión

3.6.1 Compensación reactiva a nivel de 380V

Dentro de la planta de chocolates existe un tablero de banco de capacitores para compensación reactiva conformado por 1 paso fijo y 8 variables con capacidad 315 KVAR contiene un controlador inteligente de potencia reactiva que censa y calcula cuanta energía reactiva se debe inyectar al sistema para que el factor de fuerza se mantenga en los límites establecidos por la empresa distribuidora.



FIGURA 37: TABLERO DE BANCO DE CAPACITORES.



FIGURA 38: INTERIOR TABLERO DE BANCO DE CAPACITORES.

3.7 Cargas eléctricas de la planta

La planta de chocolates en su mayor parte de producción de los productos utiliza equipos eléctricos de los cuales los que más predominan son los motores de inducción que son los que hacen funcionar la mayor parte de las maquinas, dentro de la planta se pudo evidenciar que existen algunos motores que ya presentan mucho desgaste y su estado no es el más óptimo, muchos de estos motores por falta de mantenimiento presentan fallas y ocasionan la para en la producción.

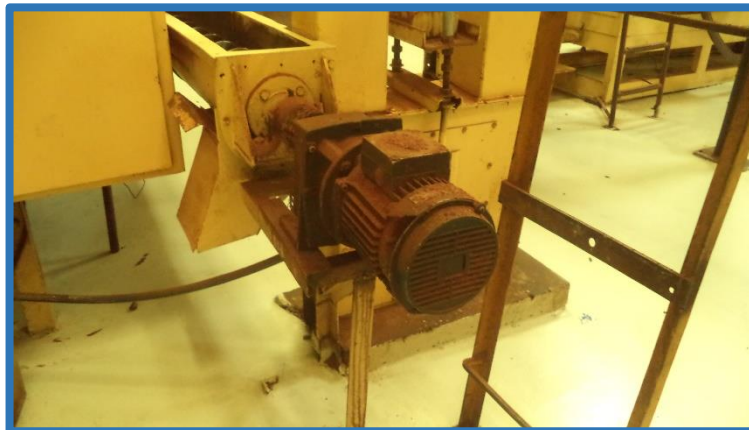


FIGURA 39: MOTOR ELÉCTRICO DE MAQUINA TOSTADORA.



FIGURA 40: MOTORES ELÉCTRICOS ÁREA CONCHAS.

La otra parte de cargas que conforman las instalaciones de la planta son de iluminación y tomas que existen alrededor de la planta, dentro del taller mecánico de la planta existen puntos de carga para soldaduras los cuales se utilizan siempre.

Así mismo como en los motores existen mucha luminaria que se encuentra obsoleta y en mal estado, así como los tomacorrientes para cargas especiales y de servicio generales.



FIGURA 41: LUMINARIA CUARTO DE CELDAS.

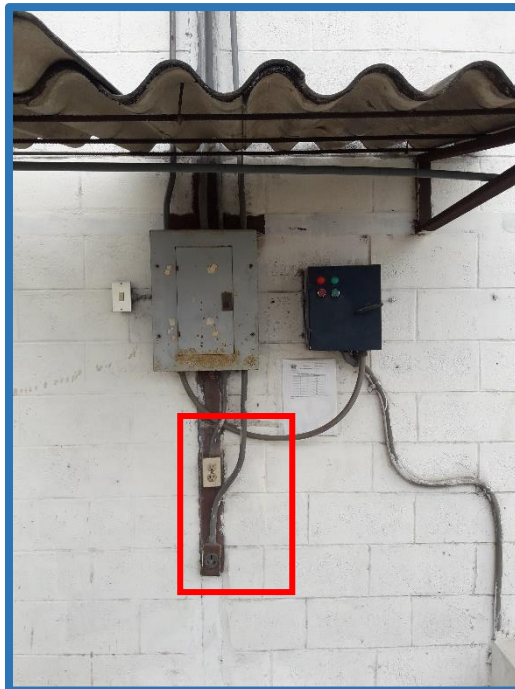


FIGURA 42: TOMACORRIENTES SERVICIO GENERAL Y ESPECIALES.

3.8 Estudio y cálculo de cargas actual

De acuerdo a la información levantada de cargas y equipos eléctricos, se procedió a realizar las planillas de cálculos, las cuales están en el anexo 2 de ellas se sacó la información que nos dará una idea de cuanta carga instalada existe y de la demanda estimada y así mismo la capacidad instalada que contamos en la planta para operar.

A continuación, se adjunta una tabla con la información de las cargas.

TABLA 6: PLANILLA DE CARGAS TOTALES DE LA PLANTA

PLANILLA DE CARGAS TOTALES DE LA PLANTA			
NIVEL DE TENSION	CAPACIDAD INSTALADA (KVA)	CARGA INSTALADA (KW)	DEMANDA MAXIMA ESTIMADA (KW)
380 V	500,00	1.359,03	543,61
220 V	500,00	230,77	92,31
TOTAL	1.000,00	1.589,80	635,92

3.9 Estudio de calidad de energía eléctrica

3.9.1 Parámetros para la medición

El siguiente análisis de calidad de energía eléctrica se realizó cumpliendo todas los Controles de las cuantificaciones que nos indica la normativa reguladas en especial la de CONELEC y la EN 50160., no obstante, también se realizará la medición de otros parámetros eléctricos adicionales dada la facilidad que nos da el equipo de medición para poder obtenerlas y con esos datos podremos tener más investigación de la realidad actual del sistema eléctrico de la planta de chocolate CAFIESA.

Dado a que en la planta cuenta con dos transformadores principales se procederá a realizar dos Mediciones, la primera será en el transformador 1 a 380 V y la segunda medición en el transformador 2 a 220 V, cada medición tendrá un tiempo de 7 días tal como menciona la regulación del CONELEC 004-01, en este periodo de tiempo el equipo registrará parámetros de voltaje, perturbaciones, armónicos y los parámetros adicionales como potencias, corrientes, factor de potencia.

3.9.2 Equipo analizador de redes

Este equipo se utilizó para la medición del transformador número 1 es de marca Fluke de la serie 435.

Las aplicaciones del equipo son las siguientes:

- Análisis a largo plazo de problemas
- Estudios de carga

TABLA 7: INFORMACION DEL INSTRUMENTO

NÚMERO DE MODELO	435-II
NÚMERO DE SERIE	39273131
REVISIÓN DE FIRMWARE	V05.02

TABLA 8: INFORMACION DE SOFTWARE DEL EQUIPO

VERSIÓN DE POWER	LOG 5.6
VERSIÓN FLUKE 430-II DLL	1.2.0.14

TABLA 9: INFORMACIÓN GENERAL DE MEDICIÓN

LUGAR DE MEDIDA	PLANTA DURAN
CLIENTE	Cafiesa s.a

TABLA 10: RESUMEN DE MEDICIÓN

TOPOLOGÍA DE MEDICIÓN	3Ø EN ESTRELLA
MODO DE APLICACIÓN	Registrador
PRIMERA MEDIDA	30/10/2018 13:16:13 902mseg
ULTIMA MEDIDA	06/11/2018 13:15:13 902mseg
INTERVALO DE GRABACIÓN	0h 1m 0s 0mseg
TENSIÓN NOMINAL	120 V
CORRIENTE NOMINAL	1000 A
FRECUENCIA NOMINAL	60 Hz
HORA DE INICIO DEL ARCHIVO	30/10/2018 13:15:13 902mseg
HORA DE FIN DEL ARCHIVO	06/11/2018 13:15:13 902mseg
DURACIÓN	7d 0h 0m 0s 0mseg
NÚMERO DE EVENTOS	Normal: 0 Detalle: 0
EVENTOS DESCARGADOS	No
NÚMERO DE PANTALLAS	6
PANTALLAS DESCARGADAS	No
MÉTODO DE MEDICIÓN DE POTENCIA	Unificado
TIPO DE CABLE	Copper
ESPECTRO DE ARMÓNICOS	%H1
MODO THD	THD 40
MODO COSPHI / DPF	DPF

TABLA 11: ESCALA DE MECIDICÓN

FASE	
TIPO DE PINZAS AMPERIMÉTRICAS	i430TF
RANGO DE PINZA	N/D
RANGO NOMINAL	1000 A
SENSIBILIDAD	x10 CA solo
RELACIÓN DE CORRIENTE	1:1
RELACIÓN DE TENSIÓN	1:1
NEUTRO:	
TIPO DE PINZAS AMPERIMÉTRICAS	i430TF
RANGO DE PINZA	N/D
RANGO NOMINAL	300 A
SENSIBILIDAD	x10 CA solo
RELACIÓN DE CORRIENTE	1:1



FIGURA 43: EQUIPO DE MEDICIÓN MARCA FLUKE MODELO 435

3.9.3 Medición 1 al transformador a 380V

Para el transformador 1 se realizó una medición con una duración de 7 días de los cuales se programó el equipo para que capture lecturas cada 10 minutos, también se configuro el equipo para que mida todas las magnitudes referentes a la calidad de energía y otras magnitudes que les darán un enfoque del consumo de energía de la planta.

La configuración de la conexión del equipo es para un sistema estrella dado a que el transformador en los bushing de baja tensión tiene ese tipo de conexión, en la figura 44 se muestra el tipo de conexión que se realizó.



FIGURA 44: CONEXIÓN EQUIPO DE MEDICIÓN SISTEMA TRIFÁSICO 4 HILOS. FUENTE: [23]

3.9.4 Resultados medición transformador 380V

El equipo de medición mediante su software de análisis nos arroja un informe en el cual nos muestra una gráfica que nos indica si la medición pasa los parámetros de calidad establecidos por la norma y mediante unas tablas, que nos indica si los valores medidos están dentro de los parámetros admisibles que cita la norma antes mencionada.

También nos arroja una tabla en la cual nos indica cada uno de los grados armónicos del armónico grado 2 hasta el 25, con su respectiva tabla de los valores medidos y la cual nos indicara si los parámetros medidos están dentro de lo establecido en la norma.

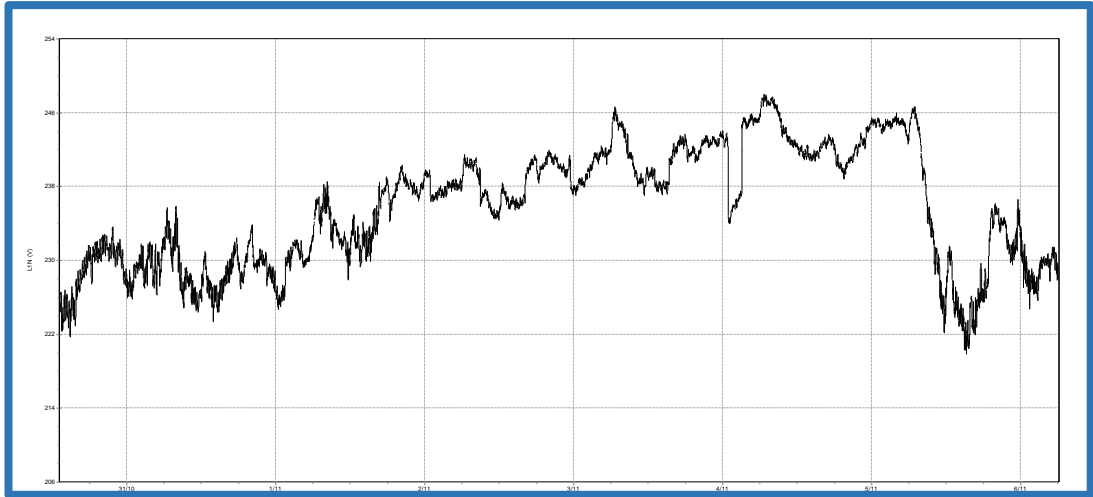


FIGURA 45: RESULTADO DE VOLTAJE 1 DE LA MEDICIÓN 1 - V1

TABLA 12: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE 1 MEDICIÓN 1.

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	232 V
En	04/11/2018 15:13:13
Valor mínimo	219,91 V
EN	05/11/2018 15:13:13
U (MED)	235,409 V
S	6,57389
5% percentil	220,9 V
95% percentile	225.1 V
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

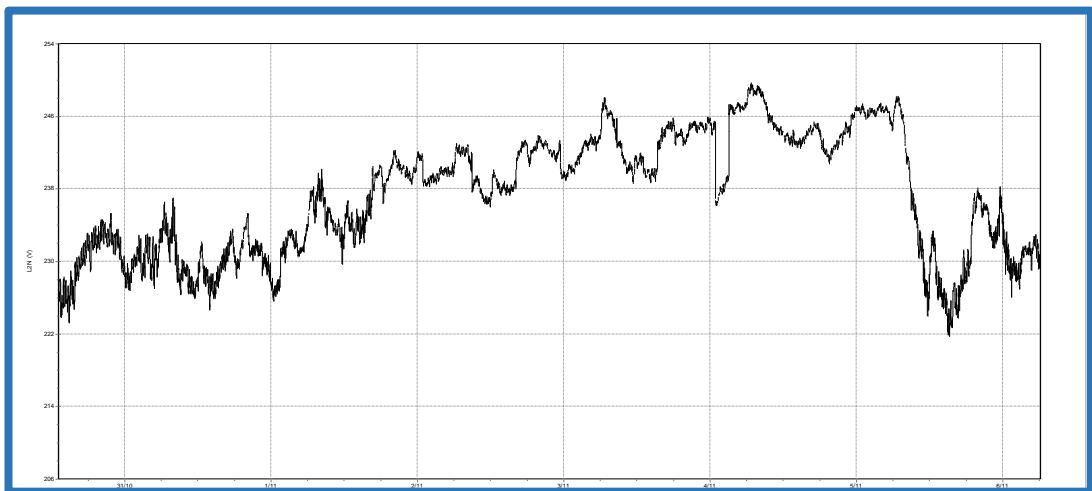


FIGURA 46: RESULTADO DE VOLTAJE 2 DE LA MEDICIÓN 1 - V2

TABLA 13: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE 2 MEDICIÓN 1

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	239 V
En	04/11/2018 6:40:13
Valor mínimo	219,76 V
En	05/11/2018 15:13:13
U (MED)	237,072 V
S	6,70518
5% percentil	221,5 V
95% percentile	226,8 V
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

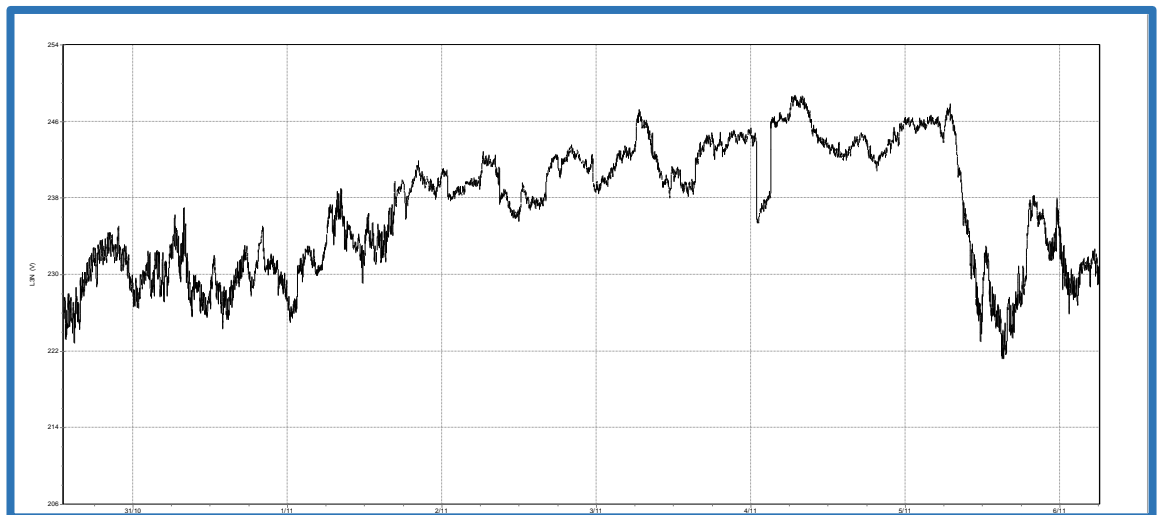


FIGURA 47: RESULTADO DE VOLTAJE 3 DE LA MEDICIÓN 1 – V3

TABLA 14: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE 3 MEDICIÓN 1-V3

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	235,71 V
En	04/11/2018 8:01:13
Valor mínimo	221,2 V
En	05/11/2018 15:13:13
U (MED)	236,586 V
S	6,60933
5% percentil	220.7 V
95% percentile	225.4 V

% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

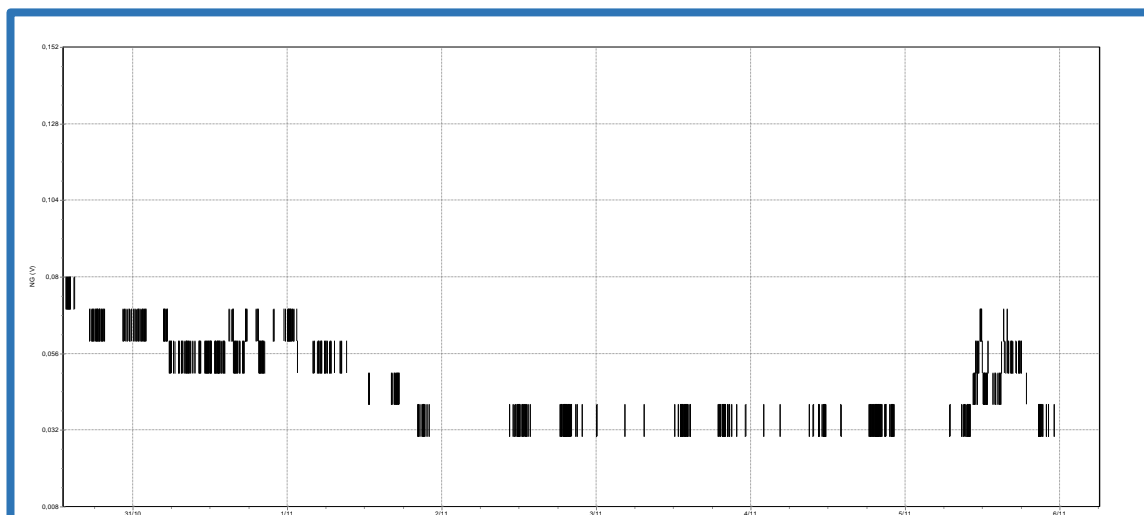


FIGURA 48: RESULTADO DE VOLTAJE LNG DE LA MEDICIÓN 1 – LNG

TABLA 15: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1- LNG

RESUMEN	
DESDE	30/10/2018 13:16:13
HASTA	06/11/2018 13:15:13
VALOR MÁXIMO	0,08 V
EN	30/10/2018 13:36:13
VALOR MÍNIMO	0,03 V
EN	01/11/2018 20:17:13
U (MED)	0,0419789 V
S	0,0131769 V
5% PERCENTIL	0,03 V
95% PERCENTILE	0,07 V
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %



FIGURA 49: RESULTADO DE VOLTAJE L1-2 DE LA MEDICIÓN 1 – L1-L2

TABLA 16: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1- L1-L2

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	430,83 V
En	04/11/2018 6:43:13
Valor mínimo	382,03 V
En	05/11/2018 15:13:13
U (MED)	408,838 V
S	11,5497 V
5% percentil	390,6 V
95% percentile	425,9 V
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

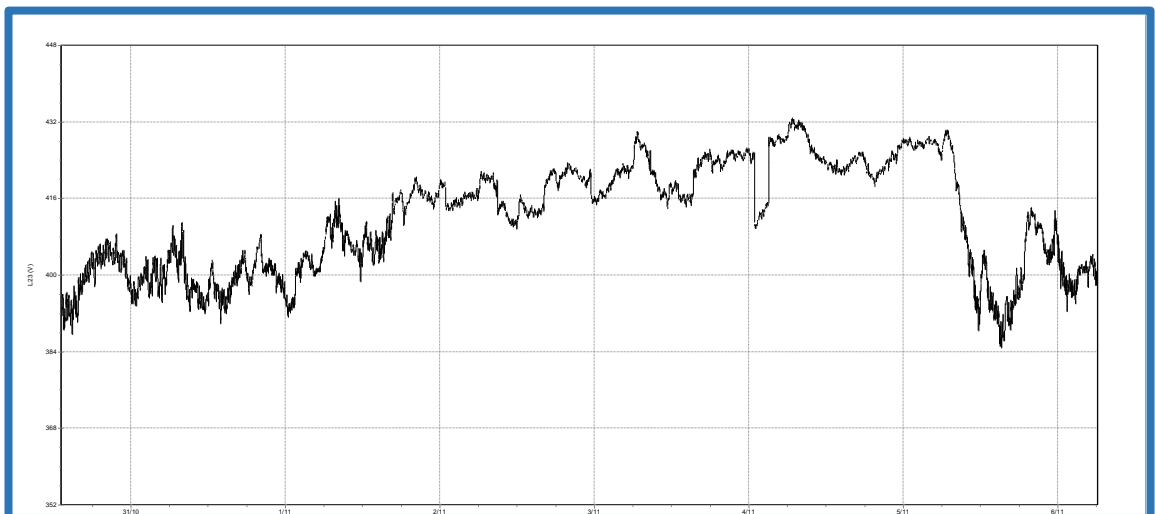


FIGURA 50: RESULTADO DE VOLTAJE L2-3 DE LA MEDICIÓN 1 – L2-L3

TABLA 17: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1 L2-L3

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	432,84 V
En	04/11/2018 6:42:13
Valor mínimo	384,83 V
En	05/11/2018 15:13:13
U (MED)	411,452 V
S	11,5468 V
5% percentil	393,2 V
95% percentile	428 V
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

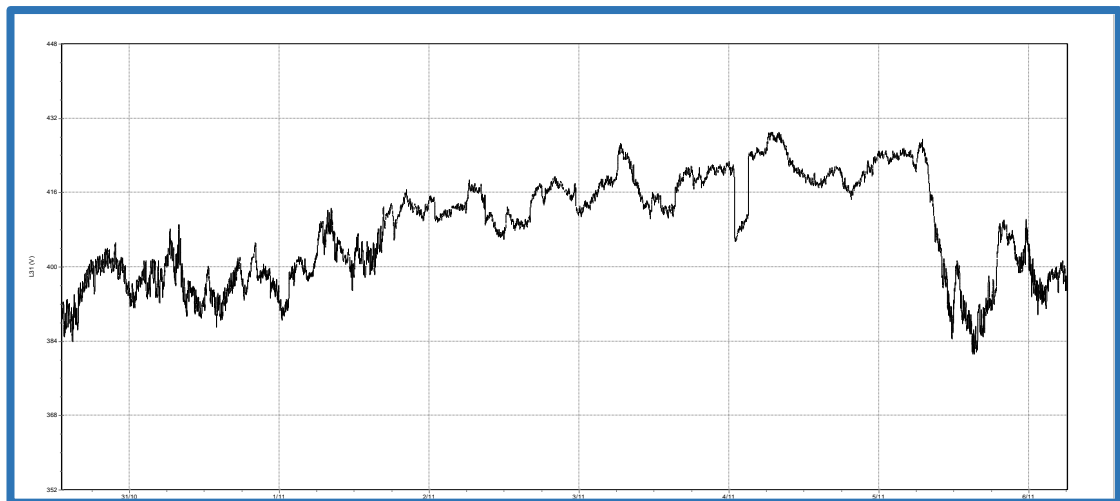


FIGURA 51: RESULTADO DE VOLTAJE L3-1 DE LA MEDICIÓN 1- L3-L1

TABLA 18: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 1 L3-L1

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	429,16 V
En	04/11/2018 8:01:13
Valor mínimo	381,23 V
En	05/11/2018 15:03:13
U (MED)	407,846 V
S	11,3507 V
5% percentil	389,6 V

95% percentile	424,4 V
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

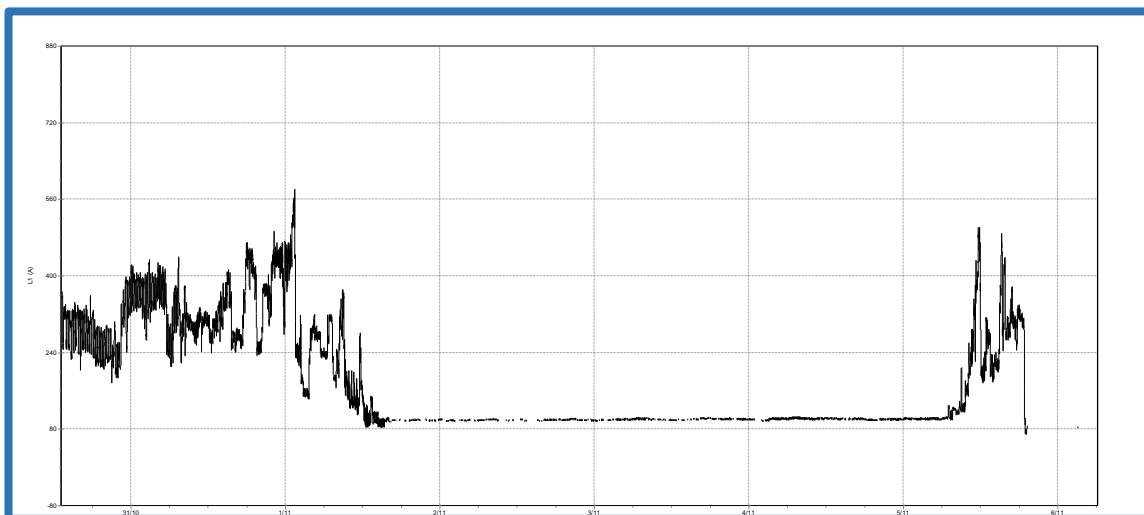


FIGURA 52: RESULTADO DE AMPERAJE L1 DE LA MEDICIÓN 1 – L1 A

TABLA 19: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE MEDICIÓN 1- L1 A

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	876,2 A
En	01/11/2018 1:26:13
Valor mínimo	118 A
En	05/11/2018 18:58:13
U (MED)	266,174 A
S	157,619 A
5% percentil	144,6 A
95% percentile	598,8 A
% [85% - 110%]	0,5456 %
% [90% - 110%]	0,5456%

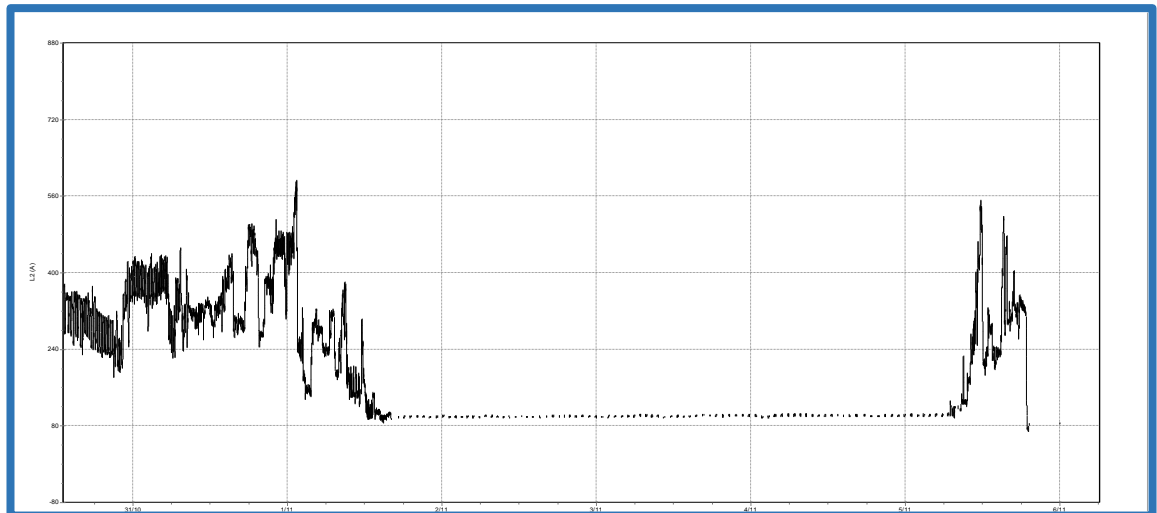


FIGURA 53: RESULTADO DE AMPERAJE L2 DE LA MEDICIÓN 1 – L2 A

TABLA 20: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE MEDICIÓN 1- L2 A

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	889,2 A
En	01/11/2018 1:26:13
Valor mínimo	119,8 A
En	05/11/2018 18:58:13
U (MED)	277,764 A
S	175,715 A
5% percentil	139,2 A
95% percentile	637,8 A
% [85% - 110%]	1,835 %
% [90% - 110%]	1,835 %

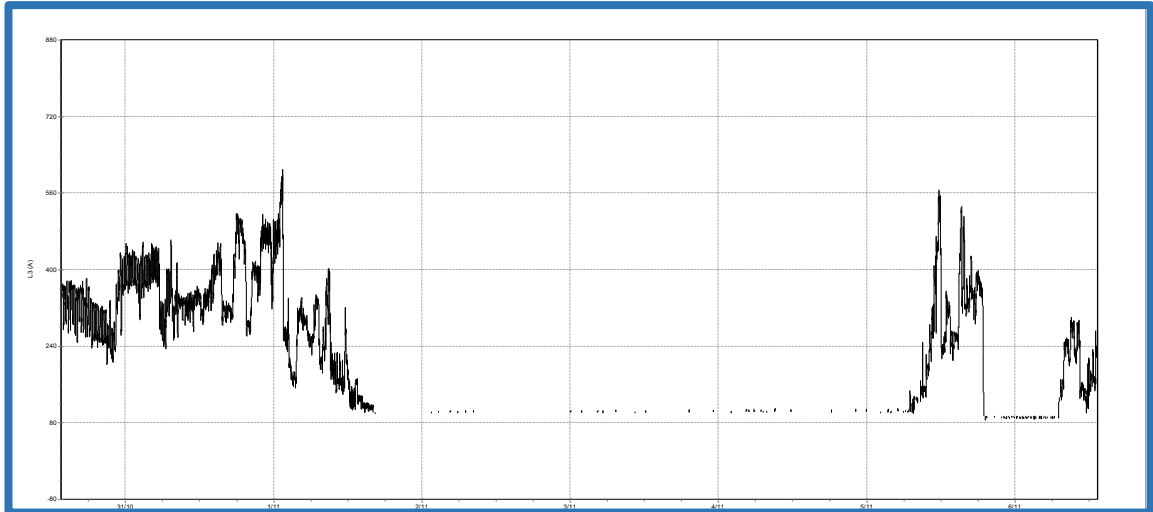


FIGURA 54: RESULTADO DE AMPERAJE L3 DE LA MEDICIÓN 1 – L3 A

TABLA 21: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE MEDICIÓN 1- L3 A

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	928 A
En	01/11/2018 1:26:13
Valor mínimo	130,4 A
En	05/11/2018 23:04:13
U (MED)	285,666 A
S	182,914 A
5% percentil	146,4 A
95% percentile	656,4 A
% [85% - 110%]	0,01984 %
% [90% - 110%]	0,01984 %

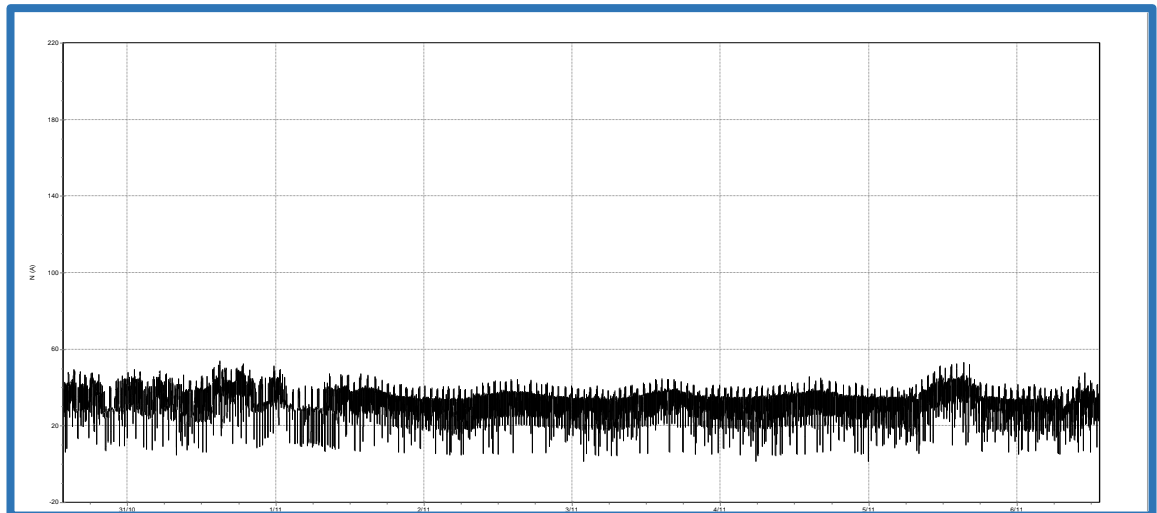


FIGURA 55: RESULTADO DE AMPERAJE NEUTRO DE LA MEDICIÓN 1 – N A

TABLA 22: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN CORRIENTE MEDICIÓN 1- N A

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	92 A
En	31/10/2018 18:43:13
Valor mínimo	3,6 A
En	04/11/2018 05:45:13
U (MED)	50,9033 A
S	14,042 A
5% percentil	25,2 A
95% percentile	73,4 A
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

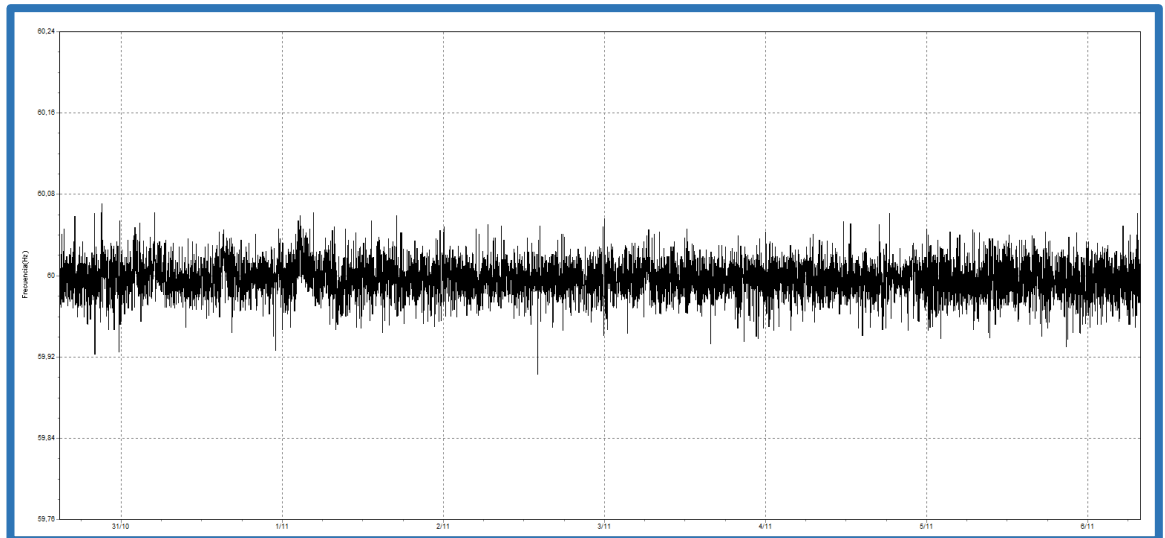


FIGURA 56: RESULTADO DE LA MEDICIÓN EN FRECUENCIA HZ

TABLA 23: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN FRECUENCIA HZ

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	60,071 Hz
En	31/10/2018 18:43:13
Valor mínimo	59,996 Hz
En	02/11/2018 14:45:13
U (MED)	59,996 Hz
S	0,0169 Hz
5% percentil	59,97 Hz
95% percentile	60,03 Hz
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

Acontinuacion se visualizan graficas de los armónicos:

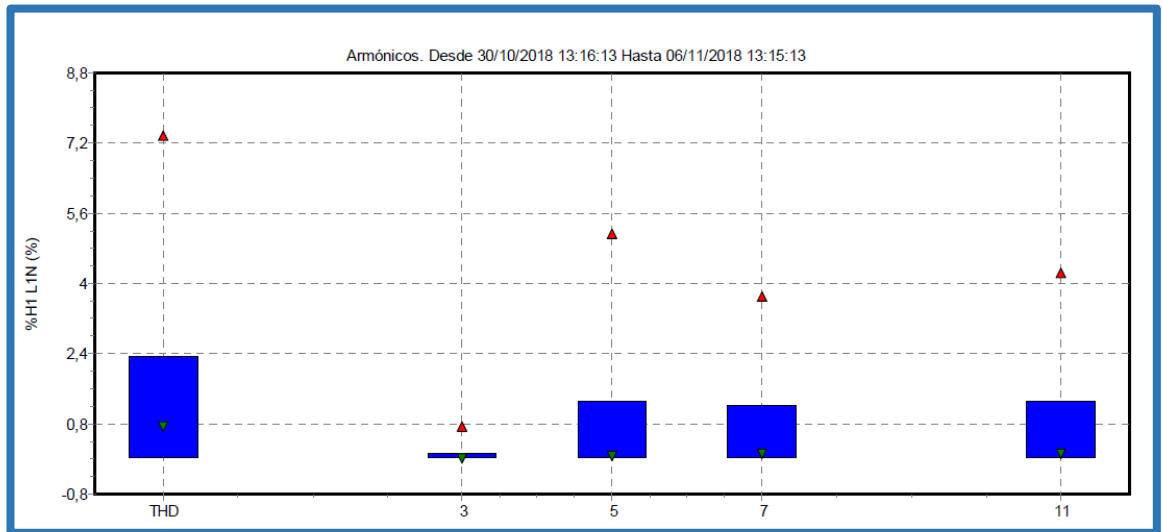


FIGURA 57: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L1

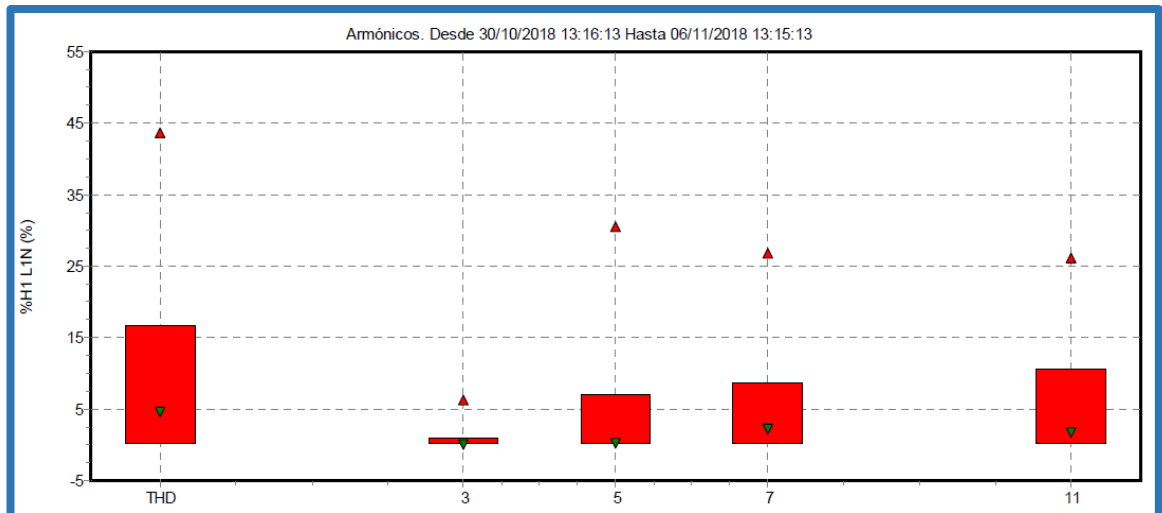


FIGURA 58: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) L1

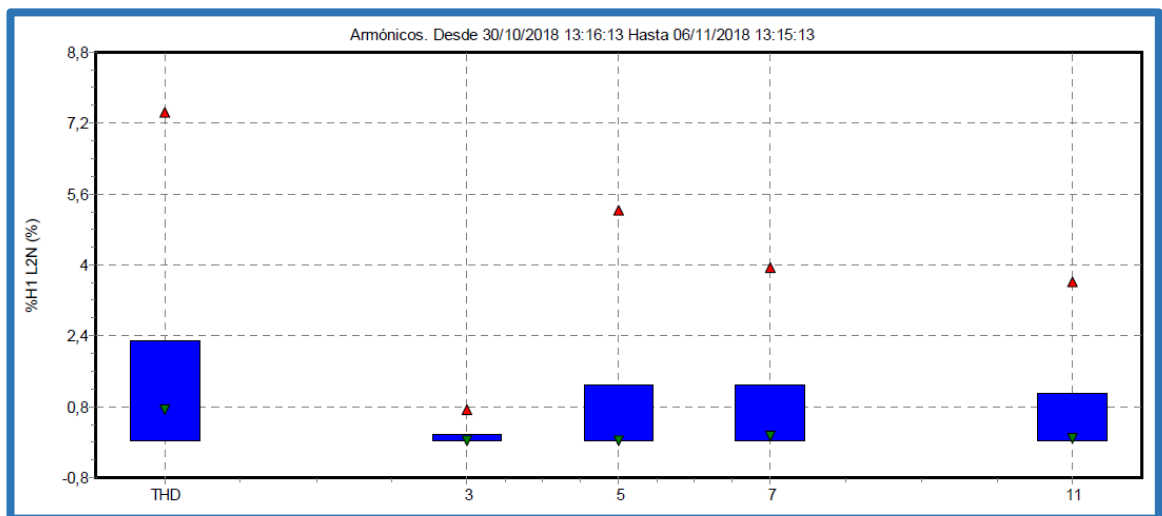


FIGURA 59: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L2

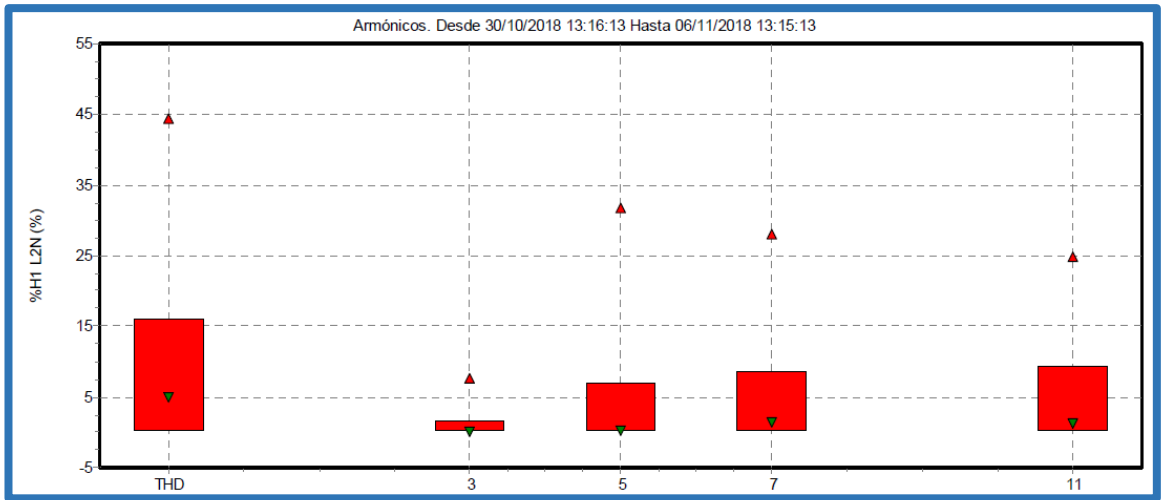


FIGURA 60: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) L2

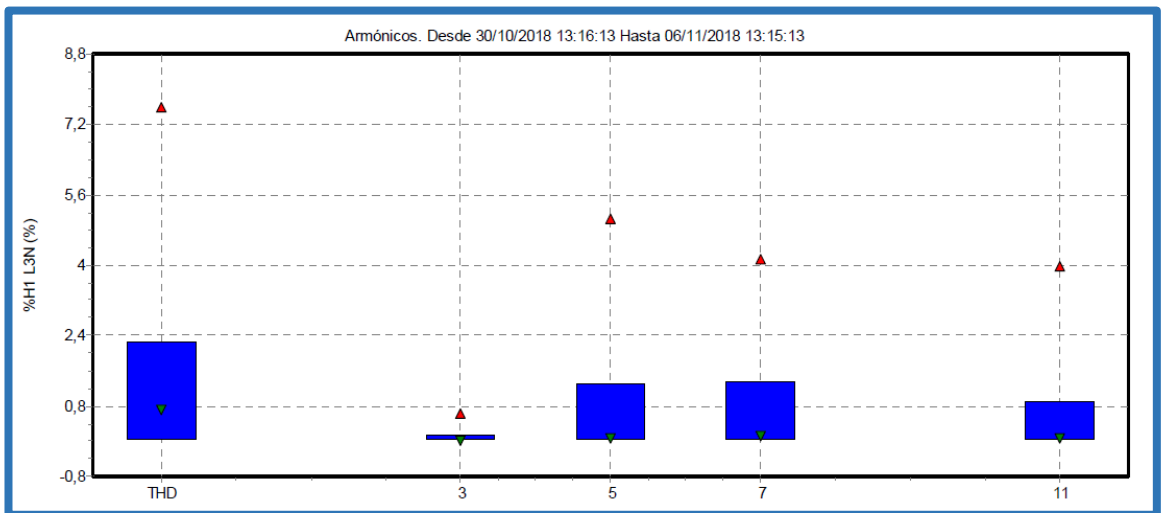


FIGURA 61: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L3

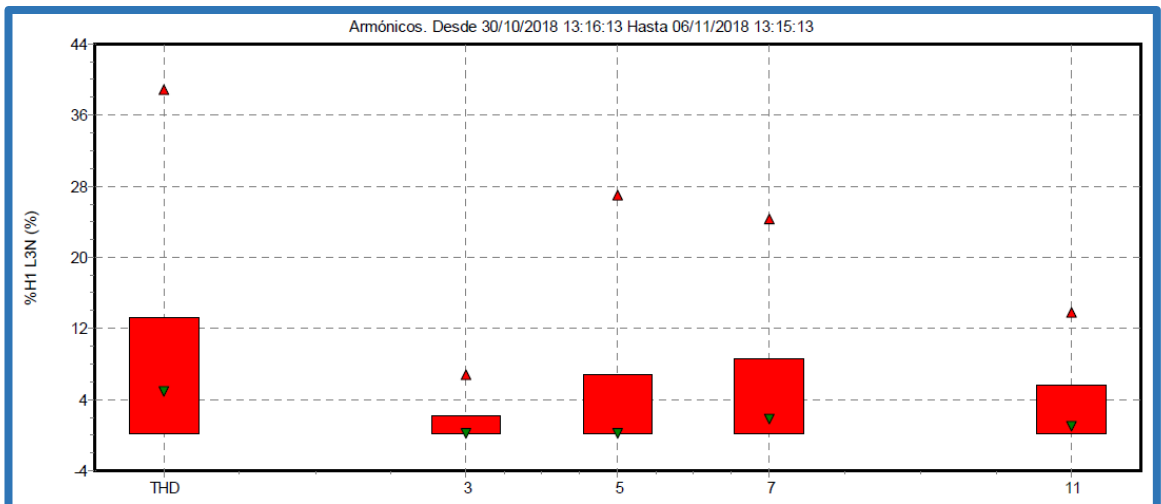


FIGURA 62: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) L3

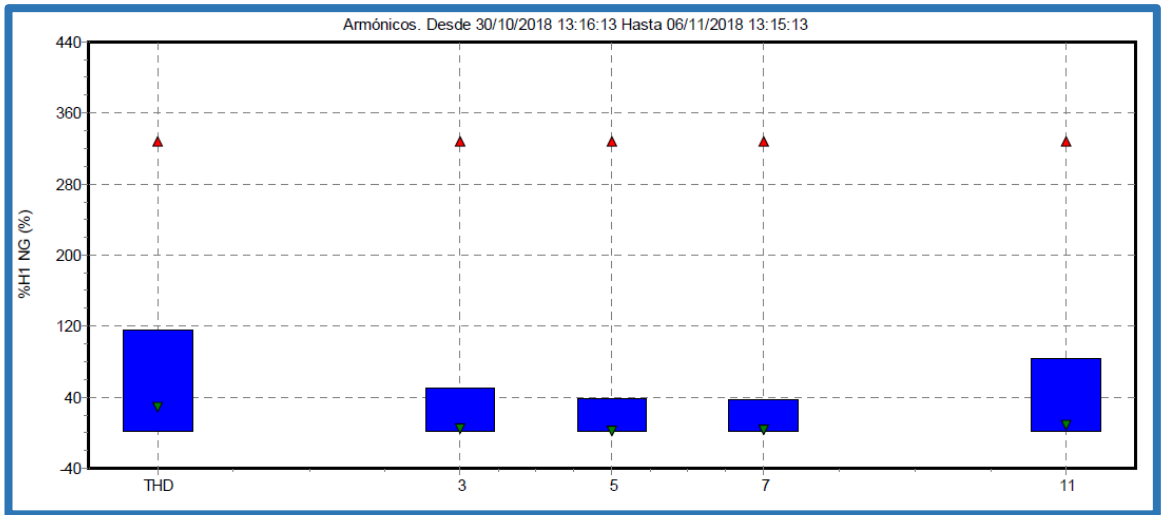


FIGURA 63: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) NG

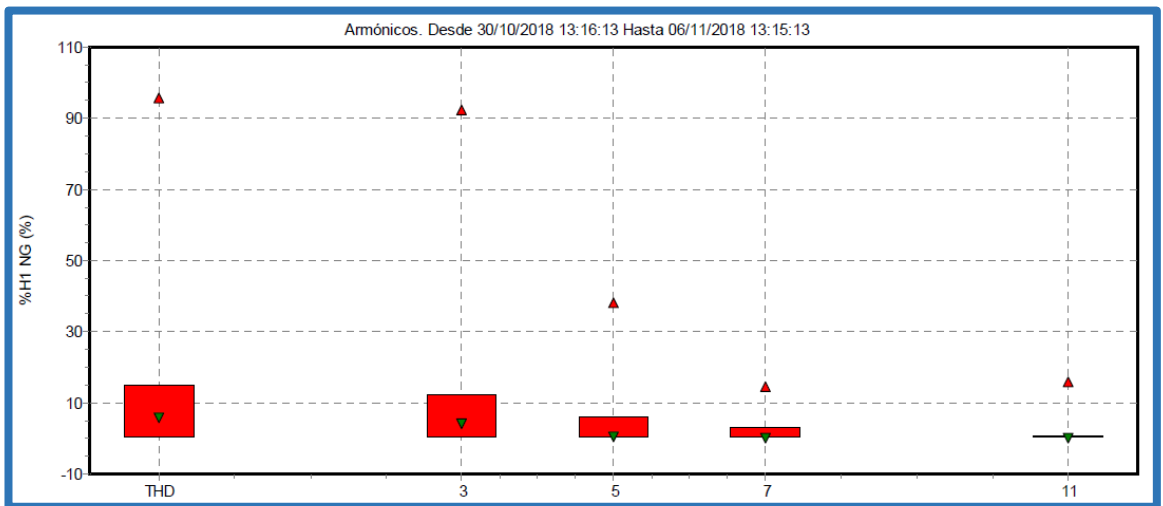


FIGURA 64: RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) NG

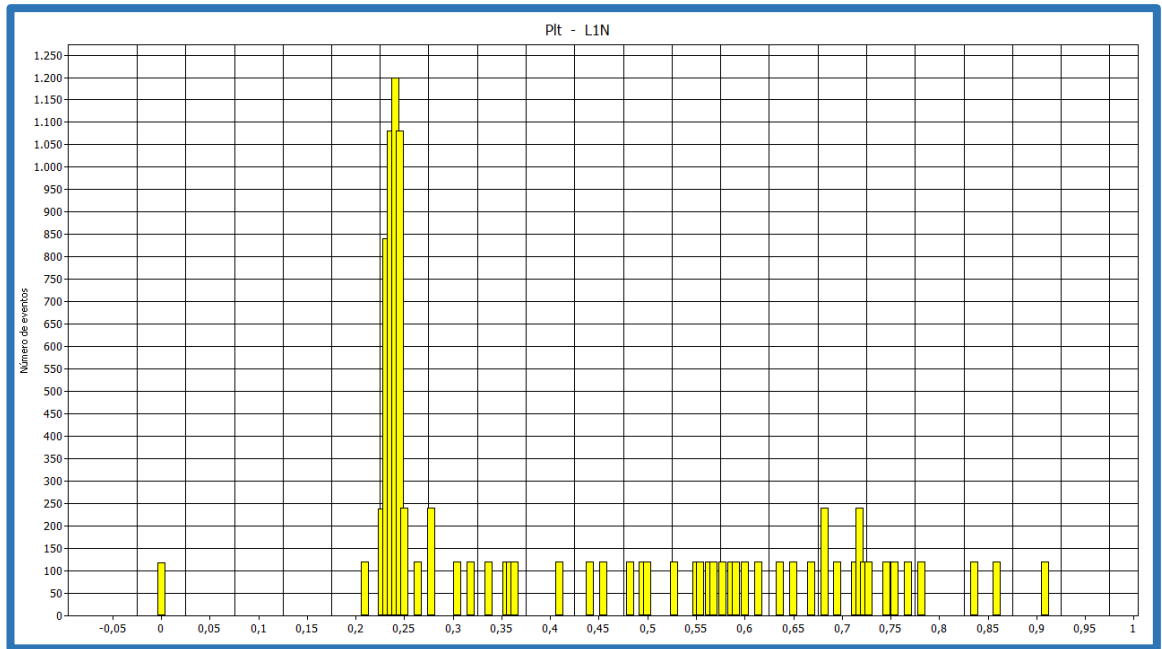


FIGURA 65: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L1

TABLA 24: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L1

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	0,912
En	31/10/2018 18:43:13
Valor mínimo	0
En	31/10/2018 14:45:13
U (MED)	0,409
S	0,232
5% percentil	0,232
95% percentile	0,771
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

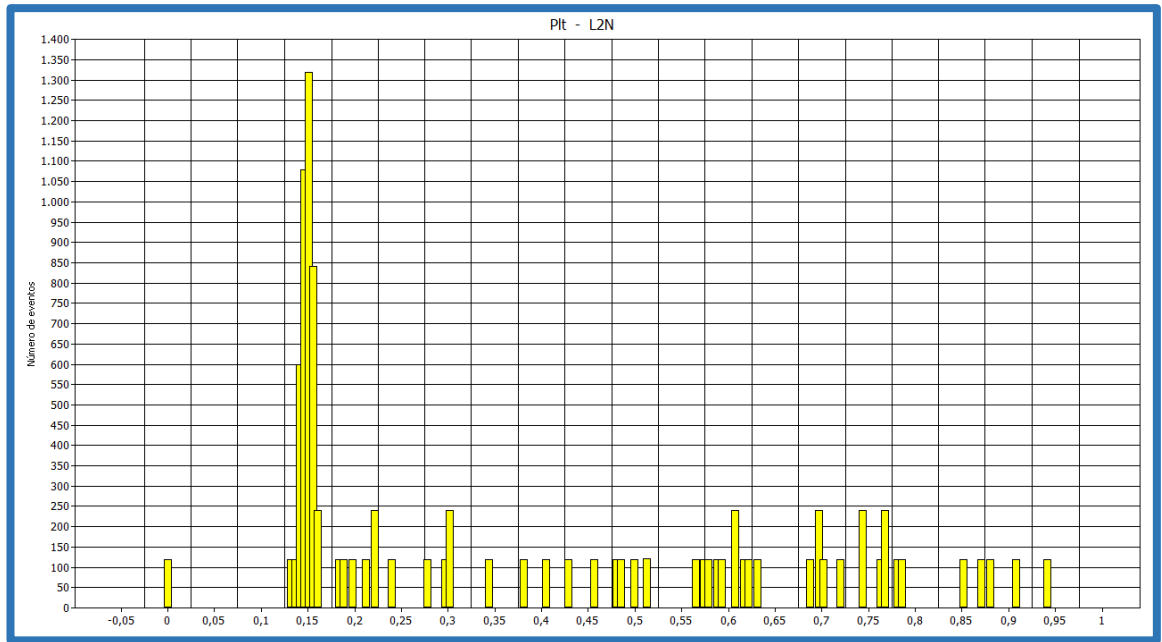


FIGURA 66: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L2

TABLA 25: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L2

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	0,945
En	31/10/2018 18:43:13
Valor mínimo	0
En	31/10/2018 14:45:13
U (MED)	0,374
S	0,260
5% percentil	0,143
95% percentile	0,855
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

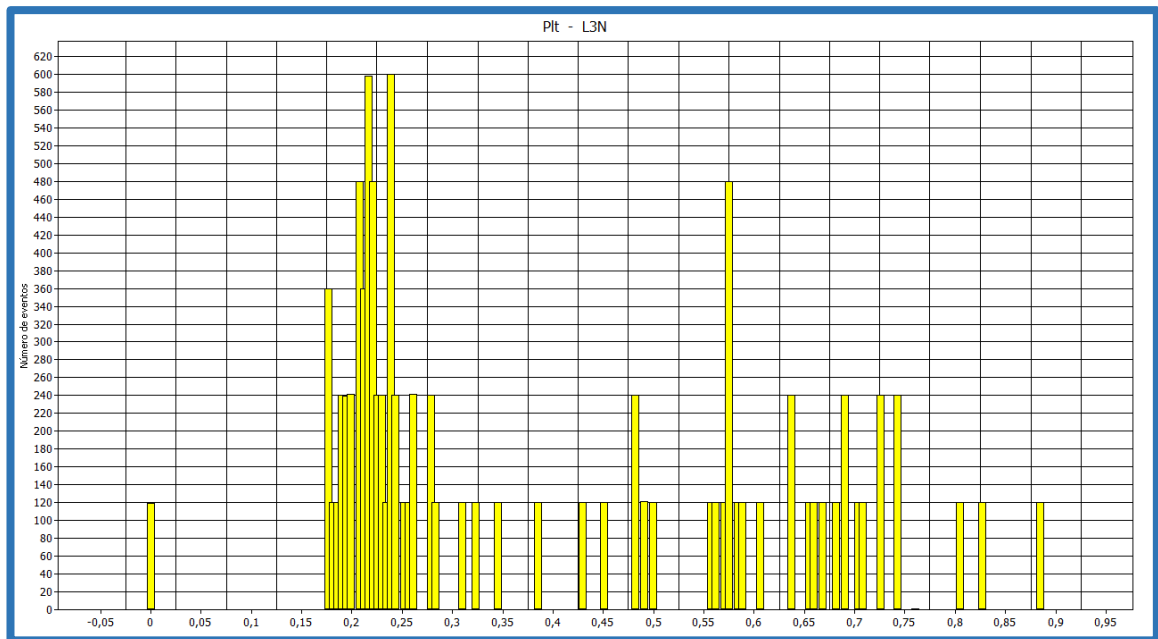


FIGURA 67: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L3

TABLA 26: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L3

RESUMEN	
Desde	30/10/2018 13:16:13
Hasta	06/11/2018 13:15:13
Valor máximo	0,888
En	31/10/2018 18:43:13
Valor mínimo	0
En	31/10/2018 14:45:13
U (MED)	0,387
S	0,2122
5% percentil	0,182
95% percentile	0,745
% [85% - 110%]	0 %
% [90% - 110%]	0 %

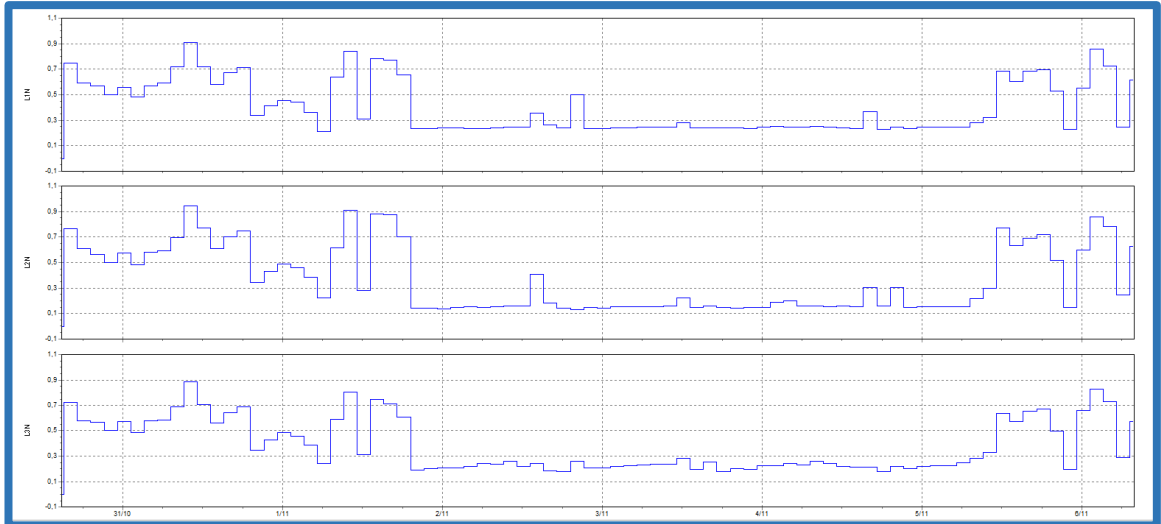


FIGURA 68: RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L1,2,3

TABLA 27: PARÁMETROS MEDIDOS DE TENSIÓN CON LA NORMA EN50160.

Porcentaje de intervalos	Tensión (219,39 V)		
	219,39 V ... 241,33 V		
	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]
% de intervalos definido por el usuario	219,91 V ... 232 V	219,76 V ... 239 V	221,2 V ... 235.71 V
95% percentil	225,1 V	226,8 V	225.4 V
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160		

TABLA 28: PARÁMETROS MEDIDOS DE FRECUENCIA MEDICIÓN 1.

Porcentaje de intervalos	Frecuencia (60,00 Hz)
	59,94 % ... 60,60 %
	f [Hz]
% de intervalos definido por el usuario	59,996 Hz ... 60,071 Hz
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160

TABLA 29: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L1,2,3

Porcentaje de intervalos	Flicker PLT (0,00 V)		
	00,00 V ... 1,00 V		
	Fplt1 []	Fplt2 []	Fplt3 []
% de intervalos definido por el usuario	0,00 ... 0,77	0,00 ... 0,85	0,00 ... 0,74
resultado	Si cumple con la norma EN 50160		

TABLA 30: PARÁMETROS MEDIDOS DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN DE LA MEDICIÓN 1.

Porcentaje de intervalos	L1	L2	L3
a3			
0,00 % ... 5,00 %	0,02 % ... 0,33 %	0,05 % ... 0,61 %	0,04 % ... 0,44 %
a5			
0,00 % ... 6,00 %	0,21 % ... 4,28 %	0,41 % ... 4,39 %	0,1 % ... 4,06 %
a7			
0,00 % ... 5,00 %	0,02 % ... 2,89 %	0,26 % ... 3,05 %	0,13 % ... 3,01 %
a11			
0,00 % ... 3,50 %	1,02 % ... 2,96 %	0,88 % ... 2,01 %	0,85 % ... 2,46 %
Resultados	Si cumple con la norma EN 50160		

TABLA 31: VALORES DE REFERENCIA THD

Porcentaje de intervalos	Valores medidos THD		
	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]
V. máximo THD	7,36 V	7,45 V	7,59 V
95% percentil THD	5,19 V	5,18 V	5,29 V
V. mínimo THD	0,74 V	0,75 V	0,7 V
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160		

3.9.5 Conclusiones y observaciones de la medición 1

De acuerdo a la norma establecida para la medición de calidad de energía se generan las siguientes conclusiones y observaciones:

- El estudio de propiedad de la energía si pasa según los parámetros de la norma EN 50160.
- El análisis armónico se halla dentro de los parámetros determinados por la norma EN 50160.
- Se observa que las medidas de consumo, la máxima potencia aparente medida es de 404,6 KVA, se debe tomar en cuenta que la capacidad del transformador es de 500 KVA, esto quiere decir que en un tiempo determinado el transformador está trabajando a 80.92% de su capacidad.
- El factor de potencia se encuentra en parámetros aceptables por la empresa distribuidora, teniendo un FP de 0.97.
- Para el rediseño del sistema eléctrico se tomará mucho en cuenta el balance de cargas para que no existan problemas de desbalance y asimetrías en la onda de tensión.
- Las curvas de las Mediciones se encuentran en el anexo 3 del documento.

3.9.6 Medición 2 al transformador a 220V



FIGURA 69: CONEXIÓN EQUIPO DE MEDICIÓN SISTEMA TRIFÁSICO 4 HILOS. FUENTE: [23]

Para el transformador 2 se realizó una medición con una duración de 7 días de los cuales se programó el equipo para que capture lecturas cada 10 minutos, también se configuro el equipo para que mida todas las magnitudes referentes a la calidad de energía y otras magnitudes que nos darán un en foque del consumo de energía de la planta.

La configuración de la conexión del equipo es para un sistema estrella dado a que el transformador en los bushing de baja tensión tiene ese tipo de conexión, en la figura 43 se muestra el tipo de conexión que se realizó.

3.9.7 Resultados medición transformador 220V

Una vez termina la medición mediante el software del equipo de medición METREL® PowerView v2.0.0.1055 (64-bit), nos arrojó el informe correspondiente usando la Norma EN50160 a continuación se adjuntan las imágenes y tablas del registro de los resultados de la medición.

TABLA 32: TABLA DE INFORMACIÓN GENERAL DE LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE ENERGÍA DEL TRANSFORMADOR A 220V

Propiedades del registro	
Hora de inicio	20/8/2018 10:15:00,052
Hora de parada	27/8/2018 10:18:00,268
Duración	7 días 00 h 00 m 0 s (1008 intervalos x 10 m 0 s)
Causa de parada	Parada manual, Finalizado con éxito
Ajustes de medición	
Escala U	110-240V L-N
Pinza I1/2/3	Smart (1x3kA), escala 100%
Pinza IN	Smart (1x3kA), escala 100%
Sinc. frecuencia	U1
Conexión	4H
Ajustes de los eventos	
Tensión nominal	127,00 V
Umbral de caída	90,10 % (115,45 V)
Umbral de subida	110,00 % (139,70 V)
Umbral de interrupción	9,90 % (21,78 V)
Propiedades del instrumento	
Modelo	METREL MI2792 Fw11.0.731
Versión	hw: 7.0, fw: 11.0.731
N/s	12400780
Datos del usuario	Operater

Información diversa	
Descargado el	27/08/2018 18:36:19
Descargado por	Kevin Mackliff – Rubén Sánchez
Descargado utilizando	METREL® PowerView v2.0.0.1055 (64-bit), es-ES
Versión de Windows	Windows 7 64-bit (Microsoft Windows NT 6.2.9200.0)

Como ya antes se mencionó, el software de análisis nos arroja un informe en el cual nos muestra una gráfica que nos indica si la medición pasa los parámetros de calidad establecidos por la norma y mediante unas tablas, que nos indica si los valores medidos están dentro de los parámetros admisibles que cita la norma antes mencionada.

También nos arroja una tabla en la cual nos indica cada uno de los grados armónicos del armónico grado 2 hasta el 25, con su respectiva tabla de los valores medidos y la cual nos indicara si los parámetros medidos están dentro de lo establecido en la norma.

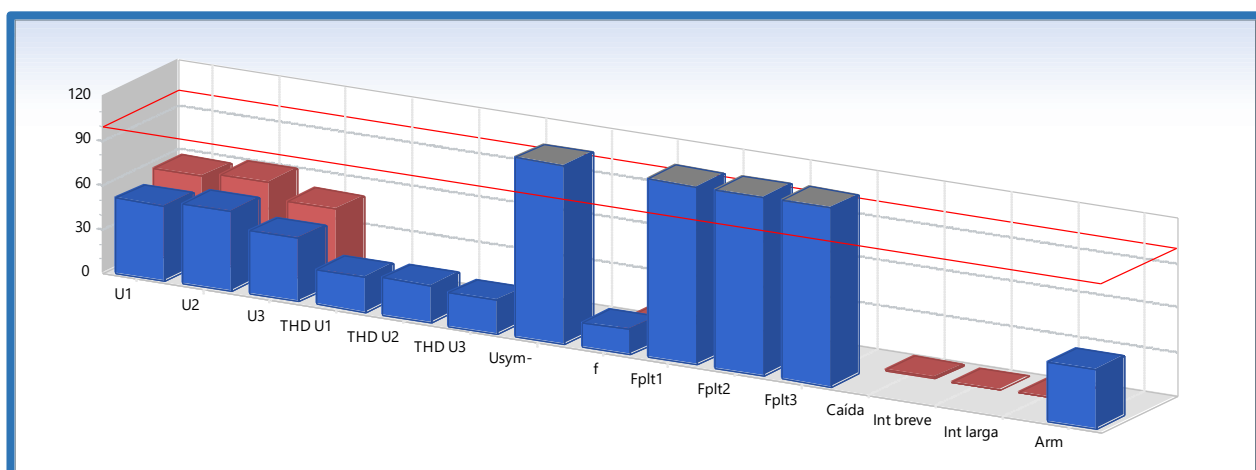


FIGURA 70: RESULTADOS CALIDAD DE TENSIÓN DE LA MEDICIÓN 2

TABLA 33: PARÁMETROS MEDIDOS EN VOLTAJE MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	Tensión (138,7 V) 124,83 V ... 152,57 V		
	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]
% de intervalos definido por el usuario	127,60 V ... 133,40 V	127,60 V ... 133,80 V	126,20 V ... 132,40 V
100% de intervalos	127,60 V ... 134,40 V	127,60 V ... 134,80 V	126,20 V ... 133,40 V
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160		

TABLA 34: PARÁMETROS MEDIDOS DE % DE THD MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	THD tensión (0,00 %)		
	0,00 % ... 8,00 %		
	THD U1 [%]	THD U2 [%]	THD U3 [%]
% de intervalos definido por el usuario	1,10 % ... 1,90 %	1,10 % ... 2,00 %	1,00 % ... 1,80 %
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160		

TABLA 35: PARÁMETROS MEDIDOS DE ASIMETRÍA DE TENSIÓN MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	Asimetría de Tensión (0,00 %)
	0,00 % ... 2,00 %
	Usym- [%]
% de intervalos definido por el usuario	100,00 % ... 100,00 %
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160

TABLA 36: PARÁMETROS MEDIDOS DE FRECUENCIA MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	Frecuencia (60,00 Hz)
	59,94 % ... 60,60 %
	f [Hz]
% de intervalos definido por el usuario	59,90 Hz ... 60,09 Hz
100% de intervalos	59,81 Hz ... 60,15 Hz
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160

TABLA 37: PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKERS DE MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	Flicker PLT (0,00 V)		
	00,00 V ... 1,00 V		
	Fplt1 []	Fplt2 []	Fplt3 []
% de intervalos definido por el usuario	0,00 ... 1,67	0,00 ... 1,73	0,00 ... 2,08
Resultado	No cumple con la norma EN 50160		

TABLA 38: PARÁMETROS MEDIDOS DE ARMÓNICOS DE LA MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	Armónicos (0,00 %)
	0,00 % ... 0,50 %
	THD V
% de intervalos definido por el usuario	0,10 % ... 0,20 %
Resultado	Si cumple con la norma EN 50160

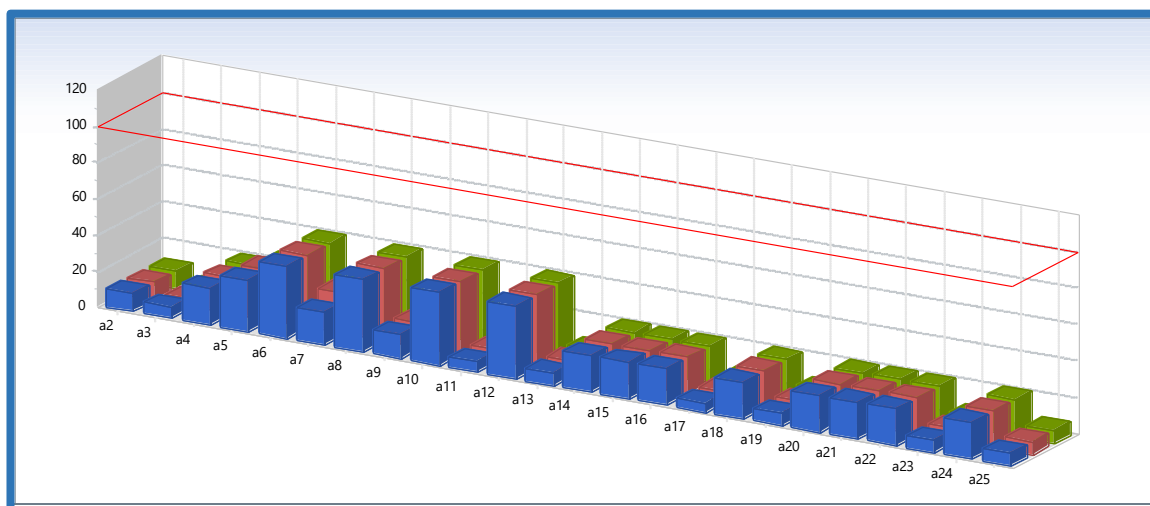


FIGURA 71: CALIDAD DE ARMÓNICOS DE LA MEDICIÓN 2.

TABLA 39: PARÁMETROS MEDIDOS DE ARMÓNICOS DE LA MEDICIÓN 2.

Porcentaje de intervalos	L1	L2	L3
a2	0,20 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 2,00 %			
a3	0,20 % ... 0,30 %	0,20 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 5,00 %			
a4	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 1,00 %			
a5	0,70 % ... 1,70 %	0,80 % ... 1,70 %	0,50 % ... 1,50 %
0,00 % ... 6,00 %			
a6	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 0,50 %			
a7	0,20 % ... 0,90 %	0,20 % ... 1,10 %	0,20 % ... 1,00 %
0,00 % ... 5,00 %			
a8	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %
0,00 % ... 0,50 %			
a9	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %
0,00 % ... 1,50 %			

a10	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 0,50 %			
a11	0,20 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 3,50 %			
a12	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,20 % ... 0,20 %
0,00 % ... 0,50 %			
a13	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %	0,10 % ... 0,20 %
0,00 % ... 3,00 %			
a14	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a15	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a16	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a17	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 2,00 %			
a18	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a19	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 1,50 %			
a20	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a21	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a22	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a23	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 1,50 %			
a24	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 0,50 %			
a25	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %	0,10 % ... 0,10 %
0,00 % ... 1,50 %			

Como en la primera medición también se sacaron los efectos de los valores máximos y mínimos de la medición de la potencia activa, reactiva, aparente y el factor de potencia.

TABLA 40: MEDICIÓN PARÁMETROS DE POTENCIA MEDICIÓN 1

CUADRO DE POTENCIAS MEDIDAS										
VALORES MEDIDOS	P1 KW	P2 KW	P3 KW	Q1 KVAR	Q1 KVAR	Q1 KVAR	S1 KVA	S2 KVA	S3 KVA	FP
MAX	60	63	57	45	42	36	72	75	66	0,91
MIN	36	42	36	24	21	18	45	48	42	0,77

3.9.8 Conclusiones y observaciones de la medición 2.

De acuerdo a la norma establecida para la medición de calidad de energía se generan las siguientes conclusiones y observaciones de la medición:

- El estudio de propiedad de energía No Pasa según los parámetros de la norma EN 50160, los parámetros que indica la asimetría de tensión y flickers están fuera de los límites especificados.
- El análisis armónico se incluye dentro de los parámetros establecidos por la norma EN 50160.
- En medidas de consumo nos podemos dar cuenta que la máxima potencia aparente medida es de 75 KVA, teniendo en cuenta la capacidad del transformador es de 500 KVA, esto quiere decir que en un tiempo determinado el transformador está trabajando al 15% de su capacidad.
- El factor de potencia se encuentra fuera de los parámetros aceptables por la CNEL, teniendo un FP de 0.96 y mínimo admitido por CNEL es de 0.92.
- El desbalance que presenta es porque existe toda la carga monofásica conectada a este transformador y no se ha hecho un buen balance de fases, aunque no presentan sobrecalentamientos en los conductores, pero si se escuchado de casos que existen disparos de los relés térmicos en algunas máquinas lo que se prevé puede ser por el desequilibrio de tensión.
- El flicker se puede notar en las luminarias de la planta que por la fluctuación de tensión en la red no cumple con los parámetros, en toma de datos a los operadores de planta no han percibido este tipo de fenómeno visual más, sin embargo, si existe una molestia por parte del departamento técnico que expresa que se quemar muy rápido las luminarias.

- En el rediseño de la planta se tomará en cuenta un buen balance de cargas para que no existan los fenómenos presentados en la medición, así mismo se propone utilizara luminarias más resistentes al efecto flicker.
- Las curvas de las mediciones se encuentran dentro del documento en el párrafo respectivo.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo del presente trabajo de investigación hablamos de la regeneración de la red eléctrica tomando en cuenta los resultados arrojados por la recogida de información, el estudio de calidad de energía realizado en el capítulo anterior, tomando en cuenta las normativas eléctricas vigentes se procedió a realizar los nuevos esquemas y dimensionamiento de equipos, cables, protecciones eléctricas y la nueva distribución del sistema eléctrico de la planta.

A partir de ahora, se expone de manera más explícita el proceso de producción del rediseño eléctrico.

4.1 Sistema eléctrico en media tensión propuesto

Para el sistema eléctrico nuevo se realizaron las evaluaciones correspondientes y para esto el primer paso que se dio fue realizar una nueva distribución de las cargas a nivel de baja tensión por lo cual se comenzó proponiendo un solo transformador de distribución de capacidad suficiente para que la planta opere al 100%.

Se realizaron los cálculos de protección y dimensionamiento de cables para las cargas y se las reagrupó por áreas con tableros principales por cada sección de producción de la planta.

A continuación, en los siguientes se detalla todo el rediseño propuesto del sistema eléctrico de la planta.

4.1.1 Cálculo de cargas propuesto

Para el sistema eléctrico propuesto se realizó un nuevo cálculo de cargas porque un área de la planta trabajaba a nivel de 220V y se propuso cambiar esta área a nivel de 380V por este motivo se reorganizó el cálculo de cargas y se dimensionó un nuevo transformador a 220V tipo seco el cual contendrá toda la carga de servicios generales, iluminación y talleres.

Se puede observar, en la siguiente tabla se muestra el cálculo total propuesto:

TABLA 41: CALCULO DE CARGAS TOTALES PROPUESTAS

PLANILLA DE CARGAS TOTALES PROPUESTA DE LA PLANTA					
NIVEL DE TENSION	CAPACIDAD INSTALADA (KVA)	CARGA INSTALADA (KW)	DEMANDA MÁXIMA ESTIMADA (KW)	PROTECCIÓN PRINCIPAL	ACOMETIDA PRINCIPAL
380 V	1.000,00	1.574,58	629,83	REG (630-1600)-3P	5X(3#500 MCM+N#500 MCM)+T#500 MCM AWG
TOTAL	1.000,00	1.574,58	629,83		

En el anexo 3 del documento se adjunta todas las planillas del cálculo total de cargas propuesto.

4.1.2 Recorrido en media tensión

En el recorrido de media tensión se propone utilizar el arranque ubicado en el poste P42760 en donde pasan las líneas de distribución de energía administrada por Cnel. unidad de negocios Guayas-los Ríos, a partir de este poste se recomienda cambiar los equipos de seccionamiento y protección por unos nuevos que estén homologados por MEER y seguir las normas técnicas descritas en las unidades de propiedades de la entidad antes mencionada.

La acometida en media tensión estará constituida por 3 cajas seccionadoras porta fusibles a 15 KV de 100 Amp y en su interior contendrán las tiras fusibles tipo K de 40 amperios en la misma estructura de arranque se posicionarán los pararrayos de 10 KV para protección de sobre voltajes.

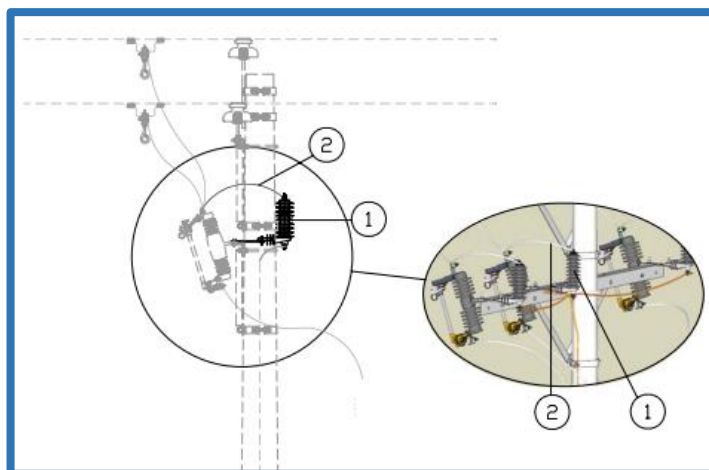


FIGURA 72: ESTRUCTURA PARA SECCIONADORES Y PARARRAYOS. FUENTE [25]

4.1.3 Medición en media tensión

Las normas dictan que para que una medición de servicio eléctrico sea a nivel de media tensión, las demandas deben ser mayores a 300 kilovatios y menores a 1000 kilovatios [8].

De acuerdo a esto con la nueva distribución de la planta tenemos una demanda de 629.83 kilovatios por tal motivo la medición se mantiene como la que existe actualmente con un medidor clase 20 de medición indirecta y sus respectivos transformadores de potencial para medición y los transformadores de corriente.

Se propone realizar un cambio en la estructura donde se asientan los tc's y tp's de medición así mismo realizar el cambio de tuberías y el tablero que contiene la base de socket que se encuentra ya en un estado de oxidación y deterioro.

Las especificaciones técnicas constructivas del tablero que contendrá la base de socket para el medidor clase 20 son las siguientes, deberá ser montado en lámina metálica de 1.5 mm de espesor y estar protegido con pintura anticorrosiva y pintada al horno, el modulo tendrá las siguientes medidas 70x40x25 de alto, ancho, y profundidad, en la parte frontal deberá tener un visor 1 ¼ pulgadas de diámetro para vista del medidor.

La tubería en la cual bajarán las señales de medición tanto de voltaje como las de corriente serán canalizadas mediante una tubería metálica rígida de 1 ¼ de pulgada la cual se conectará al módulo de medición con sus respectivos accesorios.

En el anexo 4 se adjuntan los planos de detalles de la medición en media tensión.

4.1.4 Acometida aislada en media tensión

La acometida trifásica con cable aislado en media tensión bajara del poste de arranque hacia la caja de paso que canalizara y conectara directamente al nuevo cuarto de celdas para realizar la respectiva distribución en media tensión.

La acometida en media tensión estará establecida por una terna de tres cables de cobre de características XLPE de 15 KV tipo MV-90 de calibre #2 AWG para las fases cada uno para su conexión contendrá terminaciones auto contraíbles exteriores para la bajante del poste y de tipo interior para la entrada a la celda de remonte, para el sistema de puesta a tierra se utilizará un cable de cobre TTU #8 AWG.

La canalización de la bajante será mediante una tubería metálica rígida de diámetro de 4 pulgadas la cual llegara hasta la primera caja de paso tipo B según las normas del MEER, contendrá un reversible a la entrada de la tubería esto con el objetivo que la tubería no se llene de agua o basura.

Los ductos subterráneos hacia el cuarto de celdas serán de PVC rígido para cables eléctricos de pared estructurada interior liso y exterior corrugado de 160 mm, estos irán a 0.60 cm del piso terminado esta distancia se da según la tabla del MEER y la construcción de la zanja de ductos se dará cumpliendo las especificaciones técnicas del organismo antes mencionado.

En el anexo 5 se adjunta los detalles de la canalización y acometida aislada en media tensión.

4.1.5 Cuarto eléctrico propuesto

El cuarto eléctrico que se propone se subdivide en el cuarto de celdas, cuarto de transformador y el cuarto del generador de emergencia, todo este complejo de área denominado cuarto eléctrico será construido en paredes de hormigón y con columnas de paredes de hormigón armado con dimensiones de 13.45 metros de ancho por 4.50 metros de largo y con una altura de 3.50 metros de alto, deberá tener en su parte

superior una losa construida hormigón y será diseñada para soportar las cargas máximas de acuerdo a su utilización.

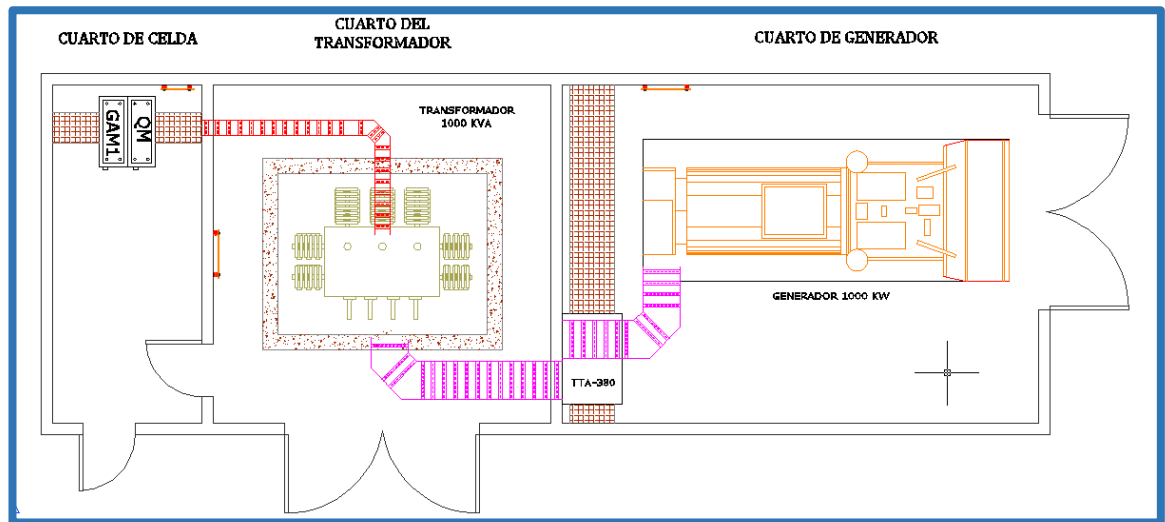


FIGURA 73: CUARTO ELÉCTRICO PROPUESTO.

Todo el cuarto eléctrico estará dotado con su debida iluminación que estará conformada por luces del tipo led con carcasa sellada, así mismo cada área tendrá un tomacorriente de servicios generales que será utilizados en casos que solo conlleven a trabajos dentro del área.

Todas las áreas deberán contar con su señalética respectiva, señales de salida, de seguridad y de niveles de voltaje que se manejen en cada área esto con el objetivo de que no existan accidentes por falta de señalización e información.

En el anexo 6 se adjuntan los planos de detalles del cuarto eléctrico.

4.1.5.1 Área para el cuarto de celdas

El área del cuarto mencionado en el titulo cuenta con 9 metros cuadrados en donde se alojarán las celdas de media tensión que harán la distribución a nivel de 13800 voltios y son las que recogerán la acometida en media tensión y la pasarán por su respectiva celda seccionadora fusibles para ayuda y manejo de desconexión en media tensión del transformador.

El cuarto de celda tendrá para su ingreso una puerta de entrada de 70 centímetros de ancho por 2 metros de alto de dimensiones, estará construida con plancha metálica de 1 1/16” de espesor, el abatimiento tiene que ser hacia la parte exterior del área, esta puerta deberá tener su respectiva señalética de seguridad y de información.

Las celdas de media tensión instaladas en el cuarto serán del tipo compactas modulares fabricadas con planchas metálicas que en su interior contendrán compartimientos donde alojaran los equipos de corte, seccionamiento y como elemento aislante utilizaran el gas de hexafluoruro de azufre (SF6).



FIGURA 74: CELDAS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA EN MEDIA TENSIÓN. FUENTE: [26]

Este cuarto contará con dos tipos de celdas, la primera será la celda tipo remonte que recogerá los cables de la acometida y los conectará a la barra principal en media tensión, se conectara a la celda Seccionadora fusibles esta celda su función principal es la protección del transformador en media tensión y así como también se podrá realizar maniobras de desconexión en media tensión.

TABLA 42: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CELDAS DE MEDIA TENSIÓN

Características generales	Celda de remonte	Celda seccionadora fusible
Tensión asignada	17,5 KV	
Máxima capacidad de ruptura	20 KA, 1Seg	
Índice de protección	IP2XC	
Temperatura de funcionamiento	-5 °C a + 40 °C	
Dimisiones (altura x ancho x profundidad) mm	1600x375x940	1600x375x940

4.1.5.2 Área para el cuarto de transformador

El área del cuarto para el transformador es tendrá un área de 20.25 metros cuadrados estas dimensiones cumplen con la normativa para la instalación de un transformador de capacidad hasta 1000 KVA.

En esta área el transformador será montado sobre un base de hormigón que será construida sobre el piso y que deberá ser por lo mínimo de 10 centímetros de alto y estará diseñada para soportar el peso del transformador, así mismo alrededor de esta base se construirá un foso colector de aceite en su fondo será relleno de grava para la mejor manipulación del aceite en caso de derrame.

El cuarto de transformadores contará con dos puertas de ingreso la primera será una que anexa el área del cuarto de celdas que sería de uso para el personal autorizado de circular el área con unas dimensiones de 70 centímetros de ancho por 2 metros de alto de dimensiones, a la segunda puerta será de dimensiones mayores contara con 3 metros de alto y 2.30 metros de ancho esta puerta está fabricada con el objetivo poder extraer el transformador sin ningún problema y con el espacio suficiente en caso de averías o daño del mismo.

Estas puertas estarán construidas con lámina metálica de 1 1/16” de grosor, el abatimiento tiene que ser hacia la parte exterior del área, deberán tener su respectiva señalética de seguridad y de información.

4.1.5.3 Transformador de Distribución Propuesto

Como ya se había escrito en ítems anteriores se propone la utilización de un solo transformador de distribución por este motivo a continuación se enuncia mediante una tabla las características que debe tener el equipo de transformación:

TABLA 43: CARACTERÍSTICAS GENERALES TRANSFORMADOR PROPUESTO

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR PROPUESTO	
TRANSFORMADOR	Unidad Trifásico
TIPO	Distribución
CAPACIDAD	1000 KVA OA
VOLTAJE PRIMARIO	13,2 KV
VOLTAJE SECUNDARIO	380 V
CONEXIÓN	DYN5
FRECUENCIA	60 Hz
BIL	90KV/30KV
AISLAMIENTO	Aceite dieléctrico
NORMATIVA DE FABRICACIÓN	NTE INEN 2120

4.1.5.4 Área para el cuarto de generadores

El área del cuarto de generadores tendrá un área de 28.58 metros cuadrados dentro de esta área será instalado el generador de emergencia que funcionará en caso el suministro de energía de la empresa eléctrica se corte por problemas externos, el área propuesta para este equipo cumple con las normativas para instalación de un generador con la capacidad propuesta.

En esta área también se instalará el tablero de transferencia automática que sirve para distribuir la energía dependiendo el caso que se dé, en caso de que no exista suministro de energía por medio de la empresa distribuidora automáticamente actuara para que ingrese el generador de emergencia.

A continuación, se describe las características del generador propuesto:

TABLA 44: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GENERADOR PROPUESTO

CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR PROPUESTO	
GENERADOR	Unidad Trifásico
TIPO DE COMBUSTIBLE	Diésel
CAPACIDAD	1000 KW
FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE DE SALIDA	380 V
VELOCIDAD DEL ALTERNADOR	2250
REGULACIÓN DE TENSIÓN	+/- 0.5
NORMATIVA DE FABRICACIÓN	IEC 60034, NEMA MG-1.22

4.2 Sistema de Puesta a Tierra propuesto

El método propuesto de puesta a tierra tiene como base de diseño la normativa IEEE STD 80-2000. Guide for Safety in A.C. Substations Grounding (Guía para Protección de Tierras en Subestaciones). Con la cual se calculó las dimensiones y los parámetros correspondientes para tener una malla a tierra óptima y que garantice la seguridad a los equipos y personas en caso de fallas del sistema eléctrico.

Los principales pasos a desarrollar para el diseño de malla a tierra son las siguientes:

1. Obtener y procesar las medidas de campo.
2. Ingresar los datos al software ETAP, para realizar el cálculo.
3. Alcanzar las Tensiones de paso y toque soportadas por las personas.
4. Formar un diseño Preliminar (Obtener valores aproximados de resistencia).
5. Deducir la máxima corriente que debe disipar la malla.
6. Establecer la dimensión del conductor de la malla.
7. Deducir los potenciales de paso y de toque calculados.
8. Si $GPR > V$ contacto tolerable entonces debe calcularse las Tensiones de malla y de paso en caso de falla, caso contrario el diseño ha concluido.
9. Si V paso tolerable $> V$ paso calculado y V contacto tolerable $> V$ contacto calculado entonces el diseño ha concluido, caso contrario se debe rediseñar configuración de la malla.
10. Si el valor calculado se encuentra dentro de las normas aceptadas, el diseño queda terminado. En caso contrario, proponer un nuevo diseño.

4.2.1 Medición del terreno

De acuerdo a los pasos de desarrollo se realizó la medición del terreno por el método de Wenner el cual consiste en ubicar electrodos en línea recta e igualmente espaciados en este proceso de sondeo se debe ir separando los electrodos de corriente y voltaje con respecto a un punto central fijo. [27]

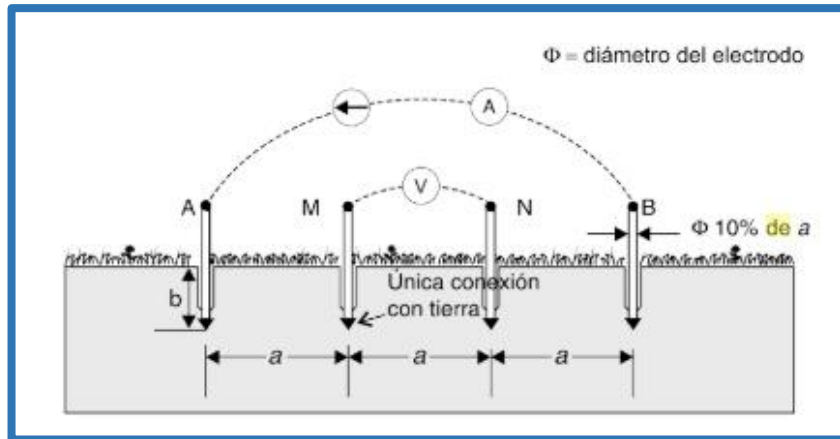


FIGURA 75: ESQUEMA MÉTODO DE WENNER. FUENTE: [27]

Luego de coger los datos obtenidos en 4 mediciones a diferentes distancias con esto se los pasa por la ecuación 10 para sacar los valores de resistividad del terreno y luego se promedia los datos obtenidos para sacar el resultado final de la medición.

$$\rho_a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

ECUACIÓN 10: ECUACIÓN RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

Donde:

ρ_a – Resistividad aparente del suelo (Ω -m).

R – Resistencia medida en Ω .

a – Distancia entre electrodos adyacentes en m.

b – Profundidad de electrodos en m.



FIGURA 76: ESQUEMA MÉTODO DE WENNER. FUENTE: [27]

a continuación, se adjunta la tabla de los datos obtenidos:

TABLA 45: MEDICIONES RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

MEDICIONES					
SEPARACION DE ELECTRODOS (MTS)	DIRECCION 1		DIRECCION 2		PROMEDIO (Ω -m)
	RE (Ω)	ρ_a (Ω -m)	RE (Ω)	ρ_b (Ω -m)	
1	5,87	36,9	2,12	13,3	25,1
1,5	2,43	22,9	1,44	13,6	18,25
2	1,07	13,4	1,24	15,6	14,5
2,5	0,48	7,6	0,29	4,6	6,1

4.2.2 Desarrollo del diseño de la malla a tierra con el software ETAP.

Para ejecutar el cálculo de la malla a tierra en el software ETAP. Debemos comenzar elaborando y configurando el diagrama unifilar general de la planta como base para realizar el cálculo de cortocircuito y determinar que la malla este diseñada para disipar este tipo de evento.

La siguiente imagen nos refleja el diagrama unifilar general en el área donde queremos hacer nuestra malla a tierra.

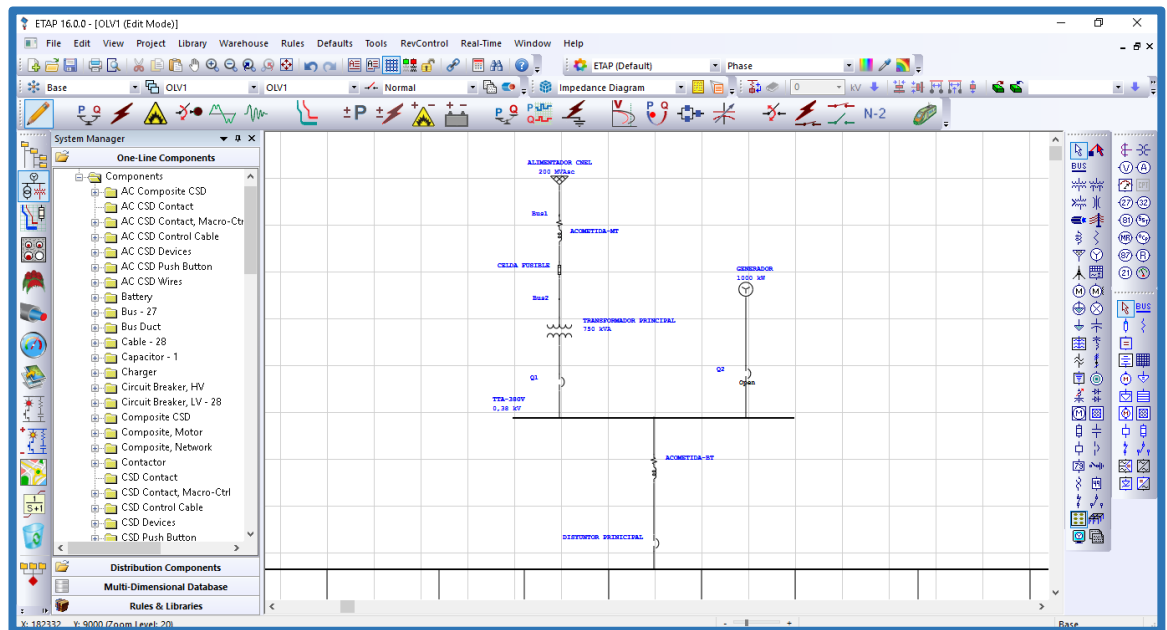


FIGURA 77: DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL EN SOFTWARE ETAP

A continuación, se procede a darle clic al icono “ground grid” con el cual se crea el diseño de la malla.

El Grid generado por el icono lo situamos en la barra principal del diagrama unifilar donde se calculará la falla de cortocircuito que será utilizado para el diseño de la malla.

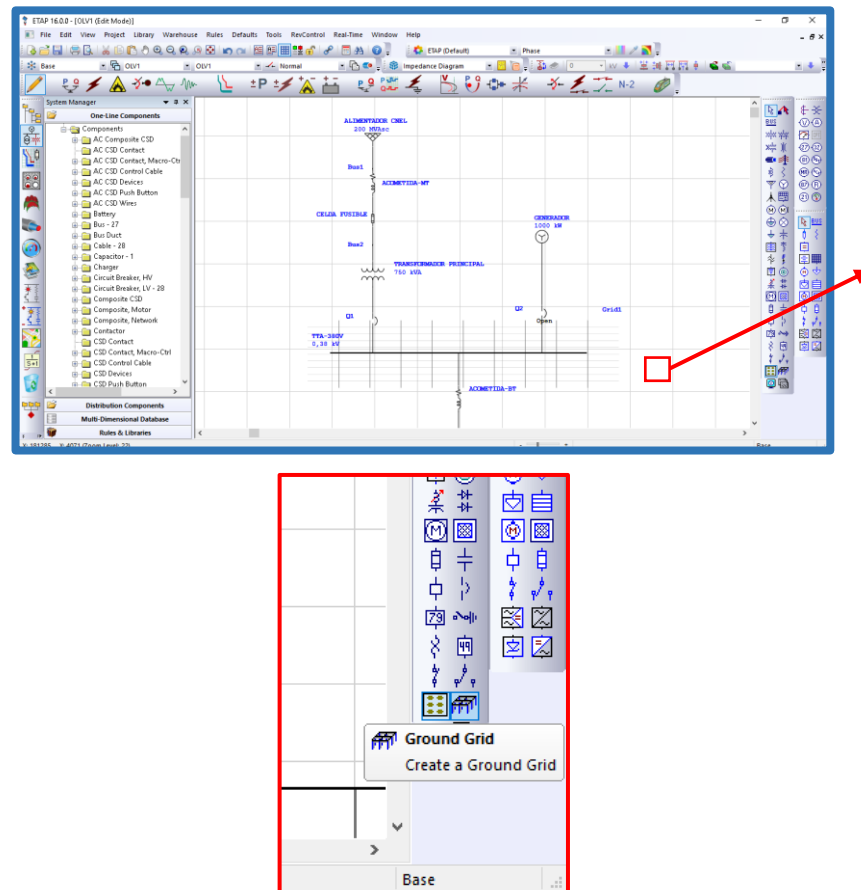


FIGURA 78: ICONO GROUND GRID PARA DISEÑO DE LA MALLA

Una vez realizado este procedimiento, se realiza el cálculo de corto circuito y se lo graba dentro del Grid del diseño de la malla a tierra.

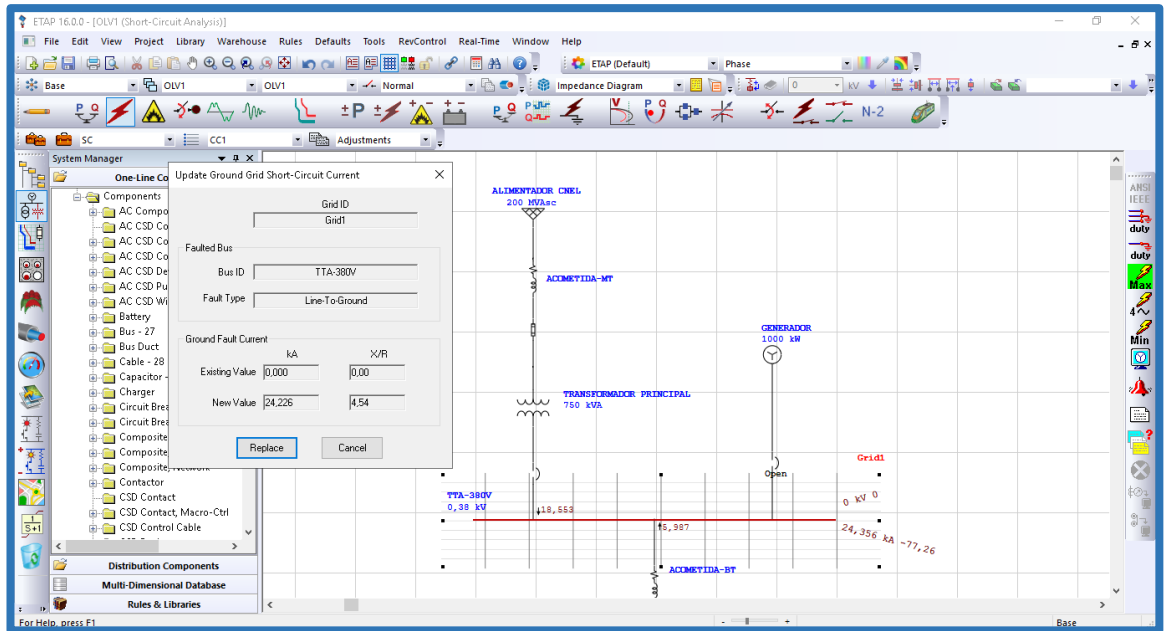


FIGURA 79: CALCULO DE CORTO CIRCUITO EN BARRA PRINCIPAL

Luego de ser guardado el cálculo de cortocircuito el cual se explicará en los siguientes ítems, se procede a abrir la ventana de interface del cálculo.

El software permite realizar el cálculo en dos metodologías, para este proyecto se selecciona el método IEEE-80.

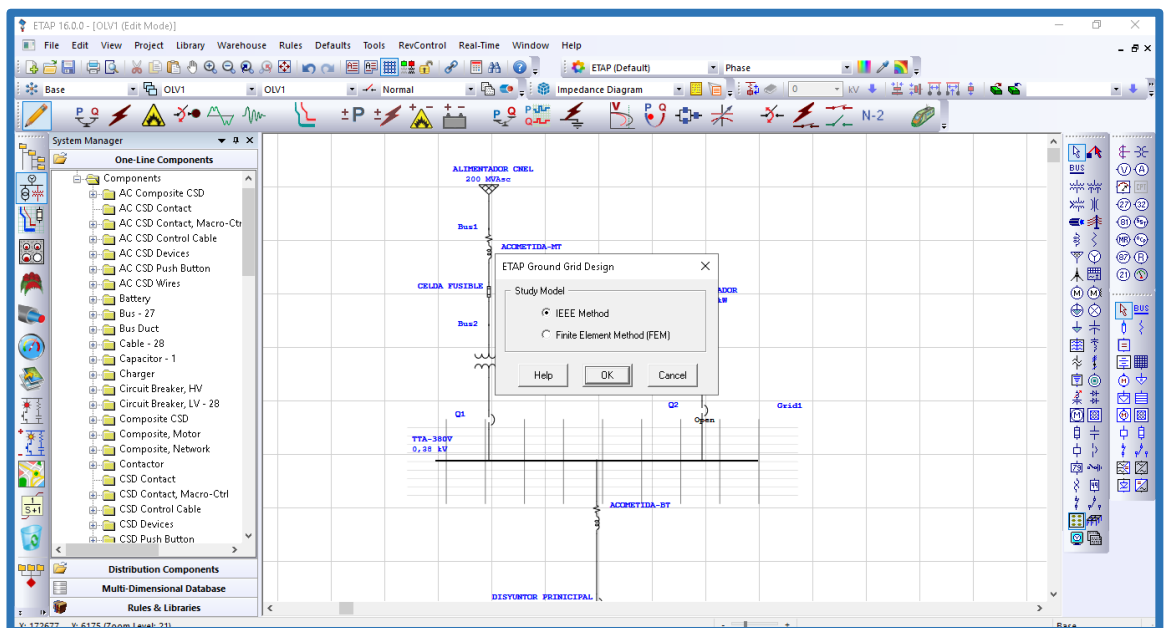


FIGURA 80: SELECCIÓN DE METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA MALLA

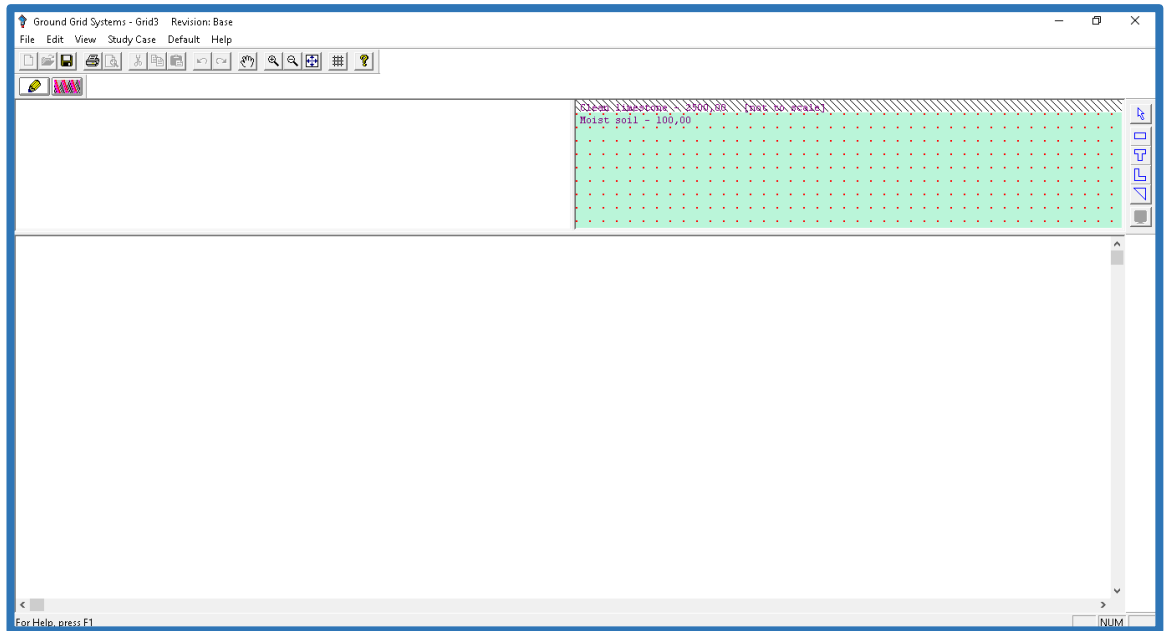


FIGURA 81: VENTANA DE INTERFACE PARA EL CALCULO DE LA MALLA EN ETAP

Una vez dentro de la ventana de diseño de la malla se configura los siguientes parámetros de entrada:

Dimensiones de la malla y configuración de conductor

Longitud en el eje x: 16 m

Longitud en el eje y: 6 m

de conductores eje x: 3

de conductores eje y: 3

Profundidad de la malla: 0.6 cm

Conductor: Cu 4/0 desnudo.

En la siguiente imagen se visualiza el ingreso de los datos al software.

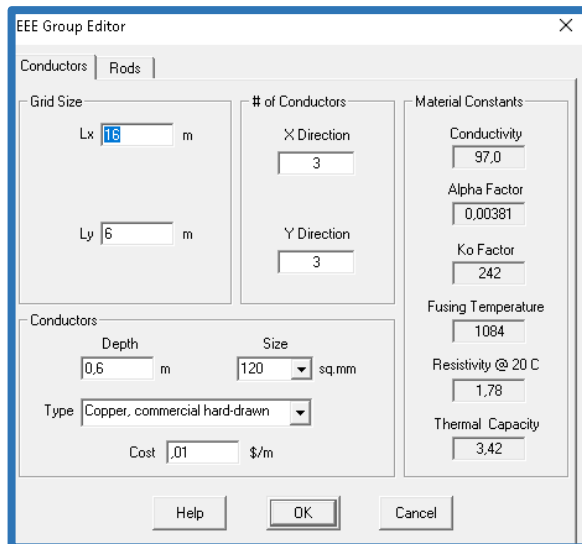


FIGURA 82: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE DIMENSIONES Y CONDUCTOR DE LA MALLA

Configuración de varillas:

de varillas: 9

Diámetro de la varilla: 1 cm

Largo de la varilla: 2.4 m

Conductor: Cu 4/0 desnudo.

En la siguiente imagen se visualiza el ingreso de los datos al software.

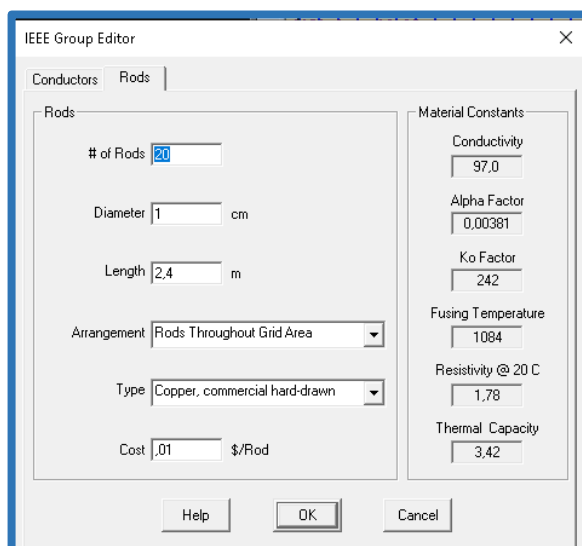


FIGURA 83: VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE VARILLA DE LA MALLA

Configuración de suelo:

Capa superficial: 2500 Ω -m

Capa 1: 25.1 Ω -m

Capa 2: 18.25 Ω -m

En la siguiente imagen se visualiza el ingreso de los datos al software.

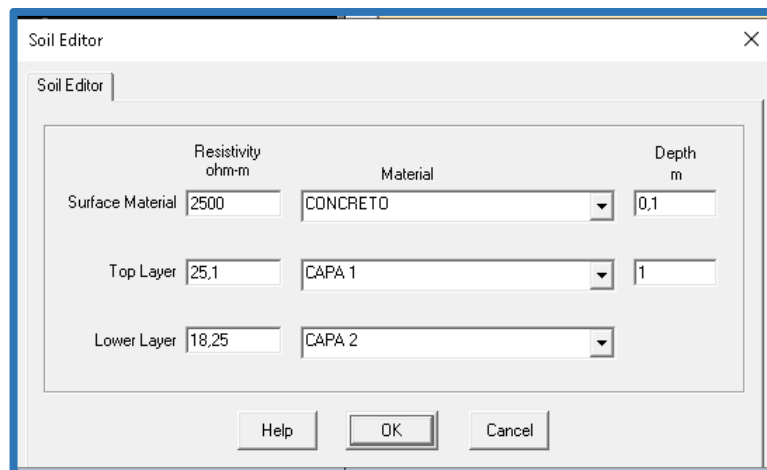


FIGURA 84: : VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE SUELO DE LA MALLA

Configuración de estudio:

Duración de la falla: 0.5 seg.

Temperatura ambiente :40 °C

Peso de una persona: 50 Kg.

Corriente de corto circuito: 24.22 KA

Relación X/R: 4.54

En la siguiente imagen se visualiza el ingreso de los datos al software.

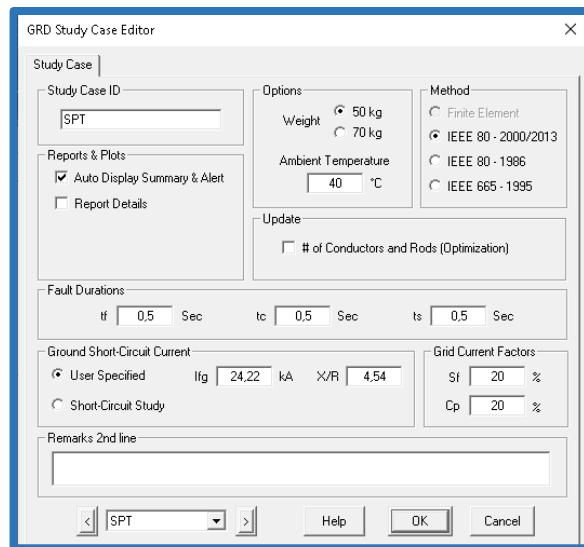


FIGURA 85: : VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE ESTUDIO DE LA MALLA

Una vez configurado los parámetros de entrada se procede a ejecutar el cálculo de malla para verificar que cumpla con la metodología aplicada.

Resultados generados por el software:

TABLA 46: CALCULO DE LA MALLA GENERADO POR EL SOFTWARE ETAP

Resultados obtenidos	Calculado	Tolerable
Voltaje de toque	152.6	590.2
Voltaje de paso	106.2	1868.8
GPR	843.7 V	
Rg	0.861 Ω	

En la siguiente imagen se visualiza el resultado del cálculo generado por el software, si no genera alarmas o advertencias significa que el diseño cumple con los requerimientos del estándar propuesto.

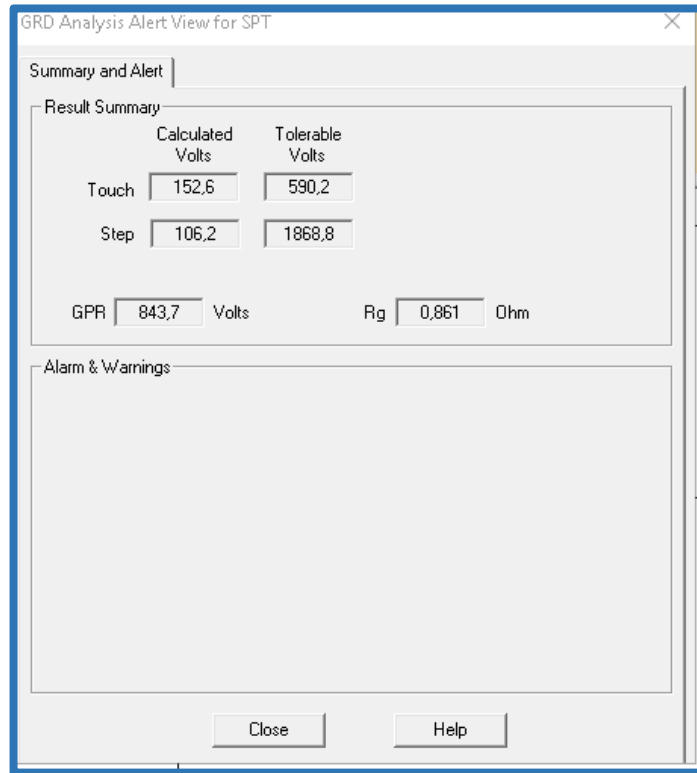


FIGURA 86: : VENTANA DE DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DE CALCULO DE LA MALLA

- Conclusiones

El diseño de la malla si cumple con la norma IEEE STD 80-2000/2013.

-El informe generado por el software, los planos con las especificaciones y detalles de la malla a tierra se encuentran en el anexo 8.

4.3 Sistema eléctrico en baja tensión

Este sistema arranca desde los bushing de baja tensión del transformador de distribución principal el cual hará un recorrido vía canaletas que pasarán por la respectiva transferencia automática y de ahí salen los cables que irán hacia el nuevo cuarto de tableros de la planta, este estará ubicado en lo que era antes el cuarto de transformadores.

4.3.1 Cuarto de Tableros propuesto

El cuarto de tableros eléctricos se encontrará ubicado en donde antes se asentaban los transformadores de distribución, en esta área se ubicarán los tableros principales que darán distribución a la planta en baja tensión a nivel de 380V y 220V.

Esta área se deberá condicionar para que albergue los tableros sin ningún problema, cumpliendo con las normas de distancias permitidas y de seguridad, que en caso de que se realicen trabajos de mantenimiento exista espacio suficiente para que se puedan hacer los trabajos con todas las seguridades.

El cuarto de tableros contará con todas las seguridades para la gente que trabaje esta área con toda seguridad deberá tener sus respectivas señalizaciones de peligro contra riesgo eléctricos y los respectivos equipos de extinción de fuego en caso exista un percance.

En este cuarto se alojarán los siguientes tableros:

- Tablero de Distribución Principal a 380V
- Tablero de Banco de Capacitores a 380V
- Tablero de Distribución para molinos a 380V
- Tablero de Distribución para molino de bolas a 380V
- Transformador tipo Seco de 380V – 220V/120V
- Tablero de Distribución Principal a 220V

En el anexo 8 se adjuntan los diagramas unifilares de los tableros que constituyen la planta.

4.3.2 Acometidas eléctricas en baja tensión

Los conductores de las acometidas principales en baja tensión serán conformados por cables de cobre tipo THHN que son muy utilizados para El armado de instalaciones de potencia en instalaciones industriales y son idóneos para armar redes en sectores abrasivos o contaminados de combustibles como gasolinas grasas o aceites, Entre otras sustancias químicas de alto poder corrosivo como pinturas solventes etc., tal como se detalla en el National Electrical Code.

Los conductores de acometida deberán de tener sus respectivas accesorio de conexión con terminales de compresión que aseguren una buena conexión además deberán de tener la respectiva cinta auto fundente y de color que señalice la fase a la que pertenece tal como se muestra en la figura 75.



FIGURA 87: CONEXIÓN DE ACOMETIDA CON TERMINALES DE COMPRESIÓN.

El código de colores que se debe de respetar de acuerdo a las fases será el que se expone a continuación en la tabla 44.

TABLA 47: TABLA DE COLORES DE CONDUCITORENORMA NEMA

Sistema	1Ø	1φ	3φy	3φδ	3φδ-	3φy	3φy	3φδ	3φδ
Tensiones nominales (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208 /120	382/220	480/440	480/440	Más de 1000v
Conductores activos	1 fase	2 fases	3 fases	3 fases	3 fases	3 fases	3 fases	3 fases	
	2 hilos	3 hilos	4 hilos	3 hilos	4 hilos	4 hilos	4 hilos	4 hilos	3 fases
Fases	Negro	Negro	Amarillo	Negro	Negro	Café	Café	Café	Violeta
	Trifásico	Rojo	Azul	Azul	Naranja	Negro	Naranja	Naranja	Café
			Rojo	Rojo	Azul	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Gris	No aplica	No aplica
Tierra de protección	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo
	O verde	O verde	O verde	O verde	O verde	O verde	O verde	O verde	O verde
Tierra aislada	Verde	Verde	Verde	No aplica	Verde	Verde	No aplica	No aplica	No aplica
	Amarillo	Amarillo	Amarillo		Amarillo	Amarillo			

4.3.3 Tableros de distribución en baja tensión

Los tableros propuestos serán de tipo modulares fabricados en lámina metálica de 1/16” como mínimo, será sometida a tratamiento químico de limpieza por inmersión en caliente (desoxidado, fosfatizado), su acabado debe de ser con pintura de polvo electrostática epoxi-poliéster horneable de color RAL 7032 con un grado de protección IP-54 con caucho de empaque en las puertas, fondo falso con las respectivas cerraduras de seguridad, Estos tableros deben tener tapas laterales, superiores y posteriores tipo embutidos extraíbles para facilitar la instalación, mantenimiento, montaje y aplicación.

En su parte interna poseerá barras de cobre, para el sistema de fuerza, barras para neutro y tierra y también tendrán su respectivo acrílico de protección contra contactos indirectos y deberá contener su respectiva señalización.

Cada módulo deberá estar rotulado como mínimo con el nombre del tablero y el nivel de voltaje y su respectiva señal de peligro.

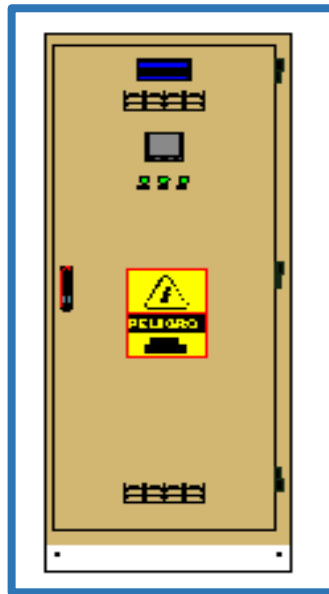


FIGURA 88: VISTA FRONTAL DE TABLEROS PROPUESTOS.

En el anexo 9 del documento se adjunta el diseño de los tableros principales.

4.3.4 Compensación Reactiva

La definición de compensación central que es la salida por lo general para dar solución a un factor de potencia además de la facilidad de supervisión. El banco de capacitores se instalará en el interior de un cuarto de tableros de la planta. Este banco se conectará al tablero de distribución principal directamente a las barras.

Para el caculo tenemos que la demanda máxima 629,83 kva y con un factor de potencia estimado de $F_p=0,80$.

Utilizando la tabla para corrección de factor de potencia a continuación:

TABLA 48: TABLA PARA COMPENSACIÓN REACTIVA.

Antes de la compensación		Especificación de KVAR de una batería de condensadores que se van a instalar por kW de carga para mejorar cos φ (el factor de potencia) o tan φ con un valor determinado													
tan φ	cos φ	tan φ	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
		cos φ	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41		1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
2,16	0,42		1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43		1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44		1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45		1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,628	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46		1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47		1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48		1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49		1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50		0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51		0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52		0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53		0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55		0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56		0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57		0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58		0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59		0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60		0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61		0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64		0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65		0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66		0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69		0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70		0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72		0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73		0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75		0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76		0,106	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77		0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78		0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79		0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80			0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81			0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82			0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83			0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84			0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,646
0,62	0,85			0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86				0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87				0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88				0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89				0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90					0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Utilizando la tabla tenemos el factor de corrección es de 0,459 para el factor de potencia requerido $F_p=0,96$

$Q_c = 629,83 \times 0,459 = 289,091$ KVAR. Necesarios para corregir el factor de potencia.

Para justificación de los valores de la tabla se hará el respectivo cálculo vectorial:

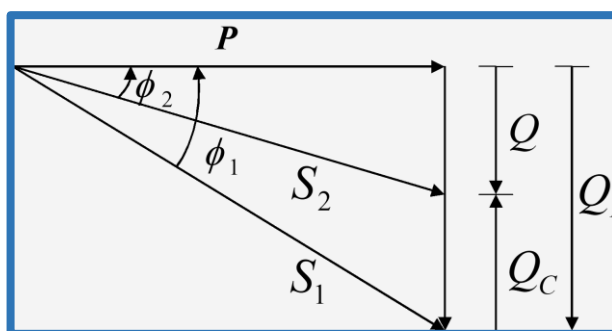


FIGURA 89: TRIANGULO DE POTENCIA PARA COMPENSACIÓN REACTIVA.

Demanda máxima $p=629.83 \text{ kw}$

Factor de potencia $fp=0.80$ $\theta_1=36.86$

Potencia aparente $S_1=p/fp$

$$S=629.83 \text{ kw}/0.80=17.082 \text{ kva}$$

Factor de potencia $fp=0.96$ $\theta_2=16.26$

Potencia aparente $S_2=p/fp$

$$S=629.83 \text{ kw}/0.96=656.072 \text{ kva}$$

Potencia reactiva q'

Potencia reactiva sin compensación q_1

Potencia reactiva con compensación q_c

$$Q_c=p*[\tan \theta_1 - \tan \theta_2]$$

$$Q_c=629.83 \text{ kw} * [\tan 36.86 - \tan 16.265]$$

$$Q_c=629.83 \text{ kw} * 0.458$$

$$\boxed{Q_c=290 \text{ KVAR}}$$

$$Q_c=288.50 \text{ kvar}$$

En convenio con las normas técnicas para el armado de redes eléctricas, con la finalidad de impedir fenómenos de resonancia y sobretensión en vacío, la potencia total del banco de capacitores no debe exceder el 10% de la potencia nominal (en KVA) del transformador, un valor estándar recomendado es 5%.

$$Q=S*5\%$$

$$Q = 1000 \text{ KVA} * 0.05$$

$$Q = 50 \text{ KVAR}$$

La configuración del tablero de capacitores será la siguiente:

Compensación Automática Comprendida En 8 Pasos

8 Pasos automáticos de 30 KVAR

Compensación Fija Comprendida En 1 Paso

1 paso fijo de 50 KVAR

4.3.5 Sistema eléctrico a 380V

Para el sistema eléctrico propuesto a nivel de 380V en baja tensión se tuvo que rediseñar los tableros de distribución ya que dentro de estos se encontró que sus cargas no se encontraban completamente balanceados para poder hacer una distribución equilibrada y obtener la mayor eficiencia.

Este sistema se encuentra alimentado por un transformador trifásico de 1000KVA donde la salida de su secundario alimenta al tablero modular de distribución principal, que se encarga de sub distribuir a los 11 tableros modulares secundarios como podemos ver en la ilustración.

Ya energizados los tableros modulares secundarios, estos se encargan de manera equitativa alimentar a cada una de sus cargas correspondientes.

4.3.6 Canalizaciones y accesorios en sistema a 380 V

la canalización propuesta a 380v se implementará mediante bandeja porta cable tipo escalerilla, en su uso interior como recorrido principal utilizaremos bandejas de 40 cm y de 30, 20, 15 y 10 cm esta canalización será suspendida mediante soportes realizados a las vigas como podemos observar en la siguiente figura.

La bandeja porta cable deberá tener su respectivo adhesivo en el cual indicará el nivel de voltaje del sistema en este caso 380V.

Por ningún motivo en la canaleta para el sistema de 380V se pasarán acometidas con cables de otros sistemas con diferente nivel de voltaje o cables destinados a sistemas electrónicos de voz y datos.

La soportaría que utilizará estas canaletas será del tipo galvanizado, por ejemplo, chaneles, varillas roscadas, etc.

Se utilizará varilla de 3/8 pulgadas para la soportaría de canaletas hasta 40 cm.

La separación mínima entre soportes debe ser de 1.5 metros.

No se permitirán en ningún caso canaletas de hierro negro pintadas.

De acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción las bandejas porta-cables y escalerillas de cableado en el techo deberán descollar en el cuarto con 25-75 mm, sin arqueos, y por arriba de los 2,4 m de nivel. Estas exigencias en las rutas de admisión evitan las conversiones de curvatura parciales a través de la pared y asegura que el cable esté a una altura tal que pueda sustentar a los campos de límite, sin estorbar con racks o divisiones traseros. [28]

Para una visualización del recorrido de canalización se adjunta los planos en el anexo 10 del documento.

4.3.7 Sistema eléctrico a 220V

En este sistema a 220V se realizó el levantamiento de cargas como motores, los servicios generales e iluminación, donde mediante el estudio respectivo se propone la instalación de un transformador seco 75KVA.

Como podemos observar en la ilustración el sistema eléctrico a 220V es alimentado por un transformador seco de 75kva, el cual alimenta al tablero de distribución principal de 220V que se encarga de distribuir a los tableros de distribución secundaria.

4.3.8 Transformador seco para distribución a 220V

El transformador seco de 75 KVA se utilizará para equipos con cargas de 220V/127V, también para servicios generales e iluminación, será alimentado en baja tensión con un voltaje de 380V con una acometida de 3L#4/0+N#4/0+T#2

Para su instalación el transformador deberá estar sobre bases sólidas completamente niveladas que soporten adecuadamente su peso.

Si el convertidor posee ruedas, hay que asegurarse que el equipo se vea descansado de forma uniforme en sus puestos de base para garantizar su permanencia y evitar distorsiones.

Al colocar convertidores, hay que reflexionar esmeradamente los siguientes elementos:

- Deberá haber un distanciamiento mínimo de 0,5m entre cada transformador y también entre un transformador y una pared o muro, de modo que facilite el acceso para observación.

La industria o recinto donde se colocará el convertidor debe poseer una ventilación natural apropiada, ya que eso es un parámetro esencial para el trabajo correcto de un transformador a seco.

Las características técnicas que deberá cumplir el transformador son las citadas en la siguiente tabla:

TABLA 49: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR SECO

Características del Transformador Seco Propuesto	
Transformador	Unidad Trifásico
Tipo	Seco
Capacidad	75 KVA
Voltaje Primario	380 V
Voltaje Secundario	220/127 V
Conexión	DYN5
Frecuencia	60 Hz
BIL	90KV/30KV
Normativa de fabricación	NTC3445 – IEEE C.57.12.01 – IEC60075-11.
Grado de protección	IP20

4.3.9 Canalizaciones y accesorios en sistema a 220V

La distribución de máquinas a 220V, se implementará mediante bandeja porta-cable para uso interior de acero inoxidable de 15 cm, esta bandeja porta cables serán suspendidas mediante soportes construidos de acuerdo al sitio y el recorrido que se hará con la canalización.

La soportaría que se utilizará para estas canaletas será del tipo galvanizado, por ejemplo, chaneles, varillas roscadas, etc.

La bandeja porta cable deberá tener su respectivo adhesivo en el cual indicará el nivel de voltaje del sistema en este caso 220V.

Por ningún motivo en la canaleta para el sistema de 220V se pasarán acometidas con cables de otros sistemas con diferente nivel de voltaje o cables destinados a sistemas electrónicos de voz y datos.

Se utilizará varilla de 3/8" para la soportaría de canaletas hasta 40 cm, y varilla de 1/2" para canaletas de 50 cm en adelante.

La separación mínima entre soportes debe ser de 1.5 metros.

No se permitirán en ningún caso canaletas de hierro negro pintadas.

Cada máquina será alimentada por una bajante por tubería desde la canaleta de distribución principal, el diámetro de la tubería será según la cometida de la máquina.

De igual manera como se consideró en la canalización a 380V las fuentes porta-cables y escalerillas de cableado en la cubierta habrán de despuntar en el cuarto con 25-75 mm, sin redondeces, y por encima de los 2,4 m de nivel. Estas exigencias en las sendas de entrada evitan las transformaciones de torsión parciales a través de la pared y asegura que el cable esté a una altura tal que pueda sustentar a los campos de terminación, sin interferir con racks o paneles traseros. [28]

Para una visualización del recorrido de canalización se adjunta los planos en el anexo 10 del documento.

4.3.10 Iluminación General de la planta de chocolates

Para el diseño de iluminación se utilizó DIALux que es un software completo de la empresa DIAL para establecer series de alumbrado de forma profesional, es aplicable a todas las lámparas de todos los fabricantes.

Además, para este estudio nos basamos en la norma UNE-EN 12464-1, esta regla europea detalla exigencias de iluminación para territorios de trabajo interiores, que satisfacen las necesidades e confort y prestaciones visuales.

de acuerdo a la normativa debemos utilizar la siguiente tabla que dicta la norma para establecimientos donde se producen alimentos.

TABLA 50: NIVELES DE ILUMINACIÓN SEGU NORMA UNE 12464.1

7. PRODUCTOS ALIMENTICIOS E INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE LUJO				
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E_m lux	UGR _L	R _a
7.1	ZONAS DE TRABAJO EN GENERAL	200	25	80
7.2	CLASIFICACIÓN Y LAVADO DE PRODUCTOS (MOLIENDA, MEZCLADO Y ENVASADO)	300	25	80
7.3	ZONAS DE TRABAJO CRÍTICAS (MATADEROS, MOLINOS, CARNICERÍA, FILTRADO...)	500	25	80
7.4	CORTE Y CLASIFICACIÓN DE FRUTAS Y VEGETALES	300	25	80
7.5	FABRICACIÓN DE ALIMENTOS DE DELICATESSEN, PUROS Y CIGARRILLOS Y TRABAJO EN COCINAS	500	22	80
7.6	INSPECCIÓN DE VIDRIOS Y BOTELLAS, CONTROL DE PRODUCTOS, CLASIFICACIÓN Y DECORACIÓN	500	22	80
7.7	LABORATORIOS	500	19	80
7.8	INSPECCIÓN DE COLORES PRODUCTOS (ENVASADO, MOLIENDA)	1.000	16	90

El nivel de luxes que debemos de tener en la planta según la tabla es de 300 luxes para lo cual se corrió el programa y se llegó a este parámetro.

Para este proyecto y preservando un bajo consumo y una eficiencia energética optima se ha escogido utilizar iluminación led especial para industria.

En el anexo 11 se adjunta el informe generado por Dialux y el plano de circuitos de la iluminación de la planta.

4.4 Normas a técnicas de construcción

En cuanto no se presenten negativas o cambios a lo establecido en este trabajo y no se registrará modificación en los planos presentados en este escrito, todos los materiales eléctricos, equipo, instalación y pruebas de funcionamiento, se regirán de acuerdo a lo establecido en las siguientes instituciones:

National Electrical Code (NEC)

National Fire Protection Association (NFPA)

American National Standards Institute (ANSI)

National Electrical Manufactures Association (NEMA)

Underwriter's Laboratories (UL)

American Society for testing and Materials (ASTM)

Insulated Cables Engineers Association (ICEA)

Normas y reglamentos de la Empresa Eléctrica Local.

Se deberá cumplir con las siguientes observaciones y técnicas de construcción:

- La red Eléctrica corresponderá ejecutarse en manera técnica, empleando materia prima de primera calidad y fabricados bajo estándares de calidad que califiquen su óptimo funcionamiento.
- De ninguna manera y por ninguna circunstancia se instalarán otro tipo de tubería que no sea la detallada y no se permitirá el uso de tuberías de diámetro inferior a ½”.
- Las tuberías y fundas selladas que se emplearán para la alimentación de equipos a la intemperie se instalarán en forma sobrepuesta, utilizando los accesorios apropiados, como uniones y cajas condulet, que asegure un empate o una unión mecánica rígida entre los distintos tramos de tubería y los materiales de la misma.
- No se permitirán por ningún concepto el uso de roscas interiores en la tubería, ni en el empate entre las tuberías que no sean mediante uniones del tipo apropiado.

- La articulación de tuberías y las cajas de conexión o salida de las mismas, se hará por medio de conectores apropiados y por ningún concepto se permitirá la unión directa de tubería y la caja sin este accesorio.
- Toda la tubería deberá instalarse como un método completo primero al paso de los conductores eléctricos en su interior, además deberán limpiarse de manera adecuada la tubería para evitar dificultades que impidan el paso de los conductores eléctricos.
- La aplicación de abrazaderas metálicas para asegurar la colocación de tubos
- Todas las conexiones a equipos, tableros o luminarias que sujetos a vibraciones, se lo realizará con funda metálica sellada en el caso que este a la intemperie.
- Las conexiones serán aseguradas de manera que no sean desprendidas por vibración, esfuerzos normales o el calentamiento propio del conductor.
- No se permitirán empalmes de conductores en alimentadores, excepto en el sistema de iluminación.
- Las cajas de paso de hormigón deben estar debidamente selladas con material similar al Duct Seal una vez se haya culminado el paso de los conductores para así evitar la filtración de aguas lluvias al interior de los Cuartos Eléctricos, Deberá preverse un drenaje de al menos 1.5” en la base de cada de caja de hormigón para evitar la acumulación de aguas lluvias dentro de las cajas de paso.
- El estado del material implementado dentro de las construcciones del sistema debe ser nuevo e inspeccionado para asegurarse de la buena calidad.
- En el sistema de puesta a tierra debe existir la equipotencialidad, si por algún caso existe algún sistema de tierra específico para sistemas electrónicos o data center se lo deberá unir respectivamente a la malla principal de la subestación.

4.5 Simulación del sistema propuesto en software ETAP.

ETAP es un software especializado en el área de la ingeniería eléctrica con más enfoque en los sistemas de potencia.

ETAP es una de las herramientas más completas para ejecutar análisis y control para el diseño, ensayo y operaciones del sistema de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales. [29]



FIGURA 90: LOGO SOFTWARE ETAP. FUENTE [29]

4.5.1 Herramientas de Simulación del Software

El software nos permite realizar estudios específicos con resultados precisos y confiables así mismo realizara simulaciones de los sistemas de potencia en las siguientes disciplinas:

- Flujo de Carga AC y DC.
- Cálculos de corto circuito.
- Estudio de Arco Eléctrico.
- Selectividad y coordinación de protecciones.
- Simulación y pruebas de transitorios.
- Simulación de Armónicos en el sistema de potencia.
- Coordinación de protecciones.

Cabe destacar que ETAP ofrece una amplia lista de soluciones para el diseño y análisis de varios sectores de la ingeniería, para el proyecto nos centramos en las alternativas de estudios de potencia en el sector industrial y de distribución de cargas eléctricas.

4.6 Utilización de Software ETAP en el proyecto.

Para este proyecto se utilizó el software para simular, analizar y verificar el sistema eléctrico propuesto y que los cálculos realizados en los anteriores ítems puedan tener una base demostrativa que compruebe su buen dimensionamiento en equipos de protección, seguridad y confiabilidad para la continuidad del servicio eléctrico de la planta.

Dentro de la gama extensa de soluciones de ingeniería del software, nos concentramos en el área de distribución de energía, redes industriales y sistemas de baja tensión, en este proyecto se generaron los siguientes estudios:

- Estudio de Flujo de carga.
- Estudio de corto circuito.
- Estudio de sistemas de puesta a tierra.

A continuación, se hace una descripción de los estudios realizados por el software.

4.6.1 Datos de entrada

Como datos de entrada se tiene los valores generados en los cálculos de los ítems anteriores, para ingresar al software se crea un proyecto nuevo y se procede a elaborar el diagrama con todos los componentes que intervienen en el sistema eléctrico y posterior a eso se realiza la configuración e ingreso de los valores dimensionados en los componentes del diagrama unifilar.

En la siguiente figura se puede visualizar la barra de componentes que el software provee a los usuarios, donde se deben ir arrastrando los componentes a la hoja de cálculo para que se arme el diagrama unifilar del sistema, esta barra está distribuida en componentes AC y DC.

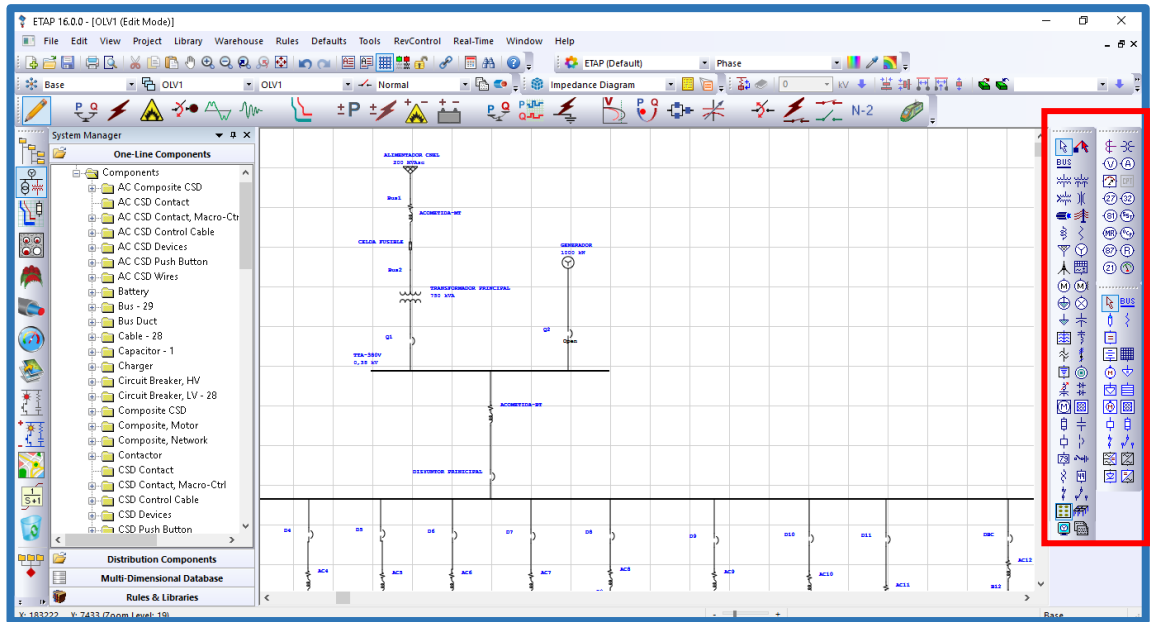


FIGURA 91: BARRA DE COMPONENTES PARA ELABORACIÓN DE DIAGRAMA UNIFILAR EN EL SOFTWARE

Como se menciona en el párrafo anterior una vez realizado el diagrama unifilar se procede a la configuración de los siguientes componentes:

Transformadores:

A este equipo se ingresan datos de voltaje primario y secundario, impedancias de corto circuito y potencia de los transformadores.

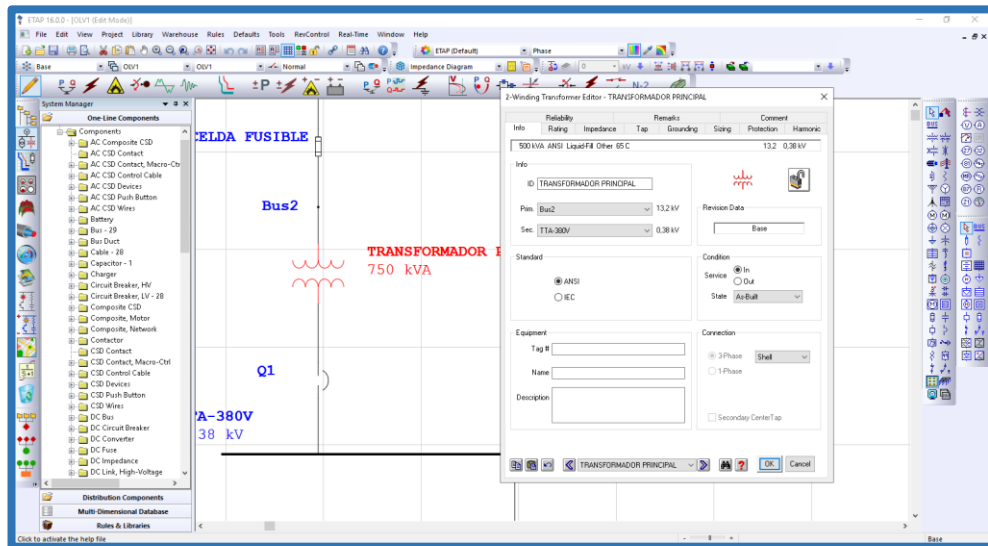


FIGURA 92: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR.

Sistema de distribución de la empresa eléctrica:

A este componente de la red de distribución se le configuran el nivel de voltaje en media tensión y la capacidad en potencia que nos puede entregar la red de distribución.

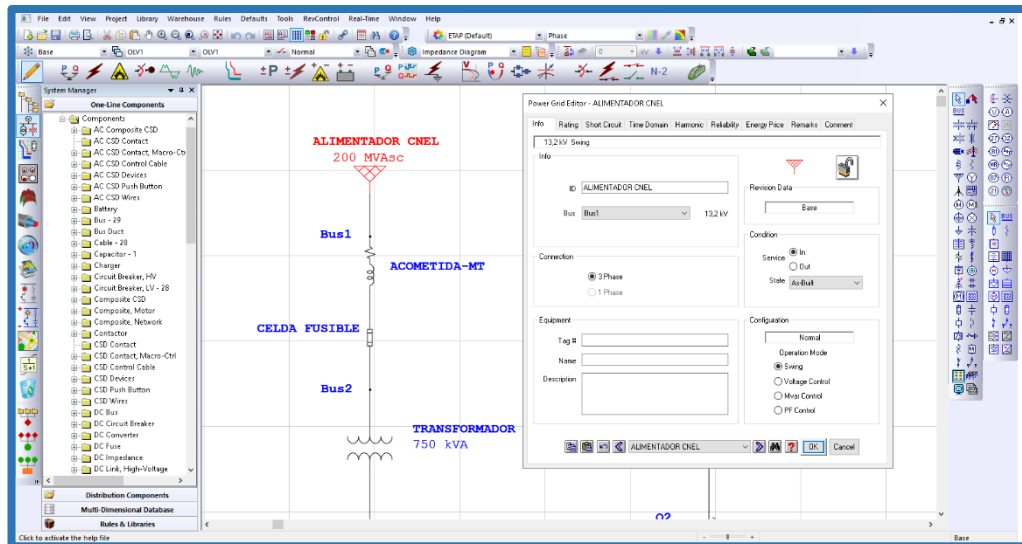


FIGURA 93: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Acometidas principales:

La acometida principal es configurada con el calibre de los cables que le conforman y el respectivo número de ternas por fase que instalarán, se ingresan datos de la longitud del alimentador.

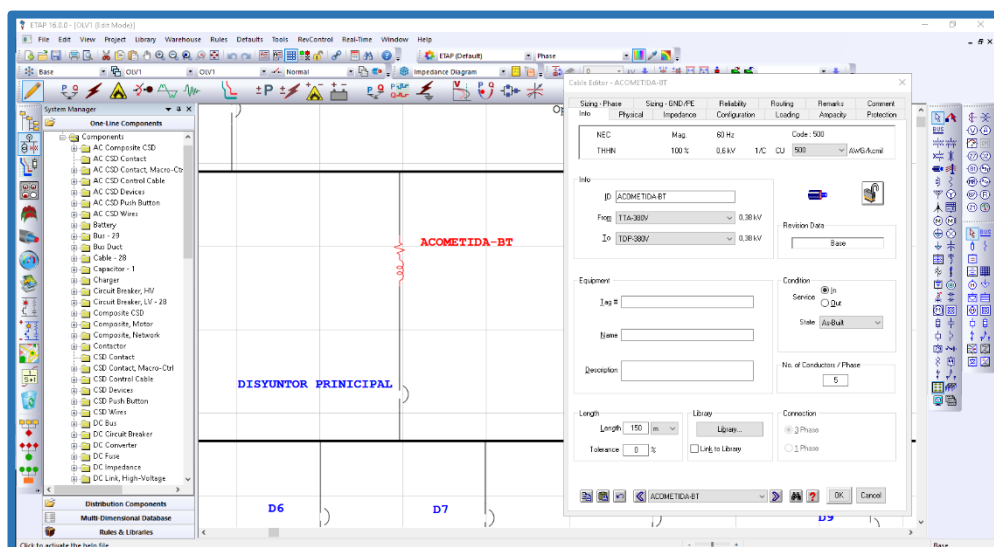


FIGURA 94: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE ACOMETIDAS PRINCIPALES

Barras principales:

A las barras principales se les configura el voltaje nominal de la barra y los valores de diversidad que se utilizarán en el cálculo de flujo de carga, también se pueden configurar parámetros como armónicos, protecciones para IP y arc flash, cabe mencionar que las barras principales simulan los tableros de distribución principal.

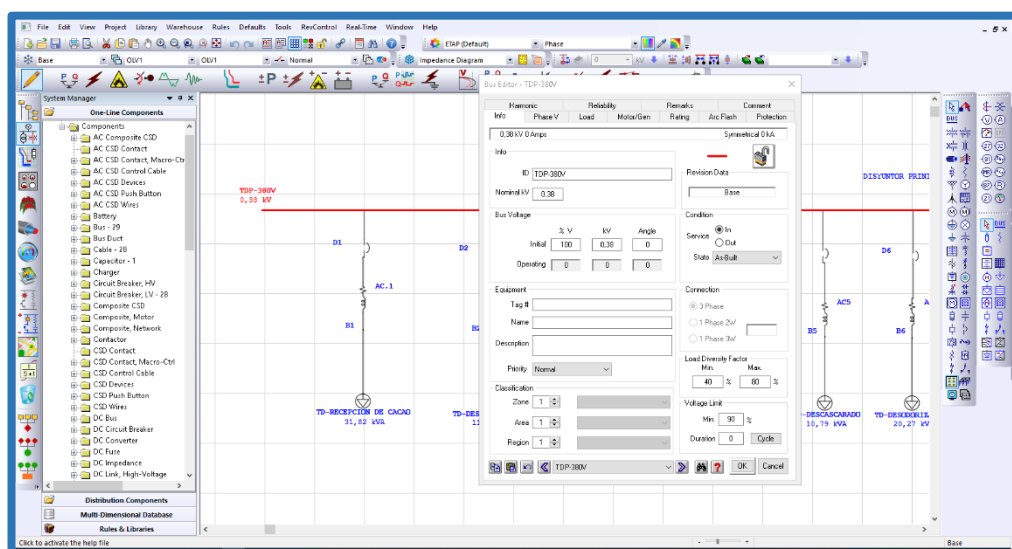


FIGURA 95: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE BARRAS PRINCIPALES

Cargas eléctricas:

Los elementos que simulan las cargas eléctricas se los configura ingresando los datos de carga, voltaje, factores de demanda y tipo de conexión.

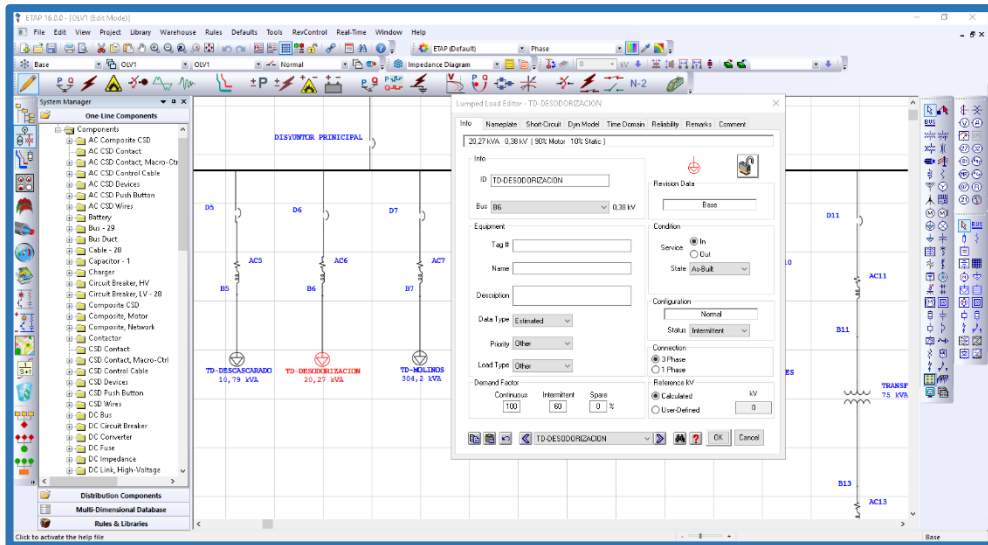


FIGURA 96: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS

Una vez realizada la configuración de todos los componentes, ya se puede realizar los estudios correspondientes, para una mejor visualización de los componentes y equipos utilizados en el estudio, en el Anexo 12 se adjunta el diagrama unifilar que se generó con el software.

4.6.2 Análisis de Flujo de Carga

El módulo de flujo de carga puede hacer y comprobar modelos del sistema y obtener resultados confiables la manera de calcular tensiones en buses factor de potencia en los circuitos corrientes y flujo de potencia a través del sistema eléctrico de manera que también permite el uso de fuentes de modo swing: Canciones de tipo regulada y no regulada con diversas conexiones a redes generadores. El módulo también permite el análisis de sistemas radiales en anillo y posee opciones para seleccionar diferentes métodos para conseguir mayor eficiencia y precisión en los cálculos. [29]

Para realizar el estudio de flujo de carga debemos de configurar los parámetros de estudio para este proyecto realizamos dos estudios, el primero se realizó con un factor de diversidad al mínimo y el otro estudio se realiza al máximo.

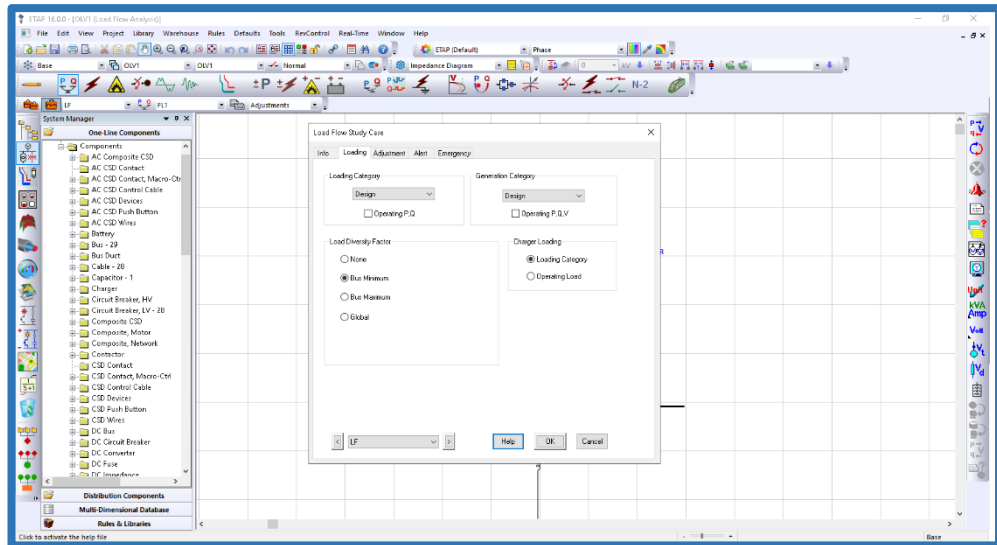


FIGURA 97: VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE CASOS DE ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS

Una vez configurado los parámetros del estudio se procedió a verificar los resultados obtenidos gráficamente en el diagrama unifilar, de igual manera se puede activar el display de alertas y observar si algún parámetro este fuera de lo normal.

En las siguientes imágenes se realiza una explicación de los parámetros gráficos obtenidos en el estudio de flujo de carga.

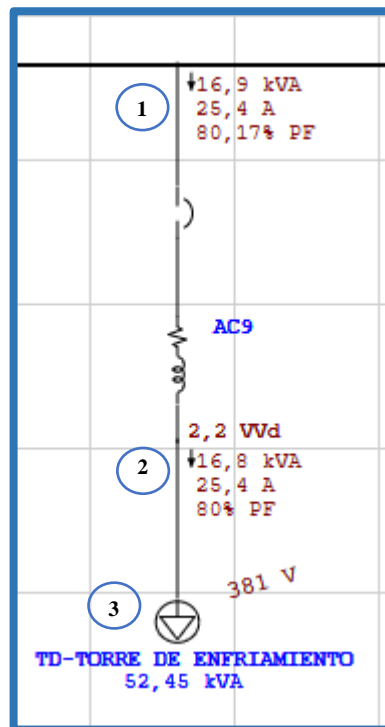


FIGURA 98: PARÁMETROS OBTENIDOS EN EL FLUJO DE CARGA

En el símbolo 1 de la imagen nos muestra valores de flujo de carga en kva y de corriente así mismo el porcentaje de factor de potencia que existe en ese ramal.

En el símbolo 2 de la imagen nos muestra los voltios de caída de tensión en el tramo de acometida que alimenta la carga y de la misma manera que el símbolo 1 muestra datos anteriormente explicados.

En el símbolo 3 de la imagen nos muestra el valor de la carga conectada y el voltaje que le llega según lo ejecutado en el flujo de carga.

Estos valores se muestran en todos los ramales del diagrama unifilar que se está analizando, para verificar si existen alguna advertencia de equipos mal dimensionados o protecciones que estén sub-dimensionadas o si el sistema no cumple con los parámetros establecidos para un buen funcionamiento y confiabilidad del sistema, podemos entrar al display de alertas y verificar.

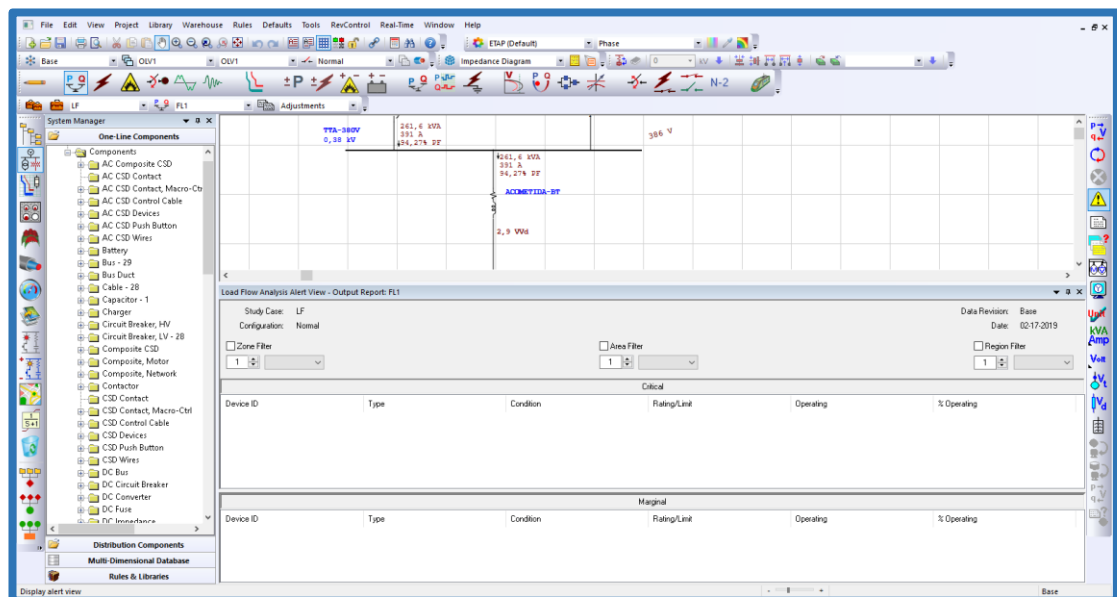


FIGURA 99: VENTANA DE ALERTAS Y ADVERTENCIA DEL FLUJO DE CARGA

Este estudio no genero advertencias por lo cual podemos decir que cumple con los estándares, para una mejor comprensión y visualización de los estudios en el anexo 13 adjuntamos el informe de flujo de carga al mínimo y al máximo con sus respectivos diagramas unifilares mostrando los valores generados por el flujo de carga.

4.6.3 Estudio de Cortocircuito

El análisis de cortocircuito permite determinar las corrientes de falla y comparar automáticamente estos valores con las capacidades interruptivas de cortocircuito de cada fabricante. Las alarmas sobredimensionadas de cada dispositivo se muestran en el diagrama unifilar y se incluyen en los informes de estudio de cortocircuito. [29]

El software me permite analizar los tipos de fallas que existen tales como fallas trifásicas, falla de Line a línea, línea a línea a tierra, fallas de línea a tierra.

Para ejecutar el estudio de corto circuito se debe de tener configurado todos los elementos de corto circuito, dado esto podemos entrar a configurar el caso de estudio y seleccionar que barras analizar en caso de falla.

La normativa utilizada para realizar el estudio es el estándar ANSI

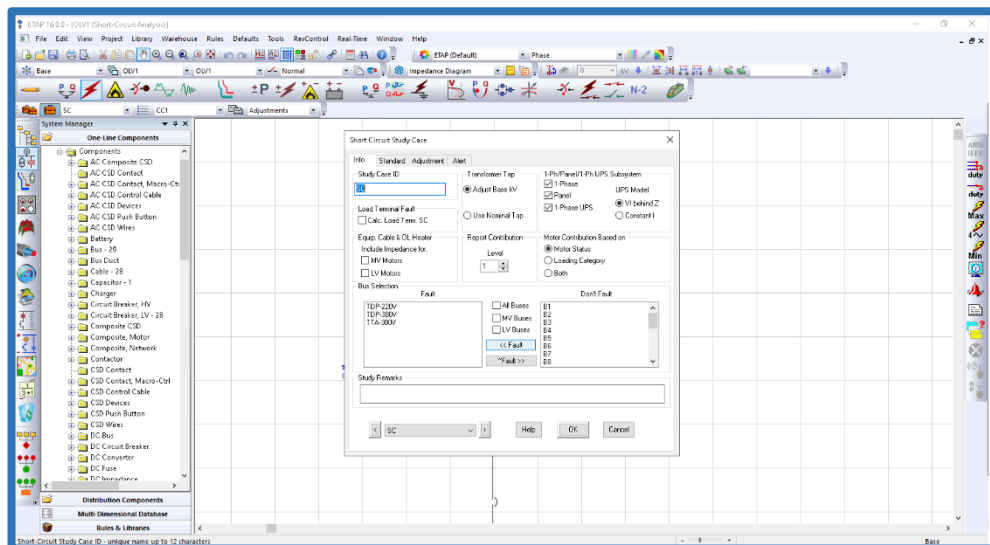


FIGURA 100: CONFIGURACIÓN DE BARRAS A FALLAR

Configurado los parámetros para el estudio del corto circuito se puede ejecutar un estudio de corto circuito al máximo y al mínimo, por defecto se calcula la falla trifásica.

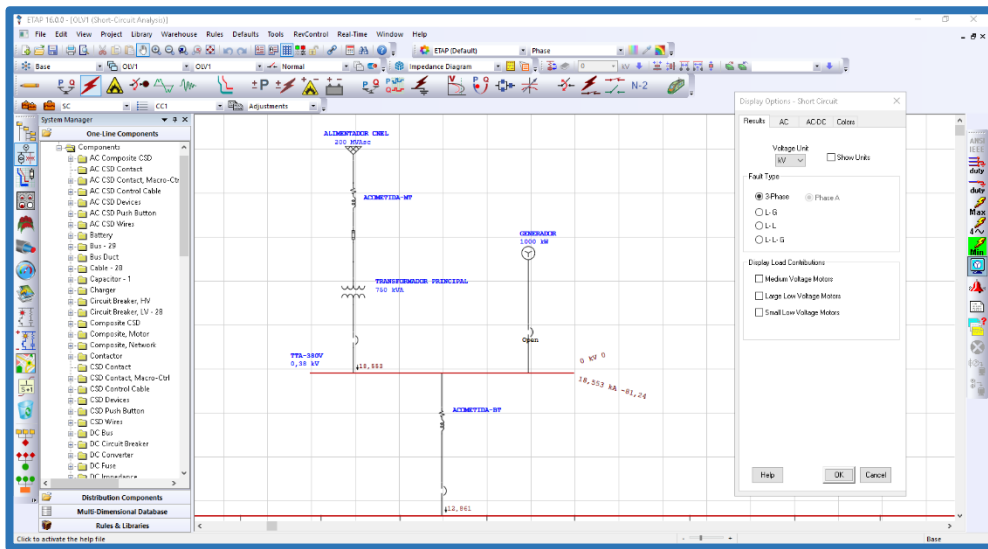


FIGURA 101: RESULTADOS GRÁFICOS DE ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO

Dentro de la barra de opciones se despliega el display option, en el cual se puede escoger el tipo de falla que se requiere visualizar, existe también un icono de alertas en donde se puede verificar que no exista problemas con los componentes seleccionados y son capaces de soportar el nivel de corto circuito que puede existir en caso de falla.

En este proyecto no existieron alertas ni advertencias, por este motivo se puede mencionar que los equipos escogidos soportan los niveles de corto circuito.

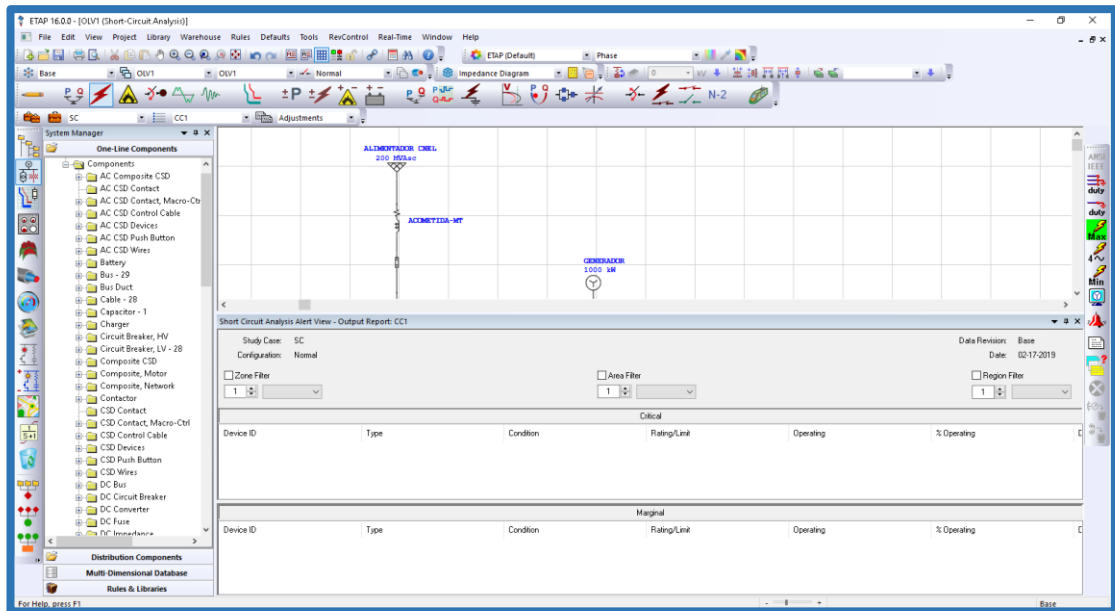


FIGURA 102: PANTALLA DE ALERTA Y ADVERTENCIA DEL ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.

Para una mejor visualización de los datos obtenidos en el estudio de corto circuito se adjuntan en el anexo 14, los planos e informes de las fallas generadas por el software.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 Conclusiones

Se identificó que uno de los principales problemas de la planta es la falta de un plan de mantenimiento en los equipos eléctricos, dado a que se evidenciaron muchas partes eléctricas en mal estado.

Los fusibles de protección para los circuitos principales se encuentran en mal estado en muchos de los casos por falta de manteniendo. Existen muchos casos en donde se encontraron cables de alimentación sub dimensionados para la capacidad de carga que por los mismos circularan.

La planta no cuenta con un debido plan de mantenimiento que asegure que los equipos puedan preservarse en el tiempo y alarguen su vida útil, con la información proporcionada del estado actual de la planta, la empresa cuenta con suficientes datos para elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de ser el caso.

La calidad de energía de planta se encuentra en un estado aceptable según los datos obtenidos en los estudios realizados a los dos transformadores de distribución principal y que fueron avalados en la norma EN-50160, como se enuncia en las tablas demostrativas a continuación:

Tabla 51 Resultados medición transformador 1

PARÁMETROS A MEDIR	LÍMITE	MEDICIÓN	RESULTADO
Voltaje 1	+10/-10 Vn	235	Cumple con la norma
Voltaje 2	+10/-10 Vn	237	Cumple con la norma
Voltaje 3	+10/-10 Vn	236	Cumple con la norma
Frecuencia	+1/-1	59,99	Cumple con la norma
Asimetría	2%	0,51	Cumple con la norma
Distorsión Armónica L1	THD<8%	5,19	Cumple con la norma
Distorsión Armónica L2	THD<8%	5,18	Cumple con la norma
Distorsión Armónica L3	THD<8%	5,29	Cumple con la norma
Flickers	1	0,4	Cumple con la norma
factor de potencia	0,92	0,97	Cumple con la norma

Tabla 52 Resultados medición transformador 2

PARÁMETROS A MEDIR	LÍMITE	MEDICIÓN	RESULTADO
Voltaje 1	+10/-10 Vn	130.5	Cumple con la norma
Voltaje 2	+10/-10 Vn	130	Cumple con la norma
Voltaje 3	+10/-10 Vn	129.8	Cumple con la norma
Frecuencia	+1/-1	59,99	Cumple con la norma
Asimetría	2%	0,35	Cumple con la norma
Distorsión Armónica L1	THD<8%	1.90	Cumple con la norma
Distorsión Armónica L2	THD<8%	2	Cumple con la norma
Distorsión Armónica L3	THD<8%	1.80	Cumple con la norma
Flickers	1	0,6	Cumple con la norma
factor de potencia	0,92	0,98	Cumple con la norma

Se propone un rediseño el cual cuenta con una nueva distribución del sistema eléctrico, un cuarto eléctrico donde se alojará el transformador principal, diseño de nuevos tableros eléctricos, diseño de malla puesta a tierra y diseño de banco de capacitores para compensación reactiva, los mismo que cumple con las normas eléctricas vigentes.

Para comprobar que los datos que se están proponiendo cumplan con los niveles mínimos necesarios en lo concerniente a caídas de voltaje, sistema de puesta a tierra y factor de potencia de la planta se presenta la siguiente tabla de datos con las simulaciones realizadas al sistema propuesto:

Tabla 53 Tabla comparativa de niveles mínimos admisibles vs datos obtenidos en simulación

Parámetros	Normativa	Niveles mínimos admisibles	Datos obtenidos en simulación
Niveles de voltaje nominal	ARCONEL 005/18	$\pm 8.0\% V_n$ $V_n = 380V$	382 V
Factor de Potencia del sistema eléctrico	ARCONEL 004/18	0.92	0.93
Malla del Sistema de puesta a tierra	IEEE-80 2000/2013	$R_g \leq 10 \Omega$	$R_g = 0.861 \Omega$

Se cumplió con todos los objetivos planteados para este proyecto los cuales darán un aporte grande al mejoramiento del sistema eléctrico de la Planta de Cacaos finos ecuatorianos CAFIESA, quienes están comprometidos a evaluar en implementar las mejoras planteadas.

5.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda que todo cambio o aumento de carga que exista en el sistema eléctrico de la planta, sea en base a un estudio de ingeniería que prevea cualquier falla o desequilibrio del suministro de energía y no cause efectos de pérdidas económicas y de producción.
- Se recomienda realizar una planificación de mantenimiento de los equipos eléctricos y estudios periódicos de la calidad de la energía para efectos de mantener monitoreada la planta.
- Se recomienda que el área de mantenimiento eléctrico cuente con gente calificada y conocimientos sólidos en el área eléctrica, esto con el fin que asegure que no cometerán técnicas inapropiadas en caso de mantenimientos y aumentos de cargas.
- Se recomienda que paulatinamente se vayan realizando las mejoras planteadas.

Bibliografía

- [1] ingenieriaelectronica.org, «Ingeniería Electronica,» 8 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://ingenieriaelectronica.org/que-es-voltaje-definicion-y-caracteristicas/>. [Último acceso: 5 abril 2018].

- [2] Consejo Nacional de Electricidad, *Regulación No. CONELEC -004/01*, Quito, 2001.

- [3] G. E. Harper, *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*, Mexico : Limusa , 2005.

- [4] D. M. Andrés y F. J. Guerra , *Formación Profesional Básica - Ciencias aplicadas II*, Madrid: Editex , 2015.

- [5] G. Santamaria Herranz y A. Castejon Oliva , *Electrotecnia*, Madrid : Editex, 2009.

- [6] A. Hermosa Donate, *Principios de Electricidad y Electrónica III 2aEd.*, Volumen 3, Barcelona : Marcombo, 2010.

- [7] R. Cano Gonzalez y N. Moreno Alfonso , *Instalaciones eléctricas de baja tensión*, Paraninfo, 2004.

- [8] *Electrica de Guayaquil* , *NATSIM*, Guayaquil , 2012.

- [9] Schneider Electric España, S.A. , *Guia de diseño de instalaciones Electricas*, Granada , 2010.

- [10] S. R. CASTAÑO, Redes de Distribución de Energía, Manizales : Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales., 2009.
- [11] J. E. Alvarado, «Sector Electricidad,» 2016. [En línea]. Available: www.sectorelectricidad.com/17597/carga-demanda-y-energia-electrica-conceptos-fundamentales-para-la-distribucion-de-electricidad/. [Último acceso: 15 Mayo 2018].
- [12] L. G. Bruno, «<http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com>,» 21 Septiembre 2009. [En línea]. Available: <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2009/09/conceptos-sobre-celdas-de-mt.html>. [Último acceso: 18 mayo 2018].
- [13] G. E. Harper, Manual del tecnico en subestaciones electricas industriales y comerciales, Mexico : Limusa, 2011.
- [14] I. L. Kosow, Maquinas electricas y transformadores, Mexico : Prentice-hall, 1993.
- [15] A. Colmenar Santos y J. L. Hernandez Martin , Instalaciones electricas en baja tension, Bogota : Buena semilla , 2014.
- [16] J. S. Ramirez Castaño y E. A. Cano Plata, Sistema de Puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y Evaluado con MEF, Manizales : Blanecolor, 2010.
- [17] I. Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Std 80-2000*, New York , 2000.
- [18] S. J. Chapman, MÁQUINAS ELÉCTRICAS QUINTA EDICIÓN, Mexico : The McGraw-Hill, 2012.

- [19] METREL , *CALIDAD DE LA ENERGIA*.
- [20] J. D. Arcila, *ARMÓNICOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS*, Colombia .
- [21] M. Holguin y D. Gomezcoello , *Tesis de Grado: Analisis de calidad de energia en el nuevo campus de la Universidad Politecnica Salesiana*, Guayaquil: Universidad Politecnica salesiana, 2010.
- [22] R. Martin Barrio , A. Colmenar Santos y F. Braojos Santos , *Guia practica de electricidad y electronica 1 "Principios Basicos de Electricidad"*, Madrid: Inmagrag, 2004.
- [23] Metrel , *Manual de instrucciones PowerQ4 Plus MI 2792A*, Slovenia , 2012.
- [24] Ministerio de Electricidad y Energia Renovable, «<http://www.unidadesdepropiedad.com>,» 11 Mayo 2009. [En línea]. Available: <http://www.unidadesdepropiedad.com/>. [Último acceso: 12 Julio 2018].
- [25] Schneider Electric , «www.schneider-electric.com.co,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.schneider-electric.com.co/es/product-range-download/970-sm6-24/>. [Último acceso: 19 Marzo 2018].
- [26] G. Moreno, J. A. Valencia , C. A. Cárdenas y W. M. Villa, *Fundamentos e Ingeniería de las puestas a tierra*, Antioquia : Editorial Universidad de Antioquia, 2007.
- [27] MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, *NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCION*, QUITO: COMITE EJECUTIVO DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION , 2011.

- [28] silvatech s.a., «<http://www.silvatech.com.ec>,» Neuromedia Solutions, [En línea]. Available: <http://www.silvatech.com.ec/software-etap.html>. [Último acceso: 2018 Septiembre 15].
- [29] ETAP powering success, «<https://etap.com>,» [En línea]. Available: <https://etap.com/es/product/load-flow-software>.
- [30] Esteb@n, «<http://antisecc-security.blogspot.com>,» 23 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://antisecc-security.blogspot.com/2012/09/termeter-hackeando-mi-medidor-de-luz.html>. [Último acceso: 15 Mayo 2018].
- [31] Viakon Conductores Monterrey, Manual Electrico, Monterrey , 2013.
- [32] INATRA S.A., «inata.com,» [En línea]. Available: <http://inata.com/transformadores-trifasicos-distribucion/>. [Último acceso: 28 mayo 2018].
- [33] A. Tecnologia, «<http://www.areatecnologia.com>,» [En línea]. Available: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>. [Último acceso: 29 mayo 2018].
- [34] M. Perez Donsion , Calidad de la Energia Electrica, Madrid: Ibergarceta Publicaciones, 2016.