

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

TEMA:

ANÁLISIS DE CALIDAD DE PRODUCTO EN UNA MUESTRA DE
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR 2 DE LA
SUBESTACIÓN CAYAMBE QUE ALIMENTAN A LAS INDUSTRIAS FLORÍCOLAS.

AUTOR:

ESTRADA CASTRO LESSLY MADELEYNNE

DIRECTOR:

MSc. PÉREZ CRUZ SEGUNDO HERNÁN

IBARRA – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401848361
APELLIDOS Y NOMBRES:	ESTRADA CASTRO LESSLY MADELEYNNE
DIRECCIÓN:	IBARRA – EL OLIVO
EMAIL:	lmestrada@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL:	0984757445

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE CALIDAD DE PRODUCTO EN UNA MUESTRA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR 2 DE LA SUBESTACIÓN CAYAMBE QUE ALIMENTAN A LAS INDUSTRIAS FLORÍCOLAS.
AUTOR:	ESTRADA CASTRO LESSLY MADELEYNNE
FECHA:	08/10/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Hernán Pérez MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de octubre de 2020

EL AUTOR:



.....
Estrada Castro Lessly Madeleyne
040184836 – 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Hernán Pérez.

CERTIFICACIÓN

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por la señorita estudiante, Estrada Castro Lessly Madeleyne certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"ANÁLISIS DE CALIDAD DE PRODUCTO EN UNA MUESTRA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DEL ALIMENTADOR 2 DE LA SUBESTACIÓN CAYAMBE QUE ALIMENTAN A LAS INDUSTRIAS FLORÍCOLAS"**. Para la obtención del título de ingeniera en Mantenimiento Eléctrico, aprobando la defensa, impresión y empastado.



Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO
HERNAN PEREZ
CRUZ

.....
MSc. Hernán Pérez.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo de grado a DIOS, mis padres, hermanas y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y me ayudaron de una u otra manera para lograr la realización y culminación de este.

Lessly Estrada.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a Dios por enseñarme que todo se puede lograr en esta vida y me ha permitido culminar la carrera universitaria, a mis padres, hermanas y amigos que me han acompañados durante esta etapa de mi vida.

Al Ing. Hernán Pérez, Director de Tesis; gran baluarte para la finalización de este trabajo.

Lessly Estrada.

TABLA DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	ii
CONSTANCIAS.....	iii
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR.....	iv
DEDICATORIA.	v
AGRADECIMIENTO.	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
A1. ANTECEDENTES.....	1
A2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
A3. ALCANCE.....	3
A4. OBJETIVO GENERAL.....	3
A5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
A6. JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPITULO I.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1. Sistema de distribución.	5
1.1.1. <i>Subestación De Distribución</i>	6
1.1.2. <i>Alimentadores Primarios</i>	6
1.1.3. <i>Transformadores De Distribución</i>	6
1.1.4. <i>Alimentadores Secundarios</i>	6
1.1.5. <i>Acometidas Y Medidores</i>	6
1.1.6. <i>Abonado</i>	7

1.1.7. Abonado (<i>Florícolas Cayambe</i>)	7
1.2. Calidad de la energía eléctrica.....	7
1.2.1. <i>Importancia de la calidad de energía</i>	7
1.2.2. <i>Calidad de energía del servicio eléctrico de distribución en el Ecuador</i>	8
1.2.3. <i>Calidad del producto</i>	8
1.2.4. <i>Perturbaciones</i>	8
1.3. Parámetros que engloban la calidad del producto.....	10
1.3.1. <i>Nivel De Voltaje</i>	10
a) <i>Transitorios</i>	11
b) <i>Caída de voltajes o bajos voltajes “sags”</i>	14
c) <i>Elevación de voltaje o sobrevoltaje “swells”</i>	15
d) <i>Fluctuaciones de tensión</i>	16
1.3.2. <i>Perturbaciones Rápidas De Voltaje (Flicker)</i>	16
1.3.3. <i>Distorsión Armónica De Voltaje</i>	17
a) <i>Fuentes de armónicos</i>	19
b) <i>Armónicos en generación, transmisión y distribución</i>	19
c) <i>Cargas lineales</i>	20
d) <i>Cargas no lineales</i>	20
e) <i>Muecas en el voltaje (Notches)</i>	20
1.3.4. <i>Desequilibrio De Voltaje</i>	21
a) <i>Componentes simétricas</i>	22
1.4. El factor K en los transformadores.....	22
1.4.1. <i>Pérdidas por corrientes parásitas y el factor K para transformadores</i>	23
1.4.2. <i>Factores de pérdidas armónicas</i>	24
CAPÍTULO II.....	25
INTRODUCCIÓN.....	25
2.1. Cálculo de selección de los transformadores (Muestra).....	25

2.2. Equipo utilizado.....	26
2.3. Recolección de información.....	28
2.5. Procesamiento de datos.....	30
2.4. Análisis.....	34
2.4.1. Análisis de nivel de voltaje.....	34
2.4.2. Perturbación rápida de voltaje (FLICKER – PST).....	37
2.4.3. Distorsión armónica de voltaje.....	40
a) Distorsión armónica total de voltaje	40
b) Distorsión armónica individual de voltaje	42
2.4.4. Desequilibrio de voltaje	46
2.4.5. Factor de potencia (PF).....	48
CAPITULO III.....	52
INTRODUCCIÓN	52
3.1. Corrección del Nivel de Voltaje.	53
3.1.1. Proceso para colocar el regulador de voltaje en el programa “CYMDIST”	53
3.1.2. Pérdidas en el sistema “reporte sumario”	62
a) Pérdidas en el sistema sin regulador de voltaje	63
b) Pérdidas en el sistema con regulador de voltaje	63
3.1.3. Costo anual de las pérdidas del sistema.....	64
a) Costo anual de las pérdidas del sistema sin regulador de voltaje.	64
b) Costo anual de las pérdidas del sistema con regulador de voltaje.	64
3.1.4. Presupuesto del regulador de voltaje.....	65
3.1.5. VAN, TIR, Costo Beneficio.....	66
3.1.6. Cambio de la posición del tap en los transformadores analizados pertenecientes a las industrias florícolas.....	67
a) Grow Flowers Posición actual del tap en el transformador C2T-149 (125 kVA). ...	67

b) <i>Grow Flowers cambio de la posición del tap en el transformador C2T-149 (125 KVA).</i>	68
3.1.7. <i>Resumen del cambio de la posición del tap en los transformadores analizados.</i> ...	68
3.2. Corrección del factor de potencia.....	69
3.2.1. <i>Cálculo de la potencia reactiva</i>	70
3.2.2. <i>Grow Flowers cálculo de la potencia reactiva transformador C2T149 (125 kVA).</i> ..	70
a) <i>Primera forma</i>	70
b) <i>Segunda forma.</i>	70
c) <i>Tercera forma</i>	71
3.2.3. <i>Cálculo de frecuencia de resonancia</i>	73
3.2.4. <i>Calculo de la capacitancia</i>	74
3.2.5. <i>Banco de capacitores</i>	74
3.2.6. <i>Proforma del presupuesto de instalación de los bancos de capacitores.</i>	75
3.2.7. <i>VAN, TIR, Costo Beneficio</i>	76
a) <i>Cálculo del VAN, TIR , costo y beneficio para el transformador C2T149 (125 kVA) perteneciente a la florícola Grow Flowers</i>	76
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS	81
ANEXOS.....	84
Anexo A.....	84
Anexo B.....	85
Anexo C	95
Anexo D	101
Anexo E.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema Eléctrico de Distribución.....	5
Figura 2 Transitorio Impulsivo de Corriente por Golpe de Descarga Eléctrica Atmosférica.	12
Figura 3 Corriente Transitoria Oscilatoria Causada Por La Maniobra De Un Banco De Capacitores.....	13
Figura 4 Onda De Tensión Afectada Con Sags En La Caída De Tensión Causada Por Arranque De Un Motor.	14
Figura 5 Parámetros Característicos De Un Hueco De Tensión.....	15
Figura 6 Onda De Tensión Con Swells En Una Subida De Tensión Causada Por Una Falla Fase - Tierra	15
Figura 7 Superposición De Una Armónica Sobre La Fundamental Inicialmente Fuera De Fase	17
Figura 8 Representación En Serie De Fourier De Una Onda Distorsionada.....	18
Figura 9 Muesca De Voltaje	21
Figura 10 Analizador de red AEMC Modelo 8335	27
Figura 11 Software Data View.....	27
Figura 12 Diagrama Unifilar del Alimentador 2 de la Subestación Cayambe.....	28
Figura 13 Diagrama de Conexión del Analizador de Red AEMC Modelo 8335.	29
Figura 14 Transferencia de Datos del Analizador de Red AEMC 8835 al Programa Power Analyzer Control Panel	30
Figura 15 Información Descargada del Analizador de Red AEMC 8835 al programa Power Analyzer Control Panel	30
Figura 16 Hoja de Cálculo Creada en Excel con los Datos Obtenidos por el Analizador AEMC 3585.....	31
Figura 17 Hoja de Cálculo Creada en Excel con los Datos Elementales Para el Posterior Análisis.	31
Figura 18 Datos Para el Análisis de Nivel De Voltaje	32
Figura 19 Datos Reemplazados en la Fórmula de Nivel de Voltaje	32
Figura 20 Valores que Están Fuera del Rango Establecido por la Regulación ARCONEL 005/18	33
Figura 21 Porcentaje de Mediciones Fuera del rango Establecido por la Regulación ARCONEL 005/.....	33
Figura 22 Fases que Incumplen con el Límite Establecido por la Regulación ARCONEL 005/18	34

Figura 23 Límites de Voltaje Transformador C2T-149.....	35
Figura 24 Mediciones Fuera del Límite de Voltaje Transformador C2T-149.....	36
Figura 25 Límites de Flicker Transformador C2T-149	38
Figura 26 Mediciones Fuera Del Límite Del Flicker Transformador C2T-149	38
Figura 27 Límite de Distorsión Armónica Total de Voltaje Transformador C2T-149	41
Figura 28 Mediciones Fuera del Límite de Distorsión Armónica Total de Voltaje Transformador C2T-149.....	41
Figura 29 Límite de Distorsión Armónica Individual de Voltaje, Armónico N 3 Transformador C2T-149.....	43
Figura 30 Mediciones Fuera del Límite de Distorsión Armónica individual de Voltaje, Armónico N 3 Transformador C2T-149	44
Figura 31 Límite De Desequilibrio de Voltaje, Transformador C2T-149.....	47
Figura 32 Mediciones Fuera del Límite de Desequilibrio de Voltaje Transformador C2T-149....	47
Figura 33 Límite de Factor de Potencia, Transformador C2T-149.....	49
Figura 34 Mediciones Fuera de Factor de Potencia Transformador C2T-149	50
Figura 35 Software CYME versión 8.2.	53
Figura 36 Lista de Opciones de la Pestaña Equipos	54
Figura 37 Selección del Regulador y Especificación de los Datos Nominales en Base al ANEXO D.....	54
Figura 38 Ejecución de la Opción “Ubicación optima de reguladores de voltaje”.....	55
Figura 39 Panel “Análisis de la ubicación optima de reguladores de tensión”.	55
Figura 40 Pestaña “ubicaciones”, Selección “ALIM-1300020t02	56
Figura 41 Pestaña “reguladores”, Selección “C1E200T”	56
Figura 42 Pestaña “restricciones”, Selección de Restricciones	57
Figura 43 Cuadro de Dialogo Para la Ubicación Optima de Regulares de Tensión.....	57
Figura 44 Perfil de Tensión Final	58
Figura 45 Perfil de Tensión Inicial.	58
Figura 46 Ubicación del Regulador de Tensión.....	59
Figura 47 Ejecución de “Distribución de carga”.....	59
Figura 48 Cuadro de Dialogo Para Finalizar el Proceso de Distribución de Carga.	60
Figura 49 Condición Actual del Alimentador N 2 de la Subestación Cayambe con Regulador de Voltaje.	60
Figura 50 Opción “Reportes de análisis”.	61
Figura 51 Flujo de Carga – Reporte sumario	61

Figura 52 Generando Informe de Reporte Sumario	62
Figura 53 Informe de Reporte Sumario.	62
Figura 54 Presupuesto Regulador de Voltaje.	65
Figura 55 Condiciones Actuales del Transformador C2T-149.	67
Figura 56 Condiciones Actuales del Transformador C2T-228.	69
Figura 57 Condiciones después de bajar el Tap dos posiciones al Transformador C2T-228.	69
Figura 58 Proforma de Instalación de Bancos de Capacitores de Diferentes Potencias.	75
Figura 59 Pestaña Administrador de la Base de Datos.	85
Figura 60 Pestaña Agregar	85
Figura 61 Opción Base de Datos Distintas.	86
Figura 62 Opción Microsoft Access Para la Base de Datos de Equipos.	86
Figura 63 Panel de Selección de Archivos del Sistema.	87
Figura 64 Base de Datos Equipos.	87
Figura 65 Ruta Donde se Almacena la Información.	88
Figura 66 Opción Microsoft Access Para la Base de Datos de Red.	88
Figura 67 Base de Datos de Red del Sistema de Distribución.	89
Figura 68 Ruta Donde se Almacena la Información Para la Base de Datos de red.	89
Figura 69 Base de datos del Proyecto.	90
Figura 70 Ruta Donde se Almacena la Información de la Base de Datos del Proyecto.	90
Figura 71 Información del Proyecto.	91
Figura 72 Nombre de la Base de Datos Agregada.	91
Figura 73 Base de Datos Creada.	92
Figura 74 Opción Conectar al Sistema CYMDIST.	92
Figura 75 Opción Seleccionar Redes.	93
Figura 76 Selección del Alimentador N°2 de la Subestación Cayambe.	93
Figura 77 Circuito del Alimentador N°2 de la Subestación Cayambe	94
Figura 78 Datos de consumo del mes de junio del Alimentador N2 de la Subestación Cayambe.	95
Figura 79 Cabecera del Alimentador N°2 de la Subestación Cayambe.	96
Figura 80 Pestaña Fuente, Tipo de Fuente, Selección Definida por el Usuario	96
Figura 81 Valores Correspondientes al Consumo del Mes de Junio en por Unidad	97
Figura 82 Pestaña Demanda con los Valores de Corriente y Factor de Potencia del Mes de Junio.	97
Figura 83 Selección Distribución de Carga.	98

Figura 84 Corrida de la Distribución de Carga.....	98
Figura 85 Método de Distribución.....	99
Figura 86 Cuadro de Dialogo	99
Figura 87 Condición Actual del Alimentador N 2 de la Subestación Cayambe sin Regulador de Voltaje.	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías y características de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia	9
Tabla 2 Niveles de voltaje.	10
Tabla 3 Límites para el índice de nivel de voltaje	10
Tabla 4 Clasificación de los transitorios oscilatorios.....	13
Tabla 5 Límites máximos de armónicos de voltaje (% de voltaje nominal).	18
Tabla 6 Transformadores elegidos para el análisis	25
Tabla 7 Transformadores para medir	29
Tabla 8 Mediciones fuera del límite de la regulación ARCONEL 005/18, nivel de voltaje transformador C2T-149.....	36
Tabla 9 Análisis de nivel de voltaje	37
Tabla 10 Total, de mediciones fuera de la regulación transformador C2T-149.....	39
Tabla 11 Análisis de perturbación rápida de voltaje (Flicker o Pst).....	39
Tabla 12 Mediciones fuera del límite de la Regulación ARCONEL 005/18, para distorsión armónica total de voltaje transformador C2T-149.....	42
Tabla 13 Análisis de Distorsión Armónica Total de Voltaje.....	42
Tabla 14 Mediciones fuera del límite de la Regulación ARCONEL 005/18, para la distorsión armónica individual de voltaje del armónico 2 al 40 transformador C2T-149.....	45
Tabla 15 Análisis de distorsión armónica individual de voltaje	46
Tabla 16 Mediciones fuera del límite de la regulación ARCONEL 005/18, para desequilibrio de voltaje transformador C2T-149.....	48
Tabla 17 Análisis de desequilibrio de voltaje.....	48
Tabla 18 Mediciones fuera de la Regulación ARCONEL 050/18 para el factor de potencia transformador C2T-149.....	50
Tabla 19 Análisis de factor de potencia.....	51
Tabla 20 Cuadro de Resumen de los Parámetros Analizados	52

Tabla 21 Resumen de las Pérdidas Totales en el Alimentador 2 de la Subestación Cayambe por el Programa CYMDIST sin Regulador de Voltaje.....	63
Tabla 22 Resumen de las Pérdidas Totales en el Alimentador 2 de la Subestación Cayambe por el Programa CYMDIST con Regulador de Voltaje.....	63
Tabla 23 Costo Anual de Perdidas en el Sistema sin Regulador de Voltaje.....	64
Tabla 24 Costo Anual de Perdidas en el Sistema con Regulador de Voltaje.....	64
Tabla 25 Cuadro VAN, TIR, Costo Beneficio para el regulador de regulador de voltaje	66
Tabla 26 Cuadro de resumen del cambio de la posición del tap en los transformadores analizados.....	68
Tabla 27 Cuadro de la Potencia Reactiva Calculada Para Cada Transformador Con Bajo Factor de Potencia.....	72
Tabla 28 Cuadro de la Potencia Reactiva Calculada para Cada Transformador con Bajo Factor de Potencia.....	73
Tabla 29 Cuadro de la Potencia Reactiva Calculada para Cada Transformador con Bajo Factor de Potencia.....	74
Tabla 30 Cuadro de la Capacitancia Calculada Para Cada Transformador Con Bajo Factor de Potencia.....	74
Tabla 31 Cuadro de banco de Capacitores para Cada Transformador	75
Tabla 32 Cuadro del costo de Instalación de Cada Banco de Capacitores.	76
Tabla 33 Cuadro VAN, TIR, Costo Beneficio, Transformador C2T-149.....	77
Tabla 34 Cuadro VAN, TIR, Costo Beneficio.....	77
Tabla 35 Cuadro Viabilidad.....	78

RESUMEN

El presente estudio tiene la finalidad de realizar un análisis de la calidad de producto en una muestra de transformadores de distribución del alimentador 2 de la subestación Cayambe que alimentan a las industrias florícolas en el sector de Cayambe con datos recopilados por un analizador de red de acuerdo con la Regulación ARCONEL 005/18 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”.

Para llevar a cabo este proyecto se utilizó como método de análisis el registro de parámetros eléctricos obtenidos de los analizadores de red proporcionados por EMELNORTE y que corresponden a: nivel de voltaje, perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker). Distorsión armónica de voltaje y desequilibrio de voltaje logrando así determinar si cumplen o no con los índices establecidos por la regulación ARCONEL 005/18.

Con los resultados obtenidos se determinó las condiciones actuales de operación de cada transformador, sus incumplimientos de acuerdo con la Regulación ARCONEL 005/18 logrando plantear recomendaciones técnicas y económicas para cada caso, a fin de mejorar la calidad del producto y mejorar las condiciones de operatividad de los transformadores de distribución elegidos para este análisis.

Con este trabajo de grado se logró determinar que los transformadores que sirven a las florícolas estaban sometidos a problemas de variaciones de voltaje y bajo factor de potencia según la Regulación y que de acuerdo con el análisis realizado para mejorar la calidad del producto es necesario la instalación de reguladores de voltaje por parte de la empresa eléctrica y de instalación de capacitores por parte de las industrias florícolas.

Palabras claves: ARCONEL, Regulación, ArcGIS, calidad, producto, CYMDIST, transformador, Alimentador, Florícolas.

ABSTRACT

The purpose of this study is to carry out an analysis of the product quality in a sample of distribution transformers of feeder 2 from Cayambe substation that feed the floricultural industries in the Cayambe sector, with data collected by a network analyzer of in accordance with the ARCONEL Regulation 005/18 "Quality of the electric power distribution and commercialization service".

To carry out this project, the recording of electrical parameters obtained from the network analyzers provided by EMELNORTE was used as an analysis method, corresponding to: voltage level, rapid voltage disturbances (Flicker). Harmonic voltage distortion and voltage unbalance, thus determining whether or not they comply with the indices established by the ARCONEL 005/18 regulation.

With the results obtained, the current operating conditions of each transformer were determined, their non-compliance in accordance with the ARCONEL Regulation 005/18, managing to propose technical and economic recommendations for each case, in order to improve the quality of the product and improve the operating conditions of the distribution transformers chosen for this analysis.

With this degree work it was possible to determine that the transformers that serve the floricultural plants were subject to problems of voltage variations and low power factor according to the Regulation and according to the analysis carried out to improve the quality of the product, the installation of voltage regulators by the electricity company is necessary, and the installation of capacitors by the flower industries.

Key words: ARCONEL, regulation, ArcGIS, quality, product, CYMDIST, transformer, feeder, floricultural industries

INTRODUCCIÓN.

A1. ANTECEDENTES.

La calidad de la energía eléctrica se puede definir por el conjunto de propiedades inherentes al suministro eléctrico, o según el artículo (99 del RD1955/2000), por el conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigibles por los sujetos, consumidores y por los organismos competentes de la administración.

La calidad de energía en si es la alteración en la “forma de la onda” que tiene lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así como en la utilización de determinados receptores que generan perturbaciones; siendo estos factores inevitables, pero si minimizables. (Manuel ,2016).

Básicamente, la calidad de la energía eléctrica se puede establecer basándose en las características de:

Continuidad del suministro

Calidad del producto (calidad de onda)

Atención y relación con el suministro

La calidad del producto tiene una gran relación con la tensión y la corriente que se presenta en un determinado tiempo en un punto de la red eléctrica, que se entrega por parte de los distribuidores a los consumidores estas señales entregadas por parte de la empresa tiene que ajustarse a lo requerido por los equipos conectados a la red permitiendo mantener su continuidad, desempeño y sin provocar fallas en los mismos. (IERCOR, 2007) Según la Regulación No. 005/18: La calidad del servicio se medirá tomando en cuenta: Nivel de voltaje, Perturbaciones, Distorsión armónica de voltaje, Desequilibrio de voltaje. (ARCONEL, 2018).

Es aquí donde el creciente aumento de equipos electrónicos y de cargas no lineales que hay conectados a las redes de distribución de energía eléctrica y su uso cada vez más extendido en todo tipo de actividades industriales, profesionales y domésticas, ha dado lugar a la aparición y propagación de perturbaciones en la red que afectan negativamente a la calidad de la energía eléctrica. (Carpio Ibáñez, Míguez Camiña, & Guirado Torres, 2013). Estos equipos son sensibles a las interrupciones de servicio, variaciones de voltaje, presencia de armónicos, transitorios de sobre voltaje y requieren una alimentación eléctrica de alta calidad.

Esto hace necesaria una revisión cada vez más en detalle de los problemas relacionados con la calidad del suministro de energía eléctrica. El cual requiere un estudio desde un enfoque práctico investigando los principales problemas relacionados con la calidad de la energía eléctrica en su distribución, como son: variaciones de voltaje, problemas de armónicos y su confinación, Flicker, y factor de potencia ya que la presencia de distorsión armónica, cortes en el suministro de electricidad, oscilaciones de voltaje, caídas y picos de voltaje, fenómenos transitorios son algunas manifestación de la mala calidad de la energía eléctrica originando molestias a los usuarios contribuyendo con la disminución de la vida útil de los equipos e incrementos de los costos de producción industriales y de suministro del servicio. (Benavides, 2014).

La importancia de la energía eléctrica es muy grande al ser la más conocida y convertirse en la más utilizada tanto en hogares como en industrias (Colegio, 2004) , su dependencia cada vez mayor, ha traído como consecuencia que el usuario exija una mayor calidad del producto (Carrión González & Carvajal Pérez, 2011), es por ello que Emel Norte como una empresa que brinda un servicio de calidad busca mejorar sus esquemas de operación, para mejorar su confiabilidad y economía., de ahí la importancia de contar con una buena calidad en el servicio ya que los disturbios y variaciones de voltaje que se producen afectan directamente al usuario.

Un estudio técnico-económico permitirá mostrar la situación actual que presentan los transformadores, comprobar si cumple con los requerimientos de operación para posteriormente proceder a una evaluación, proponer las posibles soluciones y lograr así brindar una mejor calidad del producto.

A2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la zona de Cayambe se encuentran instaladas plantaciones florícolas que son atendidas por la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A., mediante la subestación Cayambe a través del alimentador 2; estas medianas industrias representan una importante carga dentro del sistema de distribución de la empresa eléctrica, su comportamiento eléctrico depende de su actividad que conlleva el contener elementos como: bombas, iluminación con lámparas de descarga, cuartos fríos, compresores, evaporadores, todos estos controlados mediante dispositivos electrónicos de potencia que son cargas no lineales que sumados provocan distorsiones y perturbaciones en el sistema de distribución de media tensión, afectando las características técnicas de los equipos en su funcionamiento y tiempo de vida útil incumpliendo con los índices de calidad de energía exigidos por el ARCONEL en la Regulación No. 005/18.

A3. ALCANCE.

El estudio se llevará a cabo en el bobinado secundario de una muestra de transformadores de distribución determinada de manera estadística, que facilitan la energía a plantaciones florícolas y que pertenecen al alimentador 2 de la subestación Cayambe. EMELNORTE determinara una muestra representativa de transformadores que brindan el servicio de energía eléctrica a una o más plantaciones florícolas dando prioridad a aquellos que de acuerdo con estudios anteriores son considerados como equipos que incumplen con la regulación del ARCONEL 005/18 (Calidad del Producto). Se determinará el comportamiento eléctrico (niveles de voltaje, Flicker, distorsión de armónica de voltaje, desequilibrio de voltaje) de estos transformadores mediante la instalación de analizadores de red que la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. facilitará. De esta manera se logrará efectuar un análisis técnico que permitirá determinar las posibles soluciones que ayuden a mejorar la calidad del producto. Además, se realizará un análisis económico para determinar el costo de su implementación. Se utilizará el programa específico para realizar las simulaciones respectivas.

A4. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis de calidad del producto en una muestra representativa de transformadores de distribución pertenecientes al alimentador 2 de la subestación Cayambe que brindan el servicio de energía eléctrica a plantaciones florícolas mediante mediciones obtenidas en el secundario del transformador y determinación de recomendaciones técnico–económicas.

A5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis bibliográfico de la metodología que comprende la calidad del producto
- Determinar las condiciones actuales de operatividad de los transformadores de distribución seleccionados que brindan el servicio de energía eléctrica a industrias florícolas.
- Realizar las recomendaciones técnico-económicas basadas en los resultados obtenidos del análisis a fin de mejorar la calidad del producto y la operatividad de los transformadores de distribución elegidos para el análisis.

A6. JUSTIFICACIÓN

Para atender los requerimientos exigidos en la regulación ARCONEL 005/18 es necesario mantener la prestación de los servicios eléctricos dentro de los parámetros exigidos más aun en un sector industrial como es el sector florícola ubicado en la zona de Cayambe, que representa una carga significativa dentro del área de concesión de EMELNORTE, por lo que es importante

realizar un análisis encaminado a la calidad del producto para mejorar las condiciones del sistema y sus equipos principalmente de los transformadores de distribución que abastecen de energía eléctrica a este tipo de usuarios y que representan para la empresa un rubro significativo dentro de su sistema de distribución, además se podrá brindar posibles soluciones técnico - económicas aplicables a otros usuarios de similares características como la industria lechera.

CAPITULO I

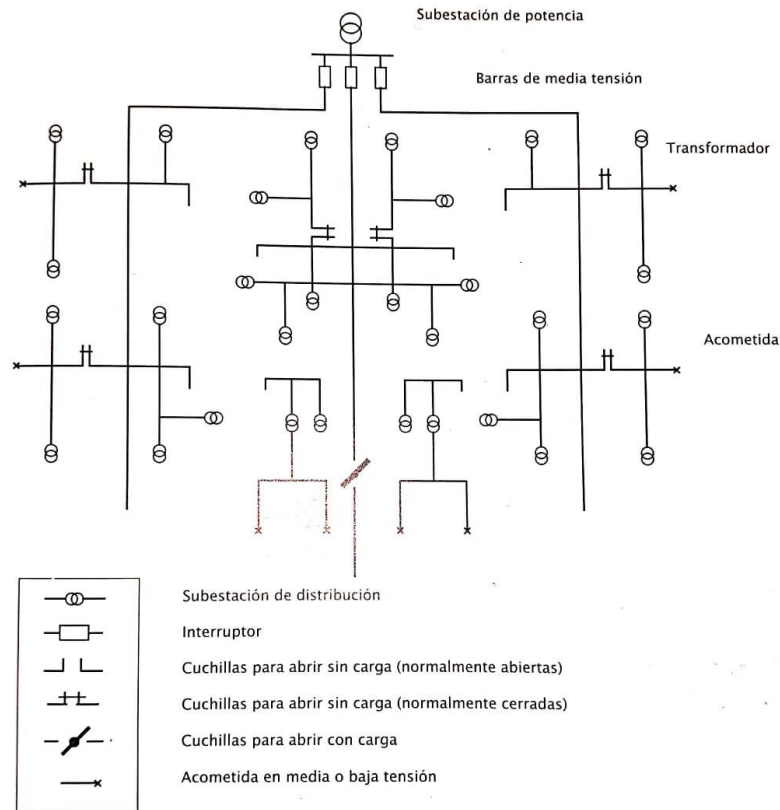
MARCO TEÓRICO

1.1. Sistema de distribución.

El sistema de distribución de energía eléctrica comprende las salidas de las subestaciones de distribución, alimentadores primarios, los transformadores de distribución, los alimentadores secundarios, acometidas y medidores, siendo la empresa de distribución la encargada de suministrar energía desde la subestación de potencia hasta el usuario cumpliendo con los niveles de voltaje requeridos. (Yebra Morón, 2009) en la Figura 1, se puede apreciar la red de distribución.

Figura 1.

Sistema Eléctrico de Distribución.



Fuente: (Yebra Morón, 2009)

Los elementos que conforman al sistema de distribución de energía eléctrica se indican a continuación:

1.1.1. Subestación De Distribución.

La subestación de distribución es el conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia que se encargan de establecer los niveles de voltaje adecuados a los requeridos por los alimentadores primarios. (Yebra Morón, 2009), (Espinosa, 2000).

1.1.2. Alimentadores Primarios

Los alimentadores primarios son circuitos encargados de conducir la energía eléctrica desde la subestación de potencia hasta los transformadores de distribución, generalmente se manejan niveles de medio voltaje: 6,3 kV, 13,8kV y 22 kV. (Yebra Morón, 2009), (Espinosa, 2000).

1.1.3. Transformadores De Distribución

Los transformadores de distribución son los encargados de reducir niveles de medio voltaje a niveles de bajo voltaje óptimo para que el usuario pueda utilizar. Los transformadores de distribución tienen rangos de potencia que van desde los 3kVA hasta los 1000 kVA, dependiendo de la potencia requerida por el usuario. (Yebra Morón, 2009), (Espinosa, 2000).

1.1.4. Alimentadores Secundarios

Los alimentadores secundarios son los circuitos que conducen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios, los niveles de voltaje son: 120/ 240 V en transformadores monofásicos a 3 hilos y 127/ 220V en transformadores trifásicos. (Yebra Morón, 2009), (Espinosa, 2000).

1.1.5. Acometidas Y Medidores

Son los elementos que unen a el sistema eléctrico de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario, se puede pueden proporcionar las acometidas tanto en medio voltaje como en bajo voltaje dependiendo de la característica de la carga, y dependiendo del tipo de acometida la medición se la puede realizar en bajo o en medio voltaje. (Yebra Morón, 2009), (Espinosa, 2000).

1.1.6. Abonado

El abonado es el cliente que, mediante un pago mensual, tiene derecho a un servicio eléctrico por medio de una red de distribución. (Espinosa, 2000).

1.1.7. Abonado (*Florícolas Cayambe*)

Este abonado es un gran consumidor de grandes cantidades de energía eléctrica, compra la energía eléctrica en medio voltaje transformándola en sus propias inhalaciones al requerido por la industria florícola. (Yebra Morón, 2009), (Espinosa, 2000).

1.2. Calidad de la energía eléctrica.

La calidad de la energía eléctrica o calidad de suministro presenta diferentes interpretaciones, para una compañía eléctrica, calidad de energía es la fiabilidad que presenta la red y la continuidad en el suministro, mientras que para un fabricante de equipos eléctricos o electrónicos la entiende como el correcto funcionamiento de dichos equipos sin presentar errores ni mal funcionamiento, por último el usuario final entiende calidad de energía eléctrica a la situación donde sus procesos u operaciones se desarrollan de manera continua y con total normalidad. (Gil, Manzano, Gómez, & Sánchez, 2012); (Sánchez, 2009).

Desde un punto más técnico Enríquez (2006) define a la calidad de energía eléctrica como:

Una ausencia de interrupciones, sobrevoltajes, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje rms suministrado al usuario; esto concierne a la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad de servicio eléctrico [...] el objetivo de la calidad de energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variación de voltaje en el lado del usuario y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado de las compañías suministradoras de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

1.2.1. Importancia de la calidad de energía.

Antes las pequeñas variaciones en la potencia provocadas por los equipos electrónicos de potencia, microprocesadores para control industrial y automatización en fábricas y oficinas, no afectaban seriamente la operación de equipos convencionales como luces y motores de inducción. Si bien el voltaje de alimentación se reduce debido a un fallo en el sistema, las luces tienden a atenuarse y el motor de inducción produce una salida más baja. Hoy en día los efectos

de las interrupciones de corta duración son bastante altos provocando gastos significativos para el sector industrial, es ahí donde la calidad de la energía eléctrica se encarga de la amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que afectan y degradan la vida útil de los equipos conectados a la red como son: los transformadores, conductores, bancos de capacitores para corrección del factor de potencia. Las perturbaciones provocan cortes en el suministro y variaciones de voltaje, afectando a los usuarios y a las distribuidoras, estas compañías tienen que presentar un buen desempeño, confiabilidad y efectividad costo- beneficio ya que de ellas depende la vitalidad comercial e industrial del país.(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2005);(Rodrigo, 2012); (Holguin & Gomez, 2010). (Garcia, 2012);(Sastry, 2008).

1.2.2. Calidad de energía del servicio eléctrico de distribución en el Ecuador

En el Ecuador, para garantizar que las empresas distribuidoras brinden un suministro eléctrico continuo y confiable, se dictan aspectos importantes relacionadas con los estándares mínimos de calidad, procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las empresas distribuidoras del servicio eléctrico, los mismos que fueron emitidos y aprobados por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica, se los puede encontrar en la Regulación ARCONEL 005/018 que norma a las empresas eléctricas del Ecuador, la calidad de servicio eléctrico que ofrecen.

1.2.3. Calidad del producto

La calidad del producto establece pautas para entregar energía dentro de ciertos límites; se caracteriza por el nivel de voltaje, perturbaciones rápidas de voltaje y armónicos, despreciando las distorsiones de corriente, estas señales de voltaje son entregadas por la compañía distribuidora al consumidor final, siendo el distribuidor responsable de monitorear sus redes eléctricas mediante un Plan de Mediciones Anual, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las correcciones que se deben realizar para corregir y mejorar el servicio de distribución de energía eléctrica. (ARCONEL, 2018); (Balcells, 2012); (Ramírez, 2006).

1.2.4. Perturbaciones.

Las perturbaciones o fenómenos electromagnéticos pueden afectar parámetros como la amplitud, frecuencia, forma de onda y continuidad de un sistema eléctrico, electrónico o de comunicaciones por esta razón la IEEE 1159 divide en siete categorías a los fenómenos electromagnéticos, la Tabla 1. Resume las categorías y características de los fenómenos

electromagnéticos usados por la comunidad de calidad de potencia eléctrica. (Sánchez, 2009); (Pereira, 2015); (Garcia, 2012).

Tabla 1

Categorías y Características de Fenómenos Electromagnéticos en Sistemas de Potencia.

<u>Categoría</u>	<u>Contenido Típico Espectral</u>	<u>Duración Típica</u>	<u>Magnitud Típica del Voltaje</u>
1.0. Transitorios			
1.1. Impulsos			
1.1.1. Nanosegundos	5 ns de elevación	< 50 ns	
1.1.2. Microsegundos	1 us de elevación	50 ns – 1ms	
1.1.3. Milisegundos	0.1 ms de elevación	> 1 ms	
1.2. Oscilatorios			
1.2.1. Baja frecuencia	< 5 kHz	0.3 – 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2. Frecuencia Media	5 – 500 kHz	20 µs	0 - 8 pu
1.2.3. Alta frecuencia	0.5 - 5 MHz	5 µs	0 – 4 pu
2.0. Variaciones de Corta duración			
2.1. Instantáneas			
2.1.1. Interrupción		0.5 - 30 ciclos	< 0.1 pu
2.1.2. Sag (dip)		0.5 - 30 ciclos	0.1 - 0.9 pu
2.1.3. Swell		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8 pu
2.2. Momentáneas			
2.2.1. Interrupción		30 ciclos – 3 s	< 0.1 pu
2.2.2. Sag (dip)		30 ciclos – 3 s	0.1 - 0.9 pu
2.2.3. Swell		30 ciclos – 3 s	1.1 - 1.4 pu
2.3. Temporal			
2.3.1. Interrupción		3 seg - 1 min	< 0.1 pu
2.3.2. Sag (dip)		3 seg - 1 min	0.1 - 0.9 pu
2.3.3. Swell		3 seg - 1 min	1.1 - 1.2 pu
3.0. Variaciones de larga duración			
3.1. Interrupción, sostenida		> 1 min	0.0 pu
3.2. Bajos voltajes		> 1 min	0.8 - 0.9 pu
3.3. Sobrevoltajes		> 1 min	1.1 - 1.2 pu
4.0. Desbalance en el voltaje			
		Estado Estable	0.5 - 2%
5.0. Distorsión de la forma de Onda			
5.1. Componente de directa (DC offset)		Estado Estable	0 - 0.1%
5.2. Armónicas	De la armónica 0 a la armónica 100	Estado Estable	0 - 20%
5.3. Interarmónicas	0 - 6 kHz	Estado Estable	0 - 2%
5.4. Muecas en el voltaje (notching)		Estado Estable	
5.5. Ruido	Banda ancha	Estado Estable	0 - 1%
6.0. Fluctuaciones de Voltaje			
	< 25 Hz	Intermitente	0.1 - 7%
7.0. Variaciones de la frecuencia			
		< 10s	

Fuente: (Sastry cita a (IEEE1159.3 (2003), Recommended Practice for the Transfer of Power Quality Data. With permission from IEEE.))

1.3. Parámetros que engloban la calidad del producto

Según la regulación de calidad de servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica No. ARCONEL 005/18 la calidad del producto engloba los siguientes parámetros:

- Nivel de voltaje.
- Perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).
- Distorsión armónica de voltaje.
- Desequilibrio de voltaje.

1.3.1. Nivel De Voltaje

El nivel de voltaje establece las escalas adecuadas a las que se debe de entregar el voltaje, de tal forma que las empresas distribuidoras deban regular el voltaje dentro de las escalas definidas para cada nivel de voltaje, según la Regulación ARCONEL 005/18: en la Tabla 2. Se definen los siguientes valores de niveles de voltaje:

Tabla 2.

Niveles De Voltaje.

<u>Nivel de voltaje</u>	<u>Rango admisible</u>
Bajo voltaje	Menor igual a 0.6 KV
Medio Voltaje	Mayor a 0.6 y menor igual a 40 KV
Alto voltaje grupo 1	Mayor a 40 y menor igual a 138 KV
Alto voltaje grupo 2	Mayor a 138 KV

Fuente: (ARCONEL, 2018)

El nivel de voltaje cumple con ciertos límites en las variaciones de voltajes tanto en los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) como muestra la Tabla 3.

Tabla 3

Límites Para el Índice de Nivel de Voltaje

<u>Nivel de voltaje</u>	<u>Rango admisible</u>
Alto Voltaje (Grupo 1)	±5.0%
Alto Voltaje (Grupo 2)	±5.0%
Medio Voltaje	±6.0%
Bajo Voltaje	±8.0%

Fuente: (ARCONEL, 2018)

Para determinar la calidad de nivel de voltaje en un punto del sistema de distribución se emplea la siguiente Ecuación:

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100[\%] \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

ΔV_k = Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k .

V_k = Voltaje de suministro en el punto k , determinado con el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V_N = Voltaje nominal en el punto k .

El nivel de voltaje en un punto de medición se incumple cuando el 5 % o más de los registros de las variaciones de voltaje, se encuentra fuera de los rangos admisibles, las mediciones de las deberá realizar en el periodo de mínimo 7 días continuos.

Dentro de las variaciones de voltaje tenemos:

a) Transitorios

Los transitorios electromagnéticos comúnmente conocidos como pico o impulso de tensión (surge), son respuestas de variaciones instantáneas de un sistema eléctrico de potencia que indican un evento indeseable y de naturaleza momentánea debido a un cambio repentino de su estado inicial a un estado diferente o final, son causados por maniobras dentro del sistema eléctrico, por fallas o por descargas atmosféricas sobre un elemento que conforma el sistema eléctrico, los transitorios tienen un periodo sumamente corto, pero a la vez tiene un gran impacto en el sistema, debido a que en estos pequeños períodos de tiempo los componentes del sistema son sometidos a grandes esfuerzos por corrientes y voltajes excesivos que pueden llegar a dañar permanentemente al equipo, la duración de los transitorios puede ser de nanosegundos a varios milisegundos, los transitorios electromagnéticos pueden ser clasificados en dos categorías: Transitorios de Impulso y Transitorios Oscilatorios. (Sánchez, 2009)(Montalvo, 2010)(Enríquez, 2006)(Arellano, 2011).

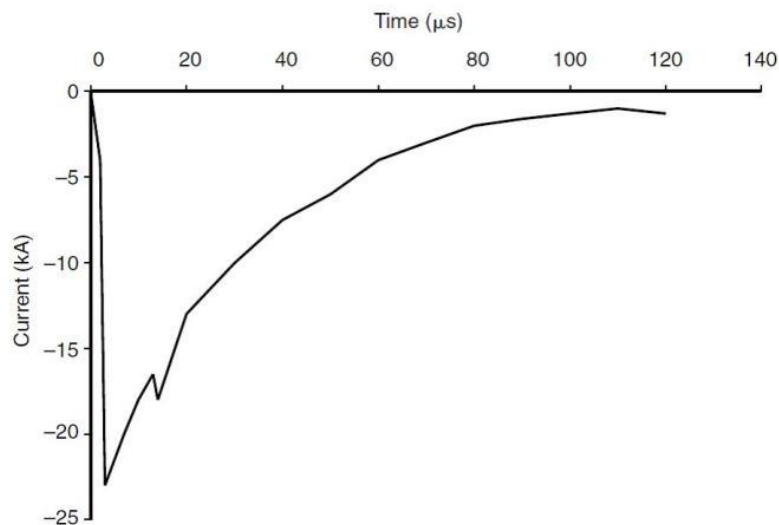
o Transitorios de Impulso

Los transitorios por impulso tienen como característica un cambio repentino de la condición de estado estable de tensión, corriente o ambas, a una frecuencia distinta de la fundamental, presentan una duración menor a 0.5 ciclos en la forma de onda de corriente alterna, son unidireccionales en su polaridad. (+ o -), además estos transitorios son normalmente

caracterizados por sus tiempos de subida, cresta o de frente (rise time) y de cola (decay), por ejemplo, un transitorio de impulso de 1.2×50 [μs], 2000 [V] nominales se eleva desde cero a su valor pico de 2000 [V] en 1.2 [μs] y posteriormente decae a la mitad de su valor pico en 50 [μs]. Por otra parte, la causa más común de los transitorios de impulso son las descargas atmosféricas, ya que involucran altas frecuencias, por esta razón son amortiguados rápidamente por la componente resistiva del circuito y no son conducidos a largas distancias desde su fuente, además los transitorios de impulso pueden excitar la frecuencia natural de los circuitos del sistema de potencia y producir transitorios oscilatorios. (Enríquez, 2006)(Arellano, 2011)(Tellez Ramírez, 2007)(Arizpe Islas, Neira Rosales, & López Escamilla, 2013).(Luchena Mozo, 2003)

Figura 2

Transitorio Impulsivo de Corriente por Golpe de Descarga Eléctrica Atmosférica.



Fuente: (Sánchez, 2009)

○ Transitorios Oscilatorios

Un transitorio oscilatorio es un cambio súbito a diferente frecuencia de la fundamental, en la condición de estado estable de voltaje, corriente o ambos, tanto en los límites positivos como negativos de la señal, son ocasionados por maniobra de quipos, tales como desconexión de líneas, bancos de capacitores o energización de transformadores, es por eso que en base a la frecuencia, duración y magnitud los transitorios oscilatorios se clasifican en tres categorías: transitorios de baja, media y alta frecuencia tal como se muestra en la Tabla 2. (Seymour & Horsley, 2010), (Enríquez, 2006), (Luchena Mozo, 2003), (L. García, 2012).

Tabla 4

Clasificación de los Transitorios Oscilatorios

<u>Categoría</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Duración Típica</u>
Baja frecuencia	< 5 kHz	0.3 – 50 uMs
Media frecuencia	5-500 kHz	20 useg.
Alta frecuencia	500kHz - 5MHz	5 useg.

Fuente: (Enríquez, 2006)

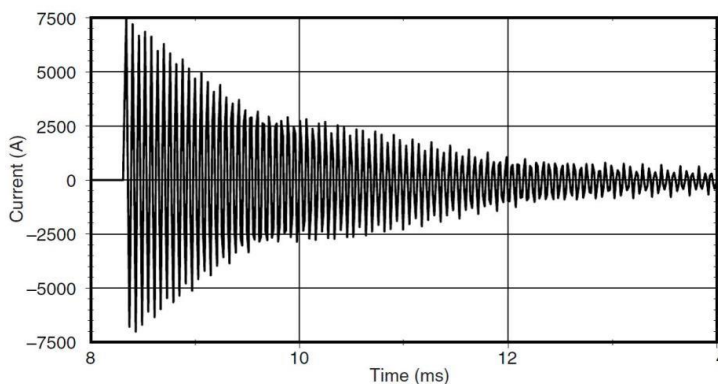
Los Transitorios Oscilatorios de alta frecuencia son comúnmente el resultado de la respuesta de un sistema local a un Transitorio de Impulso.

Los Transitorio Oscilatorios de media frecuencia se deben a la maniobra de condensadores o a respuestas de un sistema a un Transitorio de impulso.

Los Transitorios Oscilatorios de baja frecuencia se deben comúnmente, a energización de bancos de condensadores, con frecuencias típicas de oscilación entre 300 y 900 Hz si presentan frecuencias menores de 300 Hz pueden ser encontrados en los sistemas de distribución, por lo general son asociados con ferresonancia y energización de transformadores por otra parte los transitorios que involucran capacidades en serie pueden caer también dentro de esta categoría es decir ocurren cuando el sistema responde por resonancia con componentes de baja frecuencia en las corrientes de "arranque" (inrush current), de los transformadores o cuando por condiciones inusuales resulta en ferresonancia. (Garcia, 2012).

Figura 3

Corriente Transitoria Oscilatoria Causada Por La Maniobra De Un Banco De Capacitores.



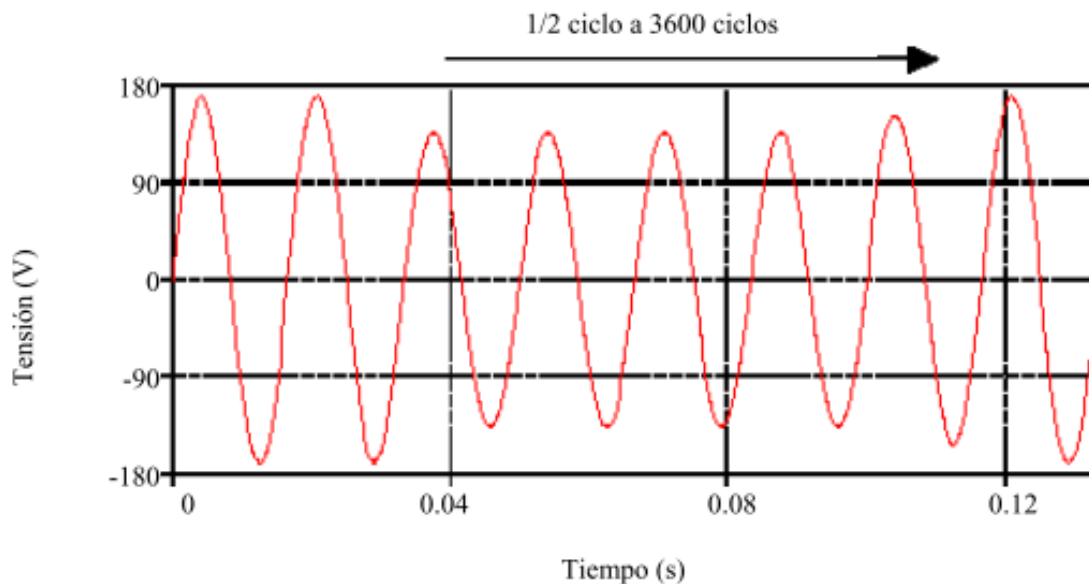
Fuente: (Sánchez, 2009)

b) Caída de voltajes o bajos voltajes “sags”

La caída momentánea de voltaje, sags es una reducción en el valor de la tensión rms o del voltaje de C.A. menor al 90% de su valor nominal a la frecuencia del sistema, con duración de 0.5 ciclos a un minuto que puede provocar desplazamiento de cargas sensibles y mala operación, Los bajos voltajes son la consecuencia de eventos de conmutación, pero con resultados contrarios a los que causan sobrevoltajes, por ejemplo, agregando una carga, o la apertura de un banco de condensadores causará un bajo voltaje, hasta que el equipo de regulación de voltaje del sistema pueda ajustar la tensión dentro de los límites de tolerancia. Los circuitos sobrecargados y el arranque de motores pueden también resultar en bajos voltajes. (Enríquez, 2006) (Sánchez, 2009), (Arellano, 2011). (Seymour & Horsley, 2010). Las causas más comunes de los bajos voltajes son causadas por:

- La conexión de grandes cargas.
- Descargas atmosféricas.
- Fallas en sistemas de transmisión o distribución.
- Suicheo de corrientes elevadas.
- Arranque de grandes motores.

Figura 4.

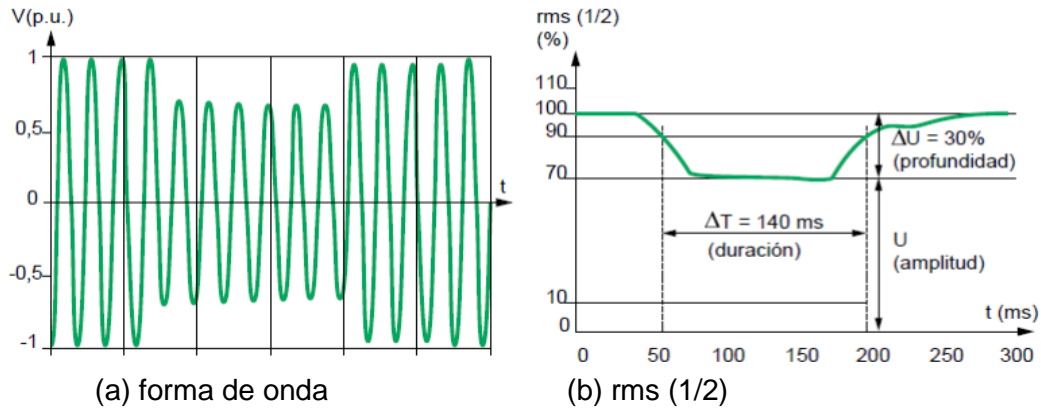


Onda De Tensión Afectada Con Sags En La Caída De Tensión Causada Por Arranque De Un Motor.

Fuente: (Ramírez, 2006)

Figura 5

Parámetros Característicos De Un Hueco De Tensión.



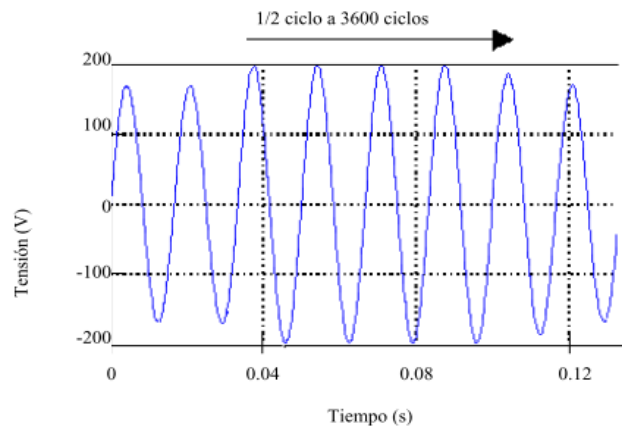
Fuente: (Guagualango, 2019)

c) Elevación de voltaje o sobrevoltaje “swells”

Los swells están asociados con el incremento momentáneo en el valor de la tensión o corriente rms mayor del 110% a la frecuencia del sistema, con duración de 0.5 ciclos a 1 min. Se presentan por la desconexión de grandes cargas, las variaciones en la generación del sistema, o variaciones en la compensación reactiva sobre el sistema (switcheo para conectar al banco de capacitores), los sobrevoltajes también se originan debido a que el sistema es muy débil para la regulación de tensión deseada, por controles de tensión inadecuados o por una posición incorrecta del conmutador en un transformador. (Sánchez, 2009);(Arellano, 2011);(Enríquez, 2006);(Seymour & Horsley, 2010);(Luchena Mozo, 2003).

Figura 6

Onda De Tensión Con Swells En Una Subida De Tensión Causada Por Una Falla Fase - Tierra



Fuente: (Ramírez, 2006).

d) Fluctuaciones de tensión

Las fluctuaciones de tensión son fundamentalmente diferentes del resto de las anomalías de la forma de onda, por lo que se ubican en una categoría aparte, siendo una variación sistemática de la forma de onda de tensión o una serie de cambios aleatorios de tensión, de pequeñas dimensiones, que se encuentra entre 95 y 105% del valor nominal a una frecuencia baja, en general por debajo de 25 Hz, estas variaciones originadas por cargas no lineales que demandan altas y variables corrientes, se denominan *flícker*, estas fluctuaciones de tensión afectan el funcionamiento de muy pocos quipos, pero, si las variaciones se repiten a intervalos cortos de tiempo, se producirán fluctuaciones en la iluminación perceptibles para el ojo humano, principalmente de aquella emitida por lámparas incandescentes. (Ramírez, 2006), (Suarez, 2014), (Sánchez, 2009), (Seymour & Horsley, 2010)

Los hornos de arco eléctrico así como las soldadoras, son la causa más común de las variaciones de tensión en el sistema de transmisión y distribución pero en instalaciones residenciales, el efecto de *flícker* es producido por el arranque automático de refrigeradores, al energizarse calefactores o estufas eléctricas, la solución para éste problema conduce a alimentar estas cargas a través de circuitos derivados exclusivos, dimensionar los cables o transformadores de alimentación considerando los efectos de las variaciones rápidas de tensión. (Ramírez, 2006), (Suarez, 2014), (Sánchez, 2009), (Seymour & Horsley, 2010)

1.3.2. Perturbaciones Rápidas De Voltaje (Flicker)

Parpadeo (Flicker): es una variación en la frecuencia de la tensión de entrada de suficiente duración que permite ser observada visualmente como un cambio en la intensidad luminosa (Ramírez, 2006) El “*flícker*” depende fundamentalmente de la amplitud, frecuencia y duración de las fluctuaciones de tensión que lo causan. Estas oscilan entre los 0,5 Hz y los 30 Hz de frecuencia. (Suarez, 2014).

Se lo calcula mediante la Ecuación 2 en la que se mide la severidad de las variaciones periódicas de amplitud de voltaje a corto plazo, en intervalos de medición de 10 minutos. El Flicker no debe superar la unidad en el punto de medición respectivo, las mediciones de las realiza durante 7 días continos y debe tener el 95 % de las mediciones dentro del rango establecido para que cumpla con su límite según la Regulación ARCONEL 005/18.

$$P_{st} = \sqrt{0.314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

P_{st} = Índice de severidad del flícker de cortar duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$ = Niveles de efecto flícker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del intervalo de medición.

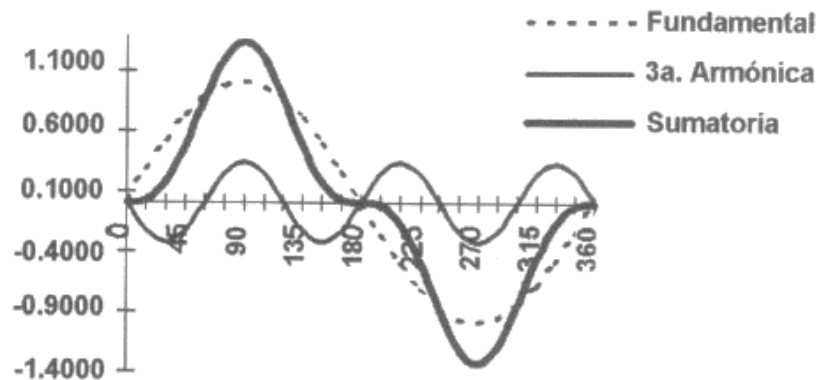
Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

1.3.3. Distorsión Armónica De Voltaje

Los armónicos son señales distorsionadas de tensión o corriente de la onda seno cuya frecuencia es un múltiplo de la frecuencia fundamental (60 Hz), además convierten la onda normal seno en una forma de onda compleja, por otra parte, la distorsión armónica se origina en las características no lineales de los equipos y cargas sobre la red eléctrica, estas perturbaciones son causadas por equipos o cargas que trabajan con una característica tensión - corriente no lineal, otro aspecto importante es que cada armónica se expresa en términos de su orden. Por ejemplo, las armónicas de segundo, tercero y cuarto orden, tiene frecuencias de 120, 180 y 240 Hz. respectivamente, el efecto de una armónica representada en el sistema de potencia se puede ver sobreponiendo la forma de onda de la armónica sobre la forma de onda de la fundamental, para obtener una forma de onda compuesta. (Enríquez, 2006);(Das, 2015); (Luchena Mozo, 2003); (Sánchez, 2009);(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2005).

Figura 7

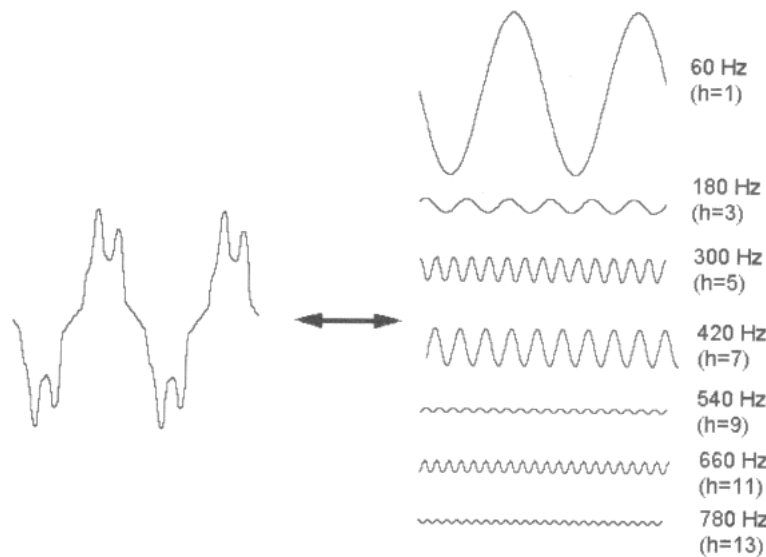
Superposición De Una Armónica Sobre La Fundamental Inicialmente Fuera De Fase



Fuente: (Enríquez, 2006)

Figura 8.

Representación En Serie De Fourier De Una Onda Distorsionada



Fuente: (Enríquez, 2006)

Los armónicos presentan tres parámetros que los caracterizan estos son:

- **Amplitud:** la amplitud de un armónico es generalmente un pequeño porcentaje de la fundamental que hace referencia al valor de la tensión o de la intensidad del armónico.
- **Fase:** la fase se relaciona con el valor del ángulo entre el armónico y la fundamental.
- **Orden:** el orden hace referencia al valor de su frecuencia respecto a la fundamental, por ejemplo, un armónico de orden 3 tiene tres veces su frecuencia fundamental, es decir, 3 x 60 Hz es igual a 180 Hz.

La distorsión armónica individual de voltaje y la distorsión armónica de total de voltaje presenta ciertos límites que están establecidos según la Regulación ARCONEL 005 / 18, se los muestra en la tabla 3

Tabla 5.

Límites Máximos De Armónicos De Voltaje (% De Voltaje Nominal)

<u>Nivel de Voltaje</u>	<u>Armónica Individual (%)</u>	<u>THD (%)</u>
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo2)	1.0	1.5

Fuente: (ARCONEL, 2018)

Para que se cumpla con el factor de distorsión armónica individual de voltaje y con el factor de distorsión armónica total de voltaje en un punto de medición, este no debe superar el 5 % de los límites máximos establecidos, las mediciones se las tiene que realizar en un periodo de mínimo 7 días continuos y se evaluará conforme a las siguientes ecuaciones:

- **Distorsión armónica individual de voltaje**

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} (V_{h,i})^2} \times 100 \text{ [%]} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_n} \times 100 \text{ [%]} \quad \text{Ecuación. 4}$$

- **Distorsión armónica total de voltaje**

$$THD_k = \left[\frac{1}{V_n} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,i})^2} \right] \times 100 \text{ [%]} \quad \text{Ecuación 5}$$

$V_{h,k}$ = Armónica de voltaje h en el intervalo k de 10 minutos.

$V_{h,i}$ = Valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h (para $h = 2, 3, \dots, 50$), medido cada 3 segundos ($i = 1, 2, \dots, 200$).

$DV_{h,k}$ = Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h (para $h = 2, 3, \dots, 50$) en el intervalo k de 10 minutos.

THD_k = Factor de distorsión armónica total de voltaje.

V_n = Voltaje nominal en el punto de medición.

a) Fuentes de armónicos

Hoy en día existe un gran número de dispositivos que producen distorsiones armónicas, las fuentes de armónicos de corriente pueden provenir de equipamientos de la propia red de suministro (generación, transmisión y distribución) o también pueden generarse por los consumidores con cargas industriales no lineales o residenciales, si los armónicos son de suficiente magnitud, pueden desplazarse hacia el sistema de potencia y afectar a otros consumidores. (Ramírez, 2006).

b) Armónicos en generación, transmisión y distribución.

Los armónicos creados en las etapas de generación, transmisión y distribución son despreciables ya que son armónicos de corriente generados por equipos electromecánicos que

presentan un bajo nivel de distorsión ejemplo: generadores, transformadores, etc. los generadores no originan una senoidal pura, pero son despreciables si presentan un apropiado diseño a diferencia de los transformadores y reactores que sus armónicos son causados por condiciones de funcionamiento con saturación del hierro. (Tellez Ramírez, 2007);(Enríquez, 2006); (Balcells, 2012).

c) Cargas lineales

En una carga lineal cuando la forma de onda de corriente es la misma que la forma de onda de la tensión, las inductancias y los condensadores se consideran elementos lineales, aunque provocan un desfase entre tensión y corriente, los equipos residenciales también son considerados cargas lineales, por ejemplo: televisores, dispositivos controlados por tiristores (reguladores de intensidad de luz), dispositivos de aplicación doméstica en general, lámparas de descarga gaseosa, equipos de oficina (computadoras, impresoras, etc.) con fuentes conmutadas (Balcells, 2012).

d) Cargas no lineales

Dentro de las cargas industriales o no lineales se incluyen todas aquellas que solicitan corrientes no sinusoidales a partir de un generador senoidal, por lo que la forma de onda de la corriente es diferente a de la forma de onda de la tensión, además los elementos lineales quedan representados por una recta, mientras que los no lineales presentan una relación curvilínea, las cargas no lineales constituyen la mayor fuente de distorsión armónica en la red, incluye los convertidores de potencia, hornos de arco, hornos de inducción etc. (Balcells, 2012).

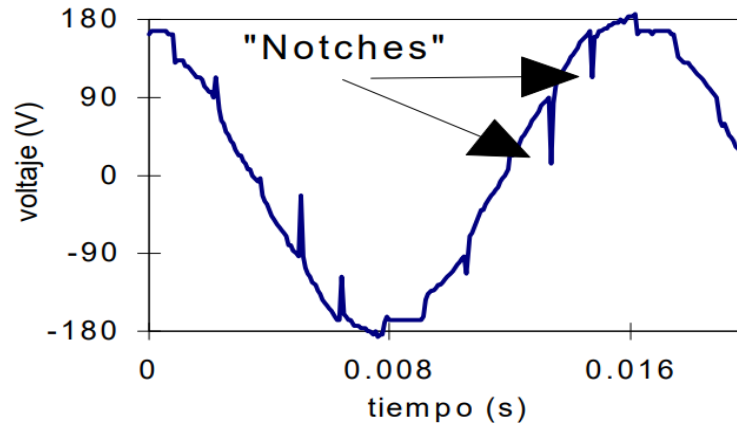
e) Muecas en el voltaje (Notches)

Las muescas notching o resaque son una perturbación periódica de tensión causada por dispositivos electrónicos, como controles de velocidad variable, atenuadores de luz y soldadores por arco, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra, durante ese periodo, hay un cortocircuito momentáneo entre las dos fases llevando la tensión muy cerca de cero, hasta donde lo permitan las impedancias del sistema, este problema podría describirse como un problema de impulso transitorio, pero dado que los cortes intermitentes son periódicos en cada medio ciclo, el corte intermitente se considera un problema de distorsión de la forma de onda y las consecuencias usuales del corte intermitente son el paro total del sistema, la pérdida de datos y los problemas de transmisión de datos pero una solución de los cortes intermitentes es trasladar la carga lejos del equipo que causa el problema (de ser posible). Las UPS y los equipos de filtrado

también son soluciones viables para los cortes intermitentes, si el equipo no puede ser trasladado. (Seymour & Horsley, 2010);(Enríquez, 2006);(Sánchez, 2009);(Ramírez, 2006).

Figura 9

Muesca De Voltaje



Fuente: (*Calidad de Energía Eléctrica*, 1998)

1.3.4. Desequilibrio De Voltaje

Los desequilibrios de tensión se producen en sistemas trifásicos cuando existen diferencias entre los valores eficaces de las volatjes, tenga o no distribuido el conductor neutro, la corriente y el voltaje deben estar balanceados para que exista equilibrio, es decir deben tener igual magnitud de las tres fases y desplazados 120° entre si, además es un evento (disturbio) de estado estable que es comúnmente encontrado cuando se analiza los índices de calidad de energía en un sistema eléctrico de distribución, este fenómeno usualmente puede ocurrir por la asimetría de las impedancias en líneas de distribución y transmisión, o en ambas. En distribución cuando las cargas estas desiguales en un sistema trifásico, como motores de inducción, convertidores de potencia, hornos eléctricos, iluminación, también se las puede encontrar en sistemas residenciales y comerciales por existir cambios continuos en la configuración de sus redes eléctricas. (Cóndor, 2003); (Luchena Mozo, 2003); (Osvaldo, Macarone, Albanace, Fata, & Ciente, 2005).

El desequilibrio de voltaje se evaluará en un punto del sistema de distribución con la Ecuación 6, con un límite del 2% para todos los niveles de voltaje,

$$\text{Desequilibrio de Voltaje} = \left| \frac{V^-}{V^+} \right| \times 100 [\%] \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

V^- = Componente de secuencia negativa de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V^+ = Componente de secuencia positiva de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

Según la Regulación ARCONEL 005/18, se cumple con el desequilibrio de voltaje cuando este no supera el 5 % o más de los valores registrados, en el período de evaluación de 7 días continuos, fuera del rango tolerando del 2%

a) Componentes simétricas

Las componentes simétricas o también conocidas como "Componentes de Fortescue" es el método de aplicación a un sistema trifásico, que pueden ser resueltos mediante la descomposición de tres sistemas balanceados simétricos.

1. Componentes de secuencia positiva que consisten en tres fasores de igual magnitud desplazados uno de otro por una fase de 120° y que tienen la misma secuencia de fase que los fasores originales,
2. Componentes de secuencia negativa que consisten en tres fasores iguales en magnitud, desplazados en fase uno de otro en 120° , y que tienen una secuencia de fases opuesta a la de los fasores originales y
3. Componentes de secuencia cero que consisten en tres fasores iguales en magnitud y con un desplazamiento de fase cero uno del otro. (*Sistema eléctrico de potencia*, n.d.);(Hernández & Flórez, 2012);(Grainger & Stevenson, 1996);(Argüello, 1988)

1.4. El factor K en los transformadores

Los transformadores están diseñados para operar con corriente alterna a frecuencia fundamental, es decir que opera bajo condiciones de carga nominal a una temperatura ambiente especificada por lo que debe de ser capaz de disipar el calor sin sobrecalentarse ni disminuir su vida útil, sin embargo, en instalaciones que contienen cargas no lineales se presentan cargas con contenido de armónicas, esto produce pérdidas más altas en el transformador, debido a corrientes circulantes en los conductores de los devanados y partes estructurales, dando como

resultado temperaturas de operación mayores que las normales reduciendo la vida útil de los transformadores. (Sánchez, 2009); (Enríquez, 2006).

La carga de los transformadores está restringida a corrientes senoidales con un contenido de armónicas menor que el 5 %, si se presenta un mayor contenido armónico, provoca un mayor calentamiento que puede obligar a trabajar al transformador por debajo de su potencia nominal ocasionándole un deterioro, sin embargo cuando los transformadores operen con cargas no lineales, se especifica un concepto conocido como “ factor k en los transformares” y se debe indicar en su placa de características “aplicable para cargas con corrientes no senoidales con un factor k que no exceda” y el fabricante inserta el valor, estos transformadores son conocidos como transformadores Knominados (K-rated transformers) o transformadores factor-K (K-factor transformers); (Sánchez, 2009); (Enríquez, 2006).

En el caso de transformadores que operarán bajo condiciones de carga no lineal, es conveniente utilizar un transformador K-nominado. Estos transformadores son aprobados para su operación bajo condiciones de carga no sinusoidal, puesto que operan con menores pérdidas a las frecuencias armónicas. (Sánchez, 2009); (Enríquez, 2006). Entre las modificaciones con respecto a los transformadores normales están:

- El tamaño del conductor primario se incrementa para soportar las corrientes armónicas triple-n circulantes.
- Se diseña el núcleo magnético con una menor densidad de flujo normal, utilizando acero de mayor grado.
- Se utiliza conductores secundarios aislados de menor calibre, devanados en paralelo y transpuestos para reducir el calentamiento por el efecto piel.

Las pérdidas en los transformadores consisten en pérdidas en vacío (pérdidas sin carga) y pérdidas con carga. Las pérdidas con carga incluyen las pérdidas por efecto Joule (P_j), las pérdidas por corrientes parásitas (Eddy Current losses P_{ec}) y las pérdidas adicionales (Other Stray Losses POSL). (Sánchez, 2009), (Enríquez, 2006).

1.4.1. Pérdidas por corrientes parásitas y el factor K para transformadores.

Las pérdidas por corrientes parásitas a frecuencia fundamental son proporcionales al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia, razón por la cual se puede tener un aumento excesivo de éstas en los devanados que conducen corrientes de carga no sinusoidales, y por lo tanto también en su temperatura. (Sánchez, 2009), (Enríquez, 2006).

El factor K fue desarrollado para suministrar una medida conveniente para nominar la capacidad de los transformadores, especialmente los de tipo seco, al servir cargas distorsionantes sin sobrecalentarse. (Sánchez, 2009), (Enríquez, 2006).

1.4.2. Factores de pérdidas armónicas.

El estándar IEEE C57.110-1998 provee una metodología que bajo ciertos supuestos y a partir de resultados de ensayo de rutina determinar la capacidad del transformador para suministrar una corriente con un contenido armónico determinado. El método se basa en la estimación de las pérdidas adicionales en los conductores y en otras partes conductoras para el espectro armónico de las corrientes, considerando que las primeras varían con el cuadrado de la frecuencia, y las segundas con la frecuencia elevada a un exponente 0.8. A tal efecto se aplican los coeficientes de aumento de pérdidas adicionales a igual corriente eficaz en los conductores y en otras partes conductoras. (Sánchez, 2009); (Enríquez, 2006).

CAPÍTULO II.

INTRODUCCIÓN.

Para la elaboración de este trabajo de grado; se realiza el análisis de calidad de energía de los transformadores del alimentador No. 2 de la subestación Cayambe, considerado un circuito urbano cuya carga más representativa es la industrial, caracterizada por sus industrias florícolas a un nivel de voltaje de 13,8 kV que tiene una longitud de ramal monofásico de 114,97 km, bifásico de 0,46km y trifásico de 34,28 km dando un total de 149,71 km de distancia, cuenta con un total de 475 transformadores entre ellos 396 transformadores trifásicos y 79 transformadores monofásicos, presenta una potencia total instalada de 17,67 MVA; 8,42 MVA en los transformadores monofásicos, 9,23 MVA en los transformadores trifásicos, también cuenta con un total de 6259 abonados. El sector florícola cuenta con 35 transformadores, 28 son transformadores trifásicos y 7 transformadores monofásicos, el cálculo de la muestra indica que debemos hacer el análisis en 7 transformadores trifásicos; sin considerar los monofásicos debido a que estos en las florícolas, sirven a sistemas auxiliares cuya carga no es representativa, estos se detallan a continuación.

Tabla 6

Transformadores Elegidos para el Análisis.

<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Potencia</u>	<u>Tipo</u>
Flores mágicas	75 kVA	Trifásico
Grow Flower.	125 kVA	Trifásico
Josarflor.	112,5 kVA	Trifásico
Quality Service S.A.	300 kVA	Trifásico
Quality Service S.A.	125 kVA	Trifásico
Emihana (Bloque1).	75 kVA	Trifásico
Hoja Verde.	125 kVA	Trifásico

Fuente: (Autor)

2.1. Cálculo de selección de los transformadores (Muestra).

De los 35 transformadores que pertenecen a las industrias florícolas, se optó por los transformadores trifásicos al presentar cargas más representativas, brindando un tamaño de población de 28 transformadores.

Los datos de los 35 transformadores pertenecientes a las florícolas del alimentador N 2 de la subestación Cayambe se los puede encontrar en el ANEXO A.

Al conocer el número de transformadores que conforman el tamaño de la población de la muestra se aplica la siguiente fórmula para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

Donde:

Z= Nivel de confianza 90% equivalente al 1.65.

p= Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado

q= Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado = 1-p (como no se sabe el indicador de la población que posee atributo se asume 50% para p y 50 % para q)

N=Tamaño del universo 28.

e= Error de estimación máximo aceptado 27%

n= Tamaño de la muestra.

Aplicando la ecuación numero 1 obtenemos un de tamaño de muestra de 7,19, redondeando al inmediato inferior nos un tamaño de muestra de 7 transformadores, cumpliendo con el índice de la muestra a evaluarse establecido por la Regulación ARCONEL 005/18. Que dice que el tamaño de muestra no debe ser inferior a los 5 transformadores

2.2. Equipo utilizado.

Para el análisis de la calidad de la energía se utilizó analizadores de red AEMC 8835 con una versión de Hardware de 1.1 PLD 1.1. que incluye el software Data View 3.07; con los que se obtienen registros de las señales eléctricas; se utiliza hojas de cálculo en Excel para procesar la información y obtener los índices de calidad de la energía. La Figura 10 muestra el modelo del equipo de medición que se utilizó.

Figura 10

Analizador de red AEMC Modelo 8335

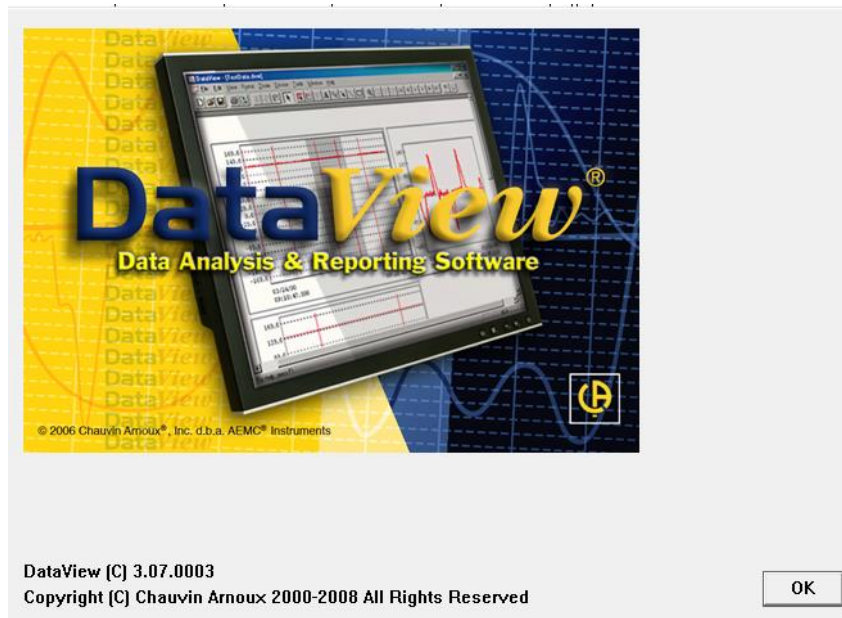


Fuente: (Autor)

La Figura 11 indica el software Data View incluido en el equipo analizador de red.

Figura 11

Software Data View.



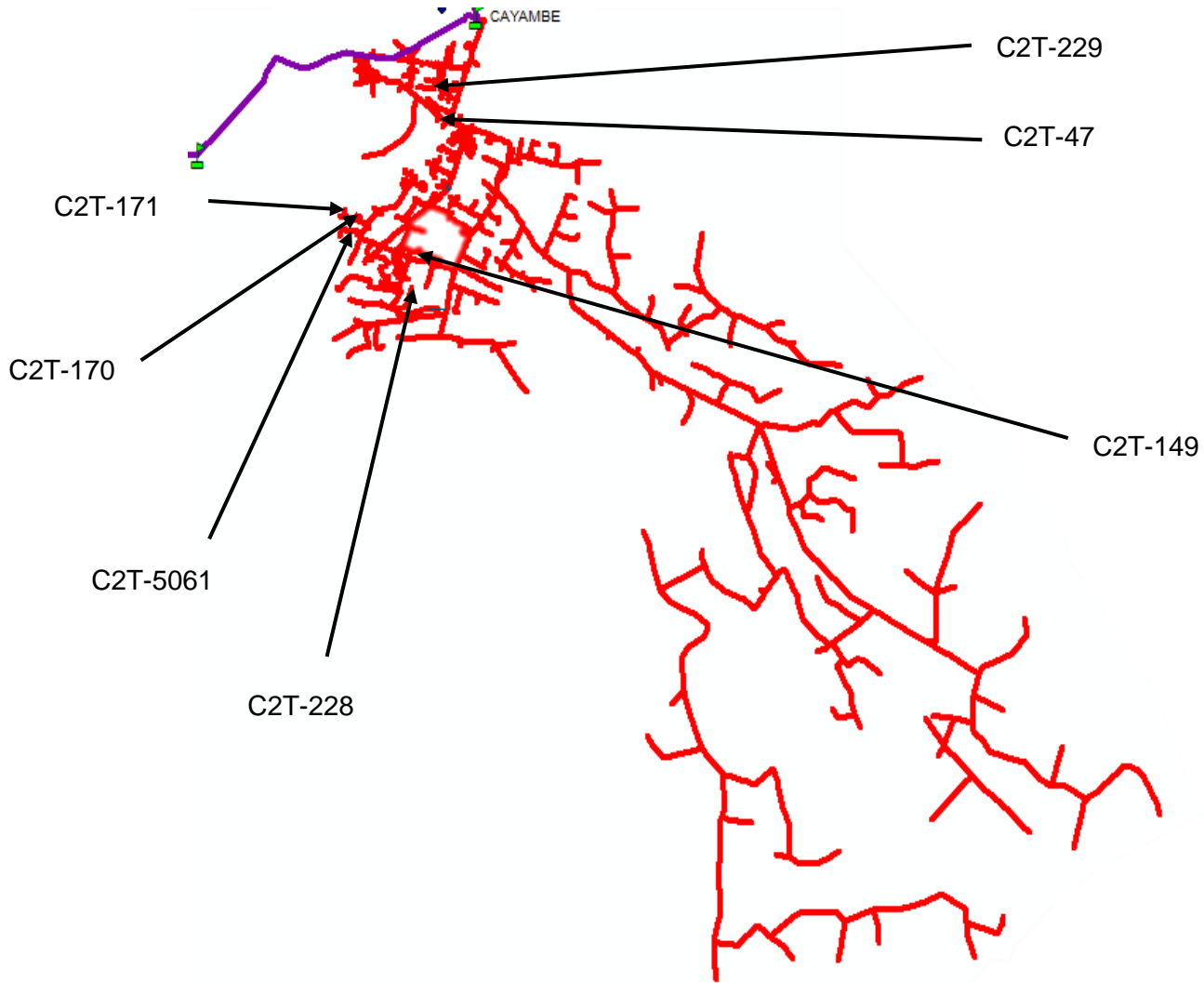
Fuente: (Autor)

2.3. Recolección de información

Para la elaboración de este proyecto de análisis de calidad del producto se consideró el alimentador No. 2 de la subestación Cayambe cuya grafica se indica a continuación

Figura 12

Diagrama Unifilar del Alimentador 2 de la Subestación Cayambe



Fuente: (Autor)

En este alimentador a su inicio, se encuentran los transformadores que pertenecen a distintas industrias florícolas. Para la elaboración de este proyecto de análisis de calidad del producto se tomará en cuenta como referencia 7 puntos de medición equivalente al 25 % del total de los transformadores trifásicos del alimentador No. 2 perteneciente a las zonas florícolas que no han sido analizadas. La Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. solicitó que los puntos a medir sean los siguientes.

Tabla 7

Transformadores Para Medir.

<u>Nombre De La</u> <u>Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Potencia</u>	<u>Tipo</u>	<u>Ubicación</u>
Flores mágicas	C2T-47	75 kVA	Trifásico	C2P-327 Y C2P-328
Grow Flower.	C2T-149	125 kVA	Trifásico	C2P-1359
Josarflor.	C2T-229	112,5 kVA	Trifásico	C2P229
Quality Service S.A.	C2T-171	300 kVA	Trifásico	C2P-171
Quality Service S.A.	C2T-170	125 kVA	Trifásico	C2T-170
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	75 kVA	Trifásico	C2P-7538
Hoja Verde.	C2T-228	125 kVA	Trifásico	C2P-2065

Fuente: (Autor)

Para la recolección de información se instaló analizadores de red, los mismos que registran la información cada 10 minutos durante 7 días continuos.

La Figura 14 muestra el diagrama de conexión de instalación del equipo analizador de red AEMC modelo 8335.

Figura 13

Diagrama de Conexión del Analizador de Red AEMC Modelo 8335.



Fuente: (Star, 2012)

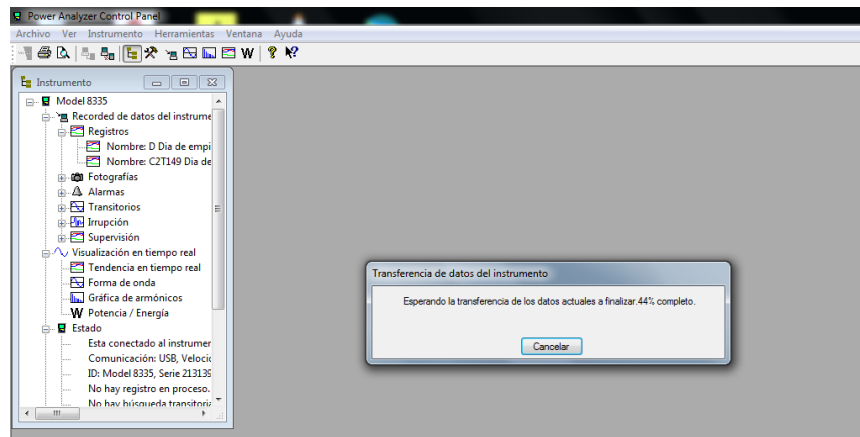
La información fue descargada y procesada mediante los programas computaciones DataView, Microsoft Excel, y el software computacional que viene incluido en el equipo AEMC 8335. De acuerdo con la Regulación ARCONEL 005/18. Se analizaron 1008 mediciones en el periodo de 7 días continuos por cada transformador.

2.5. Procesamiento de datos

La información recogida por los equipos analizadores de red AEMC 8835 se la transfiere por medio del programa Power Analyzer Control Panel que es un complemento del software Data View 3.07 que viene incluido en el equipo.

Figura 14

Transferencia de Datos del Analizador de Red AEMC 8835 al Programa Power Analyzer Control Panel

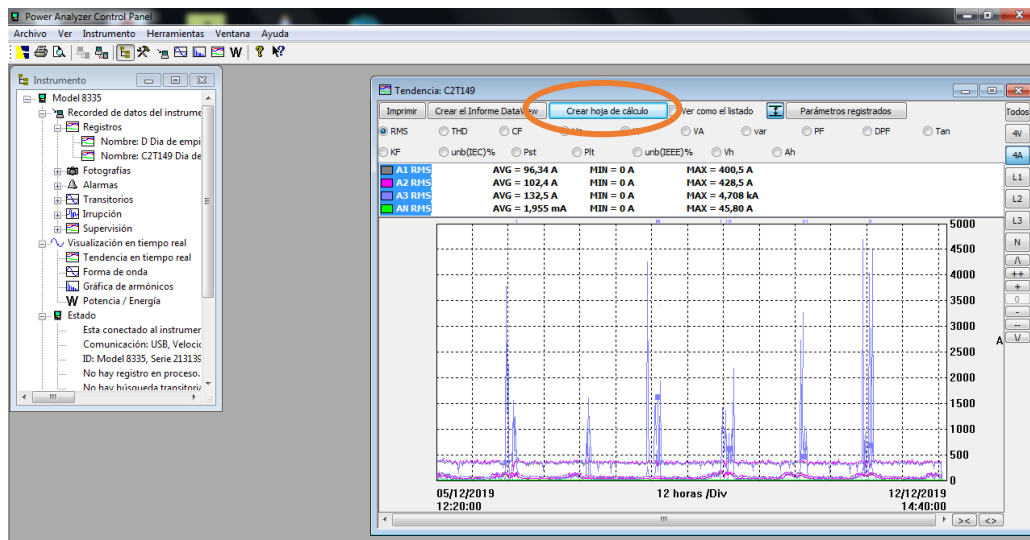


Fuente: (Autor)

Una vez descargada la información por medio del programa Power Analyzer Control Panel se procede a trasladarla al software computacional Excel, para proceder con su análisis respectivo.

Figura 15

Información Descargada del Analizador de Red AEMC 8835 al programa Power Analyzer Control Panel



Fuente: (Autor)

Al finalizar el traslado al software computacional Excel se puede observar todos los registros obtenidos por el equipo analizador de red AEMC 3885.

Figura 16

Hoja de Cálculo Creada en Excel con los Datos Obtenidos por el Analizador AEMC 3585.

3	A		B		C		D		E	F	G	H	I	J	K	L	M
4	Dia de empuce		Hora de empuce		Dia de finalización		Hora de finalización										
5	05/12/2019		12:20:00		12/12/2019		14:50:00										
6	Tipo de conexión: 3-Fases 5-Hilos		A193 AmpFlex		Cálculo de valores reactivos: Con Armónicos												
7	Fecha	Hora	Frecuencia			U1 THD		U2 THD	U3 THD	U1 CF	U2 CF	U3 CF	V1 RMS	V2 RMS	V3 RMS	VN RMS	
8			Hz			%		%	%	%	%	%	V	V	V	V	
9																	
10	05/12/2019	12:20:00	60			3.1	3.1	3.1	1.38	1.38	1.38	123.7	124.9	124.7	0		
11	05/12/2019	12:30:00	59.99			3	3	3.1	1.38	1.38	1.37	124.1	125.3	124.8	0		
12	05/12/2019	12:40:00	60			3.1	3.2	3.2	1.38	1.38	1.37	124.6	125.8	125.5	0		
13	05/12/2019	12:50:00	60			3.1	3.1	3.1	1.38	1.38	1.38	124.8	126.1	125.7	0		
14	05/12/2019	13:00:00	60			2.9	2.9	3	1.38	1.38	1.38	124.6	126.2	125.5	0		
15	05/12/2019	13:10:00	59.99			3	3	3	1.38	1.38	1.38	125.3	126.9	126.4	0		
16	05/12/2019	13:20:00	59.99			3	3.1	3.2	1.38	1.38	1.38	125.5	126.8	126.2	0		
17	05/12/2019	13:30:00	60			3.1	3.1	3.3	1.38	1.38	1.38	125.6	126.8	126.3	0		
18	05/12/2019	13:40:00	59.99			2.9	3	3.1	1.38	1.38	1.38	125	126.3	125.8	0		
19	05/12/2019	13:50:00	59.99			2.9	3	3.1	1.38	1.38	1.38	125.4	126.6	126.1	0		
20	05/12/2019	14:00:00	59.99			2.9	3	3.1	1.38	1.38	1.38	125.9	127	126.5	0		
21	05/12/2019	14:10:00	59.99			2.9	2.9	3	1.38	1.38	1.38	125.7	126.9	126.3	0		
22	05/12/2019	14:20:00	59.99			3	3.1	3.1	1.38	1.38	1.38	125.5	126.8	126.3	0		
23	05/12/2019	14:30:00	59.99			3	3.1	3.1	1.38	1.38	1.37	125.8	127.2	126.7	0		
24	05/12/2019	14:40:00	59.99			3	3.1	3.1	1.38	1.38	1.38	126.4	127.6	127.2	0		
25	05/12/2019	14:50:00	59.99			2.9	2.9	3	1.38	1.38	1.38	126.2	127.3	126.9	0		
26	05/12/2019	15:00:00	59.99			2.9	2.9	2.9	1.38	1.38	1.38	126.5	127.7	127.1	0		
27	05/12/2019	15:10:00	59.98			2.8	2.8	2.9	1.38	1.38	1.38	126.5	127.8	127.2	0		
28	05/12/2019	15:20:00	60			2.6	2.3	2.6	1.38	1.39	1.39	126.6	128	127.1	0		
29	05/12/2019	15:30:00	60.01			2.5	2.4	2.6	1.38	1.38	1.38	127.4	128.8	128.2	0		
30	05/12/2019	15:40:00	60			3	2.8	3.1	1.38	1.38	1.38	126.7	128.1	127.6	0		
31	05/12/2019	15:50:00	59.99			3	2.8	3.1	1.38	1.37	1.38	126.6	128	127.4	0		

Fuente: (Autor)

Con los registros obtenidos por el analizador de red AEMC 3585 se procedió a seleccionar los que van a ser esenciales para realizar el análisis de cada parámetro con el fin de determinar el cumplimiento de los límites y normativa que explica la Regulación ARCONEL 005/18.

Figura 17

Hoja de Cálculo Creada en Excel con los Datos Elementales Para el Posterior Análisis.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2	NOMBRE	C2T149	POTENCIA		125 KVA											
3																
4	Fecha	Hora	V1 RMS	V2 RMS	V3 RMS	A1 RMS	A2 RMS	A3 RMS	AN RMS	V1 THD	V2 THD	V3 THD	A1 THD	A2 THD	A3 THD	Aunb(IE)
5			V	V	V	A	A	A	A	%	%	%	%	%	%	%
6	05/12/2019	12:20:00	123.7	124.9	124.7	132.7	141.3	132.7	0	3.4	3.4	3	9.3	12.5	8.2	
7	05/12/2019	12:30:00	124.1	125.3	124.8	137.3	153.2	148.3	0	3.3	3.3	2.9	9.4	12	7.3	
8	05/12/2019	12:40:00	124.6	125.8	125.5	123.1	132.8	126.1	0	3.5	3.4	3.1	10.1	12.9	8.3	
9	05/12/2019	12:50:00	124.8	126.1	125.7	132.1	144.5	140.6	0	3.4	3.4	2.9	10.1	13.5	8.8	
10	05/12/2019	13:00:00	124.6	126.2	125.5	167.8	176.9	171.4	0	3.2	3.2	2.8	7.1	9.4	6.2	
11	05/12/2019	13:10:00	125.3	126.9	126.4	149.1	154.3	154.4	0	3.3	3.2	2.9	8.1	11.4	7.3	
12	05/12/2019	13:20:00	125.5	126.8	126.2	125.8	151.7	153.5	0	3.4	3.2	3	10.3	11.9	6.7	
13	05/12/2019	13:30:00	125.6	126.8	126.3	114.1	141.7	141.9	0	3.5	3.3	3.1	11	12.6	7	
14	05/12/2019	13:40:00	125	126.3	125.8	160.1	179.2	175.6	0	3.3	3.2	2.9	7.5	9.3	6	
15	05/12/2019	13:50:00	125.4	126.6	126.1	146.4	161.1	161.4	0	3.3	3.2	2.9	8.3	10.5	6.9	
16	05/12/2019	14:00:00	125.9	127	126.5	141.4	155.3	153.8	0	3.3	3.2	2.9	8.7	11.1	7.3	
17	05/12/2019	14:10:00	125.7	126.9	126.3	147.8	166.1	165.8	0	3.3	3.2	2.8	8.4	10.5	6.5	
18	05/12/2019	14:20:00	125.5	126.8	126.3	145.1	158.2	160.7	0	3.3	3.3	2.9	8.5	10.7	7	
19	05/12/2019	14:30:00	125.8	127.2	126.7	120.7	130.4	142.7	0	3.3	3.3	3	9.8	13.3	8.8	
20	05/12/2019	14:40:00	126.4	127.6	127.2	102.2	109.8	120.6	0	3.3	3.3	2.9	11	15.7	10.6	
21	05/12/2019	14:50:00	126.2	127.3	126.9	116.1	132.4	132.4	0	3.2	3.2	2.8	9.8	12.8	8	
22	05/12/2019	15:00:00	126.5	127.7	127.1	114.7	130.4	130.3	0	3.2	3.2	2.7	9.9	13.1	8.4	
23	05/12/2019	15:10:00	126.5	127.8	127.2	124.1	136.4	137.1	0	3.1	3	2.7	8.8	12.1	7.7	
24	05/12/2019	15:20:00	126.6	128	127.1	149.4	156.2	161.9	0	3	2.2	2.4	6.8	5.6	5.5	
25	05/12/2019	15:30:00	127.4	128.8	128.2	112.2	119.3	124.4	0	2.7	2.4	2.5	5.6	5.8	6.1	
26	05/12/2019	15:40:00	126.7	128.1	127.6	97.6	99.6	100.6	0	3.1	2.9	3	5.6	5.8	6.7	
27	05/12/2019	15:50:00	126.6	128	127.4	121.1	128.2	127.7	0	3.1	2.8	2.9	5.8	5.8	6.4	
28	05/12/2019	16:00:00	126.3	127.7	126.9	134.8	149.4	149	0	3	2.7	2.8	6	5.9	6	
29	05/12/2019	16:10:00	127.3	128.7	128.2	111.8	120.3	116	0	3	2.8	2.9	6.2	5.7	6.1	

Fuente: (Autor)

Se clasificó los datos según el análisis de cada parámetro, el análisis de Nivel de voltaje se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Datos Para el Análisis de Nivel De Voltaje

FORMULA PARA EL ANALISIS DE VOLTAJE
$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100[\%]$$

Voltaje Nominal (V) 127

Fecha	Hora	Fase A V1 RMS	Fase B V2 RMS	Fase C V3 RMS
05/12/2019	12:20:00	123,7	124,9	124,7
05/12/2019	12:30:00	124,1	125,3	124,8
05/12/2019	12:40:00	124,6	125,8	125,5
05/12/2019	12:50:00	124,8	126,1	125,7
05/12/2019	13:00:00	124,6	126,2	125,5
05/12/2019	13:10:00	125,3	126,9	126,4
05/12/2019	13:20:00	125,5	126,8	126,2
05/12/2019	13:30:00	125,6	126,8	126,3
05/12/2019	13:40:00	125	126,3	125,8
05/12/2019	13:50:00	125,4	126,6	126,1
05/12/2019	14:00:00	125,9	127	126,5
05/12/2019	14:10:00	125,7	126,9	126,3
05/12/2019	14:20:00	125,5	126,8	126,3
05/12/2019	14:30:00	125,8	127,2	126,7

Fuente: (Autor)

Se reemplazo los datos seleccionados en los índices establecidos por la Regulación ARCONEL 005/18. En la Figura 19 se muestra la formula y reemplazo de datos para el Nivel de voltaje.

Figura 19

Datos Reemplazados en la Fórmula de Nivel de Voltaje

FORMULA PARA EL ANALISIS DE VOLTAJE
$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100[\%]$$

Voltaje Nominal (V) 127

Fecha	Hora	Fase A V1 RMS	Fase B V2 RMS	Fase C V3 RMS	Variacion Fase A (%)	Variacion Fase B (%)	Variacion Fase C (%)
05/12/2019	12:20:00	123,7	124,9	124,7	-2,5984252	-1,65354331	-1,81102362
05/12/2019	12:30:00	124,1	125,3	124,8	-2,28346457	-1,33858268	-1,73228346
05/12/2019	12:40:00	124,6	125,8	125,5	-1,88976378	-0,94488189	-1,18110236
05/12/2019	12:50:00	124,8	126,1	125,7	-1,73228346	-0,70866142	-1,02362205
05/12/2019	13:00:00	124,6	126,2	125,5	-1,88976378	-0,62992126	-1,18110236
05/12/2019	13:10:00	125,3	126,9	126,4	-1,33858268	-0,07874016	-0,47244094
05/12/2019	13:20:00	125,5	126,8	126,2	-1,18110236	-0,15748031	-0,62992126
05/12/2019	13:30:00	125,6	126,8	126,3	-1,10236222	-0,15748031	-0,55118111
05/12/2019	13:40:00	125	126,3	125,8	-1,57480315	-0,55118111	-0,94488189
05/12/2019	13:50:00	125,4	126,6	126,1	-1,25984252	-0,31496063	-0,70866142
05/12/2019	14:00:00	125,9	127	126,5	-0,86614173	0	-0,39370079
05/12/2019	14:10:00	125,7	126,9	126,3	-1,02362205	-0,07874016	-0,55118111
05/12/2019	14:20:00	125,5	126,8	126,3	-1,18110236	-0,15748031	-0,55118111
05/12/2019	14:30:00	125,8	127,2	126,7	-0,94488189	0,15748031	-0,23622047

Fuente: (Autor)

A continuación, se procedió con la tabulación de las mediciones que incumplen los límites establecidos por la regulación ARCONEL 005/18. La Figura 20 muestra el número de mediciones fuera de la Regulación ARCONEL 005/18 por fase para nivel de voltaje.

Figura 20

Valores que Están Fuera del Rango Establecido por la Regulación ARCONEL 005/18

$\frac{V_N}{V} \times 100[\%]$

Nivel de Voltaje (V)	Variación Fase A (%)	Variación Fase B (%)	Variación Fase C (%)	Mediciones fuera de Regulación			Total de mediciones fuera de la Regulación
	Fase A (%)	Fase B (%)	Fase C (%)	Fase A	Fase B	Fase C	
24,7	-2,5984252	-1,65354331	-1,81102362	114	232	180	526
24,8	-2,28346457	-1,33858268	-1,73228346				
25,5	-1,88976378	-0,94488189	-1,18110236				
25,7	-1,73228346	-0,70866142	-1,02362205				
25,5	-1,88976378	-0,62992126	-1,18110236				
26,4	-1,33858268	-0,07874016	-0,47244094				
26,2	-1,18110236	-0,15748031	-0,62992126				

Fuente: (Autor)

Las mediciones tabuladas se las transformaron a porcentaje para determinar si logran cumplir con el rango del 5% de mediciones fuera del límite de nivel de voltaje para cada fase establecido por Regulación ARCONEL 005/18. La Figura 21 muestra el porcentaje por fase para el Nivel de voltaje.

Figura 21

Porcentaje de Mediciones Fuera del rango Establecido por la Regulación ARCONEL 005/18

[%]

Nivel de Voltaje (V)	Variación Fase B (%)	Variación Fase C (%)	Mediciones fuera de Regulación			Total de mediciones fuera de la Regulación
	Fase B (%)	Fase C (%)	Fase A	Fase B	Fase C	
52	-1,65354331	-1,81102362	114	232	180	526
57	-1,33858268	-1,73228346				
78	-0,94488189	-1,18110236				
46	-0,70866142	-1,02362205				
78	-0,62992126	-1,18110236				
58	-0,07874016	-0,47244094				
36	-0,15748031	-0,62992126				
22	-0,15748031	-0,5511811				
15	-0,5511811	-0,94488189				
52	-0,31496063	-0,70866142				
73	0	-0,39370079				
25	-0,07874016	-0,5511811				
36	-0,15748031	-0,5511811				
39	0,15748031	-0,23622047				
24	-0,47244094	-0,15748031				

Porcentaje (%)			
Fase A	Fase B	Fase C	Total
11,3095238	23,015873	17,85714286	17,39417989

Fuente: (Autor)

Se procedió a determinar que fase cumplía o no con el límite establecido por la Regulación ARCONEL 005/18. La Figura 22 indica las fases que cumplen con lo establecido por la Regulación ARCONEL 005/18.

Figura 22

Fases que Incumplen con el Límite Establecido por la Regulación ARCONEL 005/18

	Variación Fase B (%)	Variación Fase C (%)	Mediciones fuera de Regulación			Total de mediciones fuera de la Regulación
			Fase A	Fase B	Fase C	
2	-1,65354331	-1,81102362	114	232	180	526
7	-1,33858268	-1,73228346				
8	-0,94488189	-1,18110236				
6	-0,70866142	-1,02362205				
			Porcentaje (%)			
8	-0,62992126	-1,18110236	Fase A	Fase B	Fase C	Total
8	-0,07874016	-0,47244094	11,3095238	23,015873	17,85714286	17,39417989
6	-0,15748031	-0,62992126				
2	-0,15748031	-0,5511811	Variación de Voltaje admisible (%)			
5	-0,5511811	-0,94488189				8,00
2	-0,31496063	-0,70866142	Fase A	Fase B	Fase C	
3	0	-0,39370079	incumple	incumple	incumple	
5	-0,07874016	-0,5511811				
6	-0,15748031	-0,5511811				

Fuente: (Autor)

2.4. Análisis.

El siguiente proyecto utilizo como método de análisis la recolección de 1008 mediciones por cada transformador, las mismas que se procesaron y analizaron de forma detallada logrando así determinar si cumplen o no con los índices establecidos en calidad del producto por la Regulación ARCONEL 005/18, de igual manera se empleó las 1008 medición para el análisis de factor de potencia en cada transformador, el factor de potencia se lo analizo en base a la Regulación ARCONEL 050/18, a continuación, se detalla los análisis realizados explicando de una manera minuciosa el procedimiento.

2.4.1. Análisis de nivel de voltaje

El nivel de voltaje se lo obtiene de los registros de los analizadores de red; estos no deben salir de la banda de variación del +- 8% para alimentadores de (MV) debido a que la medición de la debe realizar en su periodo de 7 días cada 10 minutos; con un resultado de 1008 registros, el número de mediciones fuera de la banda de variación no debe superar el 5%; que es el valor máximo permitido en la Regulación ARCONEL 005/18

El análisis de nivel de voltaje se lo obtiene de la Ecuación 1

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100[\%] \quad \text{Ecuación 1}$$

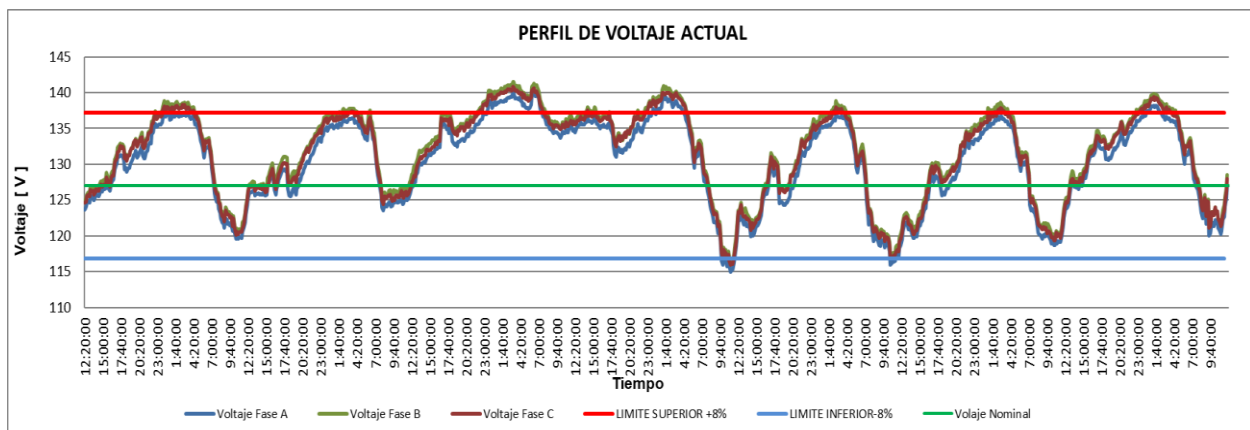
Los valores del límite de nivel de voltaje no serán inferiores a 116,84 ni superiores a 137,16. A continuación, se procede a presentar el análisis de nivel de voltaje del transformador C2T-149 para determinar si cumplen o incumplen con el límite del 5% establecido por la Regulación ARCONEL 005/18

- **GROW FLOWERS TRANSFORMADOR C2T149 (125KVA)**

El nivel de voltaje se analizó en base a las mediciones obtenidas en el periodo de 7 días continuos comprendidos desde jueves 5 de diciembre del año 2019 desde las 12:20:00 hasta las 14:50:00 del jueves 12 de diciembre del 2019, se analizó las 1008 mediciones como indica la Regulación ARCONEL 005/18, para determinar si cumplen con el nivel de voltaje requerido. La Figura 23 representa los límites de voltaje.

Figura 23

Límites de Voltaje Transformador C2T-149

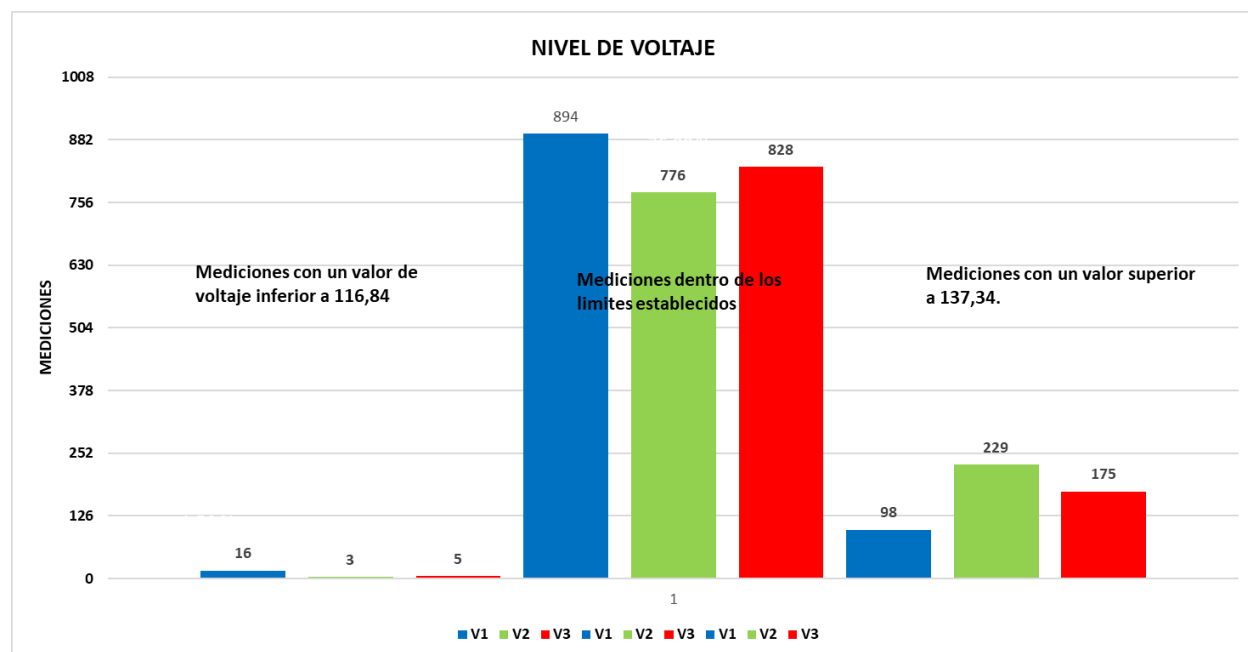


Fuente: (Autor)

El límite de voltaje no puede ser superior ni inferior al 8%, es decir valores de voltaje inferiores a 116,84 (franja azul) y valores de voltaje superiores a 137,16 (franja roja) incumplen con el límite permitido. En la gráfica se puede observar que existen valores que incumplen con el límite permitido tanto superior como inferior, a continuación, la Figura 24 representa el número de mediciones que exceden el límite de voltaje permitido en las tres fases.

Figura 24

Mediciones Fuera del Límite de Voltaje Transformador C2T-149



Fuente: (Autor)

En la gráfica de la figura 24 se observa que existe un gran número de mediciones que incumplen con los límites de voltaje establecido por la Regulación ARCONEL 005/18 de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica, el número de mediciones fuera de la banda de voltaje supera al 5 % establecido en cada fase, la mayoría de los valores que incumplen con el límite son valores superiores a 137,16 voltios. La Tabla a continuación, representa el porcentaje y total de mediciones fuera del límite establecido.

Tabla 8

Mediciones Fuera Del Límite de la Regulación ARCONEL 005/18, Nivel de Voltaje Transformador C2T-149

	Mediciones por debajo del límite	Mediciones que superan el límite	Total, de mediciones	Porcentaje de mediciones	Cumple con la regulación
Fase A	16	98	114	11,31 %	No cumple
Fase B	3	229	232	23,02 %	No cumple
Fase C	5	175	180	17,86 %	No cumple
Total, de mediciones fuera de Regulación	526				

Fuente: (Autor)

Se presenta un total de 526 mediciones que incumplen los límites de voltaje correspondientes a 114 mediciones o 11,31% para la fase A, 232 mediciones o 23,02% para la fase B y 180 mediciones o en 17,86% para la fase C, superando el límite del 5% admisible para

cada fase del total de mediciones establecido por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica, por lo tanto se concluye que el transformador perteneciente a la florícola Grow Flowers incumple en cada fase con el límite permitido para el nivel de voltaje establecido por la Regulación ARCONEL 005/18. A continuación se presenta la Tabla 9 que detalla los transformadores que cumplen o incumplen con el nivel de voltaje posterior al análisis.

Tabla 9

Análisis de Nivel de Voltaje

Nombre De La Florícola	Transformador	Nivel de voltaje			Cumple con la Regulación.
		Fase A	Fase B	Fase C	
Flores mágicas	C2T-47	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Grow Flower.	C2T-149	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Josarflor.	C2T-230	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple

Fuente: (Autor)

En la Tabla 9 indica que ningún transformador cumple con los parámetros establecidos por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica Regulación ARCONEL 005/18 para nivel de voltaje.

2.4.2. Perturbación rápida de voltaje (FLICKER – PST)

El flícker, Pst o perturbación rápida de voltaje se lo obtiene de los registros de los analizadores de red; estos no deben superar el valor de 1; debido a que la medición se la debe realizar en su periodo de 7 días cada 10 minutos; con un resultado de 1008 registros, el número de mediciones fuera del límite establecido no debe superar el 5%; que es el valor máximo permitido en la Regulación ARCONEL 005/18. El análisis de la perturbación rápida de voltaje se lo obtiene de la Ecuación 2

$$P_{st} = \sqrt{0.314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Ecuación 2

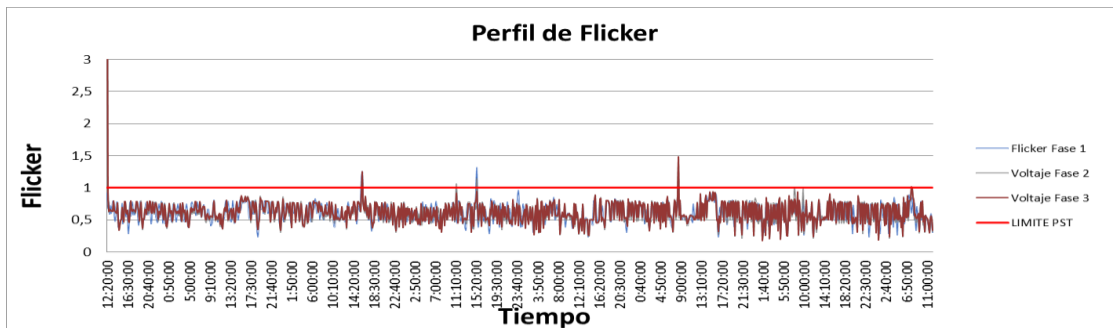
Se procede a presentar el análisis de la perturbación rápida de voltaje del transformador C2T-149 para determinar si cumplen o incumplen con el límite del 5% establecido por la Regulación ARCONEL 005/18.

- **GROW FLOWERS TRANSFORMADOR C2T149 (125KVA)**

El Flicker se analizó en base a las mediciones obtenidas en el periodo de 7 días continuos comprendidos desde jueves 5 de diciembre del año 2019 desde las 12:20:00 hasta las 14:50:00 del jueves 12 de diciembre del 2019, se analizó las 1008 mediciones como indica la Regulación ARCONEL 005/18, para determinar si cumplen con el límite requerido. La Figura 25 representa el límite del nivel del Flicker.

Figura 25

Límites de Flicker Transformador C2T-149

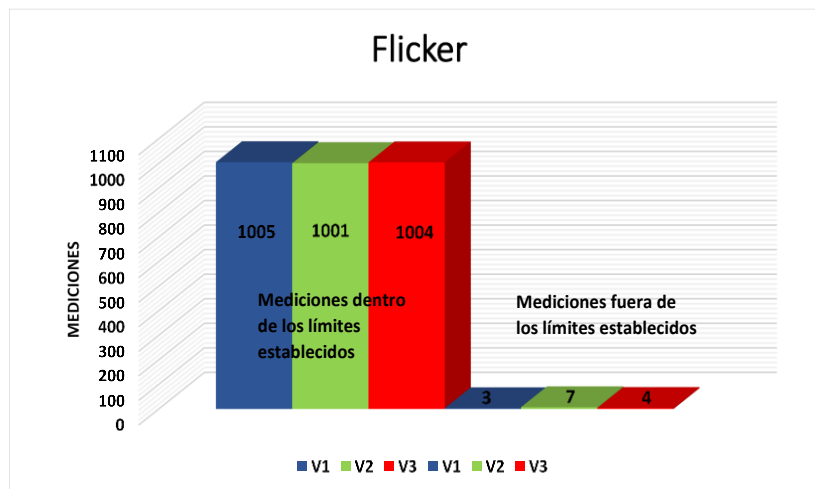


Fuente: (Autor)

El límite del Flicker no puede ser superior a la unidad, si se supera ese valor se incumplen con el límite permitido. En la Figura 25 se puede observar que existen valores que incumplen con el límite permitido, a continuación, la Figura 26 representa el número y porcentaje de mediciones que exceden el límite de voltaje permitido en las tres fases.

Figura 26

Mediciones Fuera Del Límite Del Flicker Transformador C2T-149



Fuente: (Autor)

En la gráfica de la Figura 26 se observa que existe un número reducido de mediciones que incumplen con el límite establecido por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica. La Tabla 10 a continuación, representa el número, porcentaje por fase y total de mediciones fuera del límite establecido.

Tabla 10

<i>Total, de Mediciones Fuera de la Regulación Transformador C2T-149</i>			
<u>Fase</u>	<u>Total, de mediciones fuera de Regulación</u>	<u>Porcentaje de mediciones fuera de Regulación</u>	<u>Cumple con la regulación</u>
Fase A	3	0,30 %	Si cumple
Fase B	7	0,69 %	Si cumple
Fase C	4	0,40 %	Si cumple
Total, de mediciones fuera de Regulación		14	

Fuente: (Autor)

La Tabla 10 indica 14 mediciones fuera del límite establecido, la fase A presenta 3 mediciones correspondientes a un porcentaje de 0,30%, la fase B presenta 7 mediciones correspondientes a un porcentaje de 0,69% y la fase C presenta 4 mediciones correspondientes a un porcentaje de 0,40% cumpliendo con el límite del 5% admisible para cada fase durante los 7 días continuos que se realizaron las mediciones, por lo tanto, el transformador C2T-149 si cumple con el límite establecido por la regulación de calidad el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica, a continuación se presenta la Tabla 6 que detalla los transformadores que cumplen o incumplen con el límite de perturbación rápida de voltaje posterior al análisis.

Tabla 11

Análisis de Perturbación Rápida De Voltaje (Flicker o Pst)

<u>Perturbación Rápida de Voltaje</u>					
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Fase A</u>	<u>Fase B</u>	<u>Fase C</u>	<u>Cumple con la Regulación.</u>
Flores mágicas	C2T-47	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Grow Flower.	C2T-149	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Josarflor.	C2T-230	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple

Fuente: (Autor)

En la Tabla 11 se indica que todos los transformadores cumplen con los parámetros establecidos por la Regulación ARCONEL 005/18 de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica en el índice de perturbación rápida de voltaje.

2.4.3. Distorsión armónica de voltaje

La distorsión armónica de voltaje se compone de dos parámetros, distorsión armónica de voltaje total y distorsión armónica de voltaje individual se analizó varios parámetros según lo establecido por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica Regulación ARCONEL 005/18.

a) Distorsión armónica total de voltaje

La distorsión armónica total de voltaje se la obtiene de los registros de los analizadores de red; estos no deben salir de la banda de variación del 8% para alimentadores de (MV) debido a que la medición de la debe realizar en su periodo de 7 días cada 10 minutos; con un resultado de 1008 registros, el número de mediciones fuera de la banda de variación no debe superar el 5%; que es el valor máximo permitido en la regulación. El análisis de distorsión armónica total de voltaje se lo obtiene en base a la Ecuación 5.

$$THD_k = \left[\frac{1}{V_n} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,i})^2} \right] \times 100 \text{ [%]}$$

Ecuación 5.

Se procede a presentar el análisis de la distorsión armónica total de voltaje del transformador C2T-149 para determinar si cumplen o incumplen con el límite del 5% establecido por la regulación.

- **GROW FLOWERS TRANSFORMADOR C2T149 (125KVA)**

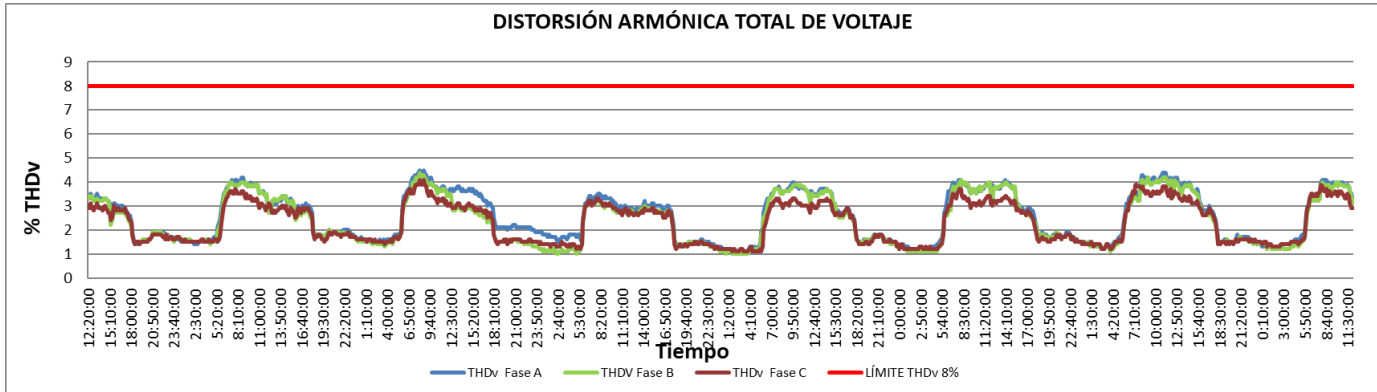
La distorsión armónica total de voltaje se analizó en base a las mediciones obtenidas en el periodo de 7 días continuos comprendidos desde jueves 5 de diciembre del año 2019 desde las 12:20:00 hasta las 14:50:00 del jueves 12 de diciembre del 2019, se analizó las 1008 mediciones como indica la Regulación ARCONEL 005/18 005/18, para determinar si cumplen con el límite requerido. La Figura 19 representa el límite de la distorsión armónica total de voltaje.

La distorsión armónica total de voltaje se la obtiene directamente de los registros cada 10 minutos realizados por el analizador de red, quien calcula en base a la fórmula de la Ecuación 5, estos datos son registrados en una hoja de Excel y se los grafica considerando que los registros deben ser cada 10 minutos en un periodo de tiempo de 7 días, en la figura 27 se muestra el gráfico del

tiempo vs el porcentaje de Distorsión Armónica Total, incluido su porcentaje máximo permitido observando en este caso particular que todos los registros están por debajo del límite máximo permitido.

Figura 27

Límite de Distorsión Armónica Total de Voltaje Transformador C2T-149

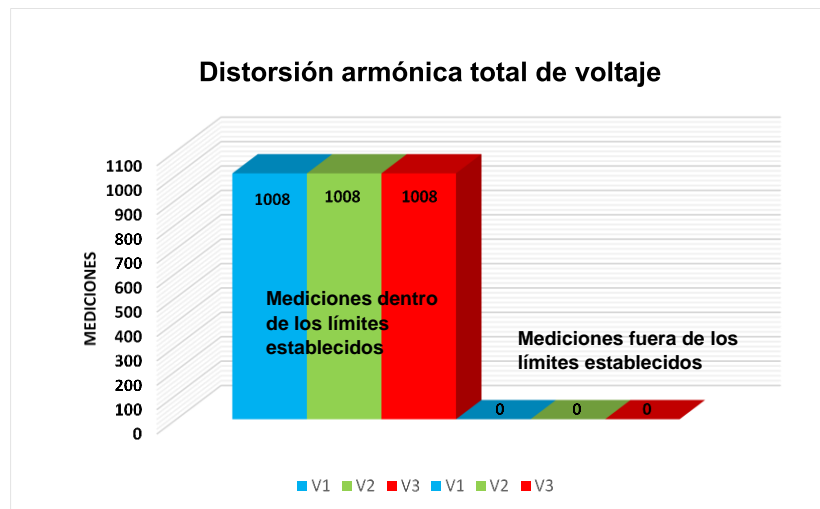


Fuente: (Autor)

El límite de distorsión armónica total de voltaje no puede ser superior al 8%, si se supera ese valor se incumplen con lo permitido. En la Figura 27 se puede apreciar que ninguna medición en las tres fases supera este límite del 8 %, cumpliendo con el límite permitido por la Regulación ARCONEL 005/18, a continuación, la Figura 28 representa el número y porcentaje de mediciones que exceden el límite de distorsión armónica total de voltaje.

Figura 28

Mediciones Fuera del Límite de Distorsión Armónica Total de Voltaje Transformador C2T-149



Fuente: (Autor)

En la gráfica de la Figura 28 no se presenta ninguna medición fuera del límite de distorsión armónica total de voltaje establecido por la Regulación ARCONEL 005/18. La Tabla 12 a

continuación, representa el número, porcentaje por fase y total de mediciones fuera del límite establecido.

Tabla 12

<i>Mediciones Fuera del Límite de La Regulación ARCONEL 005/18, para Distorsión Armónica Total de Voltaje Transformador C2T-149</i>		
<u>Fase</u>	<u>Total, de mediciones fuera de Regulación</u>	<u>Porcentaje de mediciones fuera de Regulación</u>
Fase A	0	0 %
Fase B	0	0 %
Fase C	0	0 %
Total, de mediciones fuera de Regulación		0

Fuente: (Autor)

No se presenta ninguna medición de distorsión armónica total de voltaje fuera del límite establecido, por lo tanto, si cumple el límite permitido. A continuación, se presenta la Tabla 13 que detalla los transformadores que cumplen o incumplen con el límite de distorsión armónica total de voltaje posterior al análisis.

Tabla 13

Análisis de Distorsión Armónica Total de Voltaje.

<u>Distorsión Armónica Total de Voltaje</u>					
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Fase A</u>	<u>Fase B</u>	<u>Fase C</u>	<u>Cumple con la Regulación.</u>
Flores mágicas	C2T-47	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Grow Flower.	C2T-149	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Josarflor.	C2T-230	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple

Fuente: (Autor)

En la Tabla 13 indica que ningún transformador incumple con el parámetro establecido por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica Regulación ARCONEL 005/18 para la distorsión armónica total de voltaje.

b) Distorsión armónica individual de voltaje

La distorsión armónica individual de voltaje se la obtiene de los registros de los analizadores de red; estos no deben salir de la banda de variación del 5% para alimentadores de (MV) debido a que la medición de la debe realizar en su periodo de 7 días cada 10 minutos; con un resultado de 1008 registros, el número de mediciones fuera de la banda de variación no debe

superar el 5%; que es el valor máximo permitido en la Regulación ARCONEL 005/18. El análisis de distorsión armónica total de voltaje se lo obtiene en base a la Ecuación 4.

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_n} \times 100 \text{ [%]}$$

Ecuación 1

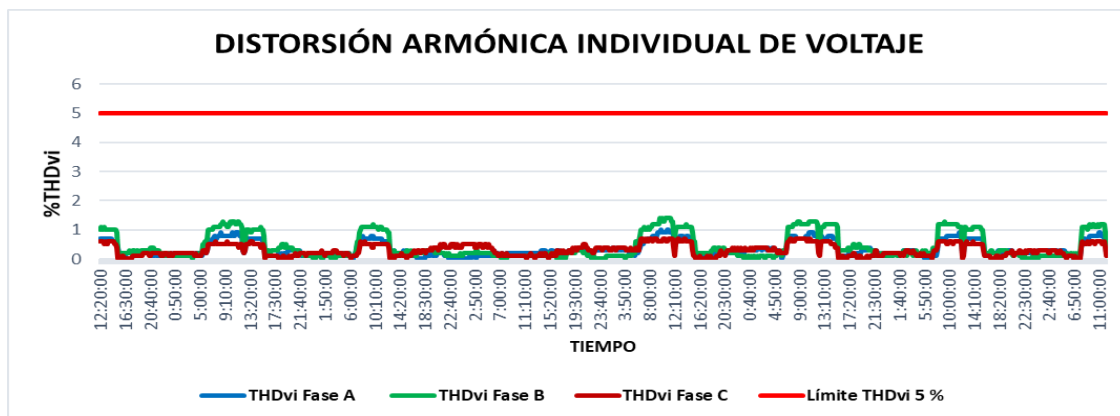
Se procede a presentar el análisis de la distorsión armónica individual de voltaje del armónico número 3 del transformador C2T-149 para determinar si cumplen o incumplen con el límite del 5% establecido por la Regulación ARCONEL 005/18.

- **GROW FLOWERS TRANSFORMADOR C2T149 (125KVA)**

La distorsión armónica individual de voltaje se analizó en base a las mediciones obtenidas en el periodo de 7 días continuos comprendidos desde jueves 5 de diciembre del año 2019 desde las 12:20:00 hasta las 14:50:00 del jueves 12 de diciembre del 2019, se analizó las 1008 mediciones como indica la Regulación ARCONEL 005/18, para determinar si cumplen con el límite requerido. La Figura 23 representa el límite de la distorsión armónica individual de voltaje para el armónico número 3.

Figura 29

Límite de Distorsión Armónica Individual de Voltaje, Armónico N 3 Transformador C2T-149

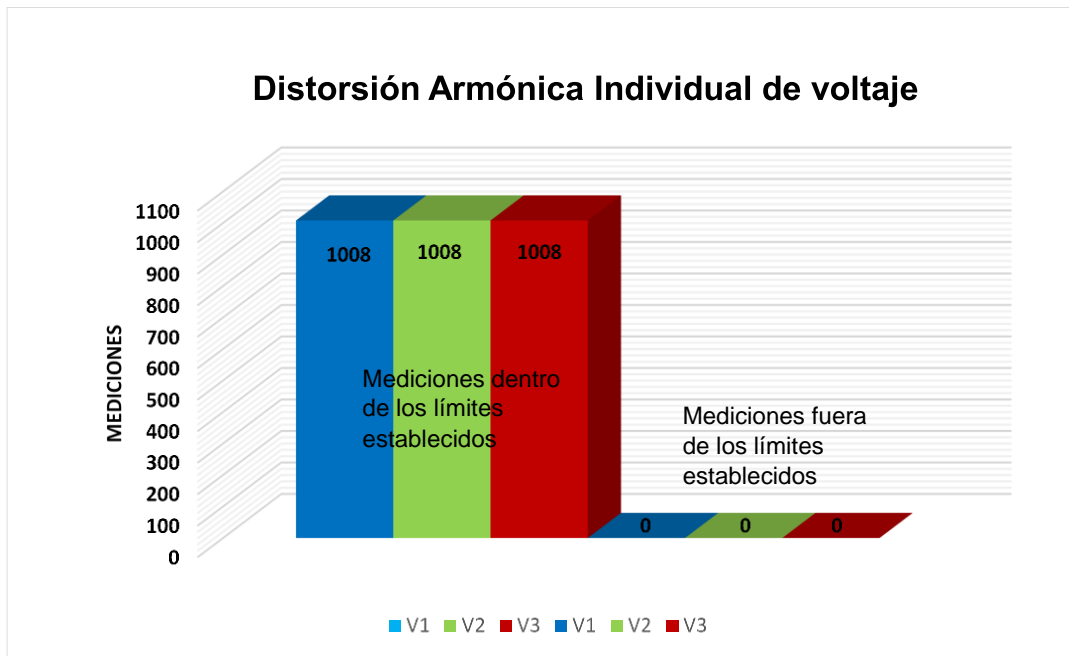


Fuente: (Autor)

El límite de distorsión armónica total de voltaje no puede ser superior al 5%, si se supera ese valor se incumplen con el límite permitido. En la Figura 29 se puede apreciar que ninguna medición en las tres fases del armónico número 3 supera este límite del 5 %, cumpliendo con el límite permitido por la Regulación ARCONEL 005/18, de igual manera se analizó los armónicos del número 2 al 40 y ninguno incumplía el límite permitido, a continuación, la Figura 24 representa el número y porcentaje de mediciones que exceden el límite de distorsión armónica individual de voltaje para el armónico número 3.

Figura 30

Mediciones Fuera del Límite de Distorsión Armónica individual de Voltaje, Armónico N 3 Transformador C2T-149



Fuente: (Autor)

En la gráfica de la Figura 30 no se presenta ninguna medición fuera del límite de distorsión armónica individual de voltaje para el armónico número 3 establecido por la Regulación ARCONEL 005/18. La Tabla 14 representa el número de armónico, porcentaje y total de mediciones fuera del límite establecido.

Tabla 14

Mediciones Fuera del Límite de la Regulación ARCONEL 005/18, Para la Distorsión Armónica Individual de Voltaje del armónico 2 al 40 Transformador C2T-149

<u>Transformador C2T149</u>					
<u>Numero de armónico</u>	<u>Fase A</u>	<u>Fase B</u>	<u>Fase C</u>	<u>Total, de mediciones fuera de Regulación</u>	<u>Porcentaje de mediciones fuera de Regulación</u>
2	0	0	0	0	0 %
3	0	0	0	0	0 %
4	0	0	0	0	0 %
5	0	0	0	0	0 %
6	0	0	0	0	0 %
7	0	0	0	0	0 %
8	0	0	0	0	0 %
9	0	0	0	0	0 %
10	0	0	0	0	0 %
11	0	0	0	0	0 %
12	0	0	0	0	0 %
13	0	0	0	0	0 %
14	0	0	0	0	0 %
15	0	0	0	0	0 %
16	0	0	0	0	0 %
17	0	0	0	0	0 %
18	0	0	0	0	0 %
19	0	0	0	0	0 %
20	0	0	0	0	0 %
21	0	0	0	0	0 %
22	0	0	0	0	0 %
23	0	0	0	0	0 %
24	0	0	0	0	0 %
25	0	0	0	0	0 %
26	0	0	0	0	0 %
27	0	0	0	0	0 %
28	0	0	0	0	0 %
29	0	0	0	0	0 %
30	0	0	0	0	0 %
31	0	0	0	0	0 %
32	0	0	0	0	0 %
33	0	0	0	0	0 %
34	0	0	0	0	0 %
35	0	0	0	0	0 %
36	0	0	0	0	0 %
37	0	0	0	0	0 %
38	0	0	0	0	0 %
39	0	0	0	0	0 %
40	0	0	0	0	0 %

Fuente: (Autor)

La Tabla 14 representa el análisis de las 1008 mediciones para los primeros 40 armónicos individuales de cada fase sin presentar ninguna medición de distorsión armónica individual de voltaje fuera del límite establecido, por lo tanto, si cumple el límite permitido por la Regulación ARCONEL 005/18. A continuación, se presenta la Tabla 15 que detalla los transformadores que

cumplen o incumplen con el límite de distorsión armónica individual de voltaje posterior al análisis.

Tabla 15

Análisis de Distorsión Armónica Individual de Voltaje

<u>Distorsión Armónica Individual de Voltaje</u>					
<u>Nombre De La</u> <u>Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Fase A</u>	<u>Fase B</u>	<u>Fase C</u>	<u>Cumple con la</u> <u>Regulación.</u>
Flores mágicas	C2T-47	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Grow Flower.	C2T-149	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Josarflor.	C2T-230	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple

Fuente: (Autor)

La Tabla 15 indica que ningún transformador incumple con el parámetro establecido por la regulación de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica Regulación ARCONEL 005/18 para la distorsión armónica individual de voltaje.

2.4.4. Desequilibrio de voltaje

El desequilibrio de voltaje se la obtiene de los registros de los analizadores de red; estos no deben salir de la banda de variación del 2% para alimentadores de (MV) debido a que la medición de la debe realzar en su periodo de 7 días cada 10 minutos; con un resultado de 1008 registros, el número de mediciones fuera de la banda de variación no debe superar el 5%; que es el valor máximo permitido en la Regulación ARCONEL 005/18. El análisis del desequilibrio de voltaje se lo obtiene de la presente ecuación.

$$\text{Desequilibrio de Voltaje} = \left| \frac{V^-}{V^+} \right| \times 100 [\%]$$

Ecuación 6

A continuación, se presentar el análisis de desequilibrio de voltaje del transformador C2T-149 para determinar si cumplen o incumplen con el límite del 5% establecido por la Regulación ARCONEL 005/18

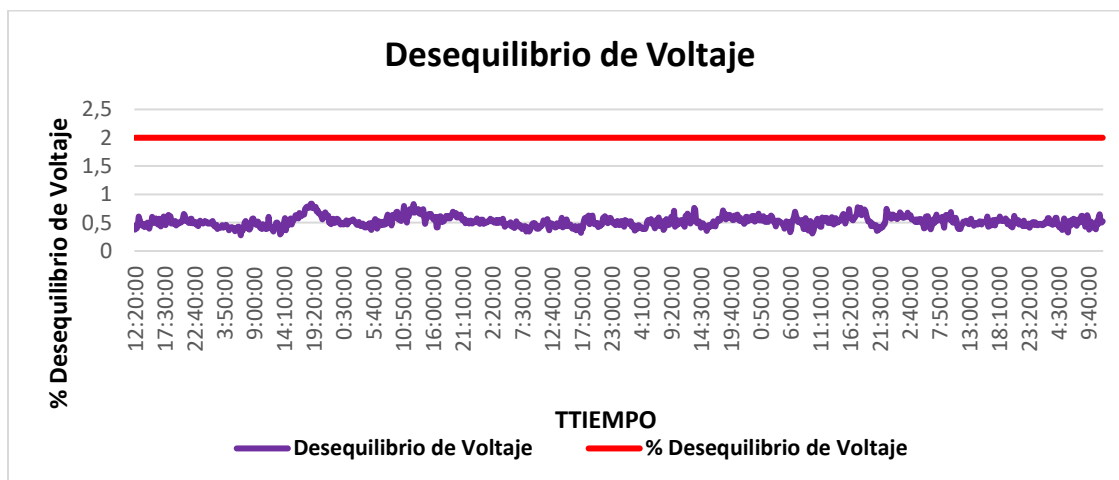
- **GROW FLOWERS TRANSFORMADOR C2T-149 (125KVA)**

El desequilibrio de voltaje se analizó en base a las mediciones obtenidas en el periodo de 7 días continuos comprendidos desde jueves 5 de diciembre del año 2019 desde las 12:20:00 hasta las 14:50:00 del jueves 12 de diciembre del 2019, se analizó las 1008 mediciones como indica la

Regulación ARCONEL 005/18, para determinar si cumplen con el límite requerido. La Figura 31 representa el límite de desequilibrio de voltaje.

Figura 31

Límite De Desequilibrio de Voltaje, Transformador C2T-149

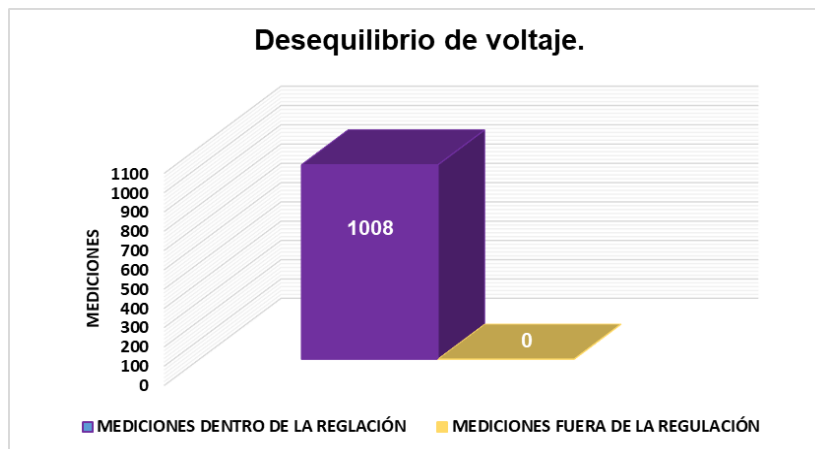


Fuente: (Autor)

El límite de desequilibrio de voltaje de las tres fases no puede ser superior al 2%, si se supera ese valor se incumplen con el límite permitido. En la Figura 31 se puede apreciar que ninguna medición supera este límite del 2 %, cumpliendo la Regulación ARCONEL 005/18. Por lo tanto, el transformador C2T-149 si cumple con los parámetros establecidos, a continuación, la Figura 32 representa el número de mediciones que exceden el límite de desequilibrio de voltaje.

Figura 32

Mediciones Fuera del Límite de Desequilibrio de Voltaje Transformador C2T-149



Fuente: (Autor)

En la gráfica de la Figura 32 no se presenta ninguna medición fuera del límite del desequilibrio de voltaje establecido por la Regulación ARCONEL 005/18. La Tabla 16 representa el número de armónico, porcentaje y total de mediciones fuera del límite establecido.

Tabla 16

<i>Mediciones Fuera del Límite de la Regulación ARCONEL 005/18, para Desequilibrio de Voltaje Transformador C2T-149</i>				
<u>Transformador C2T149</u>				
<u>Valor</u> <u>máximo</u>	<u>Valor</u> <u>mínimo</u>	<u>Valor</u> <u>promedio</u>	<u>Total, de mediciones fuera de</u> <u>Regulación</u>	<u>Porcentaje de mediciones</u> <u>fuera de Regulación</u>
0,83%	0,28%	0,52%	0	0 %
Total, de mediciones fuera de Regulación			0	

Fuente: (Autor)

En la Tabla 16 se analizó el desequilibrio de voltaje de las 1008 mediciones dando como resultado un valor máximo de 0.83% un valor mínimo de 0.28% y un valor promedio de 0.52%, ninguno de esos porcentajes supera el límite de 2 % por lo tanto no se presentan mediciones fuera del límite establecido así que el transformador C2T-149 si cumple con la Regulación ARCONEL 005/18. A continuación, se presenta la Tabla 17 que detalla los transformadores que cumplen o incumplen con el límite de desequilibrio de voltaje posterior al análisis.

Tabla 17

<i>Análisis de Desequilibrio de Voltaje</i>		
<u>Desequilibrio de Voltaje</u>		
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Cumple con la Regulación</u>
Flores mágicas	C2T-47	Si Cumple
Grow Flower.	C2T-149	Si Cumple
Josarflor.	C2T-230	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	Si Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	Si Cumple

Fuente: (Autor)

La Tabla 17 indica que ningún transformador incumple con el parámetro establecido del 2% para el desequilibrio de voltaje.

2.4.5. Factor de potencia (PF)

Se tomo en cuenta el factor de potencia para dar mayor precisión al análisis de calidad de producto, el factor de potencia se lo obtiene de los registros de los analizadores de red que los mismos que deben superar el valor de 0.92 inductivo o capacitivo debido a que la medición

de la debe realizar en su periodo de 7 días cada 10 minutos; con un resultado de 1008 registros, el número de mediciones fuera de la banda de variación no debe superar el 5%; que es el valor máximo permitido en la Regulación ARCONEL 050/18, para el análisis de factor de potencia se empleó la siguiente Ecuación.

$$PF = \frac{|P|}{S} \times \frac{Q}{|Q|} \quad \text{Ecuación 7}$$

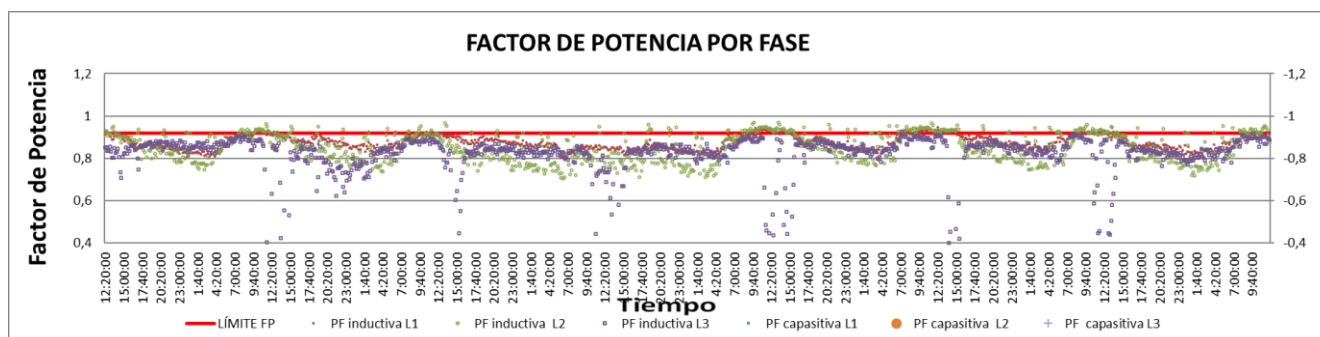
A continuación, se presenta el análisis de factor de potencia del transformador C2T-149 para determinar si cumple o incumple con el límite del 5% establecido por la Regulación ARCONEL 050/18

- **GROW FLOWERS TRANSFORMADOR C2T149 (125KVA)**

El factor de potencia se analizó en base a las mediciones obtenidas en el periodo de 7 días continuos comprendidos desde jueves 5 de diciembre del año 2019 desde las 12:20:00 hasta las 14:50:00 del jueves 12 de diciembre del 2019, se analizó las 1008 mediciones tomando en cuenta la Regulación ARCONEL 050/18, para determinar si cumplen con el límite requerido. La Figura 33 representa el límite de factor de potencia.

Figura 33

Límite de Factor de Potencia, Transformador C2T-149

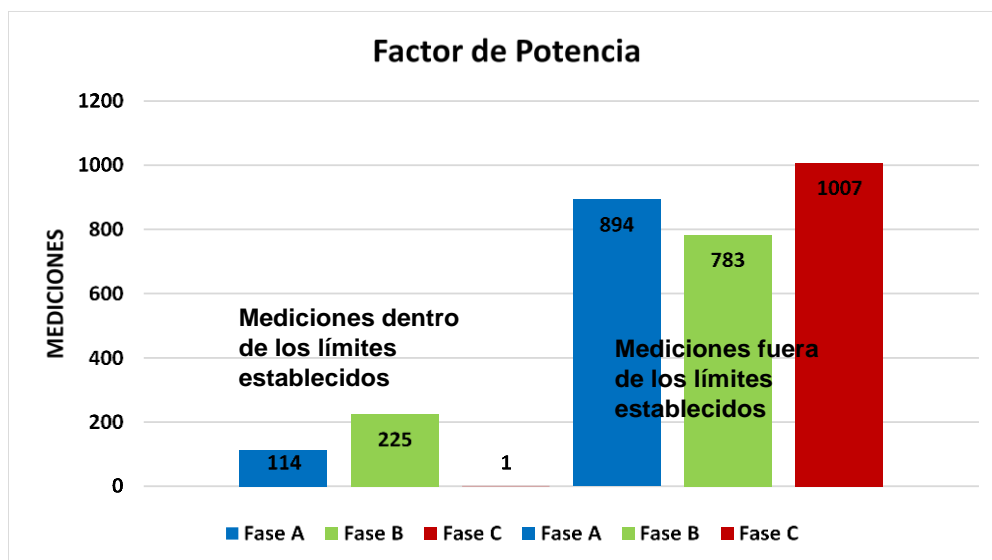


Fuente: (Autor)

El límite de factor de potencia no puede superar el valor de 0.92, si se supera ese valor se incumplen con el límite permitido. En la Figura 33 se aprecia que existen mediciones en las tres fases que superan, incumpliendo con el límite permitido por la Regulación ARCONEL 050/18, a continuación, la Figura 34 representa el número y porcentaje de mediciones que exceden el límite de factor de potencia por cada fase.

Figura 34

Mediciones Fuera de Factor de Potencia Transformador C2T-149



Fuente: (Autor)

En la gráfica de la Figura 34 se presenta algunas mediciones fuera del límite de factor de potencia establecido por la Regulación ARCONEL 050/18, existen 894 mediciones fuera del límite para la fase A, 783 mediciones para la fase B y 1007 mediciones para la fase C. La Tabla 18 a continuación, representa el número, porcentaje por fase y total de mediciones fuera del límite establecido.

Tabla 18

<i>Mediciones Fuera de la Regulación ARCONEL 050/18 Para el Factor de Potencia Transformador C2T-149.</i>		
Transformador C2T-149		
<u>Fase</u>	<u>Total, de mediciones fuera de Regulación</u>	<u>Porcentaje de mediciones fuera de Regulación</u>
Fase A	894	88,69 %
Fase B	783	77,68 %
Fase C	1007	99,90 %
Total, de mediciones fuera de Regulación		2684

Fuente: (Autor)

En la Tabla 18 se puede observar que el transformador C2T-149 tiene un total de 2684 mediciones que superan al límite de 0.92 de factor de potencia, 894 mediciones equivalentes al 88,69 % en la fase A, 783 o 77,68% en la fase B y 1007 o 99,90% en la fase C, incumpliendo con el límite del 5% de mediciones por cada fase. A continuación, se presenta la Tabla 19 que

detalla los transformadores que cumplen o incumplen con el límite de desequilibrio de voltaje posterior al análisis.

Tabla 19

Análisis de Factor de Potencia

<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Factor de Potencia</u>			<u>Cumple con la Regulación.</u>
		<u>Fase A</u>	<u>Fase B</u>	<u>Fase C</u>	
Flores mágicas	C2T-47	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Grow Flower.	C2T-149	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Josarflor.	C2T-230	Si Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple

Fuente: (Autor)

La Tabla 19 indica que no todos los transformadores cumplen con el límite establecido, el transformador C2T-171 cumple con la Regulación ARCONEL 050/18 mientras los demás transformadores incumplen con el límite establecido del 0.92 para factor de potencia.

CAPITULO III

INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo de la propuesta que incluye las recomendaciones técnico y económicas para mejorar los parámetros de la calidad del producto y operatividad en los transformadores de distribución pertenecientes al alimentador 2 de la subestación Cayambe de las industrias florícolas analizadas anteriormente, según las normas establecidas por la Regulación ARCONEL 005/18 para los parámetros de calidad del producto. Las mediciones se realizaron para 7 transformadores del alimentador 2 de la subestación Cayambe durante 7 días continuos en periodos de 10 minutos. En la Tabla 20 se muestra un resumen de los transformadores analizados indicando los parámetros de calidad del producto que se cumplen e incumplen según lo establecido por la Regulación ARCONEL 005/18

Tabla 20

Cuadro de Resumen de los Parámetros Analizados

<u>Cuadro de resumen de los parámetros medidos.</u>						
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Nivel de Voltaje</u>	<u>Flicker</u>	<u>Distorsión Armónica Total de Voltaje</u>	<u>Distorsión Armónica Individual de Voltaje</u>	<u>Factor de Potencia.</u>
Flores mágicas	C2T-147	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	No Cumple
Grow Flower.	C2T-149	No Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	No Cumple
Josarflor.	C2T-230	No Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	No Cumple
Quality Service S.A.	C2T-171	No Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Quality Service S.A.	C2T-170	No Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	No Cumple
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	No Cumple
Hoja Verde.	C2T-228	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	No Cumple

Fuente: (Autor)

Del análisis realizado se observó que los parámetros que incumplen con la regulación ARCONEL 005/18 son: nivel de voltaje y factor de potencia, siendo el nivel de voltaje el primer parámetro a incumplirse se realizó un análisis de flujo de carga por medio del programa CYMDIST determinando así una solución óptima para la ubicación de los reguladores de voltaje, como segundo parámetro a incumplirse se presentó el factor de potencia para el cual se realizó un cálculo de un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia.

3.1. Corrección del Nivel de Voltaje.

Para mejorar el nivel de voltaje en el alimentador 2 de la subestación Cayambe se optó por emplear un regulador de voltaje, se realizó un análisis de flujo de carga en el programa CYMDIST. Versión CYME 8.2. logrando así determinar una ubicación óptima para el mismo. La Figura 35 muestra el software utilizado para realizar el análisis de flujo de carga.

Figura 35

Software CYME versión 8.2.



Fuente: (Autor)

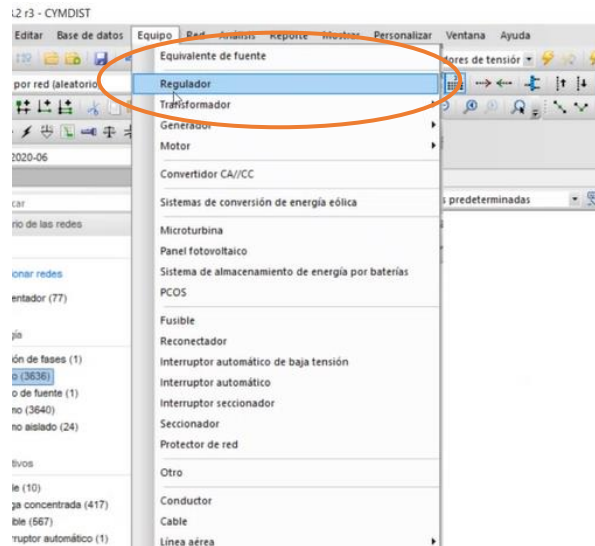
3.1.1. Proceso para colocar el regulador de voltaje en el programa "CYMDIST"

A continuación, se detallan los pasos para la selección y ubicación del regulador de voltaje en el circuito del alimentador N 2 de la subestación Cayambe.

Como primer paso para la selección o creación del regulador es dirigirse a la pestaña equipo, se desplegará una serie de opciones y se selecciona "regulador". En la Figura 36 se puede apreciar la lista de opciones de la pestaña equipos.

Figura 36

Lista de Opciones de la Pestaña Equipos.

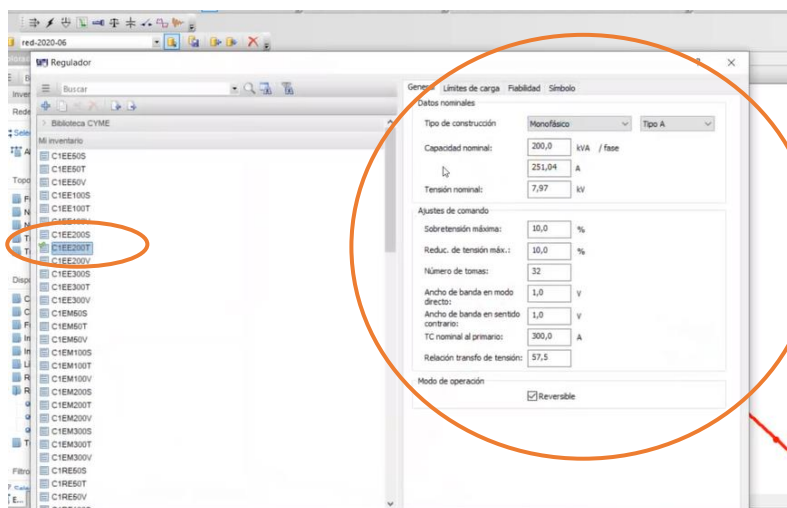


Fuente: (Autor)

Se despliega un panel con todas las opciones para la selección del regulador de voltaje, el regulador de voltaje seleccionado en este estudio fue elegido en base a los equipos que dispone la empresa eléctrica EMELNORTE, en el ANEXO D se indica las especificaciones técnicas del regulador. En la Figura 37 se observa el cuadro de diálogo con la selección del regulador en base a los datos del ANEXO D

Figura 37

Selección del Regulador y Especificación de los Datos Nominales en Base al ANEXO D.

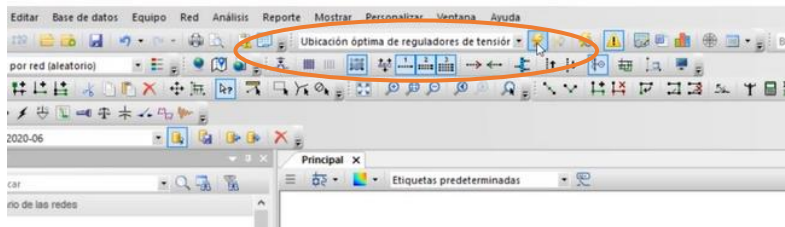


Fuente: (Autor)

Una vez seleccionado el regulador para nuestro estudio ejecutamos “Ubicación óptima de reguladores de voltaje”. En la Figura 38 se observa la ejecución para la opción “ubicación óptima de reguladores de voltaje”

Figura 38

Ejecución de la Opción “Ubicación óptima de reguladores de voltaje”.

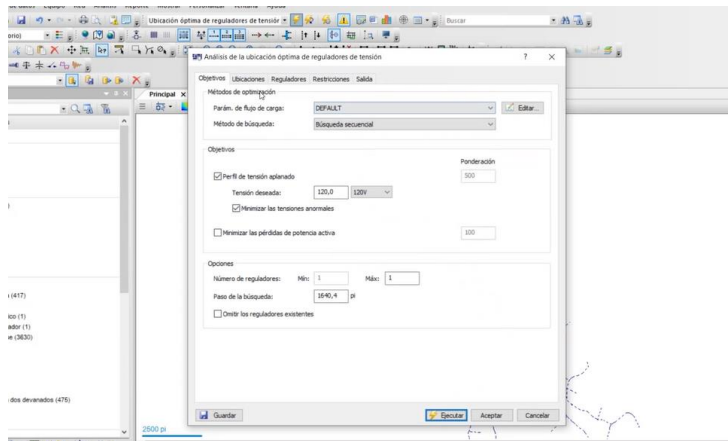


Fuente: (Autor)

Se despliega un panel para el análisis de la ubicación óptima de reguladores de tensión. En la Figura 39 se observa el panel para el análisis de la ubicación óptima de reguladores de tensión.

Figura 39

Panel “Análisis de la ubicación óptima de reguladores de tensión”.

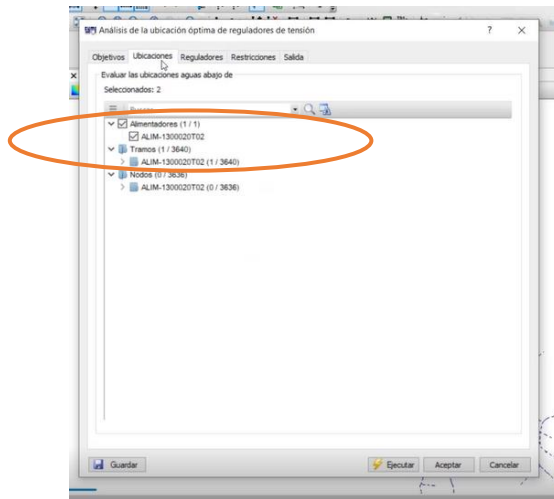


Fuente: (Autor)

En el panel para el análisis de la ubicación óptima de reguladores de tensión, pestaña “ubicaciones” seleccionamos la ubicación, en este caso optamos porque se realice en la cabecera del alimentador “ALIM-1300020T02”. En la Figura 40 se observa la ubicación seleccionada para el análisis.

Figura 40

Pestaña “ubicaciones”, Selección “ALIM-1300020t02”

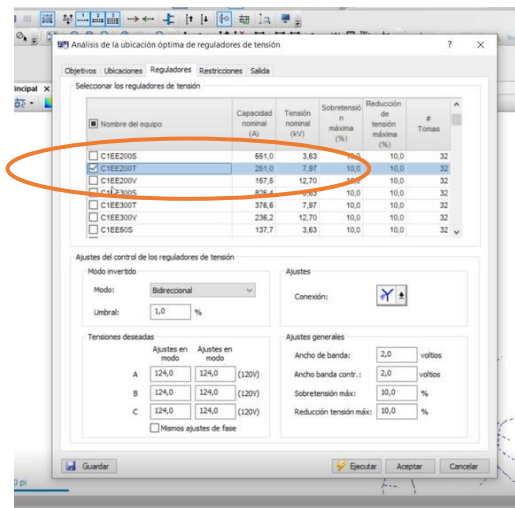


Fuente: (Autor)

En el panel para el análisis de la ubicación óptima de reguladores de tensión, pestaña “reguladores” seleccionamos el nombre del equipo “C1E200T”. En la Figura 41 se observa la opción del equipo.

Figura 41

Pestaña “reguladores”, Selección “C1E200T”

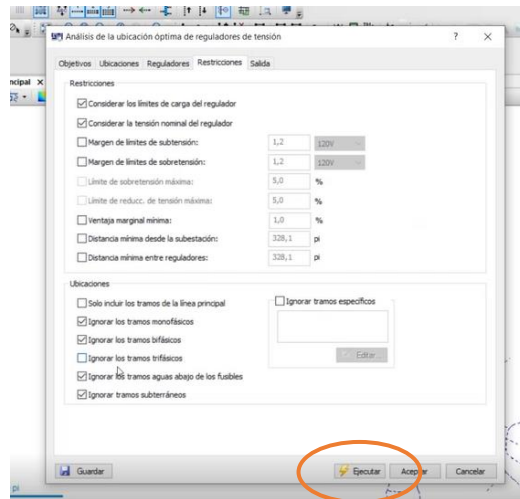


Fuente: (Autor)

En el panel para el análisis de la ubicación óptima de reguladores de tensión, pestaña “restricciones” seleccionamos restricciones. En la Figura 42 se observa la selección de restricciones.

Figura 42

Pestaña "restricciones", Selección de Restricciones



Fuente: (Autor)

Terminado el proceso asoma un cuadro de dialogo donde el programa está analizando la ubicación óptima de reguladores de tensión. En la Figura 43 se observa el cuadro de dialogo para la ubicación óptima de reguladores de tensión.

Figura 43

Cuadro de Dialogo Para la Ubicación Óptima de Regulares de Tensión.



Fuente: (Autor)

Terminado el análisis nos indicara los perfiles de voltaje inicial y final con el regulador de voltaje. En la Figura 44 se observa que el perfil de tensión final llega a 118 V.

Figura 44

Perfil de Tensión Final.

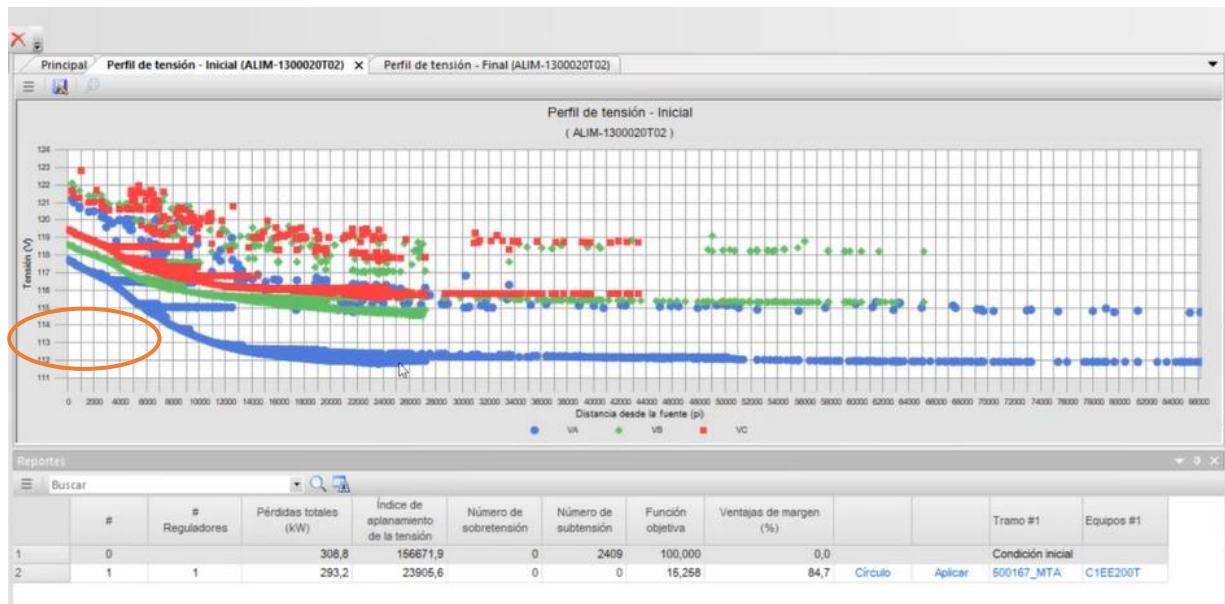


Fuente: (Autor)

La Figura 45 indica el perfil de tensión inicial que esta por los 118 V.

Figura 45

Perfil de Tensión Inicial.

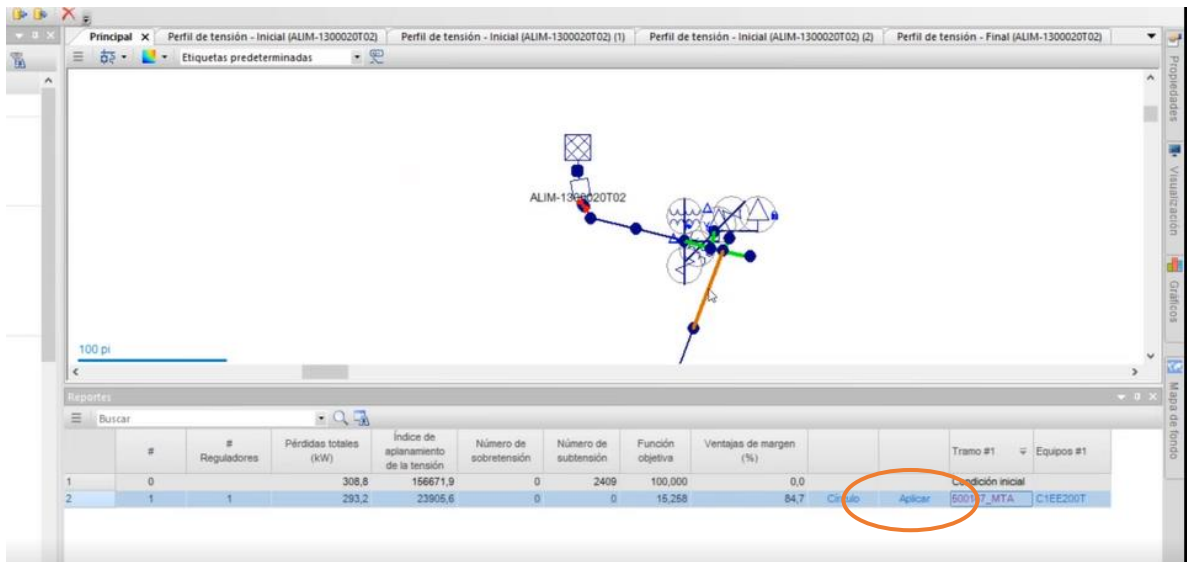


Fuente: (Autor)

En la pestaña principal se puede observar donde analizo el programa la mejor ubicación para el regulador de voltaje, en la recuadro de la parte inferior de la pantalla se selecciona aplicar para terminar con el proceso de ubicación del regulador de tensión. La Figura 46 ubicación del regulador de tensión.

Figura 46

Ubicación del Regulador de Tensión.

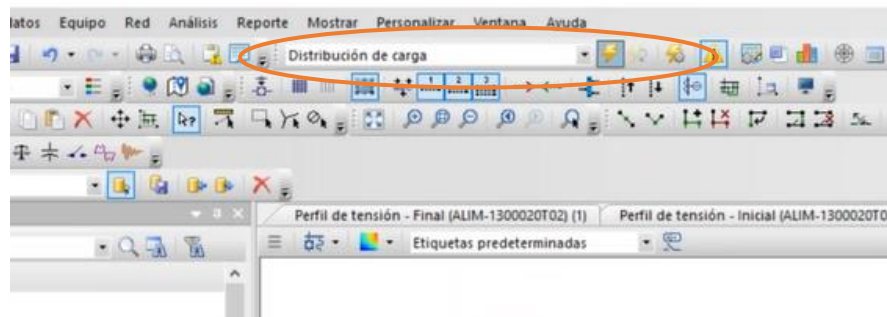


Fuente: (Autor)

Se ejecuta la opción distribución de carga para ver cómo está la condición actual del alimentador con el regulador ya instalado. La Figura 47 indica la opción distribución de carga.

Figura 47

Ejecución de "Distribución de carga".

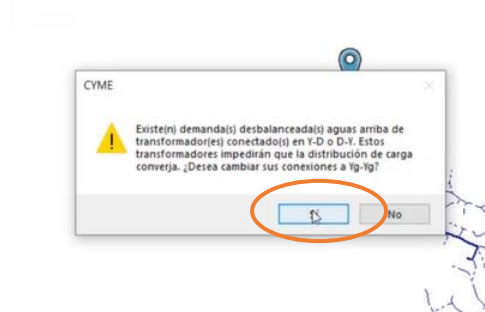


Fuente: (Autor)

Asoma un cuadro de dialogo indicado los cambios que vamos a realizar, damos clic en si para terminar la distribución de carga. La Figura 48 muestra un cuadro de dialogo antes de terminar con la distribución de carga.

Figura 48

Cuadro de Dialogo Para Finalizar el Proceso de Distribución de Carga.



Fuente: (Autor)

Se puede apreciar la condición actual del alimentador 2 de la subestación Cayambe una vez instalado el regulador de voltaje. La Figura 49 indica la condición actual del alimentador N 2 de la subestación Cayambe con regulador de voltaje.

Figura 49

Condición Actual del Alimentador N 2 de la Subestación Cayambe con Regulador de Voltaje.



Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la figura 77 el alimentador N 2 de la subestación Cayambe no presenta desniveles de voltaje al colocar el regulador de tensión, por lo que las sobrevoltajes existentes del circuito disminuyen. Para finalizar se realizó un reporte sumario con las condiciones actuales del alimentador N 2 de la subestación Cayambe. La Figura 50 indica la opción reportes de análisis.

Figura 50

Opción "Reportes de análisis".

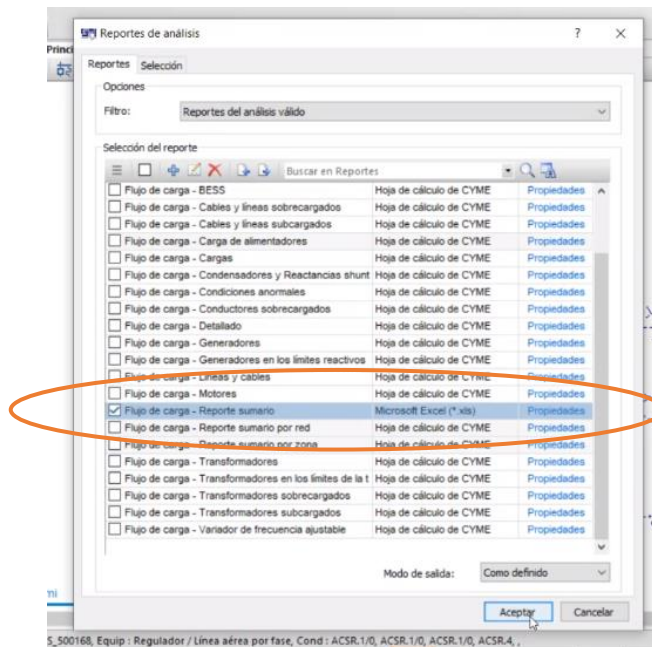


Fuente: (Autor)

Se abre un cuadro de diálogo donde nos indica todos los análisis que presenta CYMDIST, seleccionamos "flujo de carga – Reporte sumario". La Figura 51 muestra la opción "flujo de carga – Reporte sumario".

Figura 51

Flujo de Carga – Reporte sumario.



Fuente: (Autor)

Aparece un cuadro de dialogo antes de generar el informe en formato Excel. La Figura 52 indica el cuadro de dialogo antes de generar el informe en formato Excel

Figura 52

Generando Informe de Reporte Sumario.



Fuente: (Autor)

Se abrirá un documento en el programa Microsoft Excel donde esta toda la información del reporte sumario. La Figura 53 indica el Informe de reporte sumario

Figura 53

Informe de Reporte Sumario.

Flujo de carga - Reporte sumario				
Parámetros del estudio				
Nombre del estudio	Sal Aug 01 2020			
Fecha	18/25/2020			
Nombre del proyecto	Nuevo			
Método de cálculo	Cálculo de tensión - Desequilibrada			
Perdidas	0,1 %			
Factores de carga	Distal (P=100.00%, Q=100.00%)			
Factores de motor	Como definido			
Factores de generador	Como definido			
Consideraciones simul	On			
Modelo de carga de sensibilidad	De la biblioteca			
Resumen total				
	kW	kvar	kVA	FPPL
Fuentes (Potencia de equilibrio)	4326,12	-1418,12	4951,87	-95,82
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	4326,12	-1418,12	4951,87	-95,82

Fuente: (Autor)

3.1.2. Pérdidas en el sistema “reporte sumario”

En el reporte sumario realizado por el programa CYMDIST se observa el total de pérdidas que presenta el sistema. A continuación, se detalla las pérdidas que existen sin el regulador de voltaje y con el regulador de voltaje.

a) Pérdidas en el sistema sin regulador de voltaje

Las pérdidas en el sistema sin un regulador de voltaje se muestran en la tabla a continuación. La Tabla 21 indica un resumen de pérdidas brindado por el programa CYMDIST, tanto en potencia activa (kW), potencia reactiva (kVAr), potencia aparente (kVA) y factor de potencia (FP), después del análisis de flujo de carga.

Tabla 21

Resumen de las Pérdidas Totales en el Alimentador 2 de la Subestación Cayambe por el Programa CYMDIST sin Regulador de Voltaje.

<u>Resumen total</u>	<u>kW</u>	<u>kVAr</u>	<u>kVA</u>	<u>FP (%)</u>
Pérdidas en las líneas	194,11	159,04	250,94	77,35
Pérdidas en los cables	0,81	0,45	0,93	87,36
Pérdidas de carga del transformador	59,29	237,17	244,47	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	54,57	0,00	54,57	100,00
Pérdidas totales	308,77	396,66	502,67	61,43

Fuente: (Autor)

b) Pérdidas en el sistema con regulador de voltaje

Las pérdidas en el sistema con un regulador de voltaje se muestran en la tabla a continuación. La Tabla 22 indica un resumen de pérdidas brindado por el programa CYMDIST tanto en potencia activa (kW), potencia reactiva (kVAr), potencia aparente (kVA) y factor de potencia (FP), después del análisis de flujo de carga con regulador de voltaje.

Tabla 22

Resumen de las Pérdidas Totales en el Alimentador 2 de la Subestación Cayambe por el Programa CYMDIST con Regulador de Voltaje.

<u>Resumen total</u>	<u>kW</u>	<u>kVAr</u>	<u>kVA</u>	<u>FP (%)</u>
Pérdidas en las líneas	178,65	146,20	230,85	77,39
Pérdidas en los cables	0,81	0,45	0,92	87,36
Pérdidas de carga del transformador	54,48	217,94	224,65	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	59,24	0,00	59,24	100,00
Pérdidas totales	293,18	364,60	467,85	62,67

Fuente: (Autor)

Como se puede observar en las diferentes tablas, al colocar el regulador de voltaje disminuyen las pérdidas totales en el circuito, mejorando las sobrevoltajes y corrigiendo los niveles de voltaje

3.1.3. Costo anual de las pérdidas del sistema

A continuación, se detalla el costo anual de las pérdidas que existen en el sistema sin el regulador de voltaje y con el regulador de voltaje.

a) Costo anual de las pérdidas del sistema sin regulador de voltaje.

El costo anual de pérdidas en el sistema sin un regulador de voltaje se muestra en la siguiente tabla. La Tabla 23 indica un resumen del costo anual de pérdidas realizado por el programa CYMDIST después del análisis de flujo de carga.

Tabla 23

Costo Anual de Pérdidas en el Sistema sin Regulador de Voltaje.

<u>Costo anual de las pérdidas del sistema</u>	<u>kW</u>	<u>MW-h/año</u>	<u>k\$/año</u>
Pérdidas en las líneas	194,11	1700,37	170,04
Pérdidas en los cables	0,81	7,09	0,71
Pérdidas de carga del transformador	59,29	519,40	51,94
Pérdidas en vacío del transformador	54,57	478,00	47,80
Pérdidas totales	308,77	2704,86	270,49

Fuente: (Autor)

Se puede observar que en la Tabla 23 muestra un valor de pérdidas anuales de 2704,86 MW equivalentes a 270 dólares con 49 centavos al año.

b) Costo anual de las pérdidas del sistema con regulador de voltaje.

El costo anual de pérdidas en el sistema con un regulador de voltaje se muestra en la siguiente tabla. La Tabla 24 indica un resumen del costo anual de pérdidas realizado por el programa CYMDIST después del análisis de flujo de carga.

Tabla 24

Costo Anual de Pérdidas en el Sistema con Regulador de Voltaje.

<u>Costo anual de las pérdidas del sistema</u>	<u>kW</u>	<u>MW-h/año</u>	<u>k\$/año</u>
Pérdidas en las líneas	178,65	1564,98	156,50
Pérdidas en los cables	0,81	7,08	0,71
Pérdidas de carga del transformador	54,48	477,29	47,73
Pérdidas en vacío del transformador	59,24	518,95	51,90
Pérdidas totales	293,18	2568,29	256,83

Fuente: (Autor)

Se puede observar que en la Tabla 24 muestra un valor de pérdidas anuales de 2568,29 MW equivalentes a 256 dólares con 83 centavos al año. Como se puede observar en las

diferentes tablas, al colocar el regulador de voltaje existe una disminución en el costo anual de perdidas en el sistema de 13 dólares con 66 centavos.

3.1.4. Presupuesto del regulador de voltaje

A continuación, se da a conocer el presupuesto del regulador de voltaje donde se detallan los costos. La Figura 54 indica el presupuesto del regulador de voltaje.

Figura 54

Presupuesto Regulador de Voltaje.

Items	P1	P2	P3	P4	TOTAL	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
	212848	212849	212850	212851			
BANCO DE REGULADOR							
R4-Z2							
Numero de poste	212848	212849	212850	212851	TOTAL		
MANO DE OBRA PARTIDA							5146,59
MONTAJE DE PARARRAYOS			6		6	21,74	130,44
EXCAVACIÓN DE HUECOS			4		4	46,16	184,64
ERECCIÓN DE POSTES CON ENERGIZADOS			4		4	238,27	953,08
MONTAJE DE BYPASS			3		3	58,67	176,01
MONTAJE DE REGULADOR			3		3	253,74	761,22
CALIBRACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS REGULADORES			3		3	359,73	1079,19
ARMADA DE LAZO AEREO MONOFASICO EN MEDIA TENSION GLE AL CONTACTO			6		6	237,91	1427,46
TRANSPORTE POSTE HORMIGON (1-10) (PO0-0HC)			4		4	27,32	109,28
INSTALACIÓN PUESTA A TIERRA (MENOS DE 10 OHMIOS)			4		4	81,32	325,27
MATERIALES PARTIDA							5146,59
REGULADORES AUTOMATICO DE TENSION MONOFÁSICO A 7.62/13,2 kV, 200/250 Amp, CON 32 PASOS DE 5/8%			3		3	24.152,07	72456,21
POSTES DE HORMIGON DE 12 metros de 500 Kg			4		4	282,56	1130,24
BYPASS 15 KV 125 KV BIL 600 amp			3		3	1.231,65	3694,95
CRUCETA ACERO GALVANIZADO, PERFIL "C", 100 X 50 X 6 MM (4 X 2 X 1/4") Y 6 000 MM			2		2	189,75	379,5
CRUCETA ACERO GALVANIZADO, UNIVERSAL, PERFIL "L" 100 X 100 X 9,5 X 6000MM (4X4X3/8X157")			2		2	172,50	345
PERNO MAQUINA ACERO GALVANIZADO, TUERCA, ARANDELA PLANA Y PRESIÓN, 12,7 X 38MM (1/2 X 1 1/2")			24		24	1,53	36,72
PARARRAYO CLASE DISTRIBUCION POLIMERO OXIDO METALICO 10 KV			6		6	57,50	345
CONDUCTOR DE CU, DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2 AWG, 7 HILOS			45		45	4,03	181,35
SUELDA EXOTERMICA DE 90 GRAMOS			4		4	6,33	25,32
VARILLA DE ACERO RECUBIERTA DE CU, PARA PUESTA A TIERRA, 16 X 1800 MM (5/8 x 71")			4		4	11,50	46
CABLE DE AL, AAC, SEMIAISLADO, 15 KV, XLPE, 20 AWG, 7 HILOS, ECOLÓGICO			12		12	5,50	66
CONDUCTOR DE AL, DESNUDO, CABLEADO, AAC, 3/0 AWG, 7 HILOS			14		14	1,38	19,32
CONECTOR DE ALEACION DE AL, COMPRESION TIPO CUÑA, PRINCIPAL 1/0 AWG, DERIVADO 1/0 AWG			2		2	5,75	11,5
CONECTOR DE ALEACION DE AL, COMPRESION TIPO CUÑA, PRINCIPAL 3/0 AWG, DERIVADO 2/0 AWG			6		6	8,05	48,3
CONECTOR DE ALEACION DE AL, COMPRESION TIPO CUÑA, PRINCIPAL 1/0 AWG, DERIVADO 2 AWG			12		12	5,18	62,16
RUBROS NUEVOS (MATERIALES)							78847,57
ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO, PLETINA, 4 PERNOS, 50 X 6 X 550 MM			4		4	16,10	64,4
ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO, PLETINA, 3 PERNOS, 50 X 6 X 430 MM			3		3	12,65	37,95
ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO, PLETINA, 3 PERNOS, 50 X 6 X 400 MM			3		3	12,08	36,225
ABRAZADERA 2 PERNOS PARA RACK			2		2	4,25	8,5
PERNO ESPARAGO O DE ROSCA CORRIDA DE ACERO GALVANIZADO, 16 MM DE DIÁMETRO Y 400MM DE LONGITUD, CON 4 TUERCAS, 2 ARANDELAS PLANAS Y DOS PRESIÓN			8		8	5,18	41,4
PIE AMIGO DE ACCERO GALVANIZADO, ANGULO 50 x 6 MM (2" x 1/4") y 750 MM			12		12	11,50	138,0
PERNO U de 5/8"x6"			8		8	4,20	33,6
PERNO PIN PUNTA DE POSTE			3		3	12,00	36,0
AISSLADOR PIN 55-5			3		3	6,75	20,25
AISSLADOR DE SUSPENSION TIPO POLIMERO			6		6	14,00	84,0
PREFORMADO PARA CABLE 20 AWG			6		6	14,00	84,0
CONECTOR RANURA PARALELA 4/0 AWG DOS PERNOS NEMA 2			6		6	9,50	57,0
AISSLADOR ROLLO			2		2	1,15	2,3
TERMINAL DE COMPRESION TIPO OJO No 2 AWG MANGO LARGO			9		9	2,50	22,5
TERMINAL DE COMPRESION TIPO OJO No 2/0 AWG NEMA 2 MANGO LARGO			6		6	12,00	72,0
PRECINTOS PLASTICOS			12		12	0,50	6,0
RACK DE 1 VIAS			2		2	0,50	1,0
RUBROS NUEVOS (MANO DE OBRA)							745,125
ARMADA- DESARMADA DE ESTRUCTURA EST-1CP EN CALIENTE			3		3	300,00	900,0
ARMADA Y DESARMADA DE RACK DE ESTRUCTURA ESD-1ER			6		6	5,00	30,0
DESTENDIDO Y TENDIDO DE CONDUCTOR ASC 4-2			200		200	0,20	40,0
ARMADA Y DESARMADA DE CABLE DE FIBRA Y TELEFONICO			10		10	10,00	100,0
SUELO CON RESISTIVIDAD MENOR O IGUAL A 100 Ω.m			3,5		3,5	40,00	140,0
ARMADA- DESARMADA DE ESTRUCTURA EST-1CR EN CALIENTE			6		6	300,00	1800,0
							3010,0
							87749,28

Fuente: (Autor)

En la Figura 54 se puede apreciar que el presupuesto del regulador de voltaje es de 87749 dólares con 28 centavos.

3.1.5. VAN, TIR, Costo Beneficio.

Para los calculos correspondientes se utilizará una tasa de descuento del 12%, como pérdida del valor monetario de la utilidad en los flujos de ingresos, ademas el proyecto tendra una vida util de 30 años y un costo de mantenimiento de 438,65 por cada año, en beneficio se tomara en cuenta el ahorro por penalizacion a la empresa electrica que tiene un valor de 23640 dolares por año.

Tabla 25

Cuadro VAN, TIR, Costo Beneficio para el regulador de regulador de voltaje

VAN, TIR, Costo beneficio para el regulador de voltaje						
Tiempo	Inversión	Gastos de Operación & Mantenimiento	Ahorro	Valor Presente de Egresos	Valor Presente Neto	Flujo neto
0	87729,48			87729,48		-87729,48
1		438,65	23640	391,65	21107,14	20715,49
2		438,65	23640	349,69	18845,66	18495,98
3		438,65	23640	312,22	16826,49	16514,26
4		438,65	23640	278,77	15023,65	14744,88
5		438,65	23640	248,90	13413,97	13165,07
6		438,65	23640	222,23	11976,76	11754,53
7		438,65	23640	198,42	10693,54	10495,11
8		438,65	23640	177,16	9547,80	9370,64
9		438,65	23640	158,18	8524,82	8366,64
10		438,65	23640	141,23	7611,45	7470,21
11		438,65	23640	126,10	6795,94	6669,83
12		438,65	23640	112,59	6067,80	5955,21
13		438,65	23640	100,53	5417,68	5317,15
14		438,65	23640	89,76	4837,21	4747,46
15		438,65	23640	80,14	4318,94	4238,80
16		438,65	23640	71,55	3856,20	3784,64
17		438,65	23640	63,89	3443,03	3379,15
18		438,65	23640	57,04	3074,14	3017,09
19		438,65	23640	50,93	2744,76	2693,83
20		438,65	23640	45,47	2450,68	2405,21
21		438,65	23640	40,60	2188,11	2147,51
22		438,65	23640	36,25	1953,67	1917,42
23		438,65	23640	32,37	1744,35	1711,98
24		438,65	23640	28,90	1557,45	1528,55
25		438,65	23640	25,80	1390,58	1364,78
26		438,65	23640	23,04	1241,59	1218,55
27		438,65	23640	20,57	1108,56	1087,99
28		438,65	23640	18,37	989,79	971,42

29	438,65	23640	16,40	883,74	867,34
30	438,65	23640	14,64	789,05	774,41
				91262,8655	190424,549
				TIR	13%
				VAN	99161,683
				B/C	2,09

Fuente: (Autor)

En la Tabla 25 se puede apreciar que el TIR tiene un porcentaje de 13 % lo que hace viable este proyecto.

3.1.6. Cambio de la posición del tap en los transformadores analizados pertenecientes a las industrias florícolas.

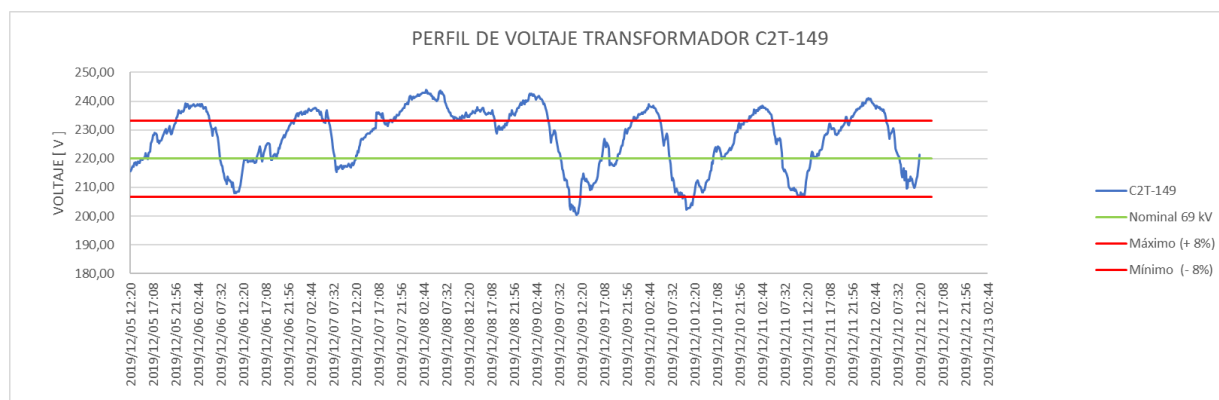
Como medida adicional se realizó una análisis del nivel de voltaje con las condiciones actuales de los transformadores y un análisis con el cambio de posición del tap en caso de ser posible, para lograr así mejorar los niveles de voltaje en los casos en el que los perfiles de voltaje lo permitan.

a) Grow Flowers Posición actual del tap en el transformador C2T-149 (125 kVA).

Se analizo el perfil de voltaje en condiciones actuales para el transformador C2T-149. La Figura 55 indica el perfil de voltaje en las condiciones actuales del transformador.

Figura 55

Condiciones Actuales del Transformador C2T-149.



Fuente: (Autor)

Se puede apreciar en la figura 55 que en el transformador C2T-149 existen valores que sobrepasan el límite del 8 % de la parte superior, así como valores que sobrepasan este límite

en la parte interior por lo que no es posible regular estos voltajes con un cambio de posición en el tap del transformador.

b) Grow Flowers cambio de la posición del tap en el transformador C2T-149 (125 KVA).

Se analizo el perfil de voltaje con el cambio de posición de tap en el transformador C2T-149, pero debido a que existen sobrevoltajes y bajos voltajes que superan el límite del 8 % un cambio de posición en el tap del transformador no sería la mejor alternativa, dado que no es posible regular estos voltajes con un cambio de posición en el tap del transformador.

3.1.7. Resumen del cambio de la posición del tap en los transformadores analizados.

Se analizo el perfil de voltaje en cada transformador de manera individual, seleccionando la mejor opción para un cambio de posición del tap. La Tabla 26 presenta las recomendación de la posición del tap de cada transformador analizado.

Tabla 26

Cuadro de resumen del cambio de la posición del tap en los transformadores analizados.

<u>Cuadro de resumen del cambio de posición del tap en los transformadores.</u>		
<u>Nombre De La</u>	<u>Transformador</u>	<u>Recomendación.</u>
<u>Florícola</u>		
Flores mágicas	C2T-47	No cambia
Grow Flower.	C2T-149	No cambia
Josarflor.	C2T-230	No cambia
Quality Service S.A.	C2T-171	No cambia.
Quality Service S.A.	C2T-170	No cambia.
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	No cambiar
Hoja Verde.	C2T-228	Bajar dos posiciones

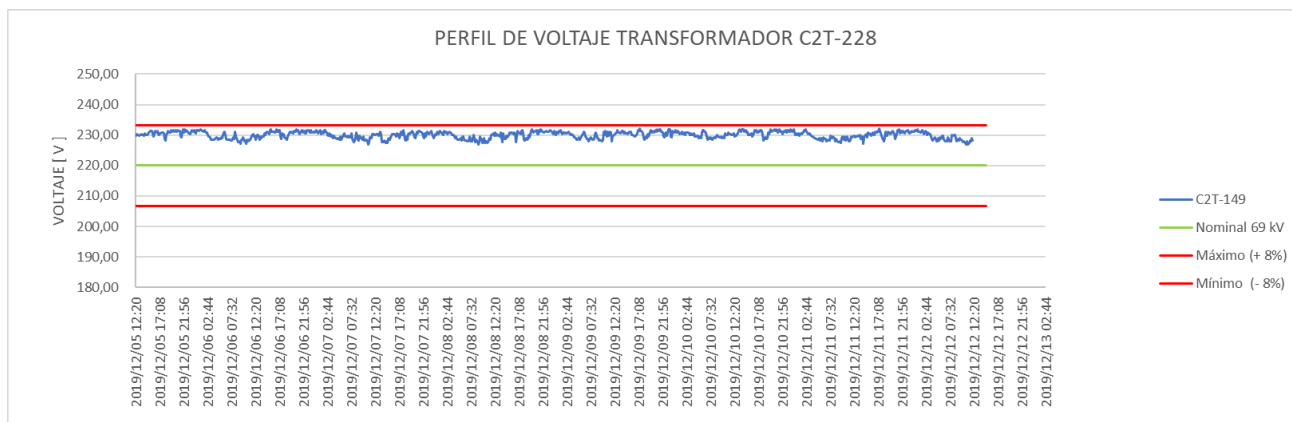
Fuente: (Autor)

El cambio de posición de Tap en los transformadores lo realiza la empresa eléctrica distribuida EMELNORTE, este costo ya se encuentra presente en el estudio de costos que realiza la misma cada año, a continuación, se detalla los perfiles de voltaje antes y después del cambio de taps.

Para el transformador C2T- 228 se recomienda bajar dos posiciones al Tap del transformador en caso de ser posible, ya que a pesar de no incumplir con el parámetro de nivel de voltaje presenta valores que casi se acercan al límite del 8 % permitido por la regulación ARCONEL 005/18. La figura 56 indica las condiciones actuales del transformador C2T-228.

Figura 56

Condiciones Actuales del Transformador C2T-228.

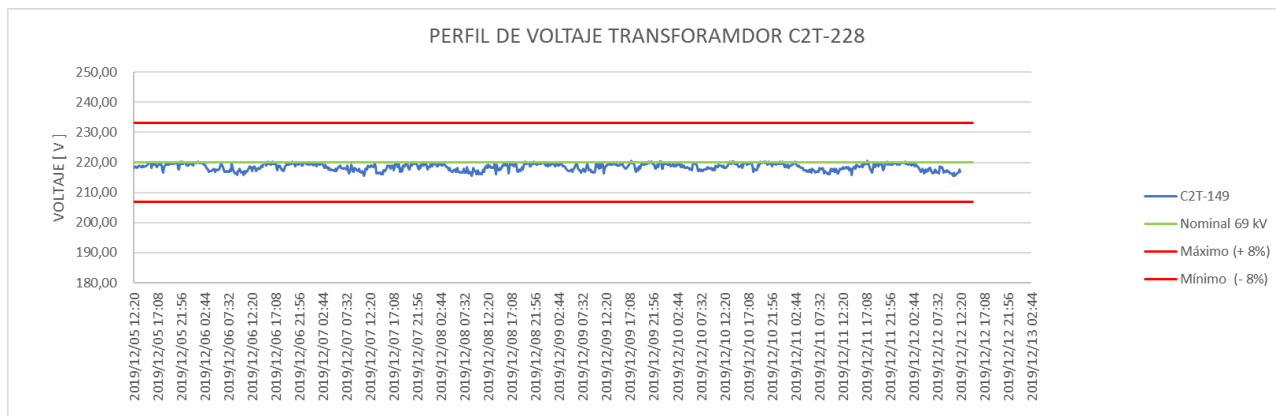


Fuente: (Autor)

La figura 57 indica las condiciones del transformador C2T-228 después de bajar dos taps, en caso de ser posible.

Figura 57

Condiciones después de bajar el Tap dos posiciones al Transformador C2T-228.



Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la figura 57 al bajar 2 taps al transformador C2T-228 le permite mejorar su perfil de voltaje.

3.2. Corrección del factor de potencia

De las 1008 mediciones realizadas a los 7 transformadores del alimentador 2 de la subestación Cayambe durante los 7 días continuos en periodos de 10 minutos se observa que 6 transformadores presentan un bajo factor de potencia incumpliendo con los parámetros

establecidos por la regulación ARCONEL 005/18, por ende, se presenta una corrección del factor de potencia a un valor de requerido de 0.94 mejorando la compensación de reactivos y disminuyendo las caídas de voltaje en la línea.

3.2.1. Cálculo de la potencia reactiva

Para el cálculo del banco de capacitores se necesita tres parámetros:

- Potencia promedio activa instalada en kilovatios.
- Factor de potencia del transformador.
- Factor de potencia requerido.

3.2.2. Grow Flowers cálculo de la potencia reactiva transformador C2T149 (125 kVA).

A continuación, se indica como realizar el cálculo de la potencia reactiva para la selección del banco de capacitores del transformador C2T149, el cual incumple en las 3 fases el parámetro de factor de potencia con un total de 2684 mediciones fuera de la regulación ARCONEL 005/18.

a) Primera forma

Los Parámetros para el cálculo de la potencia reactiva se detallan a continuación:

Potencia promedio activa instalada en kilovatios = (Ppromedio x FP) = (33,28571 kVA x 0.84) = 27,96 kW

Factor de potencia del transformador = 0.84 factor de potencia requerido = 0.94

El ANEXO E nos indica el coeficiente de c que se obtiene para cada relación entre el factor de potencia del transformador y el factor de potencia requerido.

Potencia reactiva requerida:

$$Q_r = P \times c$$

$$Q_r = 27,96 \text{ kW} \times 0,283$$

$$Q_r = 7,91 \text{ KVAr.}$$

b) Segunda forma.

Aplicando la fórmula para el cálculo de la potencia requerida(Q_r)

Potencia promedio activa instalada en kilovatios (p) = ((ppromedio x fp) = (33,28571 kva x 0.84) = 27,96 kw

Factor de potencia promedio del transformador (f_{p_1}) = 0.84

Factor de potencia requerido. (f_{p_2}) = 0.94

$$Q_r = P\{tang[\cos^{-1}(f_{p_1})] - tang[\cos^{-1}(f_{p_2})]\}$$

$$Q_r = 27,96 \{tang[\cos^{-1}(0,84)] - tang[\cos^{-1}(0,94)]\}$$

$$Q_r = 7,91 \text{ KVAr.}$$

c) Tercera forma

Potencia promedio activa instalada en kilovatios (P) = ((Ppromedio x FP) = (33,28571 kVA x 0.84) = 27,96 kW

Factor de potencia del transformador = 0.84

factor de potencia requerido = 0.94

$$FP1 = \cos\phi = 0.84$$

$$\phi = 32,86$$

$$\tan\phi = \frac{Q}{P}$$

$$Q_{requerida_1} = P \times \tan 32,86$$

$$Q_{requerida_1} = 27,96 \text{ kW} \times \tan 32,86$$

$$Q_{requerida_1} = 18,06 \text{ kVAr.}$$

$$FP2 = \cos\phi = 0.94$$

$$\phi = 19,94$$

$$\tan\phi = \frac{Q}{P}$$

$$Q_{requerida_2} = P \times \tan 19,94$$

$$Q_{requerida_2} = 27,96 \text{ kW} \times \tan 19,94$$

$$Q_{requerida_2} = 10,14 \text{ kVAr.}$$

$$Q_{requerida} = Q_{requerida_1} - Q_{requerida_2}$$

$$Q_{requerida} = 18,06 \text{ kVAr} - 10,14 \text{ kVAr}$$

$$Q_{requerida} = 7,92 \text{ kVAr.}$$

Se realizo el cálculo de la potencia reactiva para cada transformador que no cumplía con los parámetros establecidos por la regulación ARCONEL 005/18. En la Tabla 27 muestra el resumen de la potencia reactiva calculada para cada uno de ellos.

Tabla 27*Cuadro de la Potencia Reactiva Calculada Para Cada Transformador Con Bajo Factor de Potencia*

<u>Cuadro de resumen de la potencia reactiva calculada.</u>		
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Potencia reactiva</u>
Flores mágicas	C2T-47	4,39 KVAR
Grow Flower.	C2T-149	7,92 KVAR
Josarflor.	C2T-230	1,27 KVAR
Quality Service S.A.	C2T-170	4,88 KVAR
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	9,02 KVAR
Hoja Verde.	C2T-228	6,7 KVAR

Fuente: (Autor)

Según el cálculo realizado anteriormente se demostró que el resultado es similar en los dos métodos por lo tanto que el requerimiento de potencia reactiva es de 7,92 kVAR, es importante tener en cuenta que si la necesidad de potencia reactiva sobrepasa el 15% de la potencia nominal del transformador se deberá instalar compensación automática, lo comprobamos de la siguiente manera:

$$\frac{Q_c}{S_n} = \frac{7,92 \times 10^3}{100 \times 10^3} \times 100$$

$$\frac{Q_c}{S_n} = 7,92 \%$$

Se puede observar que el transformador C2T-149 el requerimiento de potencia reactiva no sobrepasa al 15 % por lo que se necesita instalar banco de capacitores tipo fijo en el caso de que sobrepase el 15 % se necesitara instalar un banco de capacitores tipo automático, pero como son transformadores que pertenecen a las industrias florícolas se optó por seleccionar la instalación de los bancos de capacitores tipo automático dado que este tipo de capacitores pueden ajustarse de acuerdo a las variaciones que se presenten en el factor de potencia y la carga de los equipos. La tabla 28 muestra el porcentaje de potencia nominal de cada transformador y el tipo de banco de capacitores recomendable para cada uno.

Tabla 28

Cuadro de la Potencia Reactiva Calculada para Cada Transformador con Bajo Factor de Potencia

Cuadro de resumen de la potencia reactiva calculada.			
Nombre De La Florícola	Transformador	% De potencia reactiva requerida	Tipo
Flores mágicas	C2T-47	4,39 %	Automático
Grow Flower.	C2T-149	7,92 %	Automático
Josarflor.	C2T-230	1,27 %	Automático.
Quality Service S.A.	C2T-170	4,88 %	Automático
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	9,02 %	Automático
Hoja Verde.	C2T-228	6,7 %	Automático

Fuente: (Autor)

3.2.3. Cálculo de frecuencia de resonancia

Se debe realizar un cálculo de frecuencia de resonancia para cada transformador antes de proceder a la instalación del banco de capacitores con el fin de evitar problemas en la instalación debido a los armónicos presentes en la red.

$$hrp = \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q_c}}$$

Para el transformador C2T-149 con una potencia de 125kVA a un voltaje de cortocircuito del 4% se obtiene que:

$$S_{cc} = \frac{125 \times 100}{4}$$

$$S_{cc} = 3125 \text{ kVA.}$$

$$hrp = \sqrt{\frac{3125}{7,92}} = 20$$

$$fr = f \cdot hrp$$

$$fr = 60 \times 20 = 1200 \text{ Hz}$$

Se concluye que la instalación del banco de capacitores para el transformador C2T-149 no tendrá inconvenientes ya que el armónico de orden 20 y no es tan perjudicial. La tabla 29 muestra la frecuencia de resonancia y el número de armónico para cada transformador.

Tabla 29

Cuadro de la Potencia Reactiva Calculada para Cada Transformador con Bajo Factor de Potencia

Cuadro de resumen de la potencia reactiva calculada.

<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Armónico</u>	<u>Frecuencia de resonancia</u>
Flores mágicas	C2T-47	21	1260 Hz
Grow Flower.	C2T-149	20	1200 Hz
Josarflor.	C2T-230	47	2820 Hz
Quality Service S.A.	C2T-170	25	1500 Hz
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	14	840 Hz
Hoja Verde.	C2T-228	22	1320 Hz

Fuente: (Autor)

3.2.4. *Calculo de la capacitancia*

Para poder realizar el cálculo de la capacitancia toca tener en cuenta la siguiente formula:

$$C = \frac{V_{nominal}^2}{Q_{requerida} \times 2 \times \pi \times f}$$

$$C = \frac{7912,24 \text{ VAr}}{127^2 \times 2 \times 3.14 \times 60}$$

$$C = 0,005407 \text{ F}$$

La capacitancia para el transformador C2T-149 es de 0.005407 Faradios. La Tabla 30 detalla la capacitancia para cada transformador presente en el estudio.

Tabla 30

Cuadro de la Capacitancia Calculada Para Cada Transformador Con Bajo Factor de Potencia

Cuadro de resumen de la capacitancia.

<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Capacitancia</u>
Flores mágicas	C2T-47	0,009746274 F
Grow Flower.	C2T-149	0,005407249 F
Josarflor.	C2T-230	0,033725418 F
Quality Service S.A.	C2T-170	0,008774502 F
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	0,004745241 F
Hoja Verde.	C2T-228	0,006420327 F

Fuente: (Autor)

3.2.5. *Banco de capacitores*

En base a los análisis realizados anteriormente se determinó que para el transformador C2T-149 se recomienda instalar un banco de capacitores automático de 35kVAr a fin de que se regule de acuerdo con los requerimientos de la red. La Tabla 31 muestra el tipo y banco de capacitores necesario para cada transformador.

Tabla 31

Cuadro de banco de Capacitores para Cada Transformador

Cuadro de resumen del banco de capacitores.				
Nombre De La Florícola	Transformador	Banco de capacitores	Tipo	Capacitancia
Flores mágicas	C2T-47	5 KVAR	Automático	0,009746274 F
Grow Flower.	C2T-149	10 KVAR	Automático	0,005407249 F
Josarflor.	C2T-230	2 KVAR	Automático	0,033725418 F
Quality Service S.A.	C2T-170	5 KVAR	Automático	0,008774502 F
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	10 KVAR	Automático	0,004745241 F
Hoja Verde.	C2T-228	10 KVAR	Automático	0,006420327 F


Fuente: (Autor)

3.2.6. Proforma del presupuesto de instalación de los bancos de capacitores.

En esta proforma se detallan los precio de instalación de los bancos de capacitores. La figura 58 detalla los presupuestos de cada banco de capacitores.

Figura 58

Proforma de Instalación de Bancos de Capacitores de Diferentes Potencias.



INGENIERIA - Consultorias
Supervisión - Suministros
Construcción - Mantenimiento

Address: San Gabriel Av. Atahualpa 03-01 y Pio V G.
Phone: (593)52292151 / 0994845801
E-Mail: byron.freire@hotmail.com
Ruc: 0401400981001

17/08/2020

CLIENTE: Carlos Andres Cualchi Núñez
DEP/ATT:
DIRECCIO:
TEL/FAX:
REF: Instalación de Banco de Capacitores de diferentes potencias

OFERTA

OF-89-2020

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNIT	P. TOTAL
1	Armado de tablero con condensadores de 5kVAR, armado y puesta en marcha	GBL	2	\$460	\$920,00
2	Capacitor de 5KVAR , 220V, MERLIN, incluido tablero, breakers, contactores y materiales para instalación	U	2	\$1.150,00	\$2.300,00
3	Armado de tablero con condensadores de 9kVAR, armado y puesta en marcha	GBL	2	\$575,00	\$1.550,00
4	Capacitor de 10KVAR , 220V, MERLIN, incluido tablero, breakers, contactores y materiales para instalación	U	2	\$2.300,00	\$4.600,00
5	Armado de tablero con condensadores de 2kVAR, armado y puesta en marcha	GBL	1	\$345,00	\$345,00
6	Capacitor de 2KVAR , 220V, MERLIN, incluido tablero, breakers, contactores y materiales para instalación	U	1	\$460,00	\$460,00
SUB TOTAL					\$10.175,00
IVA 12%					\$1.221,00
TOTAL					\$11.396,00

Fuente: (Autor)

En la Figura 58 se puede ver que el precio total por la instalacion de todos los bancos de capacitores. A continuacion en la Tabla 32 se muestra el costo de instalacion de cada banco de ccapacitores.

Tabla 32

Cuadro del costo de Instalación de Cada Banco de Capacitores.

<u>Costo de cada banco de capacitores.</u>				
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Banco de capacitores</u>	<u>Tipo</u>	<u>Costo</u>
Flores mágicas	C2T-47	5 KVAR	Automático	\$1.803,20
Grow Flower.	C2T-149	10 KVAR	Automático	\$3.444,00
Josarflor.	C2T-230	2 KVAR	Automático	\$901,60
Quality Service S.A.	C2T-170	5 KVAR	Automático	\$1.803,20
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	10 KVAR	Automático	\$3.444,00
Hoja Verde.	C2T-228	10 KVAR	Automático	\$3.444,00

Fuente: (Autor)

3.2.7. VAN, TIR, Costo Beneficio

Para los calculos correspondientes se utilizará una tasa de descuento del 12%, como pérdida del valor monetario de la utilidad en los flujos de ingresos, ademas el proyecto tendra una vida util de 15 años y un costo de mantenimiento 412,93 por cada año, en beneficio se tomara en cuenta la reduccion por perdidas de factor de potencia.

a) Cálculo del VAN, TIR , costo y beneficio para el transformador C2T149 (125 kVA) perteneciente a la florícola Grow Flowers

Se detalla el calculo del VAN y TIR del tranformador C2T-149, con un costo por el banco de capacitores de 3444 dolares, gastos de operación y mantenimeinto por 412 dolares con 93 centavos cada 3 años y un ahorro de 2544 dolares anuales, este ultimo valor se lo saco del dato de las planillas de servicio electrico facilitado por EMELNORTE. La Tabla 33 muestra la relación costo beneficio, así como VAN Y TIR del transformador C2T-149.

Tabla 33

Cuadro VAN, TIR, Costo Beneficio, Transformador C2T-149

<u>VAN, TIR, Costo beneficio.</u>							
<u>Tiempo</u>	<u>Inversión</u>	<u>Gastos de Operación & Mantenimiento</u>	<u>Ahorro</u>	<u>Valor Presente de Egresos</u>	<u>Valor Presente Neto</u>	<u>Flujo neto</u>	
0	3444			3444		-3444	
1			2544	0,00	2271,43	2271,43	
2			2544	0,00	2028,06	2028,06	
3		412,93	2544	293,92	1810,77	1516,85	
4			2544	0,00	1616,76	1616,76	
5			2544	0,00	1443,53	1443,53	
6		412,93	2544	209,20	1288,87	1079,67	
7			2544	0,00	1150,78	1150,78	
8			2544	0,00	1027,48	1027,48	
9		412,93	2544	148,91	917,39	768,49	
10			2544	0,00	819,10	819,10	
				4096,03	14374,17		
						TIR	53%
						VAN	10278,14
						B/C	3,51

Fuente: (Autor)

A continuación, se detalla la relación costo beneficio, VAN y TIR para los transformadores con bajo factor de potencia. La Tabla 34 detalla la relación costo beneficio, VAN y TIR para los transformadores con bajo factor de potencia.

Tabla 34

Cuadro VAN, TIR, Costo Beneficio,

<u>VAN, TIR, Costo beneficio.</u>				
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>TIR</u>	<u>VAN</u>	<u>B/C</u>
Flores mágicas	C2T-47	25%	2290,96	1,93
Grow Flower.	C2T-149	53%	10278,14	3,51
Josarflor.	C2T-230	-6%	-197,57	0,87
Quality Service S.A.	C2T-170	86%	8867,82	4,61
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	87%	17600,83	5,30
Hoja Verde.	C2T-228	26%	4786,13	2,17

Fuente: (Autor)

Todo proyecto es viable si presenta una relación costo beneficio mayor a la unidad. A continuación, la tabla 35 indica la viabilidad de cada proyecto de instalación de banco de capacitores.

Tabla 35

Cuadro Viabilidad.

<u>VAN, TIR, Costo beneficio.</u>		
<u>Nombre De La Florícola</u>	<u>Transformador</u>	<u>Viabilidad</u>
Flores mágicas	C2T-47	Si
Grow Flower.	C2T-149	SI
Josarflor.	C2T-230	No
Quality Service S.A.	C2T-170	Si
Emihana (Bloque1).	C2T-5061	Si
Hoja Verde.	C2T-228	Si

Fuente: (Autor)

En la Tabla 35 se puede observar que la instalación del banco de capacitores es viable para todas las florícolas excepto una, la florícola Josarflor, la inversión en este proyecto es muy alta, esto se verifica con el análisis técnico económico en el que: la relación costo beneficio inferior a uno, considerando que los costos por penalización de bajo factor de potencia no son tan elevados, se concluye que no es recomendable proceder con la instalación del banco de capacitores en esta industria florícola.

CONCLUSIONES

Se concluye que el uso de reguladores de voltaje, ayudan a estabilizar las variaciones existentes en los alimentadores primarios, mejorando la calidad del producto, mejorando los niveles de voltaje en todos los transformadores de distribución que incumplen este parámetro de calidad de producto.

De acuerdo al análisis realizado, las variaciones de voltaje no solo se encuentran en los transformadores analizados, si no que están presentes en todo el alimentador N 2 de la subestación Cayambe, al presentarse condiciones similares en los alimentadores de esta subestación, es necesario la instalación de reguladores de voltaje, su ubicación se lo realiza con la ayuda del programa computacional CYME, en este caso ubicado en la cabecera del alimentador N 2 , este regulador mejora el perfil de voltaje en todo el circuito.

El problema de voltajes le corresponde a EMELNORTE como fuente de entrega de energía y los problemas de factor de potencia son generados por la carga, es por este motivo que se analizó la ubicación de un regulador de voltaje en el alimentador analizado y la corrección del factor de potencia en los transformadores donde técnica y económicamente fueron factibles.

El cambiador de taps bajo carga o mejor conocido como LTC del transformador ATQ 66 MVA de la subestación Ibarra se encuentra indisponible, esto hace que no se pueda regular el voltaje en la zona sur del sistema eléctrico de EMELNORTE, para mejorar el problema de variabilidad de voltaje, esta empresa ha realizado los trámites pertinentes para el ingreso de una nueva subestación en el sector de Tabacundo en el año 2023, como nuevo punto de interconexión de EMELNORTE al sistema nacional interconectado lo que permitirá mejorar los perfiles de voltaje de la zona.

Los transformadores de distribución incumplen con el parámetro de factor de potencia establecido por la regulación ARCONEL 005/18, un cálculo y procedimientos adecuados permitieron establecer el banco de capacitores que deben ser instalados en cada transformador, a excepción del transformador C2T-230 dado que el costo por penalización de bajo factor de potencia es extremadamente bajo y la relación costo beneficio es inferior a la unidad no resulta viable proceder con la instalación.

La instalación del banco de capacitores en los demás transformadores reducirá el costo por penalización de factor de potencia, aspecto que permitirá un ahorro para las industrias florícolas analizadas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para el transformador C2T-228, bajar dos posiciones al Tap del transformador en caso de ser posible, con tal finalidad de mejorar su perfil de voltaje, solicitud que deberán realizarla a la empresa eléctrica distribuidora EMELNORTE.

Para el transformador C2T-147 se recomienda un banco de capacitores de 5kvar, en el C2T-149 de 10kvar, en el C2T-170 de 5 kVAr, C2T-5061 de 10 kVAr, en el C2T-228 de 7. 5 kVAr, tipo automático ya que este tipo de banco de capacitores permite a la potencia reactiva suministrada pueda ajustarse de acuerdo con las variaciones en el factor de potencia y la carga de los equipos.

A la Empresa Eléctrica EMELNORTE, se recomienda proceder con la instalación de un regulador de voltaje dado que esta es viable, teniendo una relación costo beneficio mayor a uno, esta instalación reducirá el costo por penalización de incumplimiento del nivel de voltaje que presenta la empresa eléctrica EMELNORTE, aparte de brindar un mejor servicio de calidad del producto a todos los abonados del alimentador 2 de la ciudad de Cayambe.

Como recomendación adicional para el transformador C2T-147, revisar la conexión de la línea 3 a la salida del transformador, existe sobrecalentamiento por un empalme mal realizado en el equipo e instalar un banco de capacitores de 5 kVAr, esto con el fin de estabilizar el factor de potencia y evitar penalizaciones.

REFERENCIAS

Arellano, A. (2011). *Mejora de la confiabilidad en el edificio valdés vallejo de la unam*. 34–61.

Retrieved from <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/288>

Argüello, G. (1988). *Análisis y Control de Sistemas Electricos de Potencia*.

Arizpe Islas, J., Neira Rosales, S., & López Escamilla, A. (2013). Calidad de energía y sistemas eléctricos de potencia. *Ingenierías*, 1(1), 29–54.

Benavides, J. M. B. (2014). *Análisis de la calidad del producto en los transformadores, aplicación al alimentador 3 de la subestación San Agustín de EmelNorte*. Quito.

Carpio Ibáñez, J., Míguez Camiña, J. V., & Guirado Torres, R. (2013). *Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica*. Madrid, SPAIN: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Carrión González, J. E., & Carvajal Pérez, R. (2011). *Estudio técnico económico del régimen de operación de las redes de distribución eléctrica de la ciudad de Loja-Ecuador*. La Habana, CUBA: D - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. CUJAE.

Calidad de Energía Eléctrica. (1998).

Comisión de Regulación de Energía y Gaqs. (2005). Calidad de la potencia. *Comisión de Regulación de Energía y Gas*, 100.

Donsión, M. (2026) . Calidad de energia eletrica

Das, J. C. (2015). *Power System Harmonics and Passive Filter Designs* (Wiley-IEEE, ed.).

Enríquez, H. (2006). *El ABC de la calidad de la energía eléctrica*.

García, L. (2012). *CAPÍTULO 1_ FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD DE LA ENERGIA*.

Gil, F., Manzano, F., Gómez, J., & Sánchez, P. (2012). Power quality research techniques: Advantages and disadvantages. *DYNA (Colombia)*, 79(173 PART I), 66–74. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496/49623206009>

Grainger, J., & Stevenson, W. (1996). *Análisis de sitemas de potencia*.

Guagualango, S. (2019). *Calidad de Servicio Eléctrico*. 53(9), 1689–1699.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Hernández, A. F. P., & Flórez, J. J. M. (2012). Errores Comunes en el uso de las Componentes Simétricas para la Localización de Fallas en Sistemas de Distribución de Energía. *Scientia Et Technica*, XVII(51), 15–21. <https://doi.org/10.22517/23447214.1551>
- Holguin, M., & Gomez, D. (2010). *Análisis de calidad de energía eléctrica en el “Nuevo Campus” de la Universidad Politécnica Salesiana*. 1–234. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39079>
- Luchena Mozo, G. (2003). Fiscalidad de la energía. In *Crónica tributaria* (pp. 23–101).
- Montalvo, L. (2010). *ANÁLISIS DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA ENERGIZACIÓN DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN UTILIZANDO EL PROGRAMA DIGSILENT POWER FACTORY PROYECTO*.
- Pereira, A. (2015). *Calidad de la Energía Eléctrica*.
- Ramírez, S. (2006). *CALIDAD DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA* (Universida). Colombia.
- Rodrigo, J. (2012). *Perspectiva de calidad de la energía eléctrica y su importancia en México*. (55).
- Sánchez, M. (2009). *Calidad de la Energía Eléctrica*. Retrieved from https://es.slideshare.net/shinela7/librocalidaddeenergia?from_action=save
- Sastry, R. M. S. (2008). POWER QUALITY. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Seymour, J., & Horsley, T. (2010). Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico. *Informe Interno 18 - APC Schneider Electric*, 1–22.
- Sistema eléctrico de potencia*. (n.d.).
- Star, Q. (2012). *Analizador de redes eléctricas trifásicas C.A 8335*.
- Suarez, A. (2014). *Medición de la Calidad de la Energía*. 1–17. Retrieved from http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/archivos/medicion_calidad_energia.pdf
- Tellez Ramírez, E. (2007). Calidad de la energía. *Programa De Ahorro De Energía*, (222), 25. Retrieved from <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando la Operacion y el Mantenimiento/Calidad de la Energia.pdf>

Yebra Morón, J. A. (2009). Sistemas Eléctricos de Distribución. In *Reverté*.

(IERCOR, 2007) *Calidad de energía eléctrica* recuperado el 09 de enero de 2019, de:

<https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/>

(ARCONEL, 2018) *Resolución Nro. ARCONEL 005/18* Recuperado el 09 de enero de 2019, de:

[https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf)

[content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf)

Boada Benavides, J. (2014) *Análisis de la calidad del producto en los transformadores, aplicación al alimentador 3 de la subestación San Agustín de Emel Norte* Recuperado el 10 de enero de 2019, de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8517/3/CD-5745.pdf>

(Real Decreto, 1995) Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-24019>

ANEXOS

Anexo A

Recopilación de los transformadores pertenecientes a las florícolas del alimentador N 2 de la subestación Cayambe

Transformadores Pertenecientes a las Industrias Florícolas

Nombre De La Florícola	Potencia	Tipo	Ubicación (Poste)	Medidor
Flores mágicas	30 kVA	Trifásico	C2P-326	T4-10778
Flores mágicas	75 kVA	Trifásico	C2P-327 C2P-328	T4-10771
Grow Flower.	125 kVA	Trifásico	C2P-1359	Media tensión T4-8378
Grow Flower.	75 kVA	Trifásico	C2P-1355	Media tensión T4-8378
Grow Flower.	75 kVA	Trifásico	C2P-1342	Media tensión T4-8378
Josarflor.	112,5 kVA	Trifásico	C2P-2077	T4-7127
Josarflor.	125 kVA	Trifásico	C2P-229	T4-10675
Josarflor.	75 kVA	Trifásico	C2P-5049	T4-7075
Seresfran.	100 kVA	Trifásico	C2P-4498	Media tensión T4-7099
Seresfran.	160 kVA	Trifásico	C2P-4593	Media tensión T4-7099
Seresfran.	300 kVA	Trifásico	C2P-448	Media tensión T4-7099
Seresfran.	100 kVA	Trifásico	C2P-447	Media tensión T4-7099
Quality Service S.A.	300 kVA	Trifásico	C2P-6540	Media tensión T4-7305
Quality Service S.A.	30 kVA	Trifásico	C2P-1599	Media tensión T4-7305
Quality Service S.A.	10 kVA	Monofásico	C2P-1595	Media tensión T4-7305
Quality Service S.A.	125 kVA	Trifásico	C2P-1590	Media tensión T4-7305
Quality Service S.A.	125 kVA	Trifásico	C2P-1592	Media tensión T4-7305
Quality Service S.A.	125 kVA	Trifásico	C2P-6537	Media tensión T4-7305
Falcon Farms (Bloque 1).	37.5 kVA	Monofásico	C2P-1601	M3-6888
Falcon Farms (Bloque 1).	50 kVA	Trifásico	C2P-1518 C2P-1519	T4-6296
Falcon Farms (Bloque 2).	50 kVA	Trifásico	C2P-7542	Media tensión T4-7065
Falcon Farms (Bloque 2).	75 kVA	Trifásico	C2P-7515 C2P-7516	Media tensión T4-7065
Falcon Farms (Bloque 3).	350 kVA	Trifásico	C2P-7453	Media tensión T4-7065
Falcon Farms (Bloque 4).	75 kVA	Trifásico	C2P-7508	T4-10163
Falcon Farms (Bloque 4).	50 kVA	Monofásico	C2P-1236	T4-6857
Emihana (Bloque1).	150 kVA	Trifásico	C2P-7538	T4-7079
Emihana (Bloque1).	125 kVA	Trifásico	C2P-1675	T4-7080
Emihana (Bloque1).	75 kVA	Trifásico	C2P-7538	T4-5061
Emihana (Bloque 2).	50kVA	Trifásico	C2P-6857	B3-12867
Van Under. Laag Jon Alexander.	15 kVA	Monofásico	C2P-4393	M3R-6501
Floral Star.	37.7 kVA	Monofásico	C2P-7362	T4-15512
Floral Star.	25 kVA	Monofásico	C2P-7070	T4-7139
Hoja Verde.	125 kVA	Trifásico	C2P-2065	T4-7052
Hoja Verde.	125 kVA	Trifásico	C2P-2054	T4-11537
Hoja Verde.	25 kVA	Monofásico	C2P-2089	T4-10730

Fuente: (Autor)

Anexo B

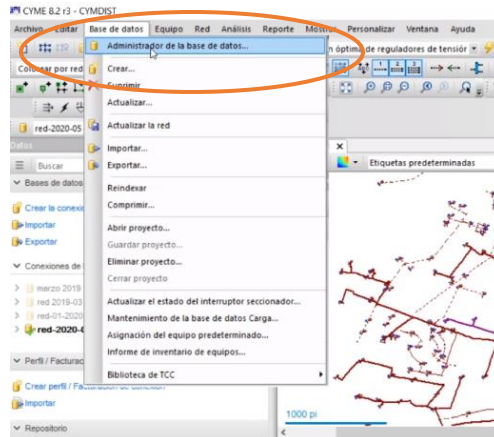
Manual para cargar una base de datos en el programa "CYMDIST".

Se toma como ejemplo la base de datos del mes de junio del año 2020

1. Se elige la pestaña administrador de la base de datos. La Figura 59 indica la pestaña administrador de la base de datos.

Figura 59

Pestaña Administrador de la Base de Datos.

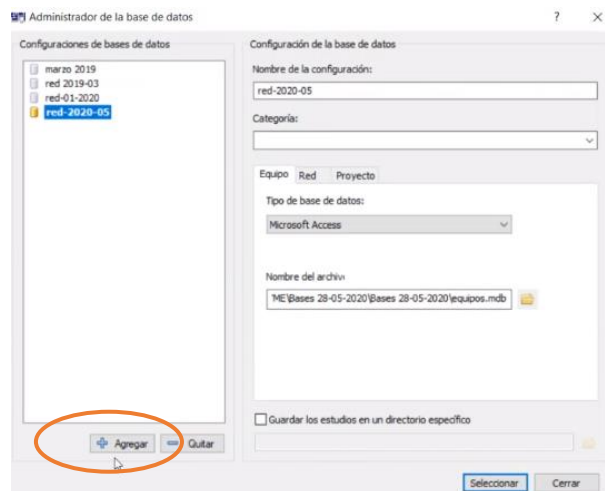


Fuente: (Autor)

2. Se procede a agregar la base de datos. La Figura 60 indica la pestaña agregar.

Figura 60

Pestaña Agregar.

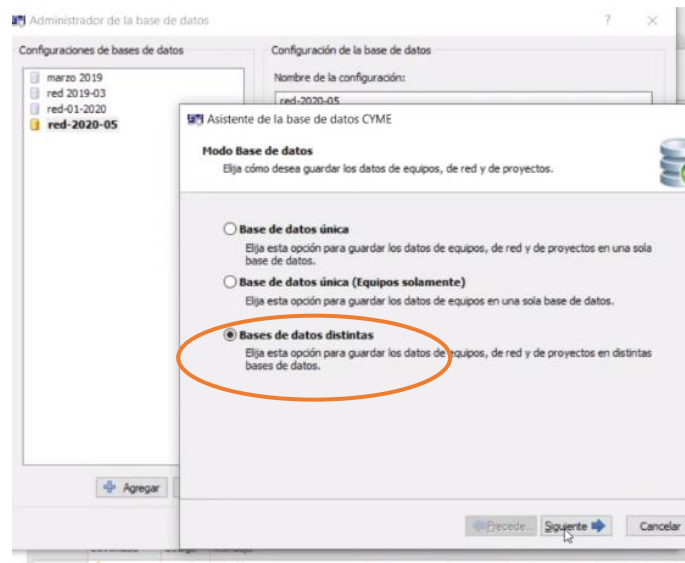


Fuente: (Autor)

3. Se elije el tipo de base de datos en este caso se elige la opción “base de datos distintas” ya que toda empresa eléctrica en Ecuador trabaja con su propia base de datos. La Figura 61 indica la opción base de datos distintas.

Figura 61

Opción Base de Datos Distintas.

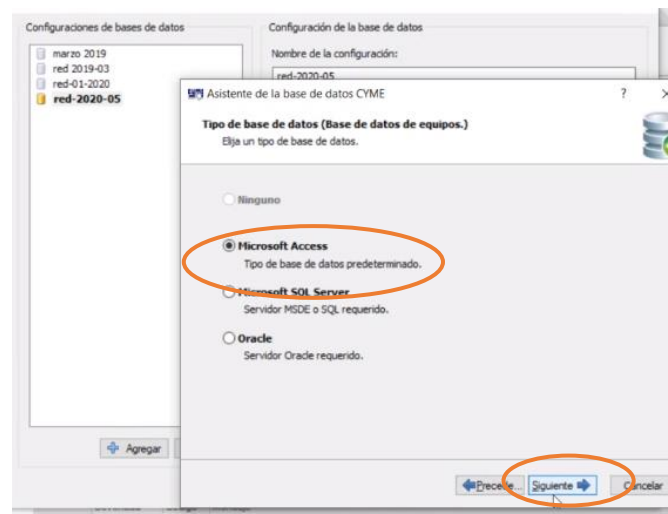


Fuente: (Autor)

4. Se elije el tipo de base de datos para los equipos y selecciona siguiente. La Figura 62 indica la opción Microsoft Access para la base de datos de equipos

Figura 62

Opción Microsoft Access Para la Base de Datos de Equipos.

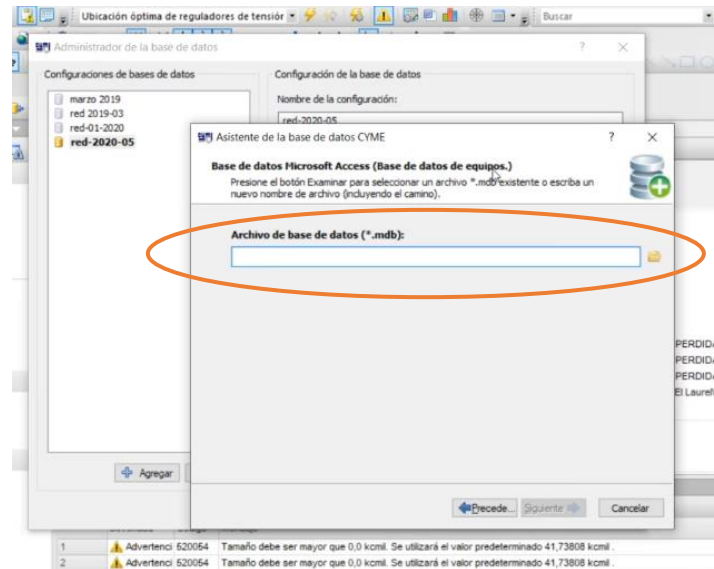


Fuente: (Autor)

5. Se despliega la opción para seleccionar el archivo donde se encuentran los equipos y red del sistema. La Figura 63 indica el panel de selección de archivos del sistema

Figura 63

Panel de Selección de Archivos del Sistema.

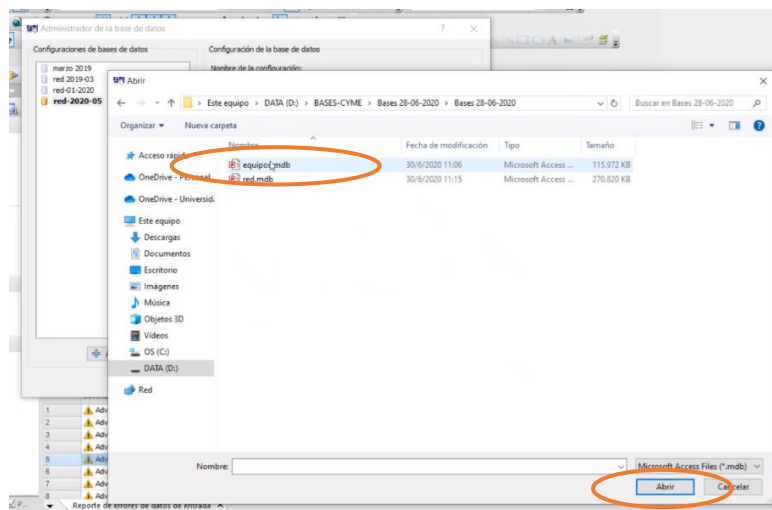


Fuente: (Autor)

6. Se selecciona la opción equipos, hay se almacenan los elementos componentes del sistema de distribución. La Figura 64 indica el panel de selección de para la base de datos de equipos del sistema de distribución.

Figura 64

Base de Datos Equipos.

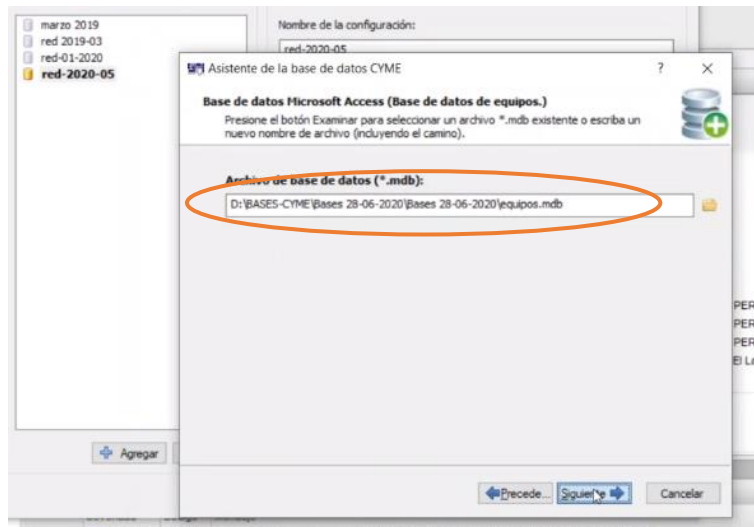


Fuente: (Autor)

7. Aparece la ruta de la carpeta donde se almacena dicha información. La Figura 65 indica la ruta de la carpeta donde se almacena la información.

Figura 65

Ruta Donde se Almacena la Información.

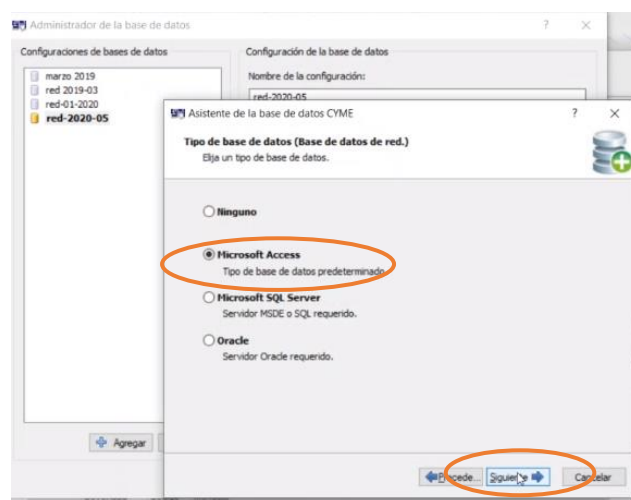


Fuente: (Autor)

8. Se repite el mismo proceso para la selección de base de datos de red, empezando con la opción Microsoft Access. La Figura 66 indica la opción Microsoft Access para la base de datos de red.

Figura 66

Opción Microsoft Access Para la Base de Datos de Red.

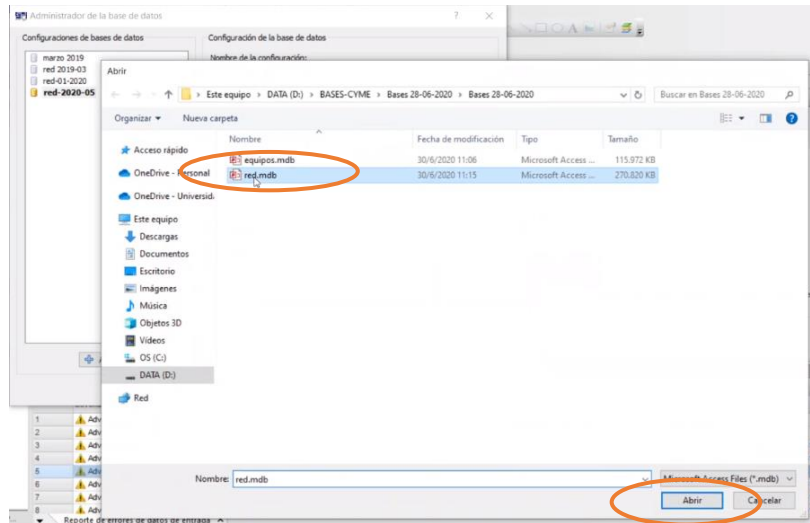


Fuente: (Autor)

9. Se despliega la opción para seleccionar el archivo donde se encuentran los equipos y red del sistema, en este caso se elige red. La Figura 67 indica el panel de selección de para la base de datos de red del sistema de distribución.

Figura 67

Base de Datos de Red del Sistema de Distribución.

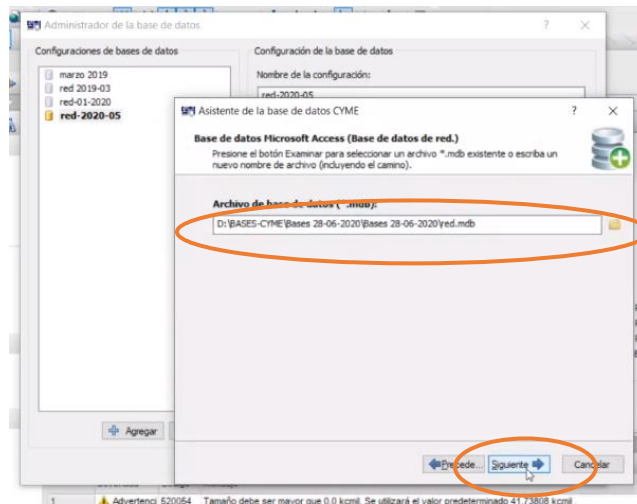


Fuente: (Autor)

10. Aparece la ruta de la carpeta donde se almacena la información para la base de datos de red. La Figura 68 indica la ruta de la carpeta donde se almacena la información para la base de datos de red.

Figura 68

Ruta Donde se Almacena la Información Para la Base de Datos de red.

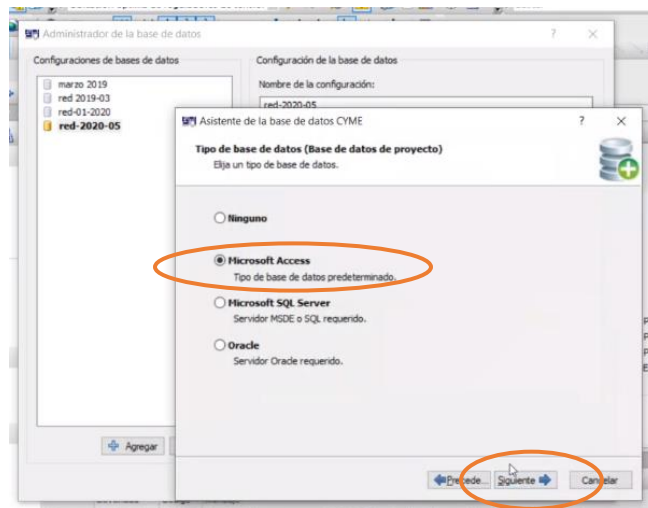


Fuente: (Autor)

11. Se despliega el panel para la selección de la base de datos del proyecto, eligiendo la opción Microsoft Access. La Figura 69 indica el tipo de base de datos donde se almacena el proyecto en este caso Microsoft Access.

Figura 69

Base de datos del Proyecto.

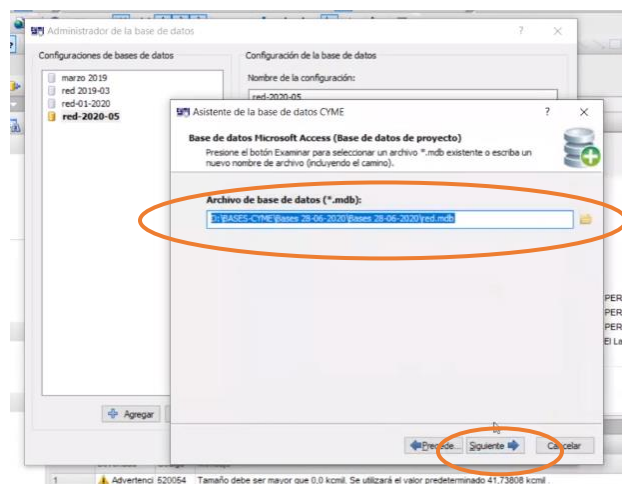


Fuente: (Autor)

12. Aparece la ruta de la carpeta donde se almacena la información para la base de datos del proyecto La Figura 70 indica la ruta de la carpeta donde se almacena la información de la base de datos del proyecto.

Figura 70

Ruta Donde se Almacena la Información de la Base de Datos del Proyecto.

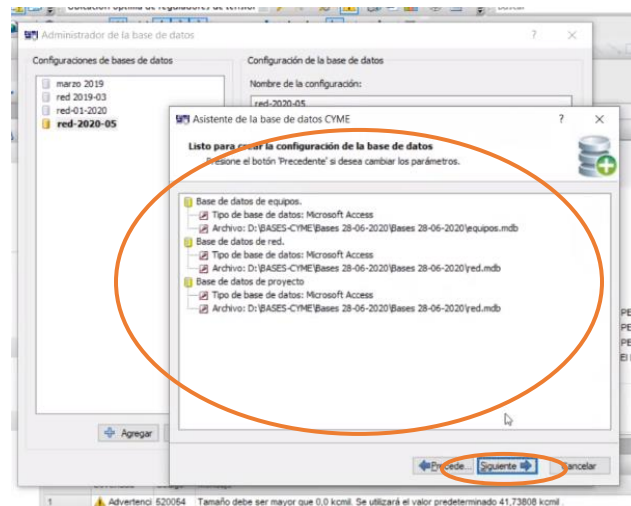


Fuente: (Autor)

13. A continuación, se despliega una ventana que proporciona la información acerca de la base de datos, tanto de equipos, red y del proyecto. La Figura 71 indica la información del proyecto.

Figura 71

Información del Proyecto.

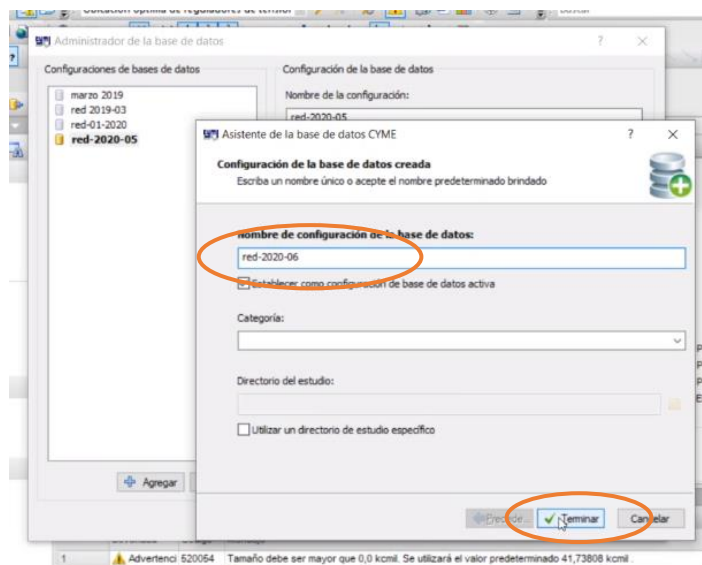


Fuente: (Autor)

14. Se asigna un nombre para identificar la base de datos agregada, en este caso se asignó el nombre "red-2020-06". La Figura 72 indica el nombre de la base de datos agregada.

Figura 72

Nombre de la Base de Datos Agregada.

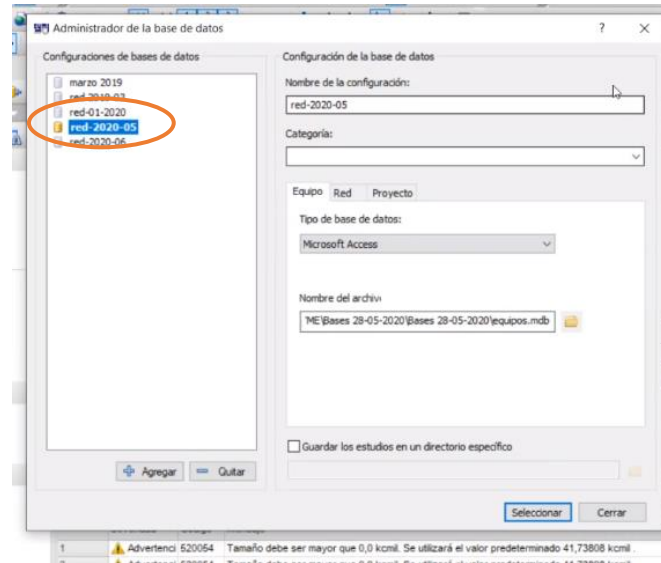


Fuente: (Autor)

15. Se despliega una ventana que nos indica la base de datos creada. La Figura 73 indica la base de datos creada.

Figura 73

Base de Datos Creada.

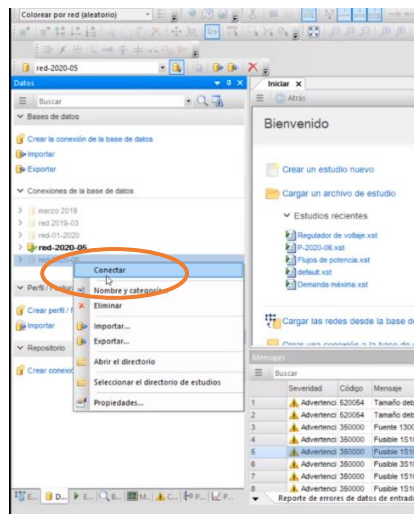


Fuente: (Autor)

16. Creada la base de datos, se selecciona la carpeta que contiene el proyecto y se la conecta a el sistema CYMDIST. La Figura 74 indica la opción conectar, para que se enlace al sistema CYMDIST

Figura 74

Opción Conectar al Sistema CYMDIST.

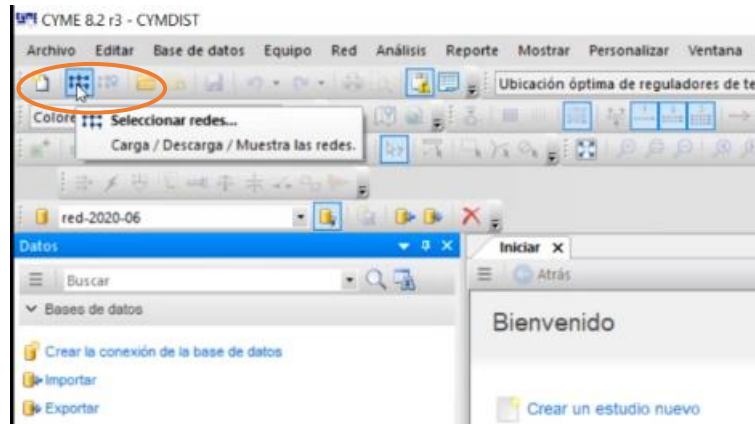


Fuente: (Autor)

17. Con la base de datos ya creada, se habilita la opción seleccionar redes, aquí se encuentran todas las estructuras de la red, esta enlazado con la interfaz de la base de datos del programa ArcGIS. La Figura 75 indica la opción seleccionar redes.

Figura 75

Opción Seleccionar Redes.

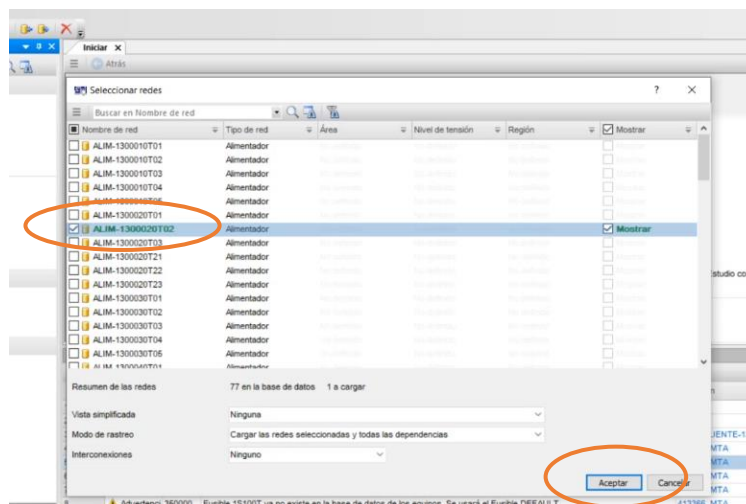


Fuente: (Autor)

18. Para este análisis de calidad del producto de este estudio se procede a seleccionar el alimentador 2 de la subestación Cayambe que es identificado con la numeración ALIM-1300020T02. La Figura 76 indica la selección del alimentador N 2 de la subestación Cayambe.

Figura 76

Selección del Alimentador N°2 de la Subestación Cayambe.



Fuente: (Autor)

19. Se visualiza la red y los elementos que componen el circuito 2 de Cayambe. La Figura 77 enseña el circuito del Alimentador N° 2 de la subestación Cayambe.

Figura 77

Circuito del Alimentador N°2 de la Subestación Cayambe



Fuente: (Autor)

Anexo C

Manual para realizar el flujo de carga sin regulador con los datos de consumo real del mes de junio del Alimentador N 2 de la Subestación Cayambe en el programa “CYMDIST”.

Los datos de consumo del mes de junio del Alimentador N 2 de la subestación Cayambe fueron brindados por la empresa eléctrica EMELNORTE y se muestran la siguiente figura

Figura 78

Datos de consumo del mes de junio del Alimentador N2 de la Subestación Cayambe.

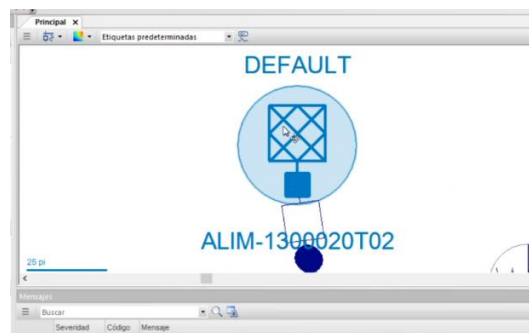
	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	V
						4325,946		7967,434												
	kVARh	re kWh del	kWh del	kWh rec	kVAR tot	kW tot	PF sign t	Vln a	Vln b	Vln c	I a	I b	I c	VII ab	VII bc	VII ca	VII avg	Freq	PF sign	PF s
0		304,408	0	1333,305	3585,823	-93,7303	0,992298	1,001686	1,001891	170,6116	160,4883	150,6349	13716,33	13867,09	13756,76	13780,06	59,97933	-93,7604	-94	
0	8061377	302,064	0	1384,475	3637,865	-93,4605	0,992322	1,002387	1,002663	172,049	164,6559	153,1754	13720,06	13875,47	13765,29	13786,94	59,93641	-93,5493	-93	
0		308,4458	0	1311,502	3737,617	-94,3595	0,990387	0,999476	1,000869	175,8321	167,7216	156,1034	13679,67	13844,07	13745,23	13756,32	60,02058	-94,4575	-94	
0		307,9329	0	1273,116	3705,009	-94,5724	0,993025	1,001614	1,00227	170,2841	167,1514	155,7673	13720,21	13864,08	13770,02	13784,77	60,03941	-94,6707	-95	
0	8062297	303,9102	0	1275,444	3692,383	-94,5199	0,983204	0,989795	0,993047	172,6274	169,6205	154,6497	13568,54	13717,51	13642,25	13642,77	60,02401	-94,534	-94	
0		307,227	0	1301,999	3769,225	-94,5198	0,990832	0,998401	1,00266	176,1637	171,7807	154,9757	13677,99	13841,91	13764,91	13761,6	60,01679	-94,4435	-94	
0		298,4442	0	1558,789	3611,456	-91,8127	0,934499	0,940463	0,944327	176,9631	181,9232	166,9963	12892,43	13034,93	12977,01	12968,12	59,98378	-92,2469	-92	
0	8045449	296,0899	0	1571,299	3536,004	-91,3836	0,935054	0,939555	0,943578	174,1836	180,4007	162,9465	12897,21	13020,85	12971,25	12963,11	59,99935	-91,524	-91	
0		297,7307	0	1573,055	3696,32	-92,0141	0,936694	0,941394	0,945678	180,373	185,8502	169,9486	12917,48	13047,91	13000,85	12988,75	60,00892	-92,0501	-92	
0		345,1288	0	1429,52	4167,684	-94,5904	0,980479	0,988879	0,993288	200,8059	185,2835	175,1774	13526,15	13722,76	13631,24	13626,72	59,95177	-94,5368	-94	
0	8064273	342,9279	0	1398,689	4074,316	-94,5819	0,984821	0,993025	0,999106	192,8055	182,6438	170,7863	13578,92	13794,53	13703,98	13692,48	60,04311	-94,6982	-94	
0		342,3529	0	1365,515	4216,976	-95,1365	0,976683	0,985881	0,99079	200,5101	188,5382	177,4349	13476,47	13684,41	13590,88	13583,92	59,95671	-95,2512	-95	
0		351,1173	0	1381,702	4214,805	-95,0243	0,977273	0,984911	0,989684	199,3568	188,2044	179,5046	13483,62	13664,08	13583,54	13577,08	59,94456	-94,9736	-95	
0	8065317	350,3607	0	1393,238	4260,896	-95,0479	0,978917	0,984867	0,991427	203,5225	193,3115	175,7404	13484,9	13672,57	13619,95	13592,48	60,01881	-95,3101	-95	
0		354,6473	0	1398,495	4325,946	-95,1514	0,98107	0,988364	0,995426	205,286	196,4126	177,1255	13523,18	13725,53	13661,69	13636,8	60,03149	-95,2842	-95	
0		360,8246	0	1369,143	4305,008	-95,2966	0,978452	0,984708	0,992254	204,3966	196,3311	176,2657	13483,32	13674,79	13621,75	13593,29	59,9662	-95,3772	-95	
0	8066389	356,5222	0	1401,948	4260,233	-94,9889	0,981475	0,986115	0,993615	201,1769	195,1466	175,4016	13519,38	13685,8	13654,81	13620	60,01619	-95,0544	-95	
0		348,069	0	1378,156	4147,715	-94,8986	0,982975	0,989914	0,995916	196,2337	187,9579	171,7377	13545,27	13734,58	13674,22	13651,36	59,95837	-95,0572	-94	
0		291,2525	0	1427,366	3441,688	-92,3711	0,951439	0,958955	0,95988	162,2259	171,0138	156,0285	13150,8	13276,96	13180,38	13202,71	59,97174	-92,4916	-93	
0	8048963	289,1421	0	1571,449	3590,544	-91,6102	0,948465	0,956458	0,957754	171,1492	180,5664	164,3236	13109,5	13244,14	13149,66	13167,77	59,96684	-91,7372	-92	
0		298,9583	0	1569,023	3553,758	-91,4805	0,952533	0,959518	0,959254	169,3453	176,5219	164,056	13165,43	13269,42	13187,47	13207,44	59,94581	-91,8464	-92	
0		351,1687	0	1392,806	4209,555	-94,9383	0,990482	0,995544	1,001829	197,6629	189,1678	173,386	13647,7	13814,3	13764,42	13742,14	60,01553	-95,0114	-94	
0	8068472	347,2028	0	1416,558	4167,011	-94,6788	0,990381	0,995316	1,00296	193,6637	189,8312	172,5094	13642,05	13814,66	13782,08	13746,26	60,01318	-95,0602	-94	
0		344,9837	0	1394,972	4160,27	-94,812	0,990737	0,995891	1,001664	194,098	188,8788	171,3555	13656,6	13814,11	13763,16	13744,62	60,0526	-95,2188	-94	
0		345,7086	0	1406,862	4110,715	-94,6124	0,991858	0,997108	1,002579	188,7265	188,3209	171,2251	13674,19	13830,33	13774,37	13759,63	59,9881	-94,7641	-94	
0	8069499	336,2562	0	1437,986	4027,037	-94,176	0,993747	0,999667	1,005118	188,2946	183,9328	166,163	13701,25	13867,12	13807,06	13791,81	59,96037	-94,3564	-94	

Fuente: (EMELNORTE, 2020)

1. Se procede a ingresar los datos de a figura 78 que en la cabecera del alimentador. La Figura 79 enseña la cabecera del Alimentador N 2 de la subestación Cayambe.

Figura 79

Cabecera del Alimentador N°2 de la Subestación Cayambe

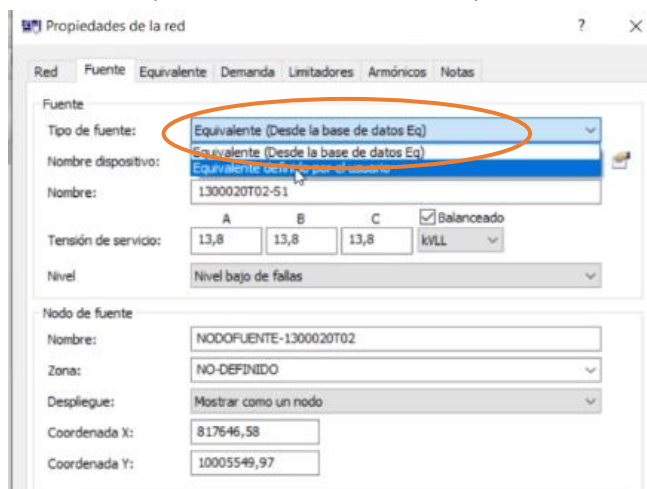


Fuente: (Autor)

2. En la cabecera del alimentador se da doble clic y se despliega una pestaña que nos dirige a las propiedades de la red, en la opción fuente, se selecciona el tipo de fuente en este caso se elige “Equivalente definido por el usuario”. La Figura 80 nos indica la selección del tipo de fuente.

Figura 80

Pestaña Fuente, Tipo de Fuente, Selección Definida por el Usuario

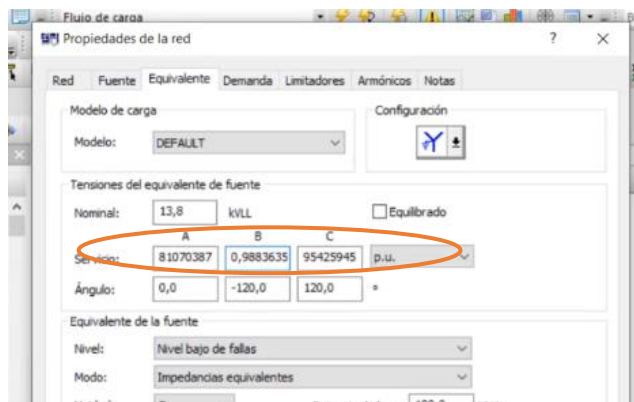


Fuente: (Autor)

3. En la pestaña equivalente se rellenas los valores con la información compartida en la figura 78, deseleccionando equilibrado y cambiando las unidades de medida a por unidad. La Figura 81 enseña la pestaña equivalente con los valores correspondientes al consumo del mes de junio.

Figura 81

Valores Correspondientes al Consumo del Mes de Junio en por Unidad

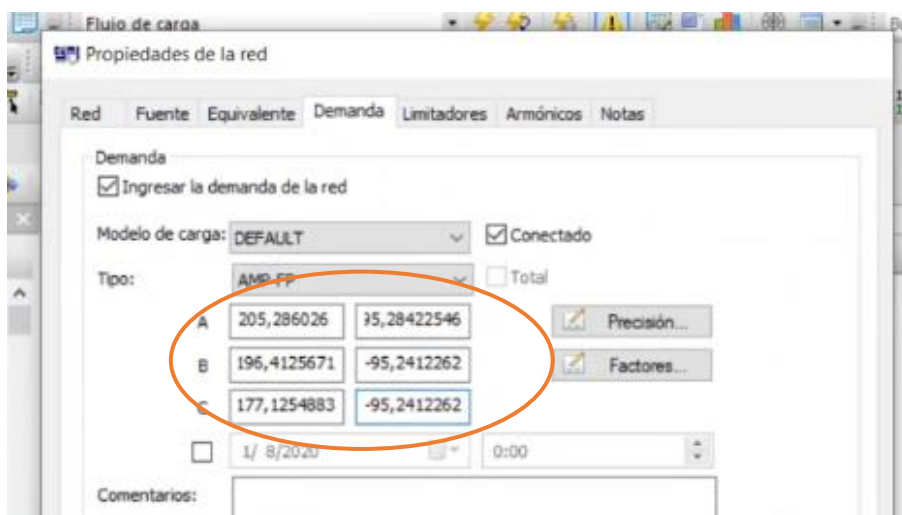


Fuente: (Autor)

- Nos dirigimos a la pestaña demanda e ingresamos la demanda de la red con la información del anexo B, el tipo de carga debe ser AMP-FP, es decir amperios factor de potencia, ingresado los valores se da clic en aceptar. La Figura 82 indica la pestaña demanda con los valores de la corriente y factor de potencia del mes de junio.

Figura 82

Pestaña Demanda con los Valores de Corriente y Factor de Potencia del Mes de Junio.

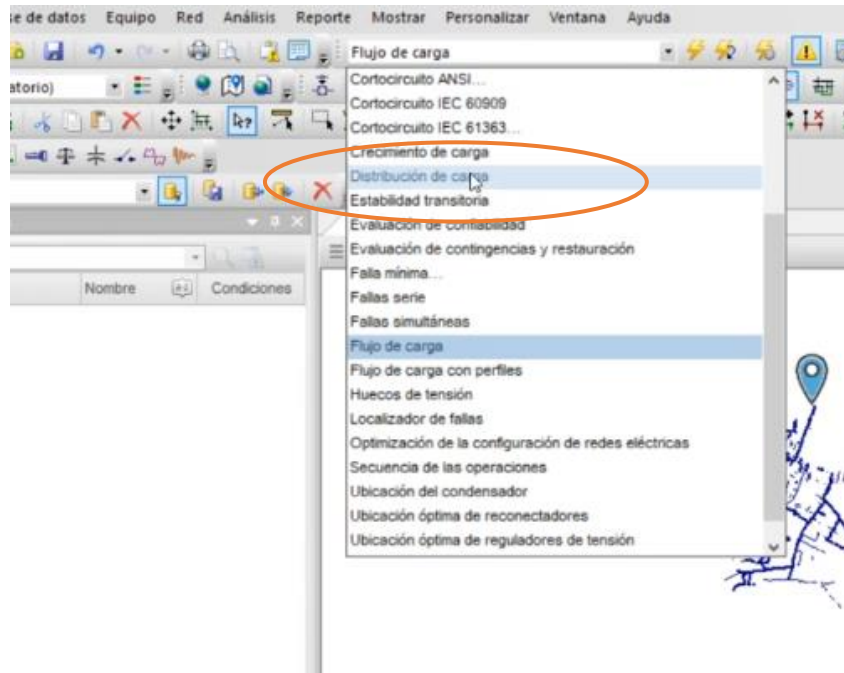


Fuente: (Autor)

- Realizamos la distribución de la carga para eso nos dirigimos a flujo de carga, desplegamos el panel y elegimos distribución de carga. La Figura 83 indica la selección de distribución de carga

Figura 83

Selección Distribución de Carga.

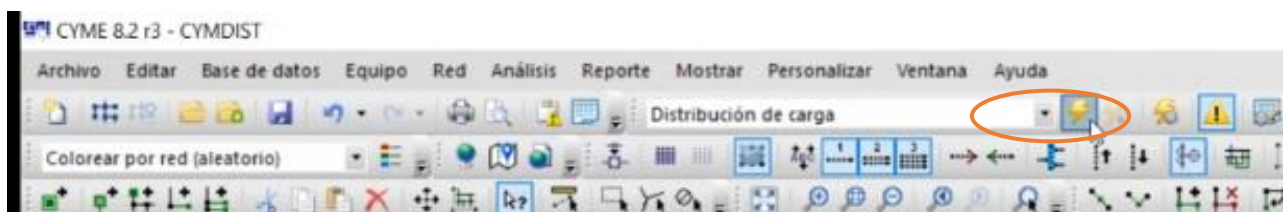


Fuente: (Autor)

6. Se realiza la corrida de la distribución de carga. La Figura 84 indica la selección para que corra la distribución de carga

Figura 84

Corrida de la Distribución de Carga.

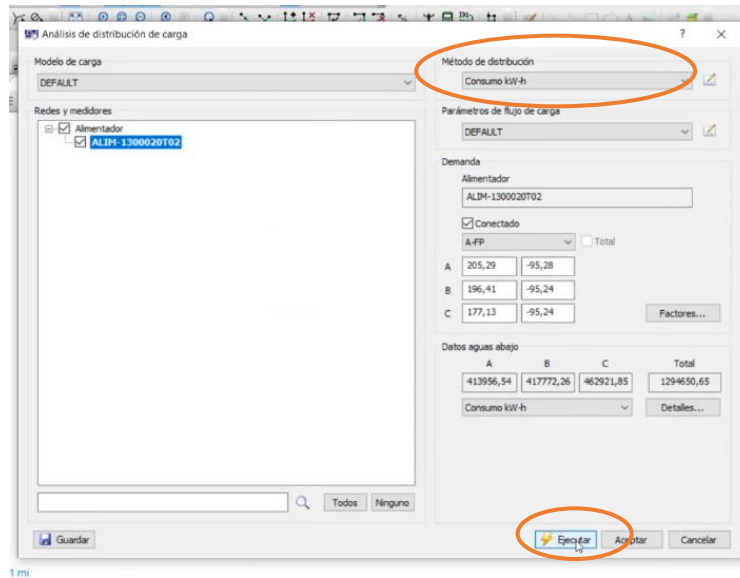


Fuente: (Autor)

7. Se despliega un panel donde nos indica en función a que va a ser la distribución de carga, en la opción "método de distribución" se selecciona consumo kW-h, ya que da mayor precisión a la hora de realizar el análisis con información más confiable y damos clic a ejecutar. La Figura 85 indica la selección del método de distribución.

Figura 85

Método de Distribución.

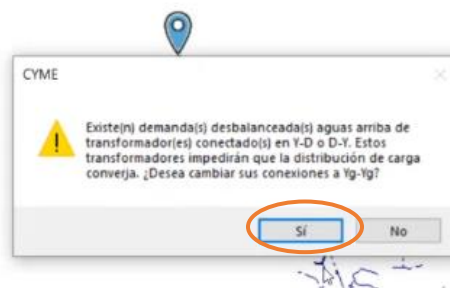


Fuente: (Autor)

8. Por último, se despliega un cuadro de dialogo explicando los cambios que realizamos, se da clic en la opción sí. La Figura 86 indica el cuadro de dialogo antes de finalizar el ingreso del consumo de datos.

Figura 86

Cuadro de Dialogo.

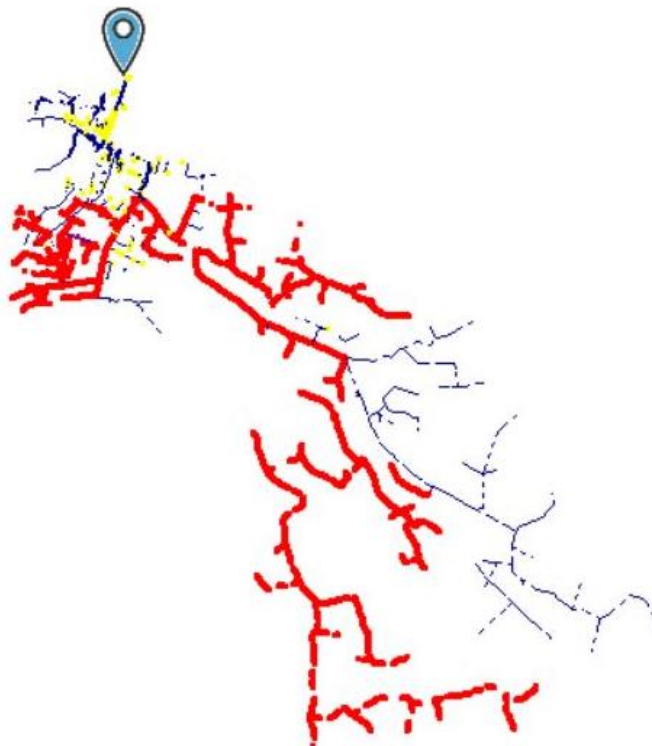


Fuente: (Autor)

9. Se muestra condición actual del alimentador 2 de la Subestación Cayambe sin regulador de voltaje. La Figura 87 indica la condición actual del alimentador N 2 de la subestación Cayambe sin regulador de voltaje.

Figura 87

Condición Actual del Alimentador N 2 de la Subestación Cayambe sin Regulador de Voltaje.



Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la Figura 86 el alimentador 2 de la subestación Cayambe presenta desniveles de voltaje en toda la parte roja del circuito, a continuación, se realizará un análisis con regulador de voltaje para determinar si ayuda a regular las sobrevoltajes existentes en el circuito.

Anexo D

Especificaciones técnicas del regulador automático de tensión monofásico.

Ítem	Descripción	Cumple todas las especificaciones descritas
1	Suministro e instalación de reguladores automático de tensión monofásico a 7.62/13.2 kV, 219/245 Amp, con 32 pasos de 5/8%, incluido accesorios para montaje. Estructura de montaje tipo poste para cada regulador con su respectivo baipás y pararrayos.	

Materiales	Unidades
Regulador automático de tensión monofásico a 7.62/13.2 kV, 219/245 Amp, con 32 pasos de 5/8%, incluido accesorios para montaje e instalación. Incluye estructura (Herrajes) para montaje en poste para cada regulador con su respectivo baipás de 600Amp, dos pararrayos de 10kV y todos los materiales para su adecuada instalación.	3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Ítem	Parámetro	Especificación Solicitada
	Cantidad	3
1	Marca y código de referencia	Indicar
2	País de origen	Indicar
3	Modelo	Indicar
4	Año de fabricación	No menor al 2015
5	Norma	ANSI C57.15 – 2009
6	Condiciones de servicio	
6.1	Altura de operación	Hasta 3000 msnm
6.2	Lugar de montaje	A la intemperie
6.3	Tipo de montaje	Poste o sobre estructura metálica
6.4	Temperatura de operación	Min 0°C - Max +40°C
6.5	Temperatura ambiente	25°C
6.6	Enfriamiento	No forzado (ONAN)
7	Construcción	
7.1	Gabinete del regulador	
7.1.1	Tanque	Sellado
7.1.2	Color de la pintura del tanque y el gabinete de control	Gris, color ANSI no. 70
7.1.3	Interior del tanque y el fondo de la tapa	Aprestados y/o pintados
7.1.4	Diseño	Desarmable parcial o totalmente para inspección y mantenimiento, sin desconectar ninguna conexión interna, eléctrica o mecánica.
7.1.5	Soportes de montaje para conexión de pararrayos	Ubicados adyacente a las boquillas de alimentación y de carga .
7.1.6	Ménsulas para colgar en poste	Soldadas al tanque y deben contar con dos conectores a tierra de 1/2" soldados cerca de la base del regulador.
7.1.7	Base	Para fijarlos a una plataforma o a una estructura elevada

Ítem	Parámetro	Especificación Solicitada
7.1.8	Placas de datos	Grabadas con láser, una, montada en el gabinete del control, y la otra en el tanque del regulador.
7.2	Gabinete del panel de control	Resistente a la intemperie que pueda asegurarse con candado. El gabinete del control debe tener un conector de tierra eléctrica soldado, externo, de ½".
8	Dimensiones y Pesos máximos	
8.1	Altura [mm]	≤ 2400 mm
8.2	Ancho [mm]	≤ 580 mm
8.3	Profundidad [mm]	≤ 1320 mm
8.4	Peso (kg)	≤ 1250 kg
8.5	Plano con dimensiones	Ajuntar
9	Regulador	
9.1	Numero de fases	1
9.2	Corriente nominal	219 / 245 amp.
9.3	Conexión del sistema eléctrico	Estrella con neutro puesto a tierra
9.4	Regulador de voltaje	+/- 10%
9.5	Numero de tomas (pasos)	32
9.6	Porcentaje de regulación por paso	5/8 %
9.7	Frecuencia nominal	60 Hz
9.8	Tensión nominal del sistema fase-fase	13,2 kV Estrella cuatro hilos, aterramiento sólido múltiple
9.9	Regulador para operación a voltaje nominal fase neutro	7620/ 13200kV Estrella
9.10	Bil (a nivel del mar)	110 kV (interno) / 150 kV (aisladores)
9.11	Característica Add-Amp	Incluir Add-Amp que permita capacidades adicionales de corriente, en una regulación reducida, su ajuste debe estar ubicado dentro de la placa frontal del indicador de posición para evitar un ajuste indebido.
9.12	Potencia nominal	167/187 kVA
9.13	Corriente de cortocircuito, 2 seg.	No menor a 25 veces corriente nominal (presentar certificado de cumplimiento)
9.14	Conector de fase	Para conductores de al, rango 6 awg-250 mcm
9.15	Conector de tierra	Para conductores de CU, rango 2 awg-2/0 awg
9.16	Elevación de temperatura sin deterioro vida útil del aislamiento.	65 °C
10	Perdidas	
10.1	Pérdidas sin carga en la posición neutra (w)	≤ 650 W
10.2	Pérdidas sin carga en la posición "1 elevación" (w)	≤ 650 W
10.3	Pérdidas con carga en la posición "16 elevación" (w)	≤ 2590 W
10.4	Pérdidas con carga en la posición "15 elevación" (w)	≤ 2309 W
10.5	Pérdidas con carga en la posición "15 disminución" (w)	≤ 1717 W
10.6	Pérdidas con carga en la posición "16 disminución" (w)	≤ 1860 W
11	Aislamiento	
11.1	Aislamiento interno tipo	Aceite mineral ANSI tipo II según la norma Astm D-3487. El aceite debe contener menos de una parte por millón

Ítem	Parámetro	Especificación Solicitada
		de bifeniles policlorados pcbs. O gas aislante o vacío debe indicarse en la placa de datos del regulador.
11.2	Aislamiento externo bushing	
11.2.1	Material	Porcelana o polímero resistente a los rayos ultravioleta
11.2.1	Color	Gris
12	Cambiador de taps	
12.1	Tipo	Cambiador de tap bajo carga automático con mecanismo motorizado
12.2	Tiempo de conmutación (mseg)	≤ 25ms
12.3	Número de operaciones garantizadas a plena carga	Mínimo 500000
12.4	Instalación	Sumergido en aceite
12.5	Indicador de posición externo	Indica la posición del selector del tap, ubicado arriba del nivel de aceite y debe inclinarse hacia abajo en un ángulo de 45 grados para facilitar la lectura desde abajo.
13	Control	
13.1	Ubicación	En la parte frontal de cada regulador
13.2	Control modular	Permite reemplazo o aumento de partes (Tarjetas de comunicación) en forma modular
13.3	Regulación multifase	En caso de requerirlo, permite la operación de hasta tres reguladores usando un solo control
14	Comunicaciones	
14.1	Cable entre regulador y control	Si
14.2	Entradas programables libres	Mínimo dos
14.3	Salidas programables libres	Mínimo dos
14.4	Teclas de función para posición (auto/off /manual)	Si
14.5	Teclas de función para fuente de voltaje normal/off /externa	Si
14.6	Teclas de función para operación manual del taps (raise – lower)	Si
14.7	Teclas de función para funcionamiento (local o remoto)	Si
14.8	Ajuste de ancho de banda	
14.8.1	Rango de ajuste	Desde 1 hasta 6 v
14.8.2	Pasos de ajuste	< 0,5 v
14.9	Ajuste del nivel de voltaje	
14.9.1	Rango de ajuste	Desde 100 hasta 135 v
14.9.2	Pasos de ajuste	0,1 v
14.10	Ajuste del retardo de tiempo	
14.10.1	Rango de ajuste	Desde 5 hasta 180 segundos
14.10.2	Pasos de ajuste	≤1 segundo
14.10.3	Compensador de la caída de potencial de línea ajustable en r y x	-24 a +24
14.10.4	Pasos de ajuste	1V
14.11	Luces indicadoras	
14.11.1	Deslizamiento manual (drag-hand reset switch).	Si
14.11.2	Posición neutral	Si
14.11.3	Banda de voltaje (indicador si el voltaje se encuentra por encima, debajo o normal de la banda de voltaje establecida).	Si
14.11.4	Operación en reversa de flujo	Si
14.11.5	Status	Si
14.12	Alarmas	
14.12.1	Alarmas	Si

Ítem	Parámetro	Especificación Solicitada
14.12.2	Cantidad	Mínimo 5
14.13	Contador de operaciones	
14.13.1	Contador de operaciones	Si
14.13.2	Numero de dígitos	>= 6
14.14	Protocolos interfaz	
14.14.1	Puerto frontal USB para comunicación con pc y descargar información.	Dos, uno conexión de la laptop y otro para descargar la datos de eventos y fallas
14.14.2	Luces indicadoras	Si
14.14.3	Protocolo de comunicación	DNP 3, IEC 61850, IEC 60870-5
14.14.4	Puerto Ethernet para comunicación scada	Uno
15	Medición y adquisición de datos	
15.1	Lecturas de variables: voltaje, voltaje compensado, corriente, factor de potencia, demanda (kW, kVA, kVAR), armónicos de corriente y voltaje	Si
15.2	Registros: curvas de cargas, histogramas, etc.,	Si
15.3	Capacidad de almacenamiento	No menor a 30 días
	Registro de medidas, eventos y alarmas en memoria no volátil, con la posibilidad de descargar en formato Excel ®, capacidad de almacenamiento mínimo para un periodo de 30 días	Si, indicar capacidad de almacenamiento
15.4	Operación de energía inversa:	Si
15.5	Modos de operación del flujo inverso	Mínimo tres
15.6	Registro de eventos	Si
15.7	Grado protección	Nema 3R
16	Accesorios	
16.1	Indicador de posición del tap	Si
16.2	Válvula de drenado de aceite	Si, en caso de aislamiento en aceite
16.3	Pararrayo	Tipo varistor de óxido metálico (MOV) externo conectado a través del bobinado serie.
16.4	Indicador de nivel de aceite	Si
16.5	Dispositivo automático para alivio de presión	Si
16.6	Software de interfaz para pc	Mínimo 2 licencias x regulador
17	Medidor digital:	
17.1	Clase de precisión	+/- 1.5%
18	Certificados de cumplimiento de normas	ANSI IEEE C57.15 2009
19	Certificado de distribuidor autorizado emitido por el fabricante	Si
20	Garantía técnica	Mínimo de 2 años
21	Tiempo de entrega	180 días
22	Switch Baipás por cada regulador, 600 Amp, 150KV BIL	Incluido
23	Pararrayo, 10kV, dos por cada regulador	Incluido
24	Herrajes para montaje del banco de reguladores	Incluido
24	Instalación puesta en marcha de los reguladores	Incluido
25	Documentación	
25.1	Certificados de pruebas tipo	Adjuntar
25.2	Catálogo	Adjuntar (en español o inglés)
25.3	Certificado ISO	Adjuntar

Fuente: (EMELNORTE, 2020)

Anexo E

Tabla de coeficientes c para el cálculo de reactivos.

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAr a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia ($\cos\phi$) o la $\text{tg}\phi$ a:									
$\text{tg}\phi$	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25
		$\cos\phi$	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97
1,52	0,55		0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268
1,48	0,56		0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229
1,44	0,57		0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191
1,40	0,58		0,811	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154
1,37	0,59		0,775	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118
1,33	0,6		0,740	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083
1,30	0,61		0,706	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048
1,27	0,62		0,672	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015
1,23	0,63		0,639	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982
1,20	0,64		0,607	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950
1,17	0,65		0,576	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919
1,14	0,66		0,545	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888
1,11	0,67		0,515	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857
1,08	0,68		0,485	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828
1,05	0,69		0,456	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798
1,02	0,7		0,427	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770
0,99	0,71		0,398	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741
0,96	0,72		0,370	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713
0,94	0,73		0,343	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686
0,91	0,74		0,316	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658
0,88	0,75		0,289	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631
0,86	0,76		0,262	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605
0,83	0,77		0,235	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578
0,80	0,78		0,209	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552
0,78	0,79		0,183	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525
0,75	0,8		0,157	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499
0,72	0,81		0,131	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473
0,70	0,82		0,105	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447
0,67	0,83		0,079	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421
0,65	0,84		0,053	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395
0,62	0,85		0,026	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369
0,59	0,86			0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343
0,57	0,87			0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316
0,54	0,88			0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289
0,51	0,89			0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262
0,48	0,9				0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234

Fuente: (Electric & Line, 1982)