



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELÉCTRONICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: ESTUDIO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO, ANÁLISIS
DE PÉRDIDAS TÉCNICAS, NO TÉCNICAS Y MODELACIÓN
EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL
ALIMENTADOR PRIMARIO Nº3 05LA13B1S3 CHASQUI-SAN
AGUSTÍN DE LA SUBESTACIÓN LASSO DE LA EMPRESA
ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A.**

AUTORES:

ELIZABETH MARIBEL PATIÑO UMAGINGA

GALO ARTURO FABARA VARGAS

DIRECTOR: ING ERNESTO ABRIL

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “ESTUDIO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO, ANÁLISIS DE PÉRDIDAS TÉCNICAS, NO TÉCNICAS Y MODELACIÓN EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL ALIMENTADOR PRIMARIO N°3 05LA13B1S3 CHASQUI-SAN AGUSTÍN DE LA SUBESTACIÓN LASSO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A.” realizado por la señorita Elizabeth Maribel Patiño Umaginga y el señor Galo Arturo Fabara Vargas, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **GALO ARTURO FABARA VARGAS** y la señorita **ELIZABETH MARIBEL PATIÑO UMAGINGA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 4 de diciembre del 2015

Atentamente,

Ing. Ernesto Abril.

Director



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ELIZABETH MARIBEL PATIÑO UMAGINGA** con cédula de identidad N° 0502920325 y **GALO ARTURO FABARA VARGAS** con cédula de identidad N° 172354792-1, declaramos que este trabajo de titulación **“ESTUDIO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO, ANÁLISIS DE PÉRDIDAS TÉCNICAS, NO TÉCNICAS Y MODELACIÓN EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL ALIMENTADOR PRIMARIO N°3 05LA13B1S3 CHASQUI-SAN AGUSTÍN DE LA SUBESTACIÓN LASSO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las referencias bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 4 de diciembre del 2015

Galo Arturo Fabara Vargas
C.C.:0503801482

Elizabeth Maribel Patiño Umaginga
C.C.: 0502920325



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ELIZABETH MARIBEL PATIÑO UMAGINGA** y **GALO ARTURO FABARA VARGAS**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**ESTUDIO DE LA CALIDAD DE PRODUCTO, ANÁLISIS DE PÉRDIDAS TÉCNICAS, NO TÉCNICAS Y MODELACIÓN EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL ALIMENTADOR PRIMARIO N°3 05LA13B1S3 CHASQUI-SAN AGUSTÍN DE LA SUBESTACIÓN LASSO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI ELEPCO S.A.**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 4 de diciembre del 2015

Galo Arturo Fabara Vargas
C.C.:0503801482

Elizabeth Maribel Patiño Umaginga
C.C.: 0502920325

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en especial a mis padres Jorge y Clara quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos en todo momento a lo largo de mi carrera profesional. A mis hermanas Karen, Erika, y Reinita, a mis tíos Fanny, Segundo, a mis primas Josselyn y Jéssica y a mis primos Toby y Stuart que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba. A mis amigos, personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda.

Elizabeth

Dedico este trabajo a Dios por haberme brindado la salud y permitido llegar hasta este punto para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre María y a mi padre Galo por haberme brindado su apoyo en todo momento y en todo lugar, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por sus sabios consejos, sus valores, por su comprensión, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Galo

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado la salud y la vida para poder culminar este proyecto. A mi familia fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en los duros años de carrera profesional, mi más grande agradecimiento a mis padres que sin ellos no hubiera sido posible culminar mi profesión.

Elizabeth

Agradezco en primer lugar a mis padres quienes han sido el pilar fundamental para culminar mis estudios y mi profesión, a toda mi familia la cual estuvo presente con su apoyo, a mi esposa Anita que gracias a su apoyo incondicional y amor estuvo presente en todo momento para culminar con este proyecto.

Galo

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro Tutor, Ingeniero Ernesto Abril quién nos supo transmitir de su conocimiento y experiencia para la culminación de este proyecto, al personal de ELEPCO que nos brindaron de su colaboración desinteresada para realizar el proyecto en especial al Ingeniero Fernando Culqui y el Ingeniero Rolando Sinchiguano.

Galo y Elizabeth

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
RESUMEN	xxvii
SUMARY	xxviii

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Justificación e importancia	2
1.4. Objetivo General	3
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Metas	3

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Aspectos Generales	5
2.2. Evolución de la carga	5

2.3.	Tipo de carga	6
2.3.1.	Carga Lineal	6
2.3.2.	Carga No Lineal	6
2.4.	Calidad de producto	6
2.4.1.	Niveles de voltaje	6
2.4.2.	Perturbaciones	8
2.4.3.	Armónicos	9
2.4.4.	Factor de potencia.....	13
2.5.	Evolución de las pérdidas en la Empresa Eléctrica.....	15
2.6.	Importancia de las pérdidas técnicas.	15
2.7.	Demanda.....	15
2.8.	Demanda Máxima.	16
2.9.	Demanda máxima coincidente (Diversificada).	16
2.10.	Energía.....	16
2.11.	Factor de carga	16
2.12.	Factor de coincidencia	16
2.13.	Factor de pérdidas	17
2.14.	Curva de la demanda.	17
2.15.	Pérdidas técnicas en sistemas de distribución.....	17
2.15.1.	Pérdidas en alimentador primario.....	17
2.15.2.	Pérdidas en transformadores de distribución.	18
2.15.3.	Pérdidas en circuitos secundarios.....	20
2.16.	Pérdidas no técnicas o energía facturada en el sistema.	20
2.16.1.	Clasificación de pérdidas no técnicas.	20

CAPÍTULO III

3.	CAMPO DE INVESTIGACIÓN	21
-----------	-------------------------------------	-----------

3.1.	Sistema de distribución de ELEPCO S.A.....	21
3.1.1.	Área de concesión.	21
3.1.2.	Características generales del alimentador.....	22
3.1.3.	Población y muestra.	23
3.2.	Calidad de producto.....	24
3.2.1.	Puntos de medición	24
3.2.2.	Usuarios de bajo de voltaje	25
3.2.3.	Fluke 1744 Power Quality Logger	25
3.2.4.	Nivel de voltaje.	27
3.2.5.	Perturbaciones de voltaje.	27
3.2.6.	Factor de potencia.	27
3.3.	Modelación del sistema en ETAP.....	28
3.3.1.	Introducción.....	28
3.3.2.	Estudio de Flujos de Potencia en ETAP	28
3.3.3.	Parámetros para la modelación.....	28
3.4.	Pérdidas técnicas y no técnicas	30
3.4.1.	Selección del caso de estudio.....	30
3.4.2.	Determinación del tipo de estrato.....	30
3.4.3.	Pérdidas en alimentadores primarios y transformadores.....	32
3.4.4.	Pérdidas de voltaje en el circuito primario	33
3.4.5.	Pérdidas de voltaje en el circuito secundario	35
3.4.6.	Determinación de pérdidas no técnica	36
 CAPÍTULO IV		
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA.....	38
4.1.	Análisis de calidad de producto.	38

4.1.1.	Transformador 5 KVA 8622 Mulaló.....	38
4.1.2.	Transformador 10 KVA 8617 San Juan de Pastocalle	47
4.1.3.	Transformador 10 KVA 8620 Mulaló.....	57
4.1.4.	Transformador 15KVA 5414 Mulaló.....	66
4.1.5.	Transformador 25 KVA 2647 Mulaló.....	76
4.1.6.	Transformador 25 KVA 2680 Santa Rita.....	85
4.1.7.	Transformador 45 KVA 8289 El Boliche.....	95
4.1.8.	Transformador 45 KVA 8290 El Boliche.....	104
4.1.9.	Transformador 45 KVA 8292 El Boliche.....	114
4.1.10.	Transformador 37,5 KVA 8644 Chasqui	123
4.1.11.	Transformador 100 KVA 9951 Chasqui	133
4.2.	Resultados de pérdidas	144
4.2.1.	Mejora	147
4.2.2.	Análisis económico.	149

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
5.1.	Conclusiones	154
5.2.	Recomendaciones	155

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156
---	------------

ANEXOS.....	158
--------------------	------------

ANEXO A: Mapa del alimentador N°3 Chasqui-San Agustín puntos de medición.

ANEXO B: Usuarios de Bajo Voltaje.

ANEXO C: Datos de modelación del Alimentador Chasqui – San Agustín.

ANEXO D: Diagrama unifilar en ETAP del Alimentador Chasqui – San Agustín.

ANEXO E: Resumen de pérdidas en ETAP.

ANEXO G: Valores de los estratos A, B, C y D.

ANEXO H: Pérdidas en circuitos primarios.

ANEXO I: Pérdidas en circuitos secundarios.

ANEXO J: Hoja de estacamiento

ANEXO K: Planilla de costos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Etapas de Voltaje	7
Tabla 2 Tolerancias THD	11
Tabla 3 Efecto Armónico.....	12
Tabla 4 Tipo y Potencia de Transformadores del Alimentador N°3	22
Tabla 5 Cálculo de la muestra del alimentador	23
Tabla 6 Puntos de medición del alimentador obtenidos en la muestra	24
Tabla 7 Variaciones de voltaje permitidas	27
Tabla 8 Variaciones de armónicos.....	27
Tabla 9 Comparación entre CYMDIST y ETAP	29
Tabla 10 Cálculo de Error	29
Tabla 11 Demanda máxima del alimentador	30
Tabla 12 Resultados de la tabulación de los estratos.....	32
Tabla 13 Pérdidas de Potencia instantáneas.....	33
Tabla 14 Caída de Voltaje en circuitos Primarios	33
Tabla 15 Conductor Aleación de Aluminio	34
Tabla 16 Caída de voltaje en circuitos secundarios.....	35
Tabla 17 Conductor Preensamblado	36
Tabla 18 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1	38
Tabla 19 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage.....	38
Tabla 20 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador	39
Tabla 21 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage.....	39
Tabla 22 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador	40
Tabla 23 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage	40
Tabla 24 Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador	41
Tabla 25 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica	41
Tabla 26 Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	42

Tabla 27 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica	42
Tabla 28 Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	43
Tabla 29 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica	43
Tabla 30 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador	44
Tabla 31 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers	44
Tabla 32 Flickers máximo y mínimo de la L2 transformador.....	45
Tabla 33 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers	45
Tabla 34 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	46
Tabla 35 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers	46
Tabla 36 Factor de Potencia máximo y mínimo total del transformador	47
Tabla 37 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	47
Tabla 38 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje.....	48
Tabla 39 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	48
Tabla 40 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje.....	49
Tabla 41 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	49
Tabla 42 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje.....	50
Tabla 43 Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	50
Tabla 44 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica	51
Tabla 45 Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	51
Tabla 46 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	52
Tabla 47 Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	52
Tabla 48 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	53

Tabla 49 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	53
Tabla 50 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1	54
Tabla 51 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	54
Tabla 52 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2	55
Tabla 53 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	55
Tabla 54 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3	56
Tabla 55 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador.....	56
Tabla 56 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	57
Tabla 57 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L1.....	57
Tabla 58 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	58
Tabla 59 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L2.....	58
Tabla 60 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	59
Tabla 61 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L3.....	59
Tabla 62 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	60
Tabla 63 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	60
Tabla 64 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	61
Tabla 65 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónicaL2	61
Tabla 66 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	62
Tabla 67 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	62
Tabla 68 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	63
Tabla 69 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3	63
Tabla 70 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	64
Tabla 71 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2	64
Tabla 72 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	65
Tabla 73 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3	65

Tabla 74 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador.....	66
Tabla 75 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	66
Tabla 76 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1.....	67
Tabla 77 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	68
Tabla 78 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2.....	68
Tabla 79 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	69
Tabla 80 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	69
Tabla 81 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	70
Tabla 82 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	70
Tabla 83 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	71
Tabla 84 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	71
Tabla 85 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	72
Tabla 86 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	72
Tabla 87 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	73
Tabla 88 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1	73
Tabla 89 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	74
Tabla 90 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2	74
Tabla 91 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	75
Tabla 92 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3	75
Tabla 93 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador.....	76
Tabla 94 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	76
Tabla 95 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1.....	76
Tabla 96 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	77

Tabla 97 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2.....	77
Tabla 98 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador	78
Tabla 99 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	78
Tabla 100 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador.....	79
Tabla 101 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	79
Tabla 102 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador	80
Tabla 103 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	80
Tabla 104 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador	81
Tabla 105 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	81
Tabla 106 Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador.....	82
Tabla 107 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 ...	82
Tabla 108 Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador.....	83
Tabla 109 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 ...	83
Tabla 110 Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador.....	84
Tabla 111 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 ...	84
Tabla 112 Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador ...	85
Tabla 113 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador	85
Tabla 114 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1.....	86
Tabla 115 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador	86
Tabla 116 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2.....	87
Tabla 117 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador	87
Tabla 118 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	88

Tabla 119 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador	88
Tabla 120 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	89
Tabla 121 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador	89
Tabla 122 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	90
Tabla 123 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador	90
Tabla 124 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	91
Tabla 125 Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador.....	91
Tabla 126 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 ...	92
Tabla 127 Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador.....	92
Tabla 128 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 ...	93
Tabla 129 Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador.....	93
Tabla 130 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 ...	94
Tabla 131 Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador ...	94
Tabla 132 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador	95
Tabla 133 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1.....	95
Tabla 134 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador	96
Tabla 135.....	96
Tabla 136 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador	97
Tabla 137 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	97
Tabla 138 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador	98
Tabla 139 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	98
Tabla 140 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador	99

Tabla 141 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	99
Tabla 142 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador	100
Tabla 143 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	100
Tabla 144 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador	101
Tabla 145 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 .	101
Tabla 146 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador	102
Tabla 147 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 .	102
Tabla 148 Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador.....	103
Tabla 149 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 .	103
Tabla 150 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador...	104
Tabla 151 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador	104
Tabla 152 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1	105
Tabla 153 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador	105
Tabla 154 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2	106
Tabla 155 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	106
Tabla 156 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	107
Tabla 157 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	107
Tabla 158 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	108
Tabla 159 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	108
Tabla 160 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	109
Tabla 161 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	109
Tabla 162 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	110

Tabla 163 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	110
Tabla 164 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 .	111
Tabla 165 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	112
Tabla 166 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 .	112
Tabla 167 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	113
Tabla 168 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 .	113
Tabla 169 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador...	114
Tabla 170 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	114
Tabla 171 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1.....	114
Tabla 172 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	115
Tabla 173 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2.....	115
Tabla 174 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	116
Tabla 175 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	116
Tabla 176 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador	117
Tabla 177 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	117
Tabla 178 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador	118
Tabla 179 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	118
Tabla 180 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador	119
Tabla 181 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	119
Tabla 182 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	120
Tabla 183 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 .	120
Tabla 184 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	121
Tabla 185 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 .	121
Tabla 186 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	122
Tabla 187 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 .	122

Tabla 188 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador...	123
Tabla 189 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	123
Tabla 190 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L1.....	124
Tabla 191 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	124
Tabla 192 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L2.....	125
Tabla 193 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	125
Tabla 194 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L3.....	126
Tabla 195 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador	126
Tabla 196 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	127
Tabla 197 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador	127
Tabla 198 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	128
Tabla 199 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	128
Tabla 200 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	129
Tabla 201 Flickers máximo y mínimo de la L1 del transformador.....	129
Tabla 202 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 .	130
Tabla 203 Flickers máximo y mínimo de la L2 del transformador.....	130
Tabla 204 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 .	131
Tabla 205 Flickers máximo y mínimo de la L3 del transformador.....	131
Tabla 206 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 .	132
Tabla 207 Factor de potencia máximo y mínimo total del transformador...	132
Tabla 208 Voltaje máximo y mínimo de la L1 del transformador	133
Tabla 209 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltage L1.....	133
Tabla 210 Voltaje máximo y mínimo de la L2 del transformador	134

Tabla 211 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2.....	134
Tabla 212 Voltaje máximo y mínimo de la L3 del transformador	135
Tabla 213 Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3.....	135
Tabla 214 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del transformador	136
Tabla 215 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1	136
Tabla 216 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del transformador	137
Tabla 217 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2	137
Tabla 218 Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del transformador	138
Tabla 219 Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3	138
Tabla 220 Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador.....	139
Tabla 221 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1 .	139
Tabla 222 Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador.....	140
Tabla 223 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2 .	140
Tabla 224 Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador.....	141
Tabla 225 Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3 .	141
Tabla 226 Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador .	142
Tabla 227 Resumen de caída de voltajes en cada transformador	142
Tabla 228 Resumen de THD V% en cada transformador	143
Tabla 229 Resumen de Flickers en cada transformador	143
Tabla 230 Resumen de Factor de Potencia en cada transformador.....	144
Tabla 231 Pérdidas en el Circuito Primario.....	145
Tabla 232 Demanda de Diseño	145
Tabla 233 Años del antiguo sistema	146
Tabla 234 Pérdidas en los Circuito Secundarios	146
Tabla 235 Pérdidas en el alimentador	146
Tabla 236 Pérdidas en los transformadores	147

Tabla 237 Pérdidas de energía en medio voltaje.....	147
Tabla 238 Capacidades de los transformadores nuevos a instalar.....	148
Tabla 239 Mejora del circuito secundario	148
Tabla 240 Costo del cable en el primario.....	149
Tabla 241 Costo del conductor para el secundario.....	149
Tabla 242 Costo de los Transformadores.....	150
Tabla 243 Precio unitario de una estructura 1CA por construcción.	150
Tabla 244 Precio unitario de una estructura 1CA por desmantelamiento. .	151
Tabla 245 Costo total.....	152
Tabla 246 Costo total del primario por construcción y desmantelamiento.	152
Tabla 247 Costo total del secundario por construcción y desmantelamiento.....	152
Tabla 248 Costo total de la mejora	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Variación rápida de voltaje.....	8
Figura 2 Curva de carga del alimentador Chasqui San Agustín	17
Figura 3 Área de concesión ELEPCO S.A.....	21
Figura 4 Analizador Fluke 1744.....	26
Figura 5 Diagrama Unifilar Subestación Lasso	29
Figura 6 Histograma de voltaje del Transformador L1	39
Figura 7 Histograma de voltaje del Transformador L2	40
Figura 8 Histograma de voltaje del Transformador L3.....	41
Figura 9 Histograma de THD V del Transformador L1.....	42
Figura 10 Histograma de THD V del Transformador L2.....	43
Figura 11 Histograma de THD V del Transformador L3.....	44
Figura 12 Histograma de Flickers del Transformador L1	45
Figura 13 Histograma de Flickers del Transformador L2	46
Figura 14 Histograma de Flickers del Transformador L3.....	47
Figura 16 Histograma de voltaje del Transformador L1	48
Figura 17 Histograma de voltaje del Transformador L2	49
Figura 18 Histograma de voltaje del Transformador L3	50
Figura 19 Histograma de THD V del Transformador L1.....	51
Figura 20 Histograma de THD V del Transformador L2.....	52
Figura 21 Histograma de THD V del Transformador L3.....	53
Figura 22 Histograma de Flickers del Transformador L1	54
Figura 23 Histograma de Flickers del Transformador L2	55
Figura 24 Histograma de Flickers del Transformador L3.....	56
Figura 26 Histograma de voltaje del Transformador L1	58
Figura 27 Histograma de voltaje del Transformador L2	59
Figura 28 Histograma de voltaje del Transformador L3	60
Figura 29 Histograma de THD V del Transformador L1.....	61
Figura 30 Histograma de THD V del Transformador L2.....	62
Figura 31 Histograma de THD V del Transformador L3.....	63
Figura 32 Histograma de Flickers del Transformador L1	64
Figura 33 Histograma de Flickers del Transformador L2	65
Figura 34 Histograma de Flickers del Transformador L3.....	66
Figura 36 Histograma de voltaje del Transformador L1	67

Figura 37 Histograma de voltaje del Transformador L2	68
Figura 38 Histograma de voltaje del Transformador L3	69
Figura 39 Histograma de THD V del Transformador L1	70
Figura 40 Histograma de THD V del Transformador L2.....	71
Figura 41 Histograma de THD V del Transformador L3.....	72
Figura 42 Histograma de Flickers del Transformador L1	73
Figura 43 Histograma de Flickers del Transformador L2	74
Figura 44 Histograma de Flickers del Transformador L3	75
Figura 46 Histograma de voltaje del Transformador L1	77
Figura 47 Histograma de voltaje del Transformador L2	78
Figura 48 Histograma de voltaje del Transformador L3	79
Figura 49 Histograma de THD V del Transformador L1	80
Figura 50 Histograma de THD V del Transformador L2.....	81
Figura 51 Histograma de THD V del Transformador L3.....	82
Figura 52 Histograma de Flickers del Transformador L1	83
Figura 53 Histograma de Flickers del Transformador L2	84
Figura 54 Histograma de Flickers del Transformador L3	85
Figura 56 Histograma de voltaje del Transformador L1	86
Figura 57 Histograma de voltaje del Transformador L2	87
Figura 58 Histograma de voltaje del Transformador L3	88
Figura 59 Histograma de THD V del Transformador L1	89
Figura 60 Histograma de THD V del Transformador L2.....	90
Figura 61 Histograma de THD V del Transformador L3.....	91
Figura 62 Histograma de Flickers del Transformador L1	92
Figura 63 Histograma de Flickers del Transformador L2	93
Figura 64 Histograma de Flickers del Transformador L3	94
Figura 66 Histograma de voltaje del Transformador L1	96
Figura 67 Histograma de voltaje del Transformador L2	97
Figura 68 Histograma de voltaje del Transformador L3	98
Figura 69 Histograma de THD V del Transformador L1	99
Figura 70 Histograma de THD V del Transformador L2.....	100
Figura 71 Histograma de THD V del Transformador L3.....	101
Figura 72 Histograma de Flickers del Transformador L1	102
Figura 73 Histograma de Flickers del Transformador L2	103

Figura 74 Histograma de Flickers del Transformador L3	104
Figura 76 Histograma de voltaje del Transformador L1	105
Figura 77 Histograma de voltaje del Transformador L2	106
Figura 78 Histograma de voltaje del Transformador L3	107
Figura 79 Histograma de THD V del Transformador L1	108
Figura 80 Histograma de THD V del Transformador L2.....	109
Figura 81 Histograma de THD V del Transformador L3.....	110
Figura 82 Histograma de Flickers del Transformador L1	111
Figura 83 Histograma de Flickers del Transformador L2	112
Figura 84 Histograma de Flickers del Transformador L3	113
Figura 86 Histograma de voltaje del Transformador L1	115
Figura 87 Histograma de voltaje del Transformador L2	116
Figura 88 Histograma de voltaje del Transformador L3	117
Figura 89 Histograma de THD V del Transformador L1	118
Figura 90 Histograma de THD V del Transformador L2.....	119
Figura 91 Histograma de THD V del Transformador L3.....	120
Figura 92 Histograma de Flickers del Transformador L1	121
Figura 93 Histograma de Flickers del Transformador L2	122
Figura 94 Histograma de Flickers del Transformador L3	123
Figura 96 Histograma de voltaje del Transformador L1	124
Figura 97 Histograma de voltaje del Transformador L2	125
Figura 98 Histograma de voltaje del Transformador L3	126
Figura 99 Histograma de THD V del Transformador L1	127
Figura 100 Histograma de THD V del Transformador L2.....	128
Figura 101 Histograma de THD V del Transformador L3.....	129
Figura 102 Histograma de Flickers del Transformador L1	130
Figura 103 Histograma de Flickers del Transformador L2	131
Figura 104 Histograma de Flickers del Transformador L3	132
Figura 106 Histograma de voltaje del Transformador L1	134
Figura 107 Histograma de voltaje del Transformador L2	135
Figura 108 Histograma de voltaje del Transformador L3	136
Figura 109 Histograma de THD V del Transformador L1	137
Figura 110 Histograma de THD V del Transformador L2.....	138
Figura 111 Histograma de THD V del Transformador L3.....	139

Figura 112 Histograma de Flickers del Transformador L1	140
Figura 113 Histograma de Flickers del Transformador L2	141
Figura 114 Histograma de Flickers del Transformador L3	142

RESUMEN

En el siguiente proyecto se realizó un estudio y análisis de la calidad de producto técnico del alimentador primario N°3 de la Subestación Lasso de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., para llevar a cabo este estudio se procedió a calcular una muestra ya que el sistema es demasiado extenso, se realizó las mediciones mediante analizadores Fluke 1474 colocados en los transformadores que se obtuvieron en la muestra, las mediciones se llevó a cabo por 7 días en intervalos de 10 minutos, para el análisis y tabulación de los datos nos basamos en la regulación 004/01 del CONELEC, donde se describe las causas, efectos y soluciones de las variaciones de voltaje, distorsión armónica de voltaje, flicker y factor de potencia. Se realizó un modelamiento en el software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) basándonos en el modelamiento ya realizado por parte del departamento de Planificación de ELEPCO, se comparó las pérdidas en los transformadores entre el software ETAP y el CYMDIST. Se realizó el cálculo de las pérdidas de energía en el alimentador y en los transformadores con el método de Pérdidas de Mentor Poveda, el cálculo de pérdidas de voltaje en el circuito primario y secundario con el método de la REA (Administración de la Electrificación Rural). Las pérdidas no técnicas las obtuvimos de la diferencia que existe entre la energía de pérdida total menos las pérdidas técnicas, dando a mencionar cuales son los factores por las que se puede dar dichas pérdidas. Con el estudio realizado se plantea una propuesta de mejora en el sistema, mejorando la calidad de servicio del alimentador.

PALABRAS CLAVE:

- **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**
- **VARIABLES ELÉCTRICAS**
- **EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A – SUBESTACIÓN LASSO**

SUMARY

In the next project a study and analysis of the technical product quality primary feeder No. 3 substation Lasso Utility Cotopaxi Provincial SA was held, to carry out this study proceeded to calculate a sample because the system is too large, measurements were performed using analyzers Fluke 1474 placed in transformers which were obtained in the sample, measurements are carried out for 7 days at 10 minute intervals for analysis and tabulation of the data we rely on the CONELEC regulation 004/01, where the causes, effects and solutions to voltage variations, harmonic voltage distortion, flicker and power factor described. One modeling was performed on the ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) software and based on modeling conducted by the Department of Planning ELEPCO, compared losses in transformers between ETAP and the CYMDIST software. Calculating energy losses in the feeder and transformer losses to the method of Mentor Povéda was conducted, calculating voltage losses in the primary and secondary circuit with the method of the REA (Rural Electrification Administration). Non-technical losses obtained from the difference between the total energy losses less technical losses, giving mention what factors for which such losses can result. To study a proposal for improvement in the system arises, improving service quality feeder.

KEYWORD:

- **ELECTROMECHANICAL ENGINEERING**
- **ELECTRICAL VARIABLES**
- **PROVINCIAL ELECTRIC COMPANY COTOPAXI S.A – LASSO SUBSTATION**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

El incremento en la productividad con logros en la industria debido a la automatización, en especial la electrónica de potencia ha producido una generación de equipos de alta capacidad, rendimiento y bajo costo siendo cargas no lineales altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico. El problema no sólo se presenta en el usuario propietario de los equipos que generan los armónicos, sino que a través de las líneas de distribución y de transmisión puede propagarse a otros usuarios de la red eléctrica. En un principio las Empresas Eléctricas de distribución su objetivo primordial era dotar de servicio eléctrico al mayor número de consumidores que sea posible sin tomar en cuenta la calidad del servicio eléctrico ofrecido.

Debido a que las pérdidas de energía en las empresas distribuidoras muestran problemas de importancia, los porcentajes de pérdidas son elevados lo que implica un despilfarro de recursos afectando también a la colectividad, dando lugar a la aparición de las pérdidas técnicas y no técnicas. Las pérdidas técnicas son un resultado de los criterios de planificación, diseños empleados en el pasado y de las características físicas del sistema que tiene por la operación y mantenimiento. Además provoca lo que es mal dimensionamiento de calibres de conductores, subdimensionamiento de transformadores y luminarias ineficientes.

Las pérdidas no técnicas involucran las dificultades que presentan la facturación y medición junto con el cobro del servicio eléctrico y el no cobro por los fraudes de energía esto se obviara con lecturas automáticas o con sistemas de medida prepago.

1.2. Planteamiento del Problema

Uno de los problemas más graves del sector eléctrico ecuatoriano, es que las cargas instaladas no se mantienen constantes y tienden a variar con el transcurso del tiempo afectando al sistema de distribución en lo que compete al dimensionamiento de conductores y protecciones eléctricas, provocando variaciones en los niveles de voltaje afectando directamente al consumidor.

Por ello se requiere del análisis continuo del alimentador y conocer las variables eléctricas que estén en óptimas condiciones para brindar confiabilidad al usuario, que se evite que los consumidores realicen fraudes eléctricos del sistema de distribución para que no haya pérdidas económicas para la empresa eléctrica. Se necesita un estudio completo del alimentador que cuenta con 142 transformadores de los cuales son trifásicos y monofásicos.

1.3. Justificación e importancia

Considerando que es necesario asegurar el nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la ley del Régimen del Sector Eléctrico es necesario realizar un análisis de calidad del producto de alimentadores de las empresas de distribución. En el proyecto se analizará los parámetros eléctricos como niveles de voltaje, armónicos y factor de potencia en los transformadores considerando una muestra del total de transformadores ya que con anterioridad no se ha realizado ningún análisis de calidad de producto técnico para prevenir que a futuro se produzcan problemas.

Las Empresas Distribuidoras en su mayoría hace poco tiempo no destinaban recursos para efectuar proyectos que tiendan a disminuir las pérdidas. Por ello es importante que la Empresa Eléctrica Cotopaxi realice un estudio de pérdidas técnicas y no técnicas durante un período de tiempo determinado para evitar la no-facturación en su totalidad de la energía, de tal manera que exista un balance económico favorable a la empresa.

1.4. Objetivo General

Determinar la calidad de energía eléctrica en el alimentador primario N°3 de la Subestación Lasso de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. mediante el cálculo de los índices de las variaciones de voltaje, factor de potencia, armónicos, pérdidas técnicas y no técnicas y la modelación del sistema, para determinar las variables eléctricas actuales.

1.5. Objetivos Específicos

- Analizar el número de transformadores conectados al alimentador primario N°3 para la obtención de la muestra.
- Realizar mediciones a la salida del alimentador y en las partes representativas mediante registradores digitales.
- Realizar la modelación del alimentador primario en el software de simulación eléctrica ETAP.
- Realizar el análisis de producto técnico (variación de voltaje, perturbaciones, armónico, factor de potencia) que se presentan en el alimentador.
- Determinar de las pérdidas técnicas y no técnicas.
- Proponer una alternativa de solución a la empresa para mejorar la operación del alimentador.

1.6. Metas

- Se adquirió información de las características y configuración del alimentador en la tercera semana del primer mes.
- Se realizó la adquisición de equipos de medición (analizadores) en la tercera semana del primer mes.
- Se realizó mediciones para calidad del producto técnico en la salida del alimentador en la tercera semana del tercer mes.
- Se realizó el cálculo de pérdidas técnicas y no técnicas en la segunda semana del quinto mes.
- Se Analizó los resultados de la recolección de datos adquiridos en las mediciones en la segunda semana del sexto mes.

- Se comparó entre la facturación realizada por la empresa con respecto a los datos adquiridos en nuestro análisis en la cuarta semana del séptimo mes.
- Se realizó el modelamiento del alimentador primario en la tercera semana del octavo mes.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Aspectos Generales

En estas últimas décadas, el sector industrial condujo a máquinas eléctricas que son cada vez más eficientes. Al mismo tiempo, otros factores entran en juego, como la mayor demanda de electricidad entre otros. Pero estos avances generan pérdidas al sector eléctrico. Por esto hemos aplicado la Regulación No. CONELEC-004/01 en la cual está desarrollado nuestro estudio. Esta regulación emitida por el CONELEC (Concejo Nacional de Electricidad) es la indicada para aplicar con lo que respecta a la evolución de la carga.

2.2. Evolución de la carga

Desde los inicios de la electrificación y durante muchos años las cargas de los usuarios eran monofásicas y resistivas tales como iluminación, calefacción y en motores. Las cargas no se encontraban conectadas en redes y las puestas a tierra no constituían factores críticos de seguridad. Las necesidades de las industrias y consumidores en general, ha hecho que la tecnología tenga un gran desarrollo, en especial de la electrónica de potencia que ha producido una generación de equipos de alta capacidad, alto rendimiento y bajo costo.

Con la evolución tecnológica las cargas necesitan voltaje sinusoidal y corriente sinusoidal, para operar grandes cargas. Los nuevos equipos con nuevas tecnologías en la actualidad hacen catalogar a la mayoría de las cargas como no lineales, causantes de los principales problemas en la calidad de energía. [1]

2.3. Tipo de carga

Desde un punto de vista muy general podemos distinguir dos tipos de cargas susceptibles de ser alimentadas por una red de C.A.: cargas lineales y cargas no lineales.

2.3.1. Carga Lineal

En términos muy simples una carga es lineal si al alimentarla con un voltaje sinusoidal da lugar a una corriente sinusoidal de igual frecuencia, aunque se admite que pueda existir un desfase entre la corriente de carga y el voltaje que la ha producido.

2.3.2. Carga No Lineal

Una carga es no lineal cuando la relación de voltaje/corriente no es una constante real ni compleja, sino que depende del punto de trabajo. [2]

2.4. Calidad de producto

Los aspectos de calidad de producto técnico que se analizan y controlan son los niveles de voltaje, perturbaciones (flicker) y el factor de potencia, donde el distribuidor es el encargado de efectuar las mediciones y el análisis de los datos levantados. [3]

2.4.1. Niveles de voltaje

Son los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) que se encuentran definidos en el Reglamento de Suministro de Servicio.

- Bajo voltaje: inferior a 0,6 kV
- Medio voltaje: entre 0,6 y 40 Kv
- Alto voltaje: mayor a 40 Kv

El objetivo principal del control de nivel de voltaje en un sistema de distribución es proporcionar económicamente a cada cliente de un voltaje que esté de acuerdo a las limitaciones de diseño del equipo de utilización. [3]

Índice de calidad.

El índice de calidad del nivel de voltaje depende de tres factores medidos fundamentalmente los cuáles se detallan con la siguiente fórmula:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

ΔV_k : variación de voltaje en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

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

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Mediciones.

Se determina la calidad de voltaje como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles de voltaje. El distribuidor debe realizar mensualmente lo que se detalla a continuación. [3]

Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:

- 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
- 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
- 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.

Límites.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal son:

Tabla 1

Etapas de Voltaje

Nivel de voltaje	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7%	± 5%
Medio Voltaje	± 10 %	±8 %
Bajo Voltaje (urbanas)	± 10 %	±8 %
Bajo Voltaje (rurales)	± 13%	± 10 %

Fuente: CONELEC, 2015

2.4.2. Perturbaciones

Las perturbaciones que se controlan son las oscilaciones rápidas de voltaje (flicker), las distorsiones armónicas y cualquier otro parámetro que la experiencia demuestre que afecta a la calidad de servicio. [3]

Parpadeo.

Es una variación rápida de tensión de forma repetitiva, similar a la modulación de amplitud de una onda de alta frecuencia por una onda de baja frecuencia, la cual se puede observar en la figura 1. Produce en las lámparas un parpadeo visible y molesto (de aquí el nombre); se debe principalmente al funcionamiento de hornos de arco y equipos de soldadura. En general no produce daños en los equipos a menos que la variación sea muy pronunciada. [3]

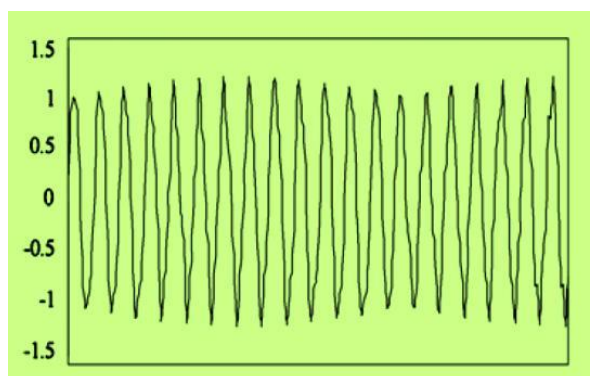


Figura 1 Variación rápida de voltaje

Fuente: CONELEC, 2015

Índice de Calidad.

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.05225P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad \text{Ec. 2}$$

Siendo:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto "flicker" que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del período de observación.

Mediciones.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto “Flicker” para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868. El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

- Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
- Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
- Con este registro se mide la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
- El registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos para cada mes, en intervalos de medición de 10 minutos. [3]

Límites.

El índice de severidad del Flicker Pst en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $Pst = 1$ 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. Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos. [3]

2.4.3. Armónicos

Los armónicos son corrientes y/o voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. Así, en sistemas con frecuencia de 60 Hz y cargas monofásicas, las armónicas características son la tercera (180 Hz), quinta (300 Hz), y séptima (420 Hz) por ejemplo. Con el creciente aumento en el uso de cargas no lineales (procedentes de la electrónica de potencia), se han empezado a tener

algunos problemas en las instalaciones eléctricas debido a los efectos de las componentes armónicas de corrientes y voltajes en el sistema eléctrico, que no se contemplaban anteriormente. [3]

Índice de Calidad.

El índice de calidad de los armónicos está representado por la siguiente expresión:

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

$$\text{THD} = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100 \quad \text{Ec. 4}$$

Siendo:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2... 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Mediciones.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7. [3]

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

- Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
- Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.
- Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

- En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Límites.

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive. [3]

Tabla 2

Tolerancias THD

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6 \cdot 25/n$	$0.2 + 1.3 \cdot 25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5

CONTINÚA 

12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente: CONELEC, 2015

Efecto Armónico

Los efectos producidos por los armónicos en los componentes de los sistemas eléctricos han sido analizados tanto para circuitos particulares como para toda una red interconectada, no obstante en algunos casos es muy difícil cuantificarlos en forma específica puesto que dependen de muchos factores. A continuación se presentará un compendio de los mismos, citando las referencias correspondientes. [3]

Tabla 3

Efecto Armónico

ELEMENTO	PROBLEMA	EFECTO
Conductor	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aumento de la corriente. ➤ Aumento de pérdidas térmicas (Efecto Joule). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calentamiento (cables). ➤ Disparo de protecciones.
Conductor de neutro	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Circulación armónicos múltiples de 3. ➤ Retorno por el conductor neutro. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sobreintensidad por el neutro. ➤ Calentamiento del neutro. ➤ Degradación prematura. ➤ Disparo de protecciones.
Condensador	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resonancia paralelo con el sistema. ➤ Amplificación de los armónicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calentamiento condensadores. ➤ Envejecimiento prematuro de condensadores. ➤ Destrucción de condensadores.

CONTINÚA 

Máquinas eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Circulación de corrientes armónicas por los devanados y voltajes armónicas en bornes. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sobrecalentamiento y pérdidas de aislamiento térmico (efecto joule). ➤ Aumento pérdidas magnéticas (por histéresis y foucault). ➤ Desclasificación (transformador). ➤ Vibraciones en el eje, desgaste mecánico en rodamientos y en excentricidades (motores).
Equipos de medida y control	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medidas no válidas. ➤ Errores en procesos de control. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Valores de magnitudes incorrectas. ➤ Interferencias con sistemas de comunicación y control. ➤ Error en los instantes de disparo de tiristores.

Fuente: CONELEC, 2015.

2.4.4. Factor de potencia

Es un indicador cualitativo y cuantitativo del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. También podemos decir, el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. Como el factor de potencia cambia de acuerdo al consumo y tipo de carga, repasaremos algunos conceptos para expresar matemáticamente el factor de potencia. [3]

Índice de Calidad.

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. [3]

Mediciones.

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el Distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos. [3]

Límites.

El valor mínimo es de 0,92. [3]

Efectos del bajo Factor de Potencia.

El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil. Para producir un trabajo, las cargas eléctricas requieren de un cierto consumo de energía, cuando este consumo es en su mayoría es energía reactiva, el valor del ángulo ϕ se incrementa y disminuye el factor de potencia. [4]

Beneficios de mejorar el Factor de Potencia**➤ Capacidad de la corriente**

La corrección de factor de potencia involucra añadir capacitores (dispositivos para acumular y sostener la carga eléctrica) a una instalación eléctrica. La idea es conectar suficiente capacitancia para ajustar el factor de potencia tan cerca del 100% como sea posible. [5]

➤ Voltaje

La corrección del factor de potencia puede mejorar el voltaje del equipo. La falta de energía reactiva de un sistema puede conducir a un bajo voltaje, lo que puede provocar numerosos efectos dañinos. [5]

➤ Pérdida de potencia

Correctamente instalados, los capacitores para la corrección del factor de potencia pueden no solo reducir la corriente de línea necesaria para el suministro de energía, sino también reducir los armónicos (las corrientes

dirigidas a la misma frecuencia que el voltaje, pero fuera de fase con él) y por lo tanto reducir las pérdidas de potencia. [5]

➤ **Costo**

El factor de potencia cuantifica el porcentaje de electricidad de un proveedor de servicios que hace un trabajo útil y un factor de potencia afecta el costo de electricidad directa o indirectamente. [5]

2.5. Evolución de las pérdidas en la Empresa Eléctrica

Las pérdidas técnicas son un resultado de los criterios de planificación, diseños empleados en el pasado y de las características físicas del sistema que tiene por la operación y mantenimiento. Además provoca lo que es mal dimensionamiento de calibres de conductores, subdimensionamiento de transformadores y luminarias ineficientes.

Las pérdidas no técnicas involucran las dificultades que presentan la facturación y medición junto con el cobro del servicio eléctrico y el no cobro por los fraudes de energía.

2.6. Importancia de las pérdidas técnicas.

Es importante realizar un estudio de pérdidas de energía en el sector eléctrico, encontrando los errores de diseño, operación y mantenimiento aplicados al sistema. Que nos permita desarrollar proyectos de solución que reduzca las pérdidas en beneficio tanto de la Empresa Eléctrica ELEPCO S.A y de los consumidores.

2.7. Demanda.

La demanda de un sistema es el promedio de potencia requerido por una carga, durante un determinado intervalo de tiempo, denominado intervalo de demanda; los más utilizados son de 15, 30 o 60 minutos. De ellos el más usual es de 15 minutos. La demanda se expresa en Kw, kVA, Kvar. [6]

$$D = \frac{\text{Energía [kWh]}}{T [\text{Horas}]} = \frac{E}{T} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

E: Energía total en el período.

T: Duración del período.

2.8. Demanda Máxima.

Es la mayor demanda ocurrida en un sistema o en la parte que interesa de éste, durante un intervalo de tiempo (hora, día, mes, año) [6]

2.9. Demanda máxima coincidente (Diversificada).

La demanda del grupo, denominado demanda máxima coincidente, es la suma de las demandas máximas individuales afectadas por un valor que se denomina factor de coincidencia. [6]

$$D_{\text{maxcoinc}} = F_{\text{coinc}} * \sum D_{\text{maxindividual}} \quad \text{Ec. 6}$$

2.10. Energía

La energía es la integral de la potencia activa con respecto al tiempo.

$$E = \int_i^n P * \delta t \quad [\text{Kw}] \quad \text{Ec. 7}$$

2.11. Factor de carga

Es la relación entre la demanda promedio de un período establecido y la demanda máxima del mismo sistema. [6]

$$FdC = \frac{D_{\text{prom}}}{D_{\text{max}}} = \frac{E_{\text{período}}}{T_{\text{período}} * D_{\text{max}}} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

FdC: Factor de carga.

D_{max} : Demanda máxima del período considerado

D_{prom} : Demanda promedio del período

$E_{\text{período}}$: Energía del período

$T_{\text{período}}$: Tiempo de período

2.12. Factor de coincidencia

Se denomina factor de coincidencia a la relación de la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas máximas individuales de los mismos clientes. [7]

$$F_{\text{coinc}} = \frac{D_{\text{maxcoinc}}}{D_{\text{maxindividual}}} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

F_{coinc} : Factor de coincidencia.

D_{maxcoinc} : Demanda máxima coincidente (grupo de consumidores)

$D_{\text{maxindividual}}$: Demanda máxima de un consumidor

2.13. Factor de pérdidas

La relación entre las pérdidas de potencia y las pérdidas de potencia a demanda máxima, durante un periodo de tiempo específico. [7]

$$F_{dp} = \frac{\text{Energía de pérdidas}}{D_{\text{max}} * t_{\text{periodo}}} \quad \text{Ec. 10}$$

2.14. Curva de la demanda.

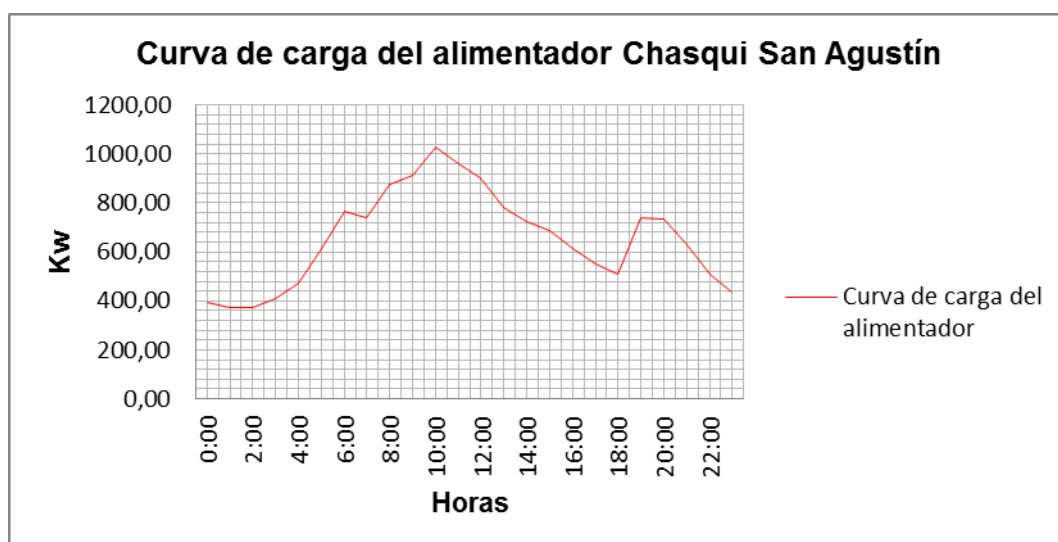


Figura2 Curva de carga del alimentador Chasqui San Agustín

2.15. Pérdidas técnicas en sistemas de distribución.

2.15.1. Pérdidas en alimentador primario.

Las pérdidas en los alimentadores primarios se dan por el Efecto Joule que se produce en los conductores cuando circula (una corriente eléctrica), parte de la energía cinética de los electrones en movimiento se transforman en calor como consecuencia de los choques que sufren los electrones con las moléculas del conductor por donde circula, elevando así la temperatura del mismo. [8]

El efecto Joule depende directamente del cuadrado de la intensidad de corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone al mismo al paso de la corriente. En la fórmula se presenta la ecuación.

$$Q = I^2 \times R \times t \quad \text{Ec. 11}$$

Siendo:

Q: Energía eléctrica que se transforma en calor expresada en Julios.

I: La intensidad de corriente que circula en Amperios.

R: Resistencia eléctrica del conductor en Ohmios.

t: Tiempo en segundos.

De la ecuación se despeja el producto $I^2 \times R$ obteniendo la potencia de pérdidas y demanda de pérdidas, como se ve en la ecuación.

$$D_{pérd} = I^2 \times R = \frac{Q}{t} \left[\frac{\text{Julios}}{\text{segundos}} \right] \text{ ó [Watios]} \quad \text{Ec. 12}$$

Se puede notar que las pérdidas tienen una relación cuadrática con respecto a la corriente, por eso la importancia de un buen dimensionamiento de los conductores en cualquier sistema eléctrico. Los conductores más utilizados en los alimentadores primarios son los de aluminio, debido a varias razones entre ellas el bajo peso y su precio razonable. Para el cálculo de la energía de pérdida en el alimentador se debe tener en cuenta el periodo en el cual se están realizando los cálculos, este puede ser semanal, mensual, semestral, anual o el periodo que se haya escogido para el análisis. [8]

2.15.2. Pérdidas en transformadores de distribución.

Las pérdidas que se producen en los transformadores son de dos tipos:

Pérdidas resistivas

Estas pérdidas se producen en los bobinados primario y secundario de un transformador, se producen por el mismo efecto Joule, antes descrito en alimentadores primarios; la demanda de pérdidas en kW en el devanado primario como secundario es:

$$D_{pér_1} = \frac{I_1^2 \cdot R_1}{1000} \quad [\text{KWh}] \quad \text{Ec. 13}$$

$$D_{p\acute{e}r_2} = \frac{I_2^2 \cdot R_2}{1000} \quad [\text{KWh}] \quad \text{Ec. 14}$$

Siendo R_1 y R_2 las resistencias del devanado primario y del devanado secundario en Ohmios y I_1, I_2 la corriente en el devanado primario y secundario respectivamente en Amperios. Entonces la demanda de pérdidas resistivas del transformador es la suma de las demandas de pérdidas de los dos bobinados como se muestra en la ecuación. [8]

$$P_{cu} = D_{p\acute{e}r_1} + D_{p\acute{e}r_2} \quad [\text{KWh}] \quad \text{Ec. 15}$$

Antes de iniciar con el cálculo de las pérdidas en transformadores, se debe depurar la información recopilada, para poder escoger una muestra de transformadores, ya que el tratar de calcular en cada uno, suponiendo que se tuviera la información de todos los transformadores, no sería lo más lógico ni práctico. Entonces se debe tratar de asociar con base en alguna característica, que puede ser, tipo de transformador, marca, ubicación, etc. [8]

Se recomienda tratar de utilizar un método de muestreo aleatorio si la información así lo permite, caso contrario quedaría al libre criterio del ingeniero y de su conocimiento de la empresa en formar una muestra con la información que se disponga, procurando representatividad. Determinar la marca más representativa de los transformadores es importante para obtener las pérdidas en vacío y plena carga del fabricante y que serán utilizadas para determinar las pérdidas en los transformadores. Los cálculos de las pérdidas resistivas y en el núcleo de los transformadores de distribución se tratan por separado, se encuentra la demanda y energía de pérdidas resistivas y en el núcleo de los transformadores por alimentador primario. [8]

Pérdidas en el núcleo

Dentro de estas se encuentran las pérdidas por histéresis, pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault y las pérdidas dieléctricas también se las conoce como pérdidas en vacío. [7]

Como se puede apreciar en la ecuación.

$$P_{fe} = P_p + P_h + P_d \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

P_{fe} : Pérdidas en el hierro

P_p : Pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault

P_h : Pérdidas por Histéresis

P_d : Pérdidas Dieléctricas.

2.15.3. Pérdidas en circuitos secundarios.

De la misma manera que los alimentadores primarios, las pérdidas en las redes secundarias resultan de la oposición de los conductores al paso de la corriente provocando el efecto Joule. [9]

2.16. Pérdidas no técnicas o energía facturada en el sistema.

2.16.1. Clasificación de pérdidas no técnicas.

Las pérdidas no técnicas se calculan como la diferencia entre las pérdidas totales y las pérdidas técnicas. Se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios como:

- Clasificación de la causa que los produce
- Según su relación con las actividades administrativas de la empresa.

CAPÍTULO III

3. CAMPO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Sistema de distribución de ELEPCO S.A.

3.1.1. Área de concesión.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A es una empresa de distribución y comercialización que tiene como área de concesión los cantones: Latacunga, Salcedo, Saquisilí, Pujilí, Sigchos, Pangua y una parte del cantón La Maná ya que este cantón también esta suministrada por la Empresa Eléctrica Guayas-Los Ríos. Por el norte del cantón Latacunga el sector de Chasqui está suministrada por la Empresa Eléctrica Quito.

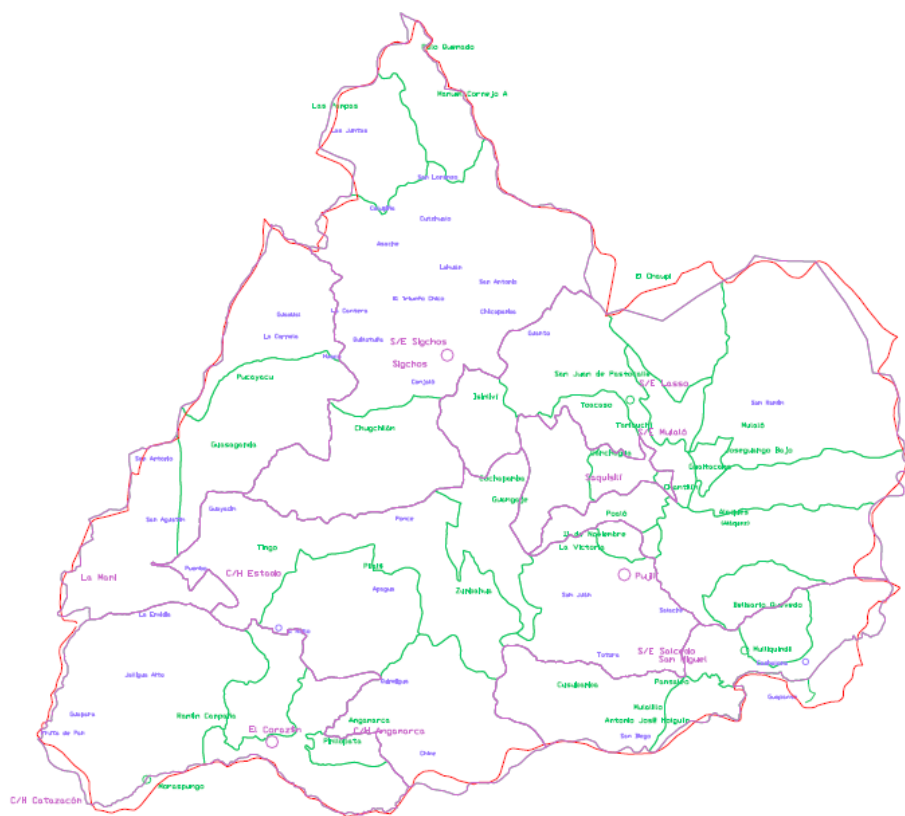


Figura 3 Área de concesión ELEPCO S.A.

Fuente: [10], 2008.

3.1.2. Características generales del alimentador.

El Alimentador N°3 Chasqui-San Agustín tiene un recorrido radial, de cuya operación, distribución y comercialización se ha encargado la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi. El alimentador cuenta con número total de transformadores de 142 de los cuales 103 son monofásicos y 39 son trifásicos, cabe resaltar que no todos los transformadores son propios de la Empresa Eléctrica, algunos de estos son privados de empresas particulares.

La carga a la que alimenta este alimentador es del tipo netamente residencial y con algunos consumidores industriales, y lo hace por medio de transformadores $1\emptyset$ (240/120 V a tres hilos 2 fases 1 neutro) y $3\emptyset$ (220/127 V a cuatro hilos 3fases 1 neutro) de tipo Convencionales y Autoprotectidos como se muestra en la tabla.

Tabla 4

Tipo y Potencia de Transformadores del Alimentador N°3

Número Total de Transformadores			
Montaje	Tipo de transformador	Potencia	# De Transformador por tipo
Poste	Monofásico	5	103
		10	
		15	
		25	
		37,5	
		50	
	Trifásico	30	39
		45	
		50	
		75	
		100	
		112,5	
		125	
Cabina		150	39
		160	
Total de transformadores			142

Fuente: Departamento de Planificación Técnica ELEPCO S.A, 2015.

3.1.3. Población y muestra.

La muestra se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{(N-1) \times \left(\frac{E^2}{4}\right) + \sigma^2} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

N: Población.

σ : Desviación estándar de la población.

E: error de estimación.

Debido que la Empresa Eléctrica nos facilitó 11 registradores por un tiempo mínimo la muestra se realizó sacando el 10% de la capacidad de los transformadores como se muestra en la siguiente ecuación. Se muestra en la tabla el total de transformadores para ser analizados en el estudio, Obteniendo 11 transformadores como muestra.

$$m = NT \times 0,10 \quad \text{Ec. 18}$$

Tabla 5

Cálculo de la muestra del alimentador

KVA	Número Total	Muestra	Redondeo
5	11	1,1	1
10	24	2,4	2
15	14	1,4	1
25	16	1,6	2
30	4	0,4	0
37,5	14	1,4	1
45	30	3	3
50	4	0,4	0
75	4	0,4	0
100	14	1,4	1
112,5	3	0,3	0
125	1	0,1	0
150	2	0,2	0
160	1	0,1	0
Total	142	Total	11

3.2. Calidad de producto.

Para el estudio de la calidad de Producto del alimentador nos basamos en el modelo aplicado en la tesis Estudio de la calidad de energía eléctrica a nivel de usuario en el primario N 1 de la subestación salcedo (69/13.8 kv) de la Empresa Eléctrica Cotopaxi.

3.2.1. Puntos de medición

Para la localización de los puntos de medición se los realizó en los puntos más críticos del Alimentador N°3 Chasqui-San Agustín. Para el estudio de Calidad del Producto de Energía en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi se realiza el análisis de nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje y factor de potencia. El alimentador viene de la Subtestación Lasso de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, se muestran en la tabla, los transformadores a ser analizados.

Tabla 6

Puntos de medición del alimentador obtenidos en la muestra

TRANSFORMADORES PUNTO DE MEDICIÓN					
Transformador	Dirección	Código	Capacidad	Fase	Usuario
1	Mulaló	8622	5	C	7
2	Mulaló	8617	10	B	22
3	Mulaló	8620	10	B	16
4	Mulaló	5414	15	A	21
5	Mulaló	2647	25	B	34
6	Mulaló	2680	25	B	27
7	San Juan de pastocalle	8644	37,5	B	34
8	San Juan de pastocalle	8289	45	ABC	27
9	San Juan de pastocalle	8290	45	ABC	38
10	San Juan de pastocalle	8292	45	ABC	38
11	San Juan de pastocalle	9951	100	ABC	

Ver en **ANEXO A**. El mapa del alimentador para conocer los puntos en donde se llevaron los registros.

3.2.2. Usuarios de bajo de voltaje

En el **Anexo B** se muestra los usuarios que son tomados de la muestra y por ello se encuentran registrados en los puntos de medición.

3.2.3. Fluke 1744 Power Quality Logger

Equipo de medición.

Para los registros de medición se realizaron con los analizadores Fluke1744.

Fluke 1744 Power Quality Logger

El Fluke es un medidor de potencia para analizar la calidad de energía. Este analizador es capaz de registrar simultáneamente hasta 500 parámetros de potencia para un máximo de 85 días, ayuda a descubrir los problemas de energía intermitente y difícil de encontrar. El software PQ evalúa rápidamente en la entrada de servicio, subestación o en la carga.

Aplicaciones:

Evaluación de energía: Validar el rendimiento de las mejoras mediante la cuantificación del consumo de energía, factor de potencia y calidad de energía en general, antes y después de las mejoras.

Calidad de cumplimiento del servicio: Validar la calidad de energía de entrada de servicio y evaluar los efectos de las cargas perturbadoras.

Estudios de la calidad de energía: Evaluar la calidad de energía de referencia para validar la compatibilidad con los sistemas críticos de la instalación.

Estudio de carga: Verificar la capacidad del sistema eléctrico antes de añadir cargas.

Análisis de Perturbación: La causa raíz mal funcionamiento del equipo para la mitigación y el mantenimiento predictivo.

Características:

Mida la tensión con una precisión premium: IEC61000-4-30 precisión de la tensión conforme (0,1%).

Se instala en el interior del gabinete: compacto, la parte interna y los accesorios completamente aislados, encajan fácilmente en espacios reducidos de sistemas de energía, potencia de la línea de medición, no requiere alimentación externa.

Robusto y fiable: Diseñado para uso en el campo todos los días, sin partes móviles y casos aislados con dos años de garantía.

Plug and play: Configuración en minutos con detección de sonda de corriente automático y alimentación.

Determina la causa fundamental: Incluye el software PQ Log analiza rápidamente las tendencias, crea resúmenes estadísticos, y genera gráficos y tablas detalladas.

Monitores de energía para el largo plazo: Los datos se pueden descargar durante la grabación sin interrupción

El portátil Fluke 1744 Power Quality Logger está diseñado para una fácil instalación y uso, en cualquier lugar en aplicaciones de bajo y medio voltaje.
[11]



Figura 4 Analizador Fluke 1744.

Fuente: Fluke.com, 2015.

Las mediciones adquiridas con el Fluke se las llevó a una base de datos en Excel, en el cual posteriormente se realizó la tabulación de los datos. Y en el software Fluke se analizó las diferentes gráficas de armónicos y Flickers del alimentador.

3.2.4. Nivel de voltaje.

Los límites de las variaciones de voltaje se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7

Variaciones de voltaje permitidas

Bajo Voltaje. Urbanas	±3,50%
Bajo Voltaje. Rurales	±5,00%

Fuente: REGULACIÓN 004/01 CONELEC, 2015.

3.2.5. Perturbaciones de voltaje.

Límites establecidos por la regulación:

- Flickers menor a $Pst \leq 1$
- Armónico de voltaje

Tabla 8

Variaciones de armónicos

	Voltaje \leq 40 KV
THD	8 %

Fuente: REGULACIÓN 004/01 CONELEC, 2015.

3.2.6. Factor de potencia.

Límites mínimos con lo que corresponde a factor de potencia es 0.92 para el sistema eléctrico ecuatoriano. Se realiza la toma de mediciones obtenidas en los analizadores para ser tabulados y analizados en un método estadístico.

3.3. Modelación del sistema en ETAP

3.3.1. Introducción

ETAP es una herramienta de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales. Las tecnologías de software del fabricante de ETAP aseguran que los sistemas de potencia estén diseñados para óptima seguridad, confianza y uso eficiente de la energía. ETAP ofrece un enfoque modular lo que le permite que se configure para adaptarse a los requerimientos específicos que una empresa o industria necesite.

3.3.2. Estudio de Flujos de Potencia en ETAP

El software ETAP proporciona tres métodos de cálculo de flujos de potencia: Newton-Raphson, Fast-Decoupled, and Accelerated Gauss-Seidel. Los siguientes datos son requeridos por el software para efectuar el análisis del flujo de potencia, en ausencia de uno de estos se emitirá un mensaje de error. [12]

- Datos de Bus
- Datos de ramas
- Datos de Power grid
- Datos de generador síncrono
- Datos de inversor
- Datos de motor de inducción
- Datos de carga estática
- Datos de capacitor
- Datos de carga dinámica
- Datos de UPS & Cargador
- Datos del transformador

3.3.3. Parámetros para la modelación

Para realizar la modelación en ETAP se tomaron algunos parámetros en consideración que describiremos a continuación:

- Capacidad del transformador de la subestación.

- Capacidad nominal de los transformadores del alimentador salida 3 en KVA.
- Capacidad de la carga distribuida en KVA.

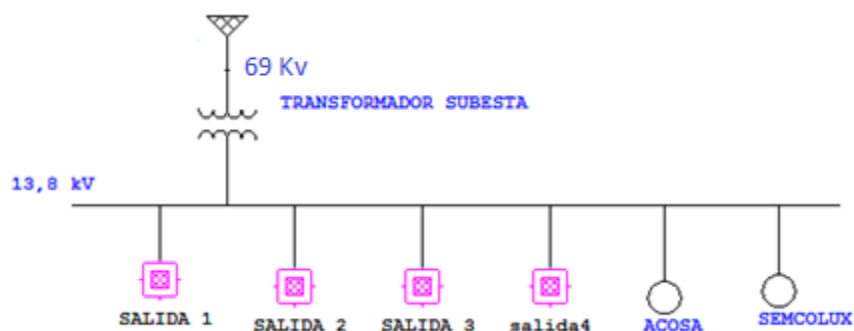


Figura 5 Diagrama Unifilar Subestación Lasso

Ver **ANEXO C**. La capacidad de cada una de la carga correspondiente al alimentador salida 3 Lasso, se las obtuvo en la base de datos de ELEPCO S.A. Ver **ANEXO D**, para el diagrama unifilar del alimentador. Se comparó el dato para realizar un análisis de pérdidas en transformadores entre el CYMDIST y ETAP.

Tabla 9

Comparación entre CYMDIST y ETAP

Elemento	CYMDIST (Kw)	ETAP (Kw)
Transformador	4,15	4,6

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{Pérdidas CYMDIST} - \text{Pérdidas ETAP}|}{\text{Pérdidas CYMDIST}} \cdot 100 \quad \text{Ec. 19}$$

Tabla 10

Cálculo de Error

Elementos	Error %
Transformadores	10,84

El software ETAP nos permite también ver lo que son pérdidas instantáneas en transformadores y conductores en el reporte en el flujo de carga del sistema. Ver el **ANEXO E** reporte de pérdidas.

3.4. Pérdidas técnicas y no técnicas

Hemos realizado el cálculo de pérdidas tanto de energía como de voltaje, para las pérdidas en energía en el alimentador y transformadores utilizamos la fórmula de pérdidas de Mentor Poveda y para las pérdidas en voltaje en circuitos primarios y secundarios se empleó las normas de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Regional Ambato.

3.4.1. Selección del caso de estudio

En acuerdo con el personal Departamento de Planificación de ELEPCO S.A se procede a realizar el estudio del alimentador N°3 de la Subestación Lasso, se conoce:

- Las corrientes, voltajes, factores de potencia y potencias diarias.
- Las longitudes, tipo y calibre del conductor del circuito primario y secundario.
- Las capacidades de los transformadores, número de clientes y luminarias que abastece el transformador.

3.4.2. Determinación del tipo de estrato

Para el cálculo del tipo de estrato se obtuvo la información de la demanda máxima del alimentador durante seis meses que se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 11

Demanda máxima del alimentador

ALIMENTADOR SALIDA 3 CHASQUI SAN AGUSTÍN		
Meses	Máx. de Potencia Activa (kW)	Potencia Reactiva (kVAr)
Ene	1273,009155	749,072449
Feb	1303,949951	820,003784
Mar	1285,551514	826,498169
Abr	1374,179565	954,215393
May	1355,115479	857,93866
Jun	1224,034424	799,087341
Jul	1454,788818	919,78949
Ago	1526,840942	947,361572

Fuente: Departamento de Planificación Técnica ELEPCO S.A, 2015.

Donde se obtuvo que la demanda máxima en el mes de agosto. La demanda se necesita en valores de VA por ello que aplicamos el cálculo de la potencia aparente.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{Ec. 20}$$

Aplicando la fórmula se obtiene que la demanda máxima es de **1796,869 KVA**. Si consideramos que el 70% de la demanda es residencia nos da un valor **1257 KVA** por el tipo de servicio.

En la tabla de Demanda diversificada en Redes Aéreas de las Guías de Diseño de la Empresa Eléctrica Ambato tenemos los tipos de estrato con su número de usuarios, ya que el alimentador Chasqui-San Agustín cuenta con 1573 usuarios en total, hemos procedido a extrapolar el factor de diversidad de la tabla ya que solo nos muestra el valor de 120 usuarios.

$$Y_1 = Y_0 + \frac{Y - Y_0}{X - X_0} (X_1 - X_0) \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

X_0 : Usuario en la antepenúltima posición.

Y_0 : Factor de diversidad en la antepenúltima posición.

X : Usuario en la penúltima posición.

Y : Factor de diversidad en la penúltima posición.

X_1 : Usuario en la última posición.

Y_1 : Factor de diversidad en la última posición.

Aplicamos la siguiente fórmula para encontrar el valor en KVA:

$$DD = \frac{DMU \times N}{FD} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

DD: es la demanda de diseño.

DMU: es la demanda unitaria del usuario (A, B, C o D)

N: es el número de abonados.

FD: factor de diversidad.

Realizadas las tabulaciones en Excel obtuvimos los siguientes resultados para los 1573 usuarios.

Tabla 12

Resultados de la tabulación de los estratos.

ESTRATO	KVA
A	1895,3
B	1267,4
C	792,6
D	470,9

Analizando los datos obtenidos concluimos que el tipo de usuario que se va a utilizar es el tipo B para el estudio, ya que es el que se acerca a la demanda máxima y además por el uso de las cocinas de inducción. Ver el **ANEXO F** para ver los valores.

3.4.3. Pérdidas en alimentadores primarios y transformadores

Para pérdidas de energía en alimentadores aplicamos la fórmula de pérdidas de Mentor Poveda.

$$D_{pér\ i} = \left(\frac{D_{p\ i} \cdot f_{p\ p\ mx}}{D_{p\ mx} \cdot f_{p\ i}} \right)^2 \cdot D_{pér\ mx} \quad \text{Ec. 23}$$

$D_{pér\ i}$: Pérdidas de potencia resistiva de potencia en el instante i [kW]

$D_{p\ i}$: Demanda en el instante i [kW]

$D_{p\ mx}$: Demanda máxima [kW]

$f_{p\ p\ mx}$: Factor de potencia en demanda máxima

$f_{p\ i}$: Factor de potencia en el intervalo i .

$D_{pér\ mx}$: Pérdidas resistivas de potencia a demanda máxima [kW]

Mientras que las pérdidas de energía se obtienen al sumar las demandas de pérdidas individuales y multiplicar por el intervalo de tiempo.

$$E_{pér} = \sum_{i=1}^n D_{pér\ i} \Delta t \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

$E_{pér}$ = Energía de pérdidas [kWh]

$D_{pér\ i}$ = Pérdidas resistivas en el instante i [kW]

Δt = Intervalo de demanda [horas]

Con la base de datos de ELEPCO S.A registrados por los analizadores de energía tanto al alimentador en general como los transformadores se procede a aplicar la fórmula de donde $D_{p\acute{e}r i}$ para los transformadores se obtiene del software de modelación ETAP, para el alimentador el dato se lo obtiene del software CYMDIST.

Tabla 13

Pérdidas de Potencia instantáneas

Elemento	$D_{p\acute{e}r i}$ (Kw)
Transformador	4,6
Alimentador	6,317

3.4.4. Pérdidas de voltaje en el circuito primario

Tabla 14

Caída de Voltaje en circuitos Primarios

EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO RCN S.A.	<i>CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE LÍNEAS PRIMARIAS</i>		ANEXO: HOJA: DE:							
PROYECTO:										
UBICACIÓN: LÍNEA TRAMO: REFERENCIA :		LÍNEA : VOLTAJE Kv: No. FASES: MATERIAL DEL CONDUCTOR: LÍMITE DE LA CAÍDA DE TENSIÓN:								
ESQUEMA										
DATOS				CARG A	LÍNEA	CONDUCTOR		KVA *	CÓMPUTO	
TRAMO		TRANSFORMADOR		DD	No.	TAMAN O	FCV	Kv* Km	AV%	
REF	LONG(Km)	REF	KVA	KVA	FASES		Kv* Km		PARCIA L	TOTA L
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Fuente: Guías de diseño Empresa Eléctrica Regional Ambato, 2007

Columna 1: anotar la designación del tramo de red comprendido entre centros de transformación por la numeración que corresponde a sus extremos y partiendo del punto de alimentación de la red.

Columna 2: anotar la longitud del tramo en km.

Columna 3: anotar la referencia del transformador correspondiente al extremo de cada tramo.

Columna 4: consignar la capacidad nominal del transformador expresada en kVA.

Columna 5: anotar la demanda de diseño acumulada desde el extremo de la red a la fuente.

Columna 6: anotar el número de fases del alimentador que corresponda al tramo considerado.

Columna 7: anotar la sección o calibre del conductor.

Columna 8: consignar el valor correspondiente a los kVA-km para producir el porcentaje de caída de voltaje del 1 % de la configuración del circuito y el calibre de conductor indicado en la columna 6 y 7 proveniente de la siguiente tabla.

Tabla 15

Conductor Aleación de Aluminio

CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG)	FACTOR FCV (KVA-m)				
	FASE	NEUTRO	3 FASES	2 FASES	1 FASE
2	2	1703	916	458	
1/0	2	2469	1261	630	
2/0	1/0	2929	1464	732	
3/0	2/0	3457	1695	847	
4/0	3/0	3999	1928	964	

Fuente: Guías de diseño Empresa Eléctrica Regional Ambato, 2007.

Columna 10: Calcular la caída de voltaje para el tramo, como resultado de la relación entre las columnas 9 y 8, respectivamente.

Columna 11: Anotar el valor de la caída de voltaje total, sumando las caídas parciales, desde el punto de alimentación de la red hasta el extremo más alejado.

3.4.5. Pérdidas de voltaje en el circuito secundario

Tabla 16

Caída de voltaje en circuitos secundarios

EMPRESA ELÉCTRICA	CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE CIRCUITOS SECUNDARIOS						ANEXO: HOJA: DE:		
PROYECTO:									
CLIENTE: CATEGORÍA: NÚMERO TOTAL DE CLIENTES: LÍMIT. DE CAÍDA DE VOLT.:			DDMp (kVA): %		TRANSFORMADOR: REFERENCIA: POTENCIA NOMINAL: (kVA) MATERIAL DEL CONDUCTOR:				
ESQUEMA									
DATOS			DMUp	CIRCUITO	CONDUCTOR		CÓMPUTO		
TRAMO		CLIENTES	KVA	N° DE CONDUCTO RES	TAMAÑO	FOV	KVA · m	KVA · m	AV%
REFERENCIA	LONGITUD (m)								PARCIAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									-
									-

Fuente: Guías de diseño Empresa Eléctrica Regional Ambato, 2007.

Columna 1: Anotar la designación del tramo del circuito comprendido entre dos nodos, por la numeración que corresponde a sus extremos y partiendo desde el transformador.

Columna 2: Anotar la longitud del tramo expresada en metros.

Columna 3: Anotar el número total de clientes asignados en el tramo.

Columna 4: Con el número de clientes por tramo (N) y la categoría del consumidor, la demanda diversificada actual y consignar el valor en esta columna. Además, se incrementará la demanda en kVA de cargas especiales y de alumbrado público. Este valor será la demanda diversificada máxima del tramo (DMT).

Columna 5: Anotar para cada tramo la configuración de la red, diferenciando el número de fases y de conductores, así:

3F4C Para tres fases, cuatro conductores,
 1F3C Para una fase y tres conductores,
 1F2C Para una fase y dos conductores.

Columna 6: Anotar la sección transversal o calibre del conductor de fase.

Columna 7: Anotar el valor de los kVA-m correspondientes al 1% de caída de voltaje para el calibre de conductor y la disposición del circuito utilizado en el cómputo.

Tabla 17

Conductor Preensamblado

CONDUCTOR CALIBRE AWG	FACTOR FCV (KVA-m)		
	120V 2 HILOS	240/120V 3 HILOS	208/120V 4 HILOS
2	210	-	-
1/0	262	-	-
2/0	345	-	-
2	-	268	-
1/0	-	420	-
2/0	-	524	-
2	-	-	409
1/0	-	-	640
2/0	-	-	799

Fuente: Guías de diseño Empresa Eléctrica Regional Ambato, 2007.

Columna 8: Anotar el resultado del momento eléctrico, esto es, el producto de los valores consignados en las columnas 2 y 4.

Columna 9: Anotar el resultado correspondiente a la caída de voltaje en el tramo, es decir, la relación entre los valores consignados en las columnas 8 y 7 respectivamente.

Columna 10: El valor de la caída de voltaje total, considerada como la sumatoria de las caídas parciales, desde el transformador hacia el extremo del circuito. [13]

3.4.6. Determinación de pérdidas no técnica

Para determinar las pérdidas no técnicas aplicamos la siguiente fórmula:

$$L_{NT} = E_{disp} - L_T$$

Ec. 25

Donde:

E_{disp} : Energía disponible estimada.

L_{NT} : Pérdidas no técnicas.

L_T : Pérdidas técnicas calculadas..

Cabe mencionar que estas pérdidas son producidas por:

- Hurto
- Error en la contabilización de energía
- Error en la facturación.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA

4.1. Análisis de calidad de producto.

El análisis se realizó a los 11 transformadores que se obtuvieron en la muestra a continuación se detalla el análisis de cada uno de los transformadores de distribución.

4.1.1. Transformador 5 KVA 8622 Mulaló

Tabla 18

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	126,26
Vmín	118,4
Vpromedio	122,75
$\Delta V\%$	3,35

Tabla19

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
119,186	3	4
119,972	17	3
120,758	47	2
121,544	138	1
122,33	171	0
123,116	228	-1
123,902	188	-2
124,688	136	-3
125,474	68	-4
126,26	12	-5
y mayor...	0	

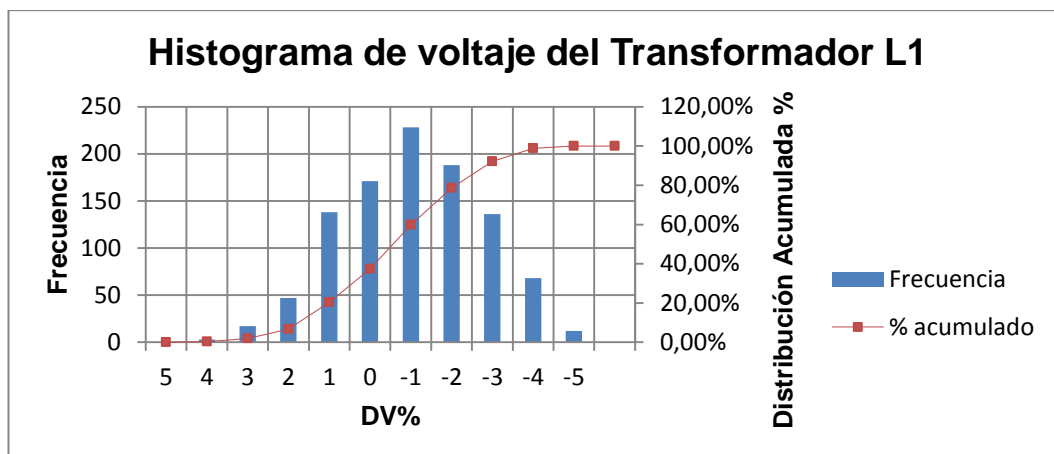


Figura 6 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla20

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
V_{máx}	126,47
V_{mín}	118,8
Promedio	123,03
$\Delta V\%$	3,12

Tabla21

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
119,567	3	4
120,334	21	3
121,101	51	2
121,868	139	1
122,635	169	0
123,402	217	-1
124,169	185	-2
124,936	137	-3
125,703	75	-4
126,47	10	-5
y mayor...	1	

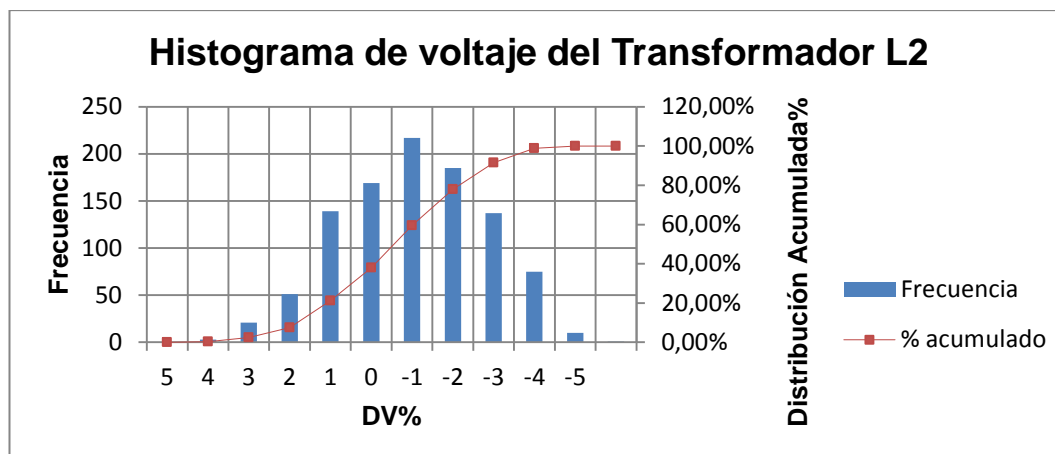


Figura7Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 22

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
V_{máx}	126,4
V_{mín}	118,72
V_{promedio}	122,96
$\Delta V\%$	3,18

Tabla 23

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
119,488	3	4
120,256	21	3
121,024	49	2
121,792	141	1
122,56	169	0
123,328	216	-1
124,096	188	-2
124,864	135	-3
125,632	75	-4
126,4	11	-5
y mayor...	0	

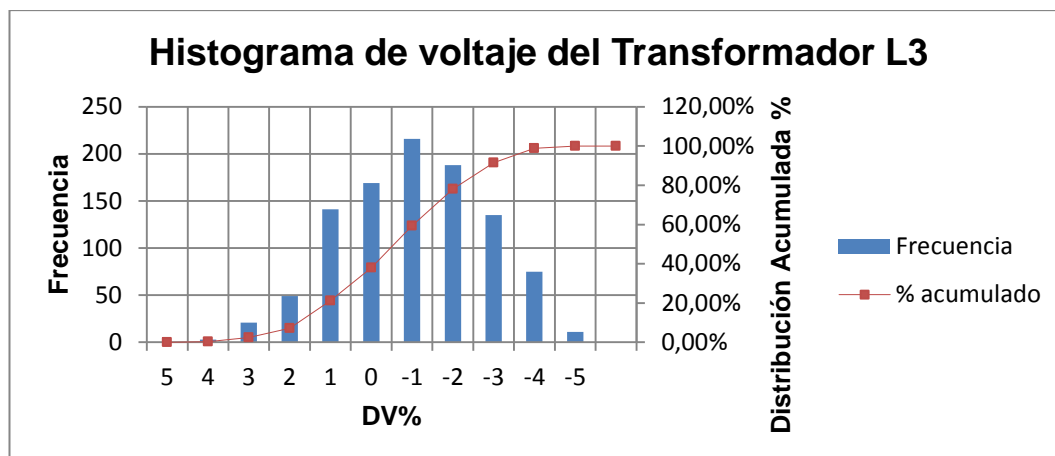


Figura 8 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 24

Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	2,12
THD Vmin	0,76
THD V promedio	1,39

Tabla 25

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

Clase	Frecuencia
0	0
26	7,34%
1,032	
1,168	76
1,304	269
1,44	225
1,576	131
1,712	103
1,848	74
1,984	43
2,12	13
y mayor...	0

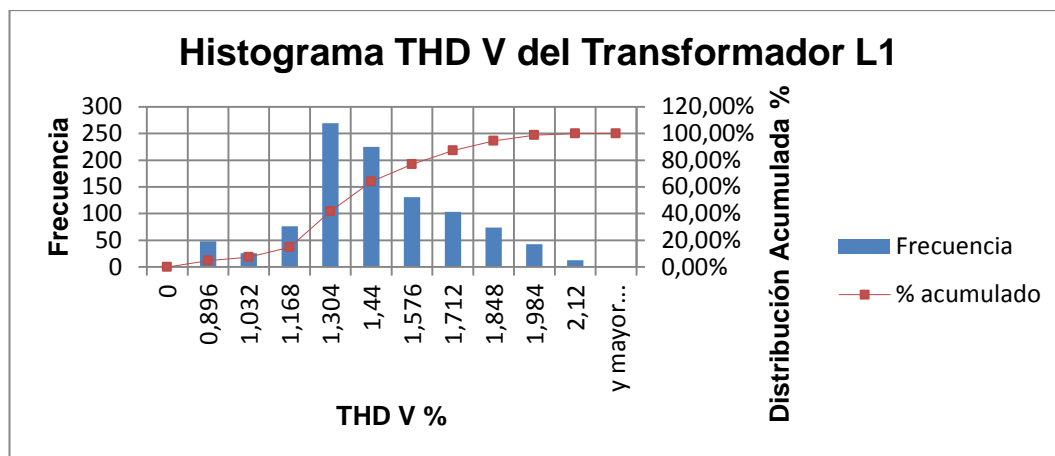


Figura 9 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,304% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 26

Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD Vmáx	1,74
THD Vmin	0,72
THD V promedio	1,25

Tabla 27

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

Clase	Frecuencia
0	0
0,822	42
0,924	33
1,026	19
1,128	116
1,23	262
1,332	212
1,434	130
1,536	122
1,638	55
1,74	17
y mayor...	0

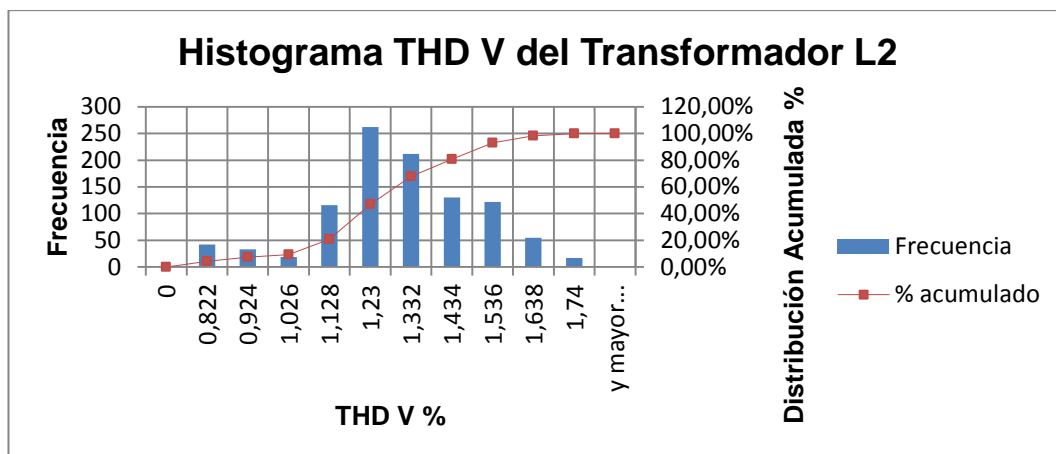


Figura 10 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,23% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 28

Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	1,7
THD Vmin	0,71
THD V promedio	1,25

Tabla 29

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

Clase	Frecuencia
0	0
0,809	30
0,908	40
1,007	21
1,106	81
1,205	229
1,304	241
1,403	134
1,502	140
1,601	61
1,7	30
y mayor...	1

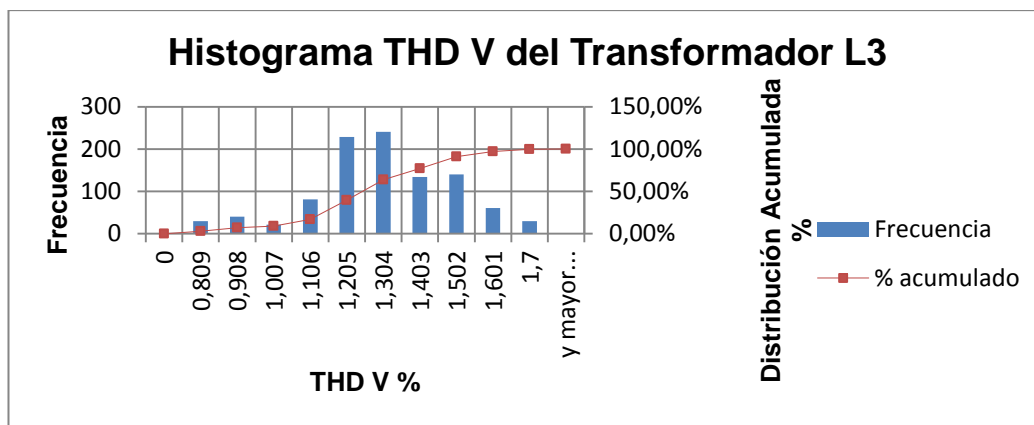


Figura 11 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,304% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 30

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	3,136
Pst min	0
Pst promedio	0,99
Valores >1	605
%	60,02

Tabla 31

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers

Clase	Frecuencia
0	2
0,3136	123
0,6272	134
0,9408	86
1,2544	339
1,568	282
1,8816	30
2,1952	4
2,5088	3
2,8224	3
3,136	2
y mayor...	0

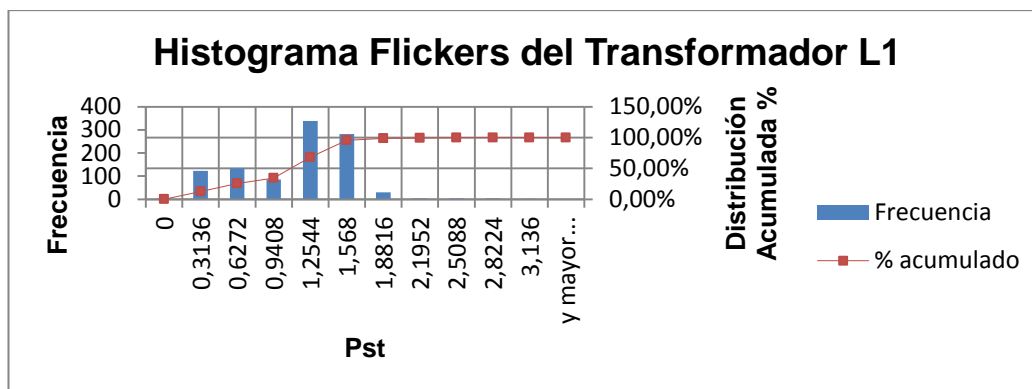


Figura 12 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,136 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 32

Flickers máximo y mínimo de la L2Transformador

L2	
Pst máx	3,139
Pst min	0
Pst promedio	0,99
Valores >1	603
%	59,82

Tabla 33

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers

Clase	Frecuencia
0	2
0,3139	126
0,6278	130
0,9417	90
1,2556	330
1,5695	287
1,8834	31
2,1973	4
2,5112	3
2,8251	2
3,139	2
y mayor...	1

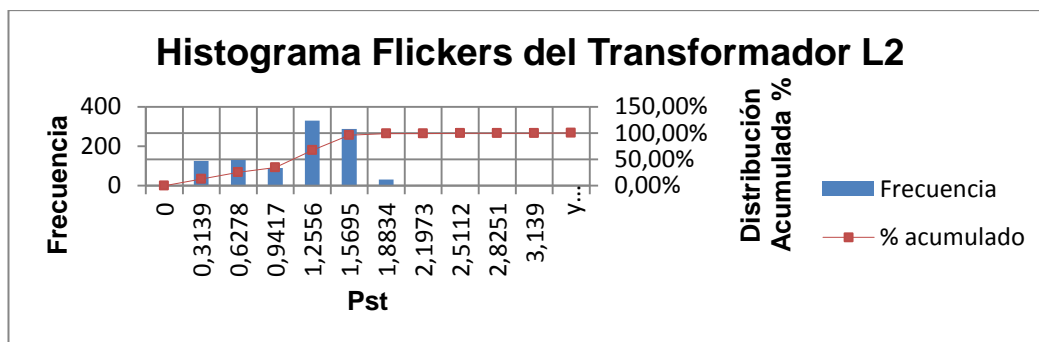


Figura 13 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,139 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 34

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,141
Pst min	0
Pst promedio	5,34
Valores >1	603
%	59,82

Tabla 35

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers

Clase	Frecuencia
0	2
0,3141	127
0,6282	130
0,9423	89
1,2564	332
1,5705	286
1,8846	30
2,1987	4
2,5128	3
2,8269	2
3,141	2
y mayor...	1

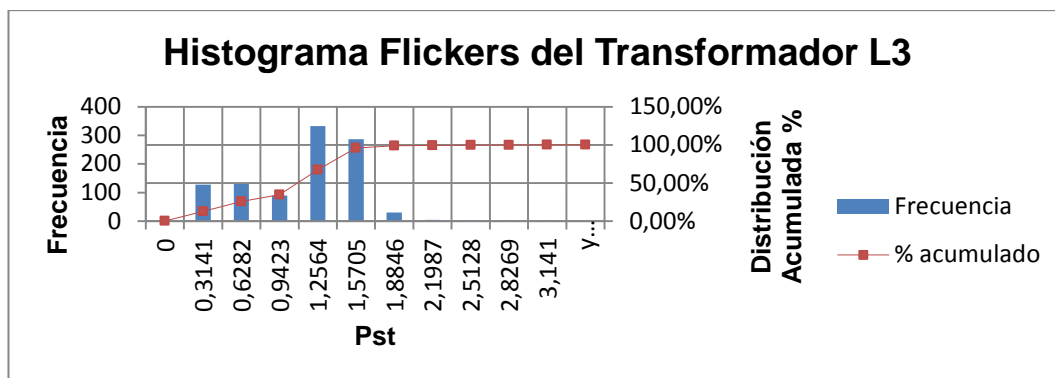


Figura 14 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,141 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 36

Factor de Potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	0,999
FP min	0,713
FP promedio	0,94

Sea analizo el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,94 lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.2. Transformador 10 KVA 8617 San Juan de Pastocalle

Tabla 37

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	125,32
Vmín	116,63
Vpromedio	121,69
$\Delta V\%$	4,18

Tabla 38

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
117,499	2	4
118,368	8	3
119,237	37	2
127,106	105	1
127,975	161	0
121,844	215	-1
122,713	221	-2
123,582	154	-3
124,451	90	-4
125,32	15	-5
y mayor...	0	

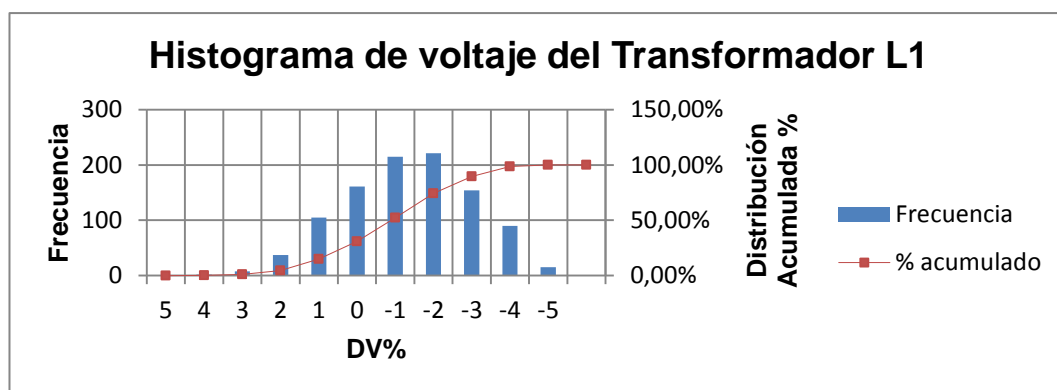


Figura 15 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 39

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
V _{máx}	125,51
V _{mín}	116,95
V _{promedio}	121,81
$\Delta V\%$	4,09

Tabla 40

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
117,806	3	4
118,662	12	3
119,518	45	2
127,374	115	1
121,23	175	0
122,086	219	-1
122,942	204	-2
123,798	144	-3
124,654	71	-4
125,51	19	-5
y mayor...	1	

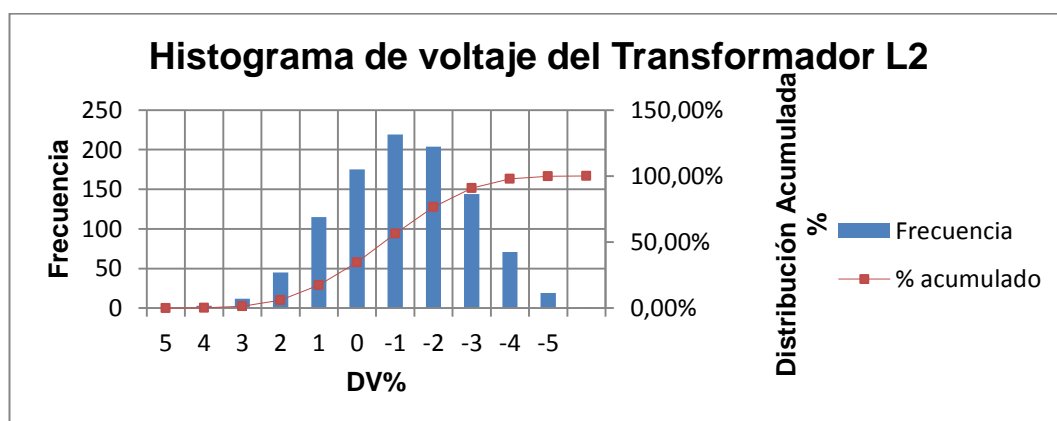


Figura 16 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

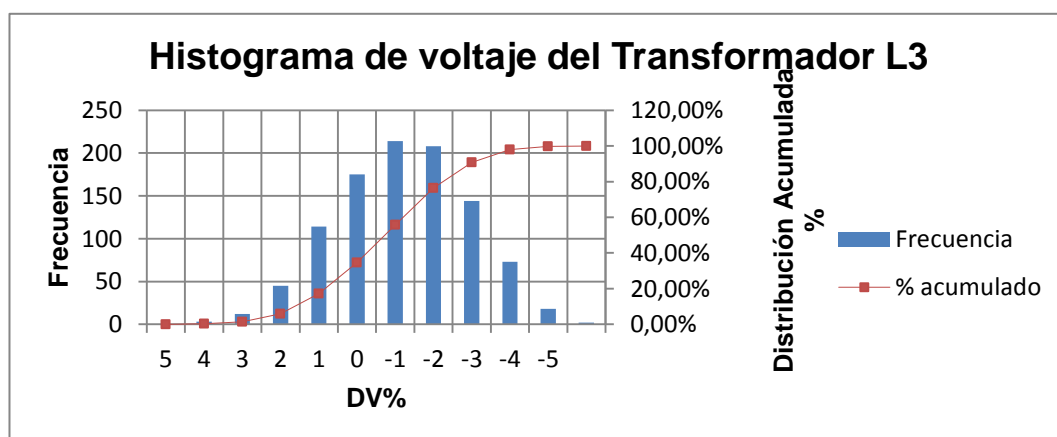
Tabla 41

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Vmáx	125,52
Vmín	116,96
Vpromedio	121,83
$\Delta V\%$	4,07

Tabla 42**Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje**

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
117,816	3	4
118,672	12	3
119,528	45	2
127,384	114	1
121,24	175	0
122,096	214	-1
122,952	208	-2
123,808	144	-3
124,664	73	-4
125,52	18	-5
y mayor...	2	

**Figura 17 Histograma de voltaje del Transformador L3**

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 43**Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador**

L1	
THD V _{máx}	2,24
THD V _{min}	0,95
THD V promedio	1,57

Tabla 44

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1

Clase	Frecuencia
0	0
1,079	14
1,208	49
1,337	74
1,466	199
1,595	254
1,724	191
1,853	96
1,982	80
2,111	33
2,24	18
y mayor...	0

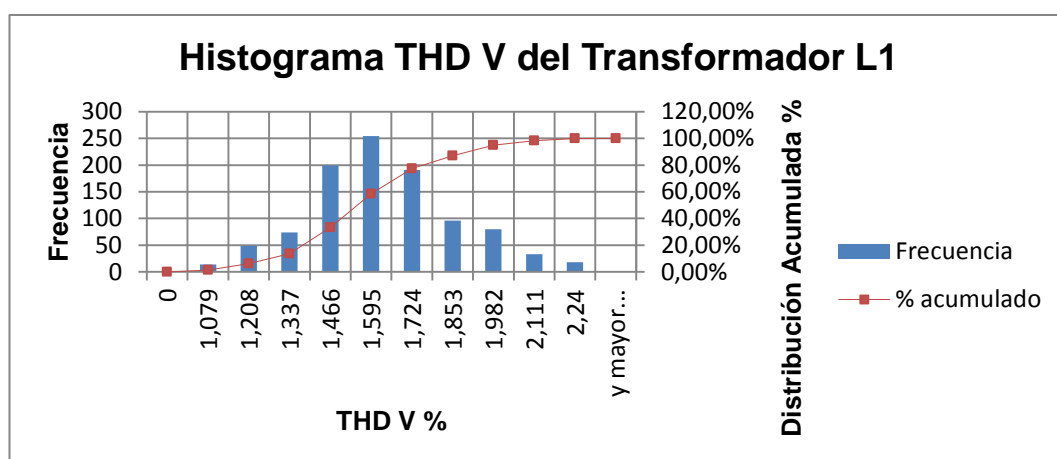


Figura 18 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,595% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 45

Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD V _{máx}	2,15
THD V _{min}	0,82
THD V promedio	1,50

Tabla 46

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,953	22
1,086	18
1,219	64
1,352	182
1,485	204
1,618	216
1,751	136
1,884	92
2,017	39
2,15	35
y mayor...	0

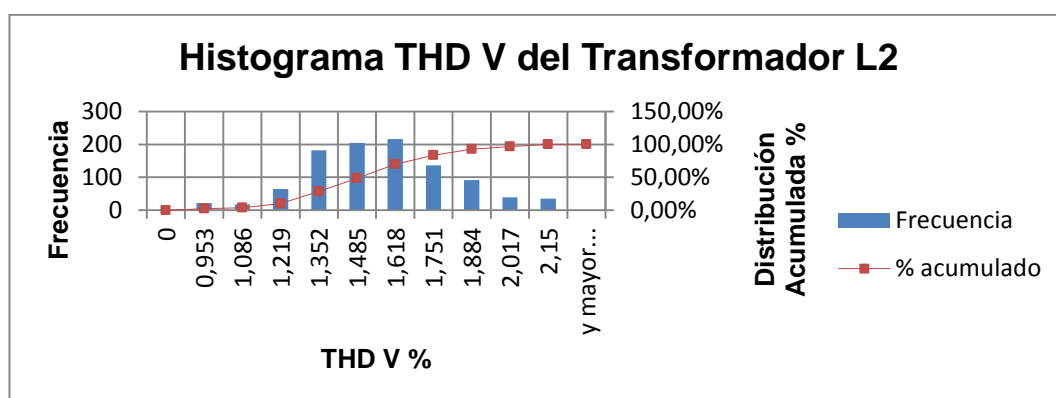


Figura 19 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,304% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 47

Distorsión Armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	2,15
THD Vmin	0,82
THD V promedio	1,50

Tabla 48

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3

Clase	Frecuencia
0	0
0,953	21
1,086	19
1,219	64
1,352	177
1,485	213
1,618	217
1,751	130
1,884	97
2,017	39
2,15	31
y mayor...	0

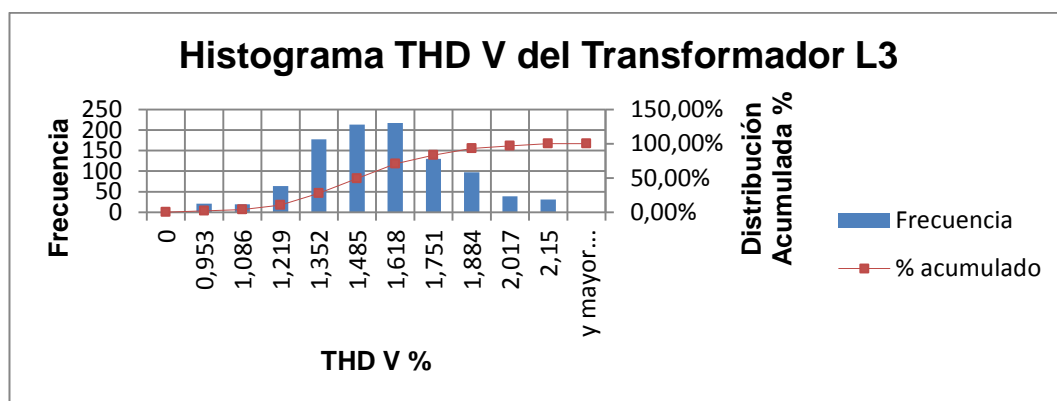


Figura 20 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,618% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 49

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	3,021
Pst min	0,155
Pst promedio	0,98
Valores >1	597
%	59,23

Tabla 50

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,4416	230
0,7282	42
1,0148	146
1,3014	348
1,588	208
1,8746	23
2,1612	3
2,4478	2
2,7344	4
3,021	2
y mayor...	0

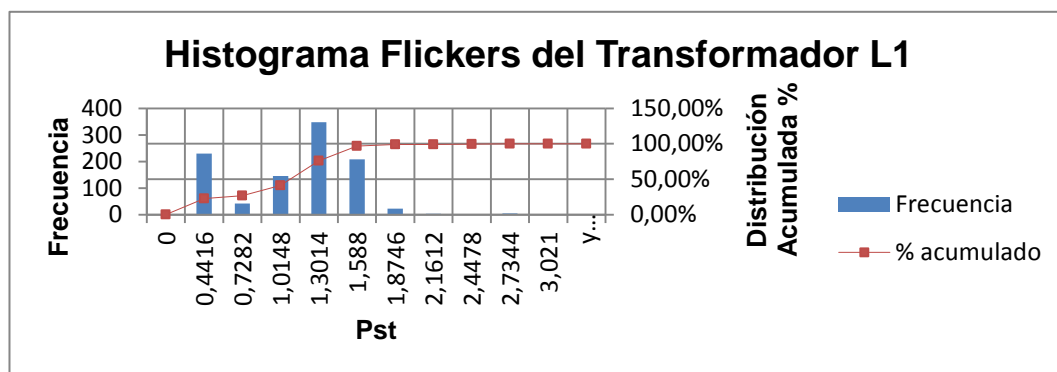


Figura 21 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,021 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 51

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	3,022
Pst min	0,149
Pst promedio	0,98
Valores >1	599
%	59,42

Tabla 52

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,4363	226
0,7236	41
1,0109	145
1,2982	346
1,5855	214
1,8728	25
2,1601	3
2,4474	2
2,7347	3
3,022	3
y mayor...	0

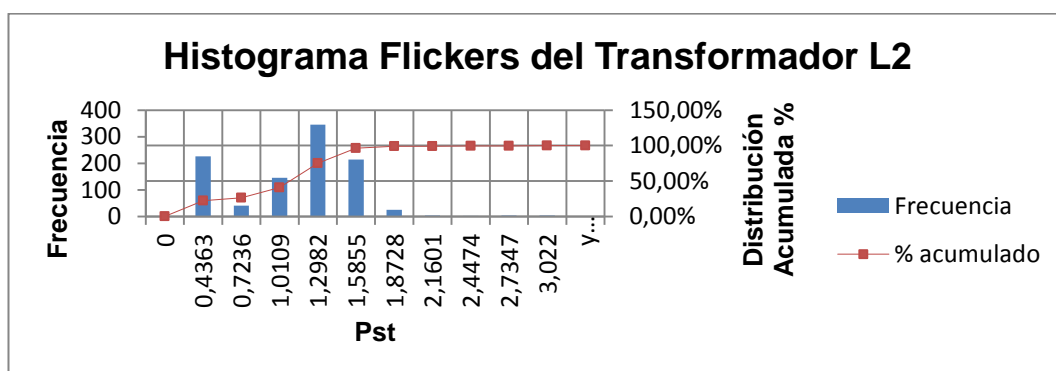


Figura 22 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,022 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

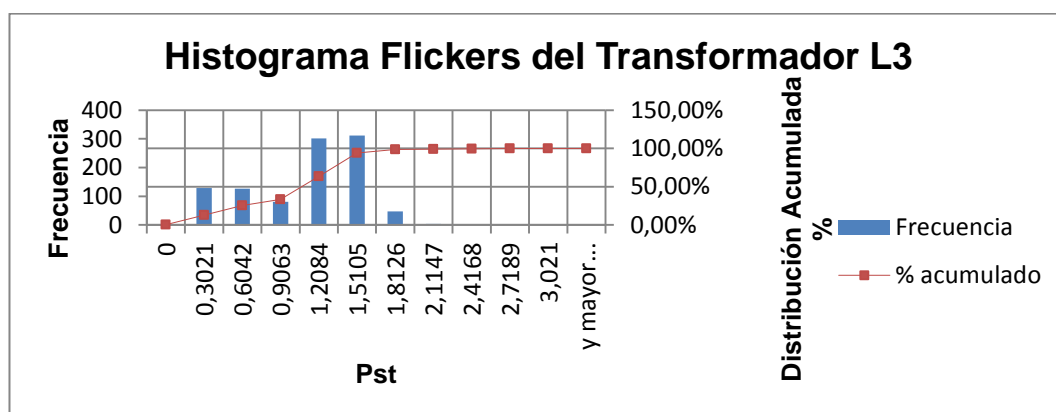
Tabla 53

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,021
Pst min	0
Pst promedio	0,98
Valores >1	599
%	59,42

Tabla 54**Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3**

Clase	Frecuencia
0	1
0,3021	128
0,6042	126
0,9063	81
1,2084	302
1,5105	311
1,8126	47
2,1147	4
2,4168	2
2,7189	3
3,021	2
y mayor...	1

**Figura 23 Histograma de Flickers del Transformador L3**

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,139 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 55**Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador**

FP máx	1
FP min	0,774
FP promedio	0,97

Se analizó el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,97 lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.3. Transformador 10 KVA 8620 Mulaló

Tabla 56

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
V_{máx}	125,59
V_{mín}	117,99
V_{promedio}	122,28
ΔV%	3,72

Tabla 57

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,75	7	4
119,51	19	3
127,27	49	2
121,03	115	1
121,79	174	0
122,55	208	-1
123,31	187	-2
124,07	147	-3
124,83	86	-4
125,59	16	-5
y mayor...	0	

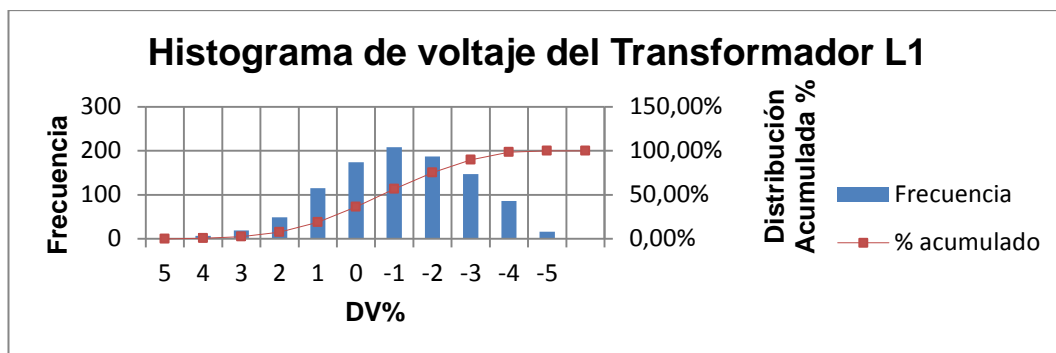


Figura 24 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 58

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Vmáx	125,71
Vmín	118,06
Vpromedio	122,44
$\Delta V\%$	3,59

Tabla 59

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,825	6	4
119,59	16	3
127,355	45	2
121,12	113	1
121,885	167	0
122,65	208	-1
123,415	188	-2
124,18	149	-3
124,945	95	-4
125,71	21	-5
y mayor...	0	

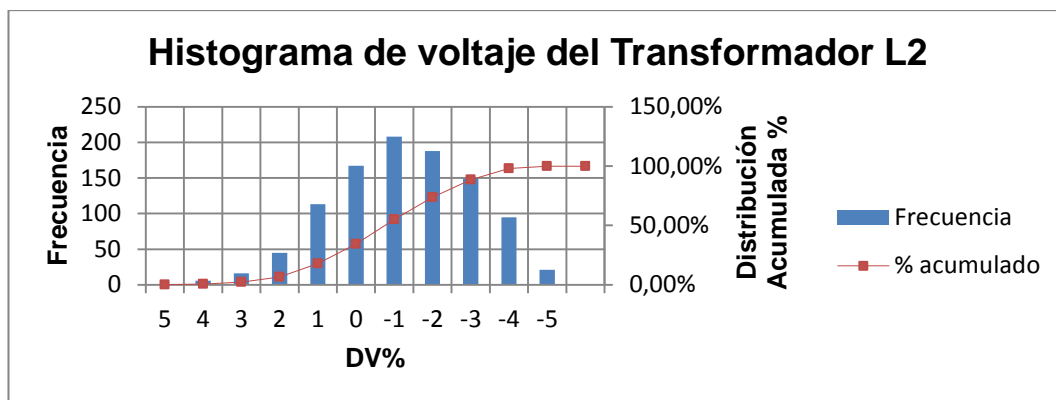


Figura 25 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 60

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
V_{máx}	125,72
V_{mín}	118,06
V_{promedio}	122,45
$\Delta V\%$	3,59

Tabla 61

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,826	6	4
119,592	16	3
127,358	45	2
121,124	111	1
121,89	170	0
122,656	204	-1
123,422	191	-2
124,188	148	-3
124,954	96	-4
125,72	21	-5
y mayor...	0	

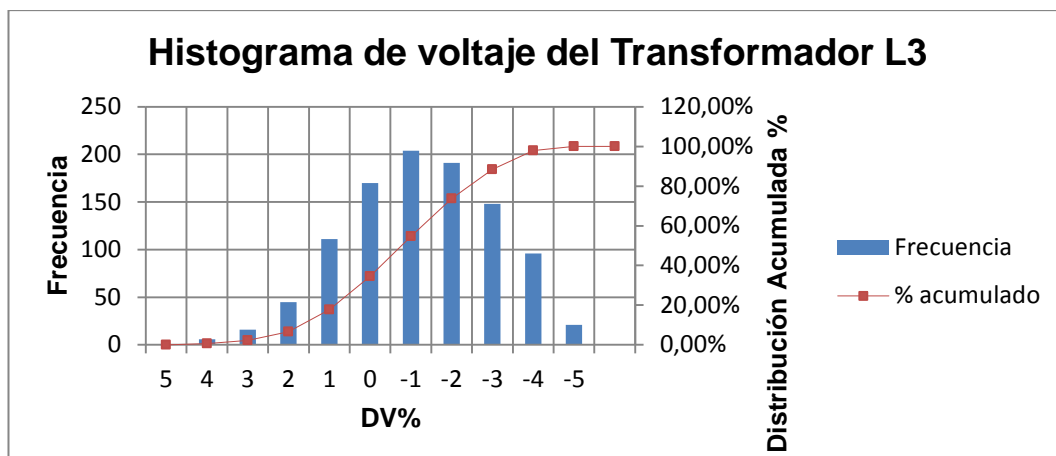


Figura 26 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 62

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD V _{máx}	2,15
THD V _{min}	0,82
THD V promedio	1,49

Tabla 63

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,953	21
1,086	54
1,219	26
1,352	191
1,485	236
1,618	192
1,751	131
1,884	80
2,017	56
2,15	21
y mayor...	0

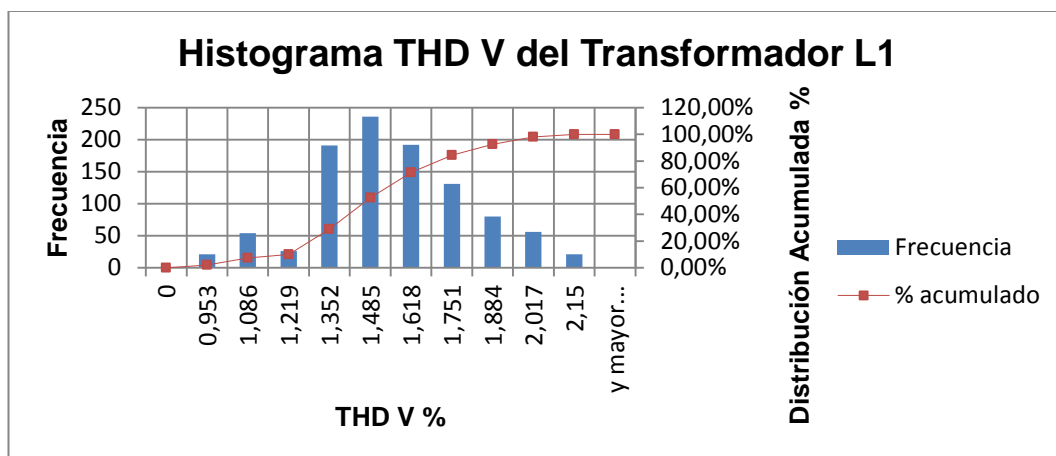


Figura 27 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,485% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 64

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD V _{máx}	2,09
THD V _{min}	0,83
THD V promedio	1,46

Tabla 65

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,956	40
1,082	40
1,208	49
1,334	171
1,46	209
1,586	202
1,712	149
1,838	90
1,964	37
2,09	20
y mayor...	1

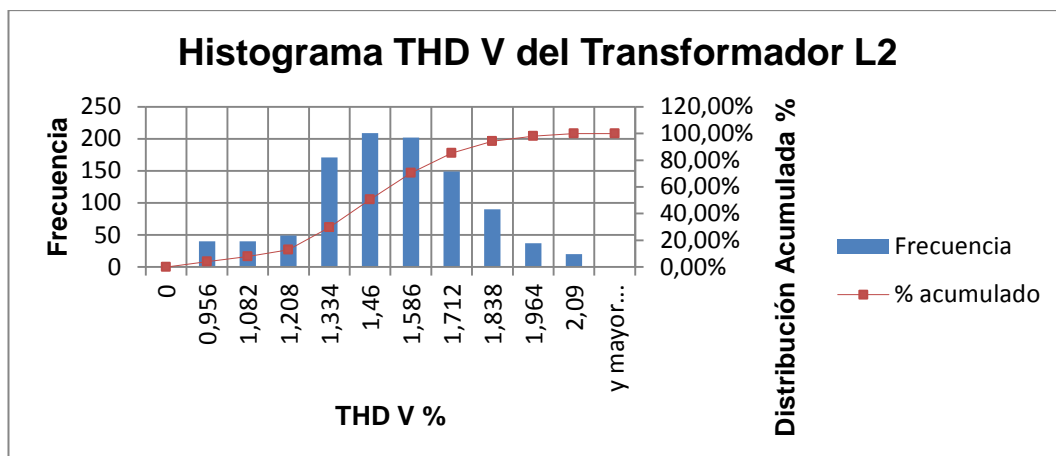


Figura 28 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,46% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 66

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	2,13
THD Vmin	0,81
THD V promedio	1,45

Tabla 67

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L3

Clase	Frecuencia
0	0
0,942	37
1,074	40
1,206	58
1,338	171
1,47	222
1,602	212
1,734	135
1,866	86
1,998	31
2,13	15
y mayor...	1

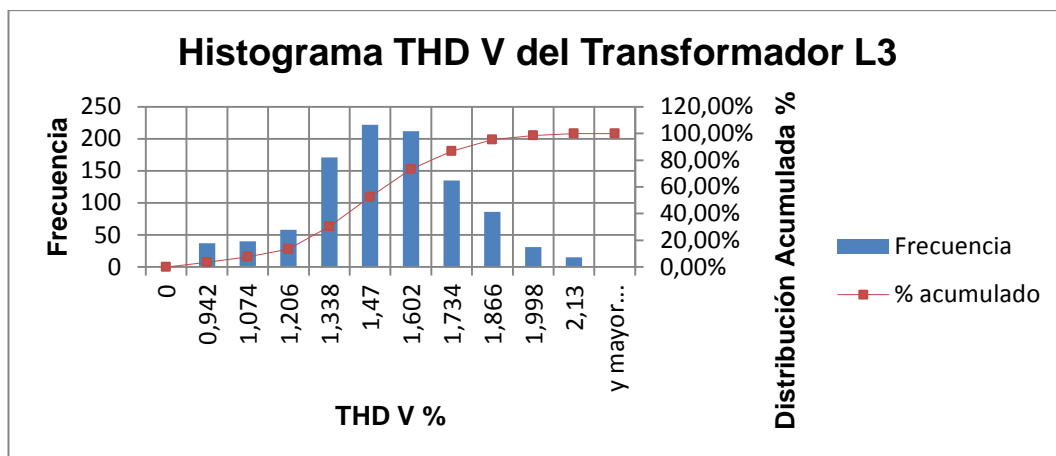


Figura 29 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,47% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 68

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	2,924
Pst min	0,15
Pst promedio	1,26
Valores >1	524
%	51,98

Tabla 69

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	0
0,4274	184
0,7048	90
0,9822	198
1,2596	296
1,537	200
1,8144	31
2,0918	2
2,3692	2
2,6466	4
2,924	1
y mayor...	0

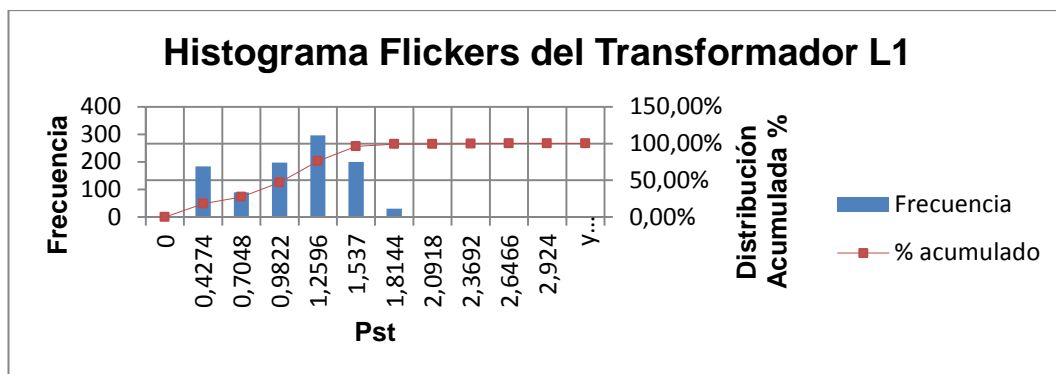


Figura 30 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,924 y representa el 0,1%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 70

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	2,924
Pst min	0
Pst promedio	1,17
Valores >1	526
%	52,18

Tabla 71

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	1
0,2924	129
0,5848	108
0,8772	129
1,1696	300
1,462	273
1,7544	58
2,0468	3
2,3392	2
2,6316	3
2,924	1
y mayor...	1

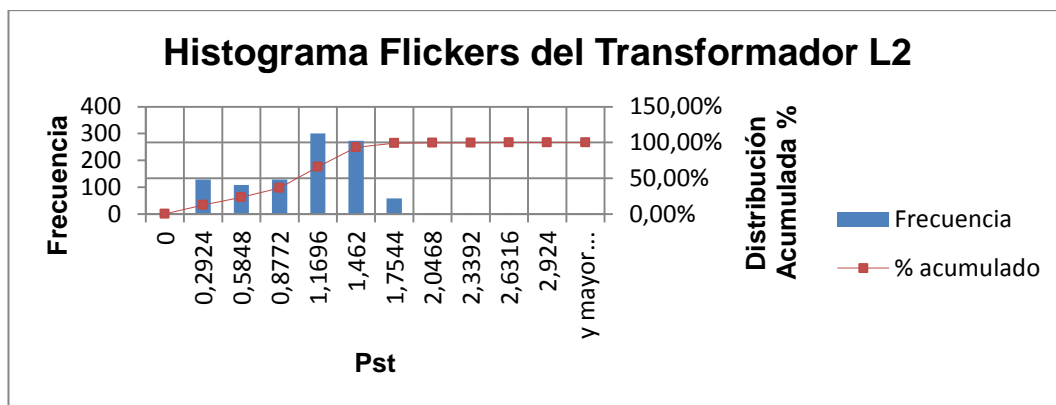


Figura 31 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,924 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 72

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	2,926
Pst min	0
Pst promedio	0,94
Valores >1	526
%	52,18

Tabla 73

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	1
0,2926	129
0,5852	108
0,8778	128
1,1704	303
1,463	271
1,7556	58
2,0482	3
2,3408	2
2,6334	3
2,926	2
y mayor...	0

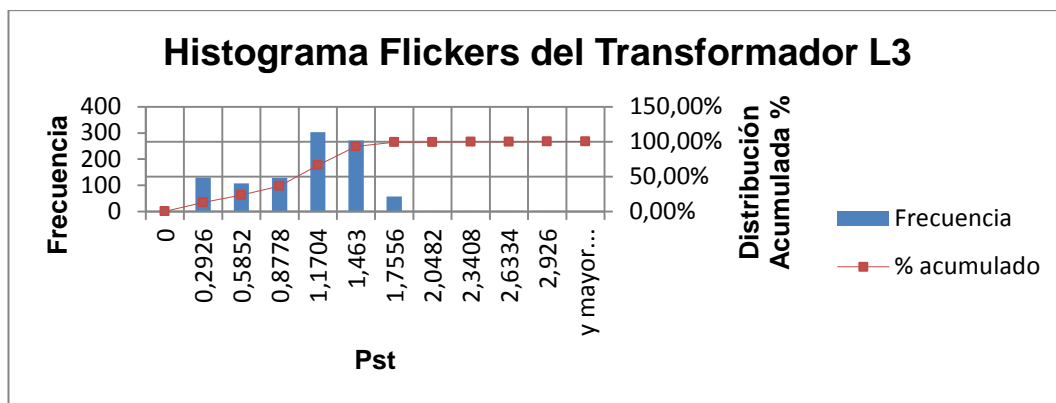


Figura 32 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,926 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 74

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	0,996
FP min	0,661
FP promedio	0,93

Sea analisis el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,93 lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.4. Transformador 15KVA 5414 Mulaló

Tabla 75

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	124,3
Vmín	117,72
Vpromedio	121,39
$\Delta V\%$	4,42

Tabla 76

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,378	6	4
119,036	22	3
119,694	52	2
127,352	128	1
121,01	167	0
121,668	215	-1
122,326	186	-2
122,984	136	-3
123,642	78	-4
124,3	18	-5
y mayor...	0	

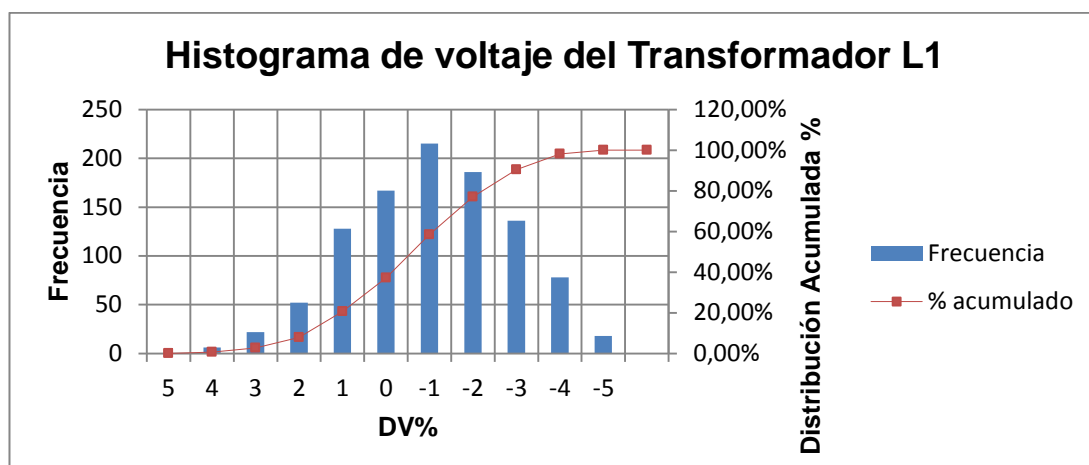


Figura 33 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 77

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Vmáx	124,17
Vmín	117,62
Vpromedio	121,30
$\Delta V\%$	4,49

Tabla 78

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,275	6	4
118,93	26	3
119,585	44	2
127,24	130	1
127,895	159	0
121,55	217	-1
122,205	177	-2
122,86	139	-3
123,515	89	-4
124,17	21	-5
y mayor...	0	

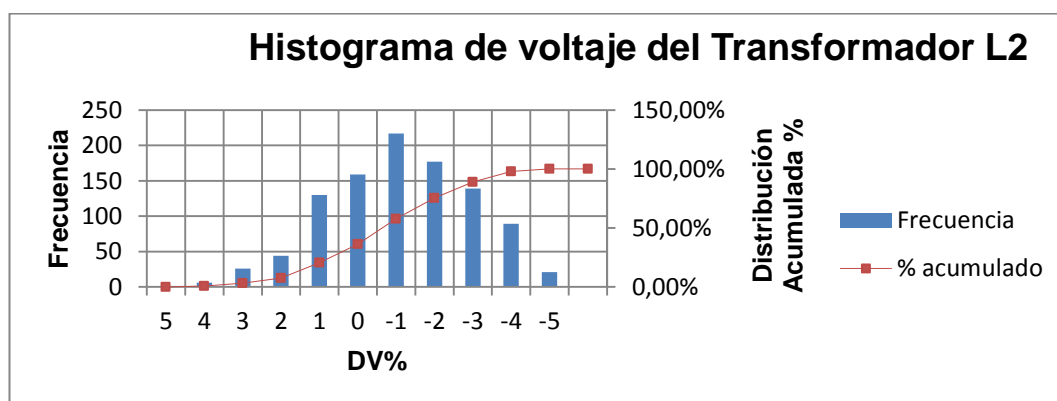


Figura 34 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 79

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
V _{máx}	124,15
V _{mín}	117,61
V _{promedio}	121,28
$\Delta V\%$	4,50

Tabla 80

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,264	6	4
118,918	27	3
119,572	43	2
127,226	130	1
127,88	160	0
121,534	215	-1
122,188	179	-2
122,842	139	-3
123,496	88	-4
124,15	20	-5
y mayor...	1	

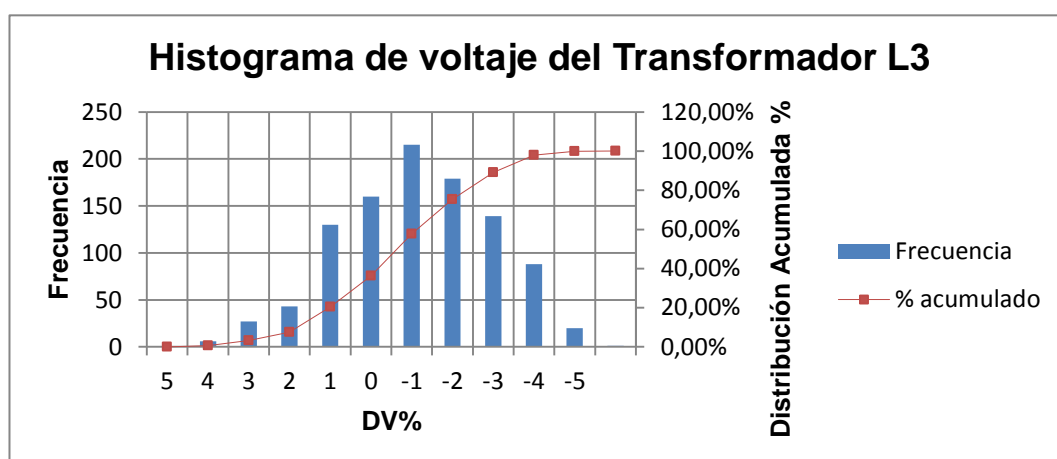


Figura 35 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 81

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	2,4
THD Vmin	0,99
THD V promedio	1,64

Tabla 82

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica**L1**

Clase	Frecuencia
0	0
1,131	45
1,272	33
1,413	108
1,554	255
1,695	167
1,836	140
1,977	105
2,118	86
2,259	52
2,4	17
y mayor...	0

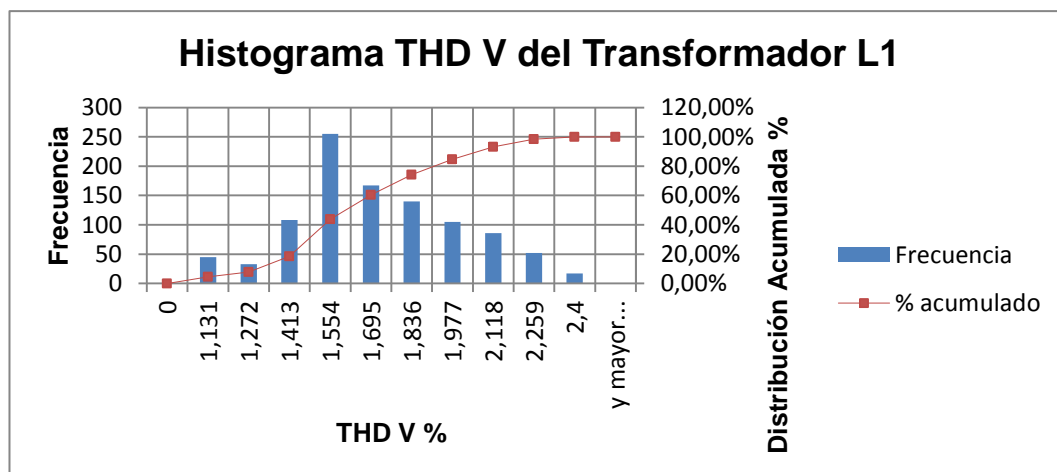


Figura 36 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,554% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 83

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD Vmáx	2,47
THD Vmin	1
THD V promedio	1,68

Tabla 84

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,147	40
1,294	36
1,441	127
1,588	241
1,735	167
1,882	146
2,029	95
2,176	82
2,323	60
2,47	14
y mayor...	0

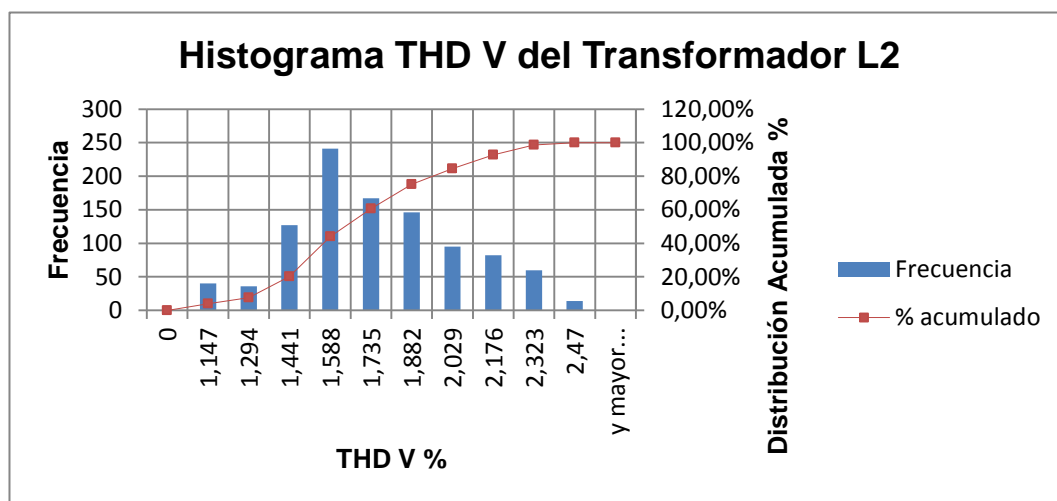


Figura 37 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,588% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 85

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD V _{máx}	2,47
THD V _{min}	1
THD V promedio	1,68

Tabla 86

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L3

Clase	Frecuencia
0	0
1,147	41
1,294	39
1,441	131
1,588	233
1,735	176
1,882	141
2,029	92
2,176	86
2,323	58
2,47	11
y mayor...	0

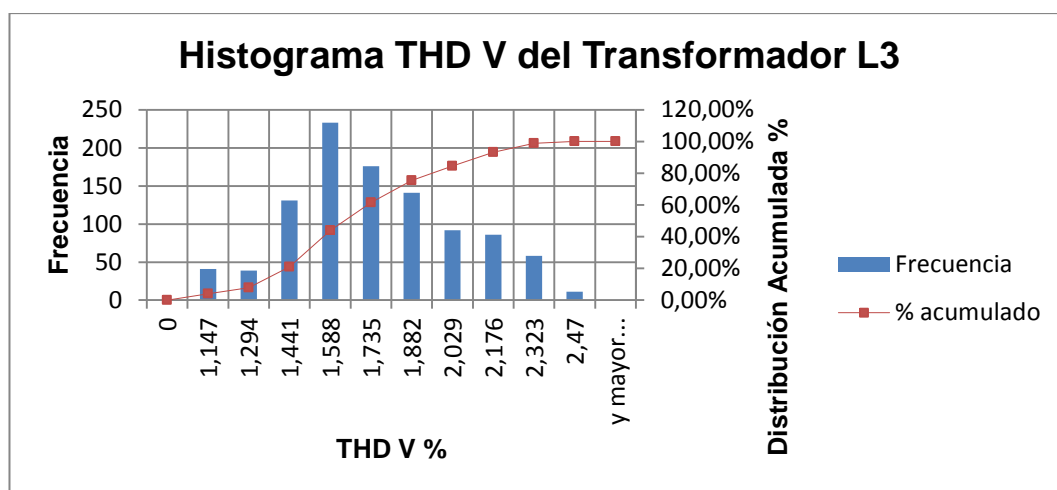


Figura 38 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,588% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 87

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	2,947
Pst min	0
Pst promedio	0,95
Valores >1	523
%	51,88

Tabla 88

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	1
0,2947	126
0,5894	121
0,8841	135
1,1788	296
1,4735	218
1,7682	84
2,0629	20
2,3576	4
2,6523	1
2,947	2
y mayor...	0

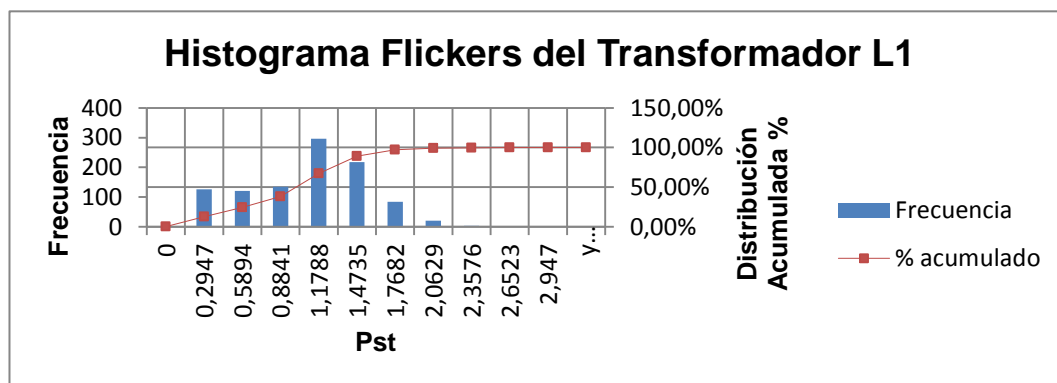


Figura 39 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,947 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 89

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	2,937
Pst min	0
Pst promedio	0,95
Valores >1	520
%	51,52

Tabla 90

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	1
0,2937	128
0,5874	118
0,8811	135
1,1748	294
1,4685	221
1,7622	84
2,0559	20
2,3496	4
2,6433	1
2,937	1
y mayor...	1

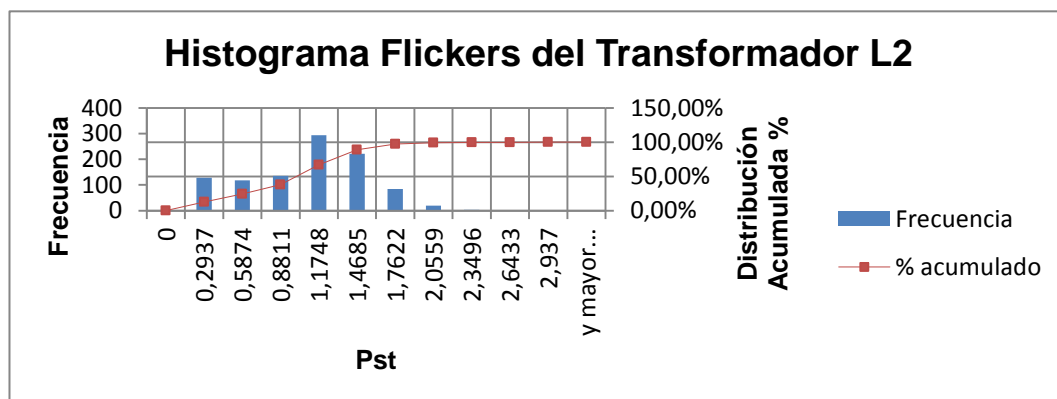


Figura 40 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,937 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 91

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	2,94
Pst min	0
Pst promedio	0,95
Valores >1	519
%	51,49

Tabla 92

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	2
0,294	127
0,588	119
0,882	134
1,176	298
1,47	217
1,764	85
2,058	19
2,352	4
2,646	1
2,94	2
y mayor...	0

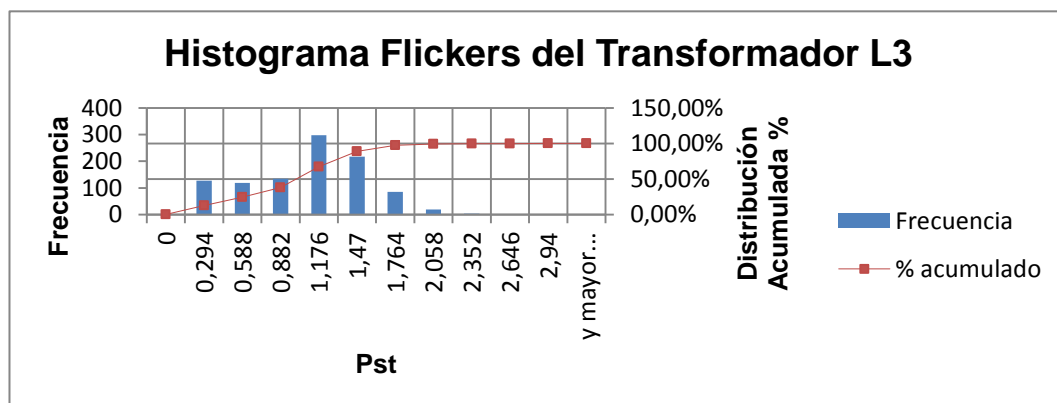


Figura 41 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,94 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 93**Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador**

FP máx	0,983
FP min	0,754
FP promedio	0,90

Sea análisis el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,90 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.5. Transformador 25 KVA 2647 Mulaló**Tabla 94****Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador**

L1	
Vmáx	125,6
Vmín	117,69
Vpromedio	122,25
$\Delta V\%$	3,74

Tabla 95**Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje****L1**

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,481	7	4
119,272	18	3
127,063	42	2
127,854	110	1
121,645	165	0
122,436	200	-1
123,227	191	-2
124,018	160	-3
124,809	93	-4
125,6	21	-5
y mayor...	1	

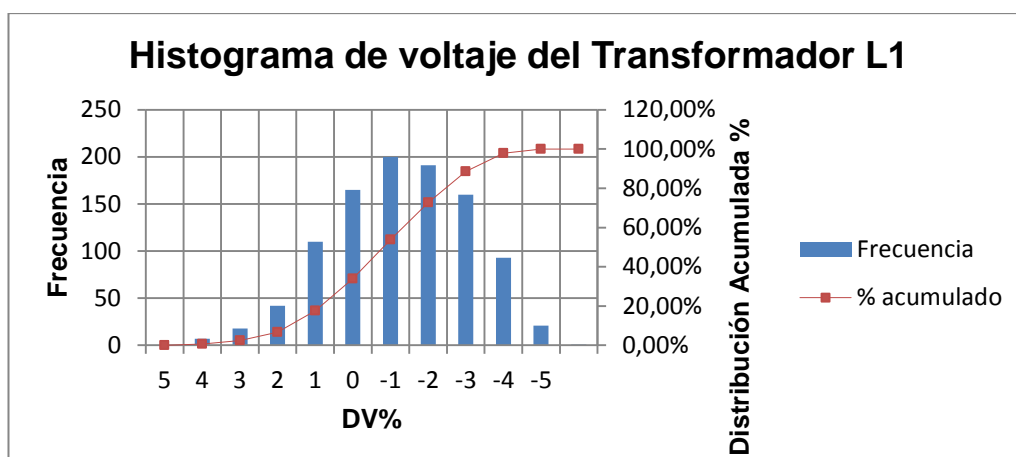


Figura 42 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 96

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
V_{máx}	125,68
V_{mín}	117,99
V_{promedio}	122,39
$\Delta V\%$	3,63

Tabla 97

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,759	7	4
119,528	21	3
127,297	40	2
121,066	113	1
121,835	160	0
122,604	205	-1
123,373	205	-2
124,142	146	-3
124,911	93	-4
125,68	18	-5
y mayor...	0	

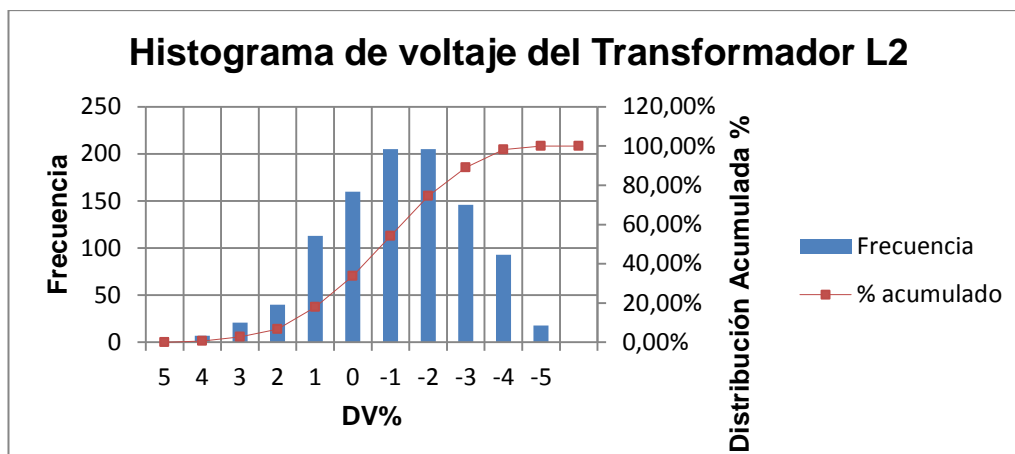


Figura 43 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 98

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
V_{máx}	125,7
V_{mín}	118
V_{promedio}	122,39
$\Delta V\%$	3,63

Tabla 99

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,77	7	4
119,54	21	3
127,31	40	2
121,08	113	1
121,85	164	0
122,62	202	-1
123,39	205	-2
124,16	151	-3
124,93	87	-4
125,7	17	-5
y mayor...	1	

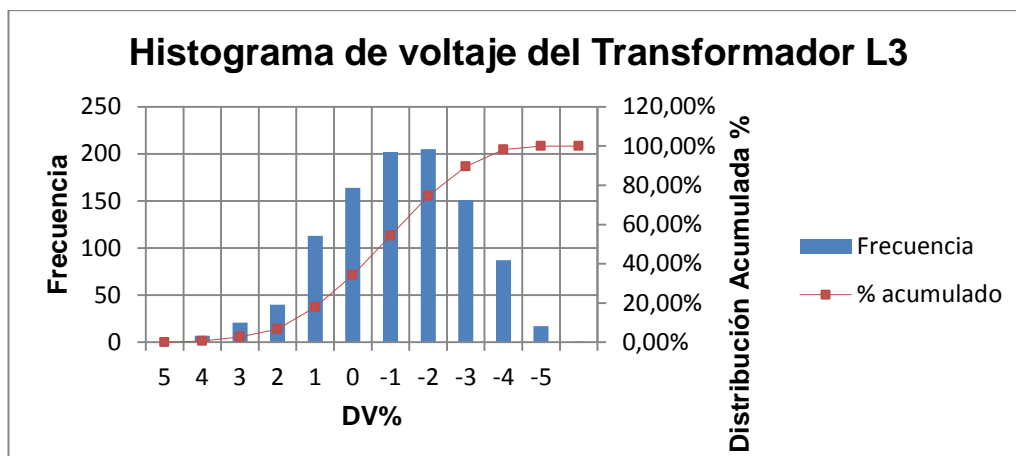


Figura 44 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 100

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	2,45
THD Vmin	0,98
THD V promedio	1,71

Tabla 101

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L1

Clase	Frecuencia
0	0
1,127	30
1,274	29
1,421	82
1,568	235
1,715	193
1,862	139
2,009	116
2,156	100
2,303	59
2,45	25
y mayor...	0

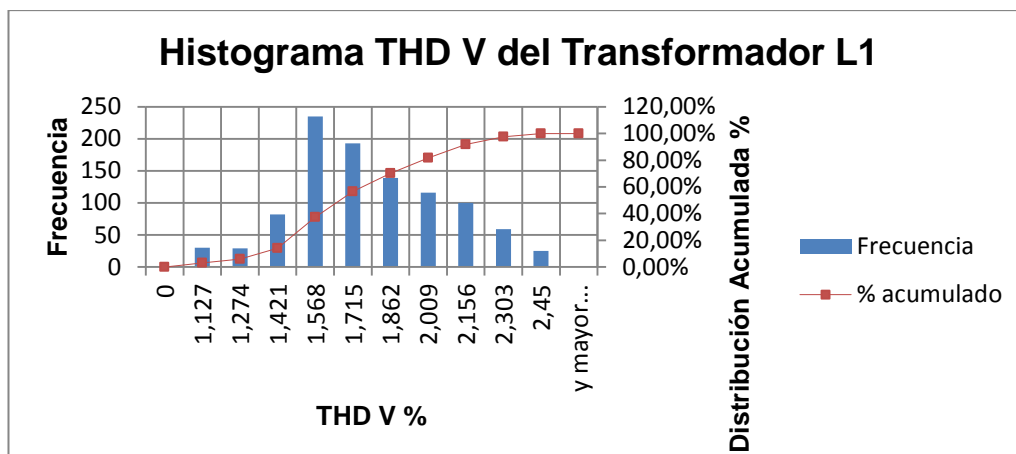


Figura 45 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,568% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 102

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD V _{máx}	2,35
THD V _{min}	0,92
THD V promedio	1,62

Tabla 103

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,063	35
1,206	33
1,349	73
1,492	244
1,635	181
1,778	151
1,921	130
2,064	95
2,207	42
2,35	23
y mayor...	1

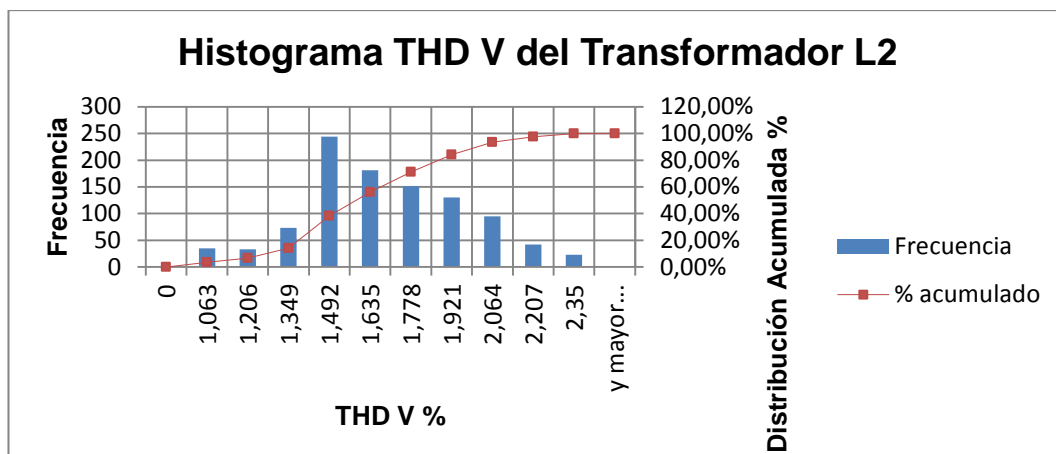


Figura 46 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,492% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 104

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	2,35
THD Vmin	0,94
THD V promedio	1,61

Tabla 105

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L3

Clase	Frecuencia
0	0
1,081	41
1,222	36
1,363	93
1,504	226
1,645	184
1,786	142
1,927	124
2,068	98
2,209	43
2,35	21
y mayor...	0

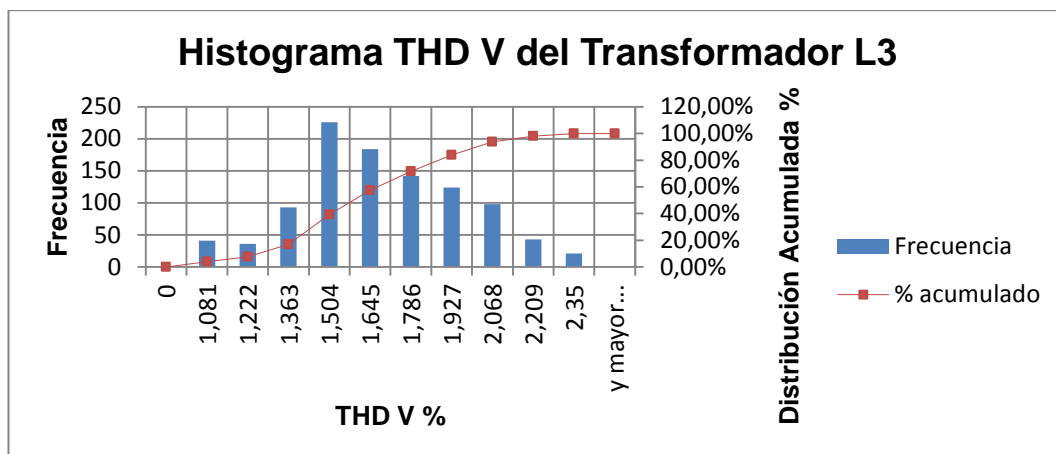


Figura 47 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,504% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 106

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	2,851
Pst min	0,15
Pst promedio	0,92
Valores >1	508
%	50,40

Tabla 107

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,4201	209
0,6902	71
0,9603	180
1,2304	289
1,5005	211
1,7706	40
2,0407	1
2,3108	2
2,5809	2
2,851	3
y mayor...	0

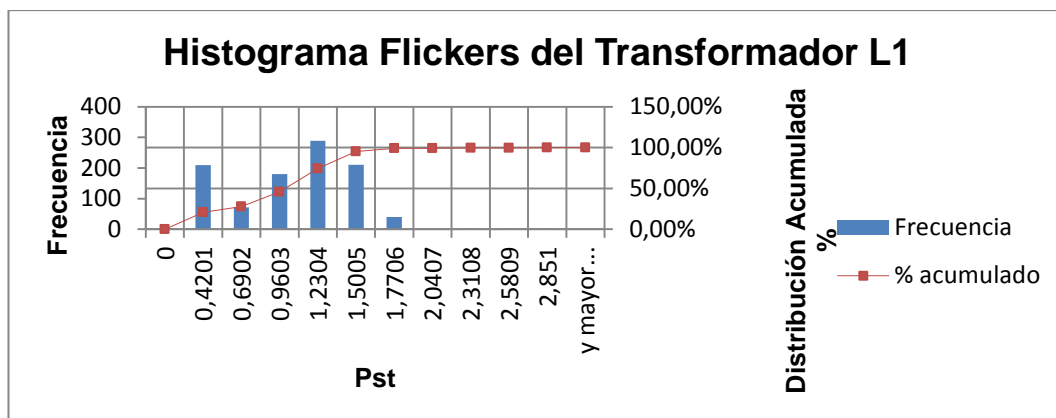


Figura 48 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,851 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 108

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	2,857
Pst min	0,15
Pst promedio	0,92
Valores >1	513
%	50,89

Tabla 109

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,4207	210
0,6914	71
0,9621	179
1,2328	289
1,5035	210
1,7742	41
2,0449	1
2,3156	2
2,5863	2
2,857	3
y mayor...	0

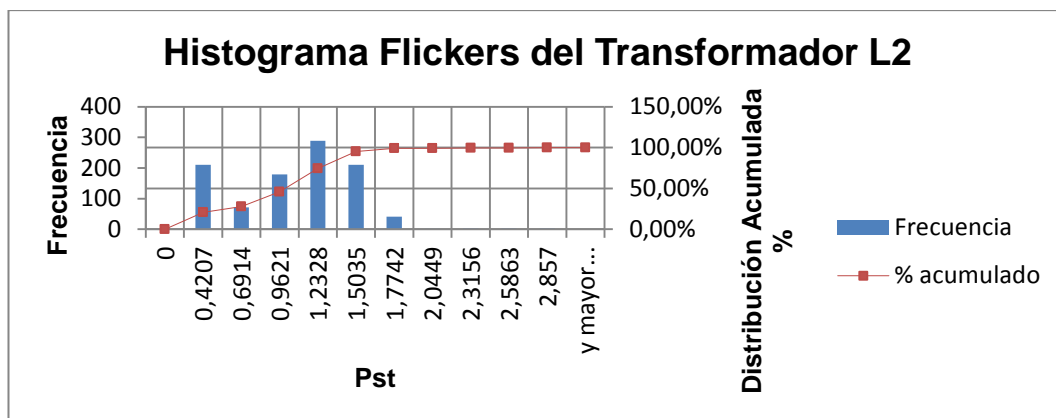


Figura 49 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,857 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 110

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	2,858
Pst min	0,15
Pst promedio	0,92
Valores >1	513
%	50,89

Tabla 111

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	0
0,4208	210
0,6916	72
0,9624	178
1,2332	289
1,504	211
1,7748	40
2,0456	1
2,3164	2
2,5872	2
2,858	2
y mayor...	1

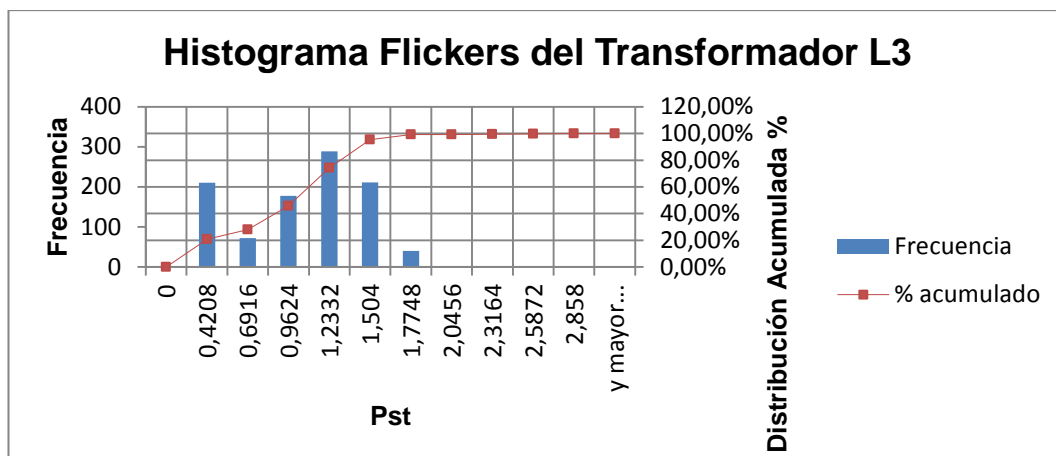


Figura 50 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,858 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 112

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	0,983
FP min	0,769
FP promedio	0,90

Sea analizo el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,90 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.6. Transformador 25 KVA 2680 Santa Rita

Tabla 113

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	122,64
Vmín	114,58
Vpromedio	119,21
$\Delta V\%$	6,13

Tabla 114

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
115,386	3	4
116,192	15	3
116,998	51	2
117,804	108	1
118,61	160	0
119,416	207	-1
127,222	200	-2
121,028	163	-3
121,834	80	-4
122,64	20	-5
y mayor...	1	

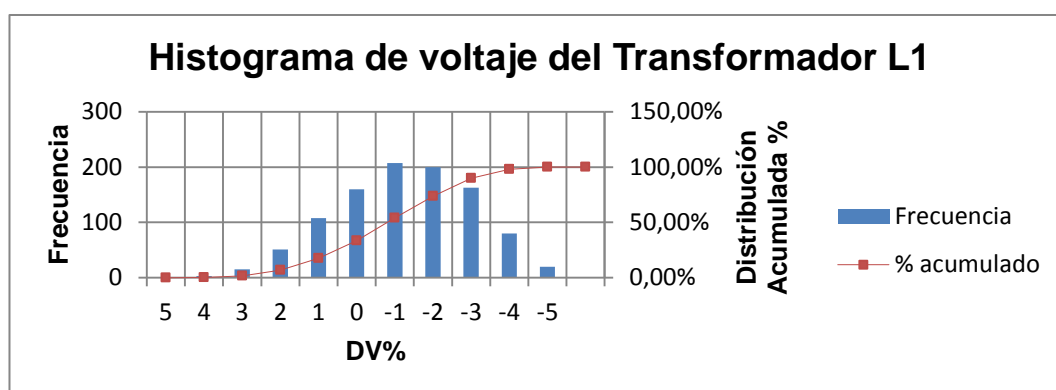


Figura 51 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 115

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Vmáx	122,64
Vmín	114,56
Vpromedio	119,18
$\Delta V\%$	6,16

Tabla 116

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
115,368	3	4
116,176	17	3
116,984	55	2
117,792	109	1
118,6	159	0
119,408	207	-1
127,216	198	-2
121,024	160	-3
121,832	80	-4
122,64	19	-5
y mayor...	1	

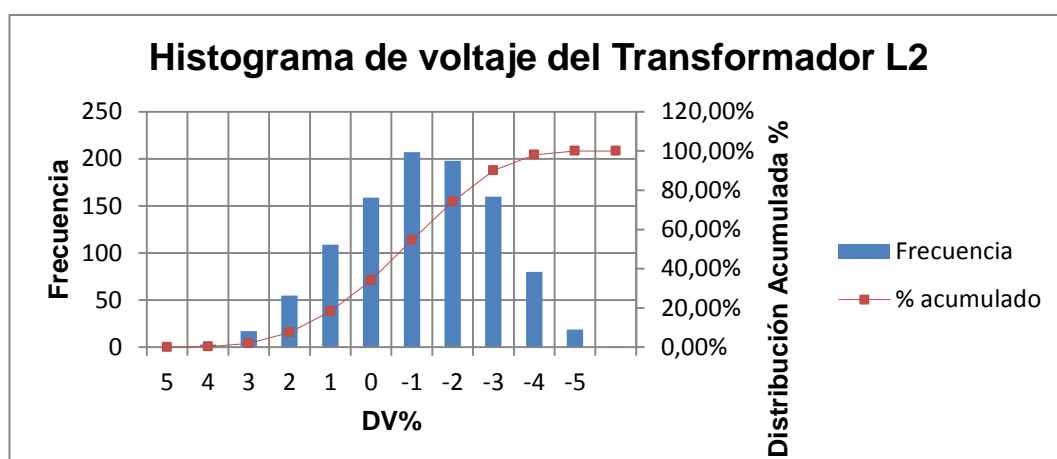


Figura 52 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 117

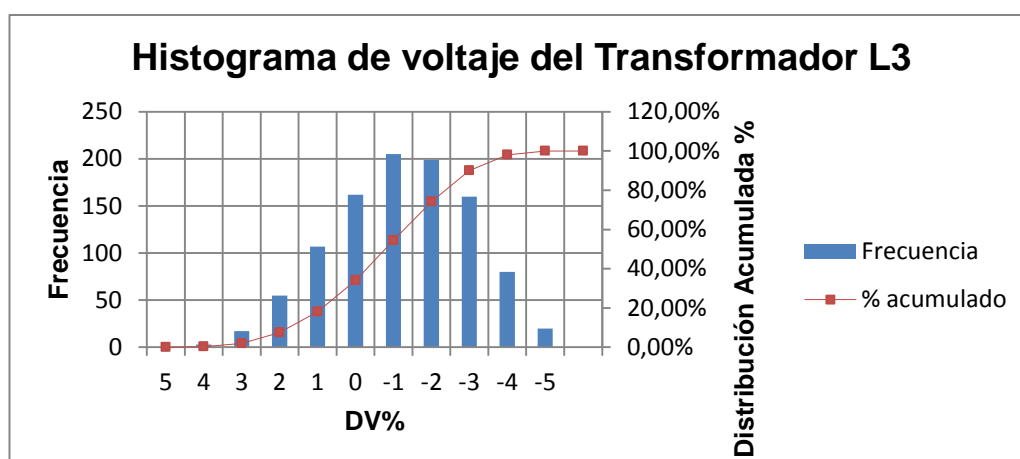
Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Vmáx	122,62
Vmín	114,52
Vpromedio	119,16
$\Delta V\%$	6,17

Tabla 118

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
115,33	3	4
116,14	17	3
116,95	55	2
117,76	107	1
118,57	162	0
119,38	205	-1
127,19	199	-2
121	160	-3
121,81	80	-4
122,62	20	-5
y mayor...	0	

**Figura 53 Histograma de voltaje del Transformador L3**

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 119

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD V _{máx}	2,17
THD V _{min}	0,82
THD V promedio	1,55

Tabla 120

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,955	10
1,09	22
1,225	30
1,36	127
1,495	219
1,63	251
1,765	161
1,9	113
2,035	49
2,17	26
y mayor...	0

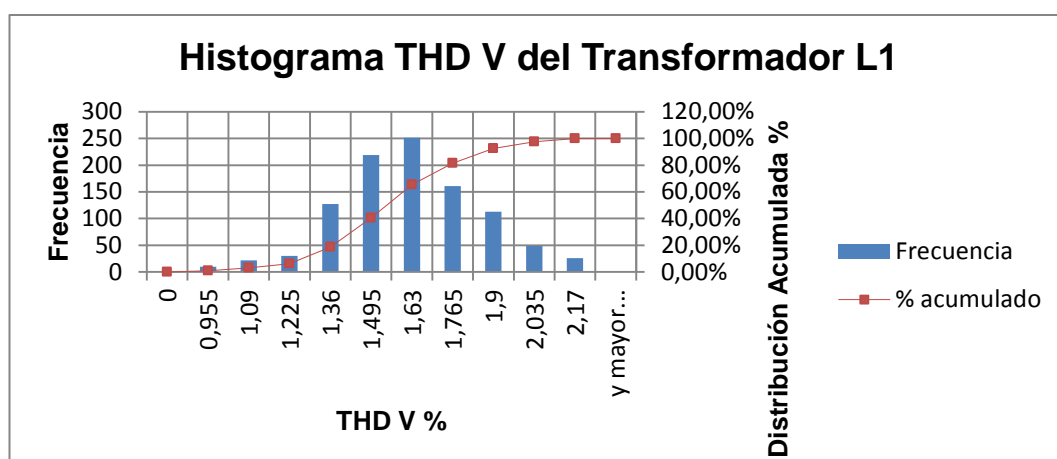


Figura 54 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,63% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 121

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD Vmáx	2,15
THD Vmin	0,86
THD V promedio	1,55

Tabla 122

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,989	16
1,118	20
1,247	51
1,376	118
1,505	225
1,634	238
1,763	158
1,892	103
2,021	49
2,15	30
y mayor...	0

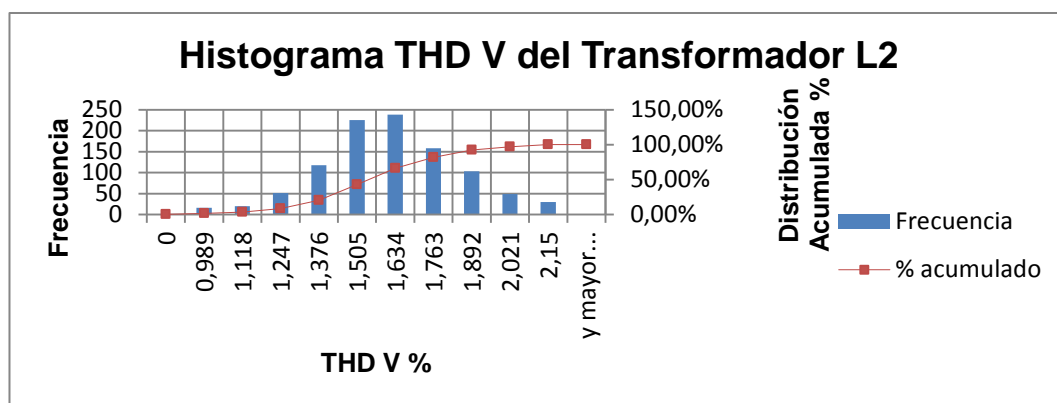


Figura 55 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,634% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 123

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD V _{máx}	2,15
THD V _{min}	0,83
THD V promedio	1,55

Tabla 124

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3

Clase	Frecuencia
0	0
0,962	11
1,094	23
1,226	30
1,358	124
1,49	209
1,622	247
1,754	176
1,886	107
2,018	51
2,15	27
y mayor...	3

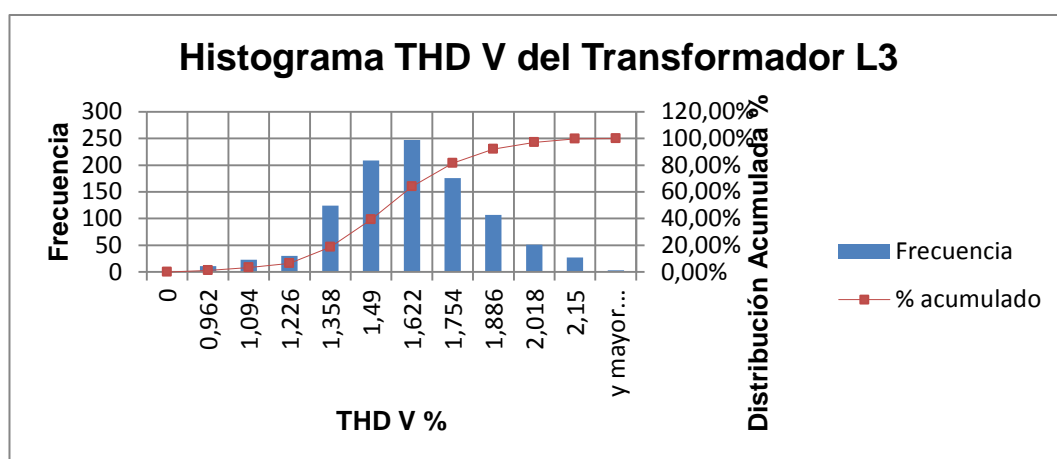


Figura 56 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,622% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 125

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	3,102
Pst min	0
Pst promedio	0,98
Valores >1	598
%	59,33

Tabla 126

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	1
0,3102	123
0,6204	133
0,9306	99
1,2408	333
1,551	268
1,8612	38
2,1714	5
2,4816	4
2,7918	2
3,102	2
y mayor...	0

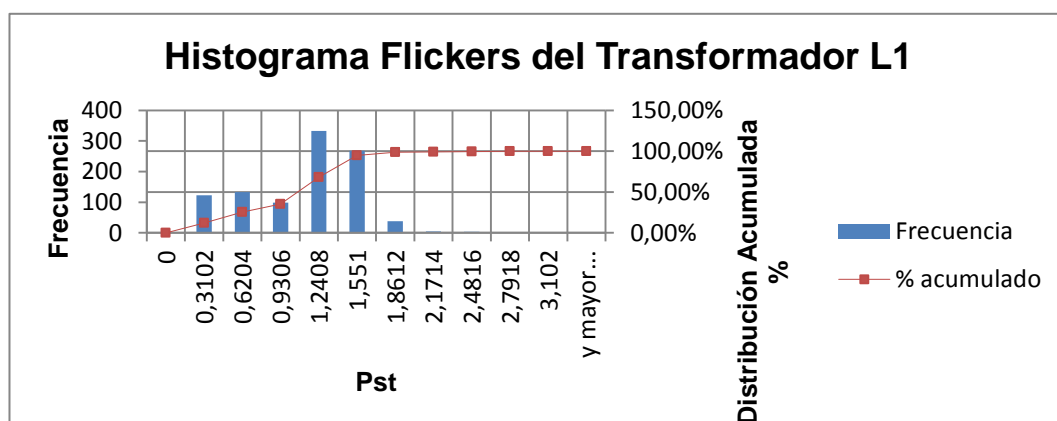


Figura 57 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,102 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 127

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	3,106
Pst min	0
Pst promedio	0,98
Valores >1	599
%	59,42

Tabla 128

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	2
0,3106	122
0,6212	133
0,9318	98
1,2424	334
1,553	265
1,8636	40
2,1742	6
2,4848	4
2,7954	2
3,106	2
y mayor...	0

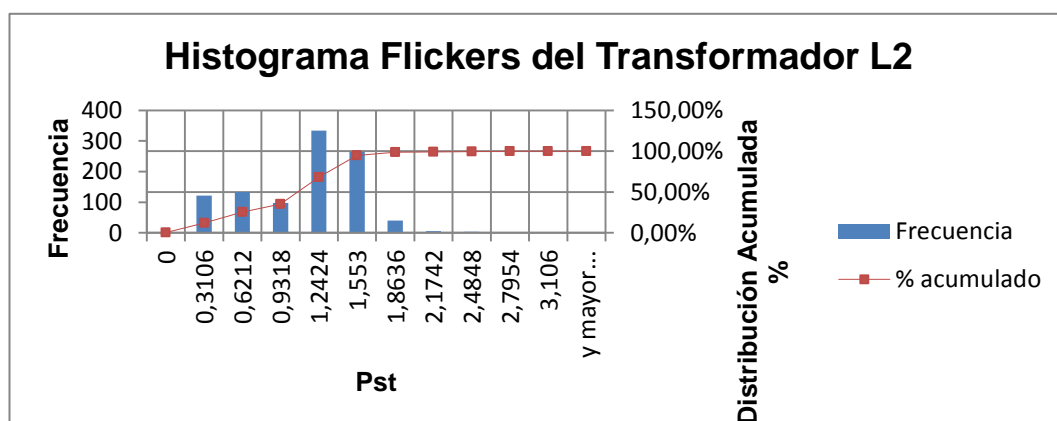


Figura 58 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,106 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

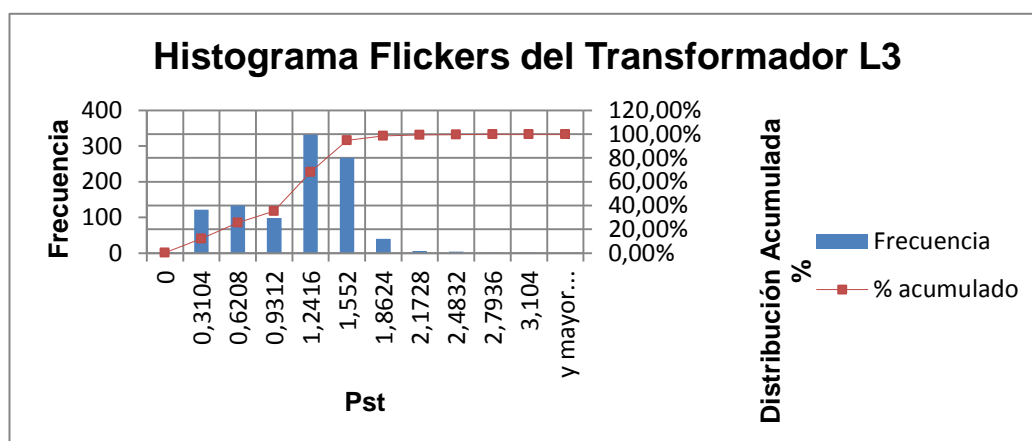
Tabla 129

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,104
Pst min	0
Pst promedio	0,98
Valores >1	597
%	59,23

Tabla 130**Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3**

Clase	Frecuencia
0	2
0,3104	122
0,6208	133
0,9312	98
1,2416	332
1,552	267
1,8624	40
2,1728	6
2,4832	4
2,7936	2
3,104	2
y mayor...	0

**Figura 59 Histograma de Flickers del Transformador L3**

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,104 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 131**Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador**

FP máx	0,996
FP min	0,71
FP promedio	0,98

Sea analizo el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,98 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.7. Transformador 45 KVA 8289 El Boliche

Tabla 132

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
V_{máx}	132,58
V_{mín}	122,96
V_{promedio}	128,76
ΔV%	1,39

Tabla 133

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
123,922	8	4
124,884	25	3
125,846	63	2
126,808	79	1
127,77	124	0
128,732	144	-1
129,694	196	-2
130,656	199	-3
131,618	133	-4
132,58	36	-5
y mayor...	1	

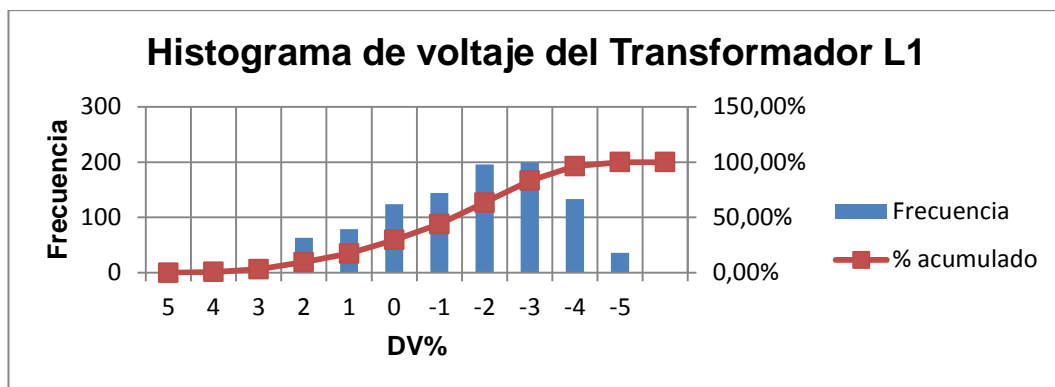


Figura 60 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 134

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
V_{máx}	133,67
V_{mín}	31,15
V_{promedio}	126,76
$\Delta V\%$	0,19

Tabla 135

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
41,402	8	4
51,654	7	3
61,906	3	2
72,158	11	1
82,41	2	0
92,662	2	-1
102,914	3	-2
113,166	0	-3
123,418	8	-4
133,67	963	-5
y mayor...	1	

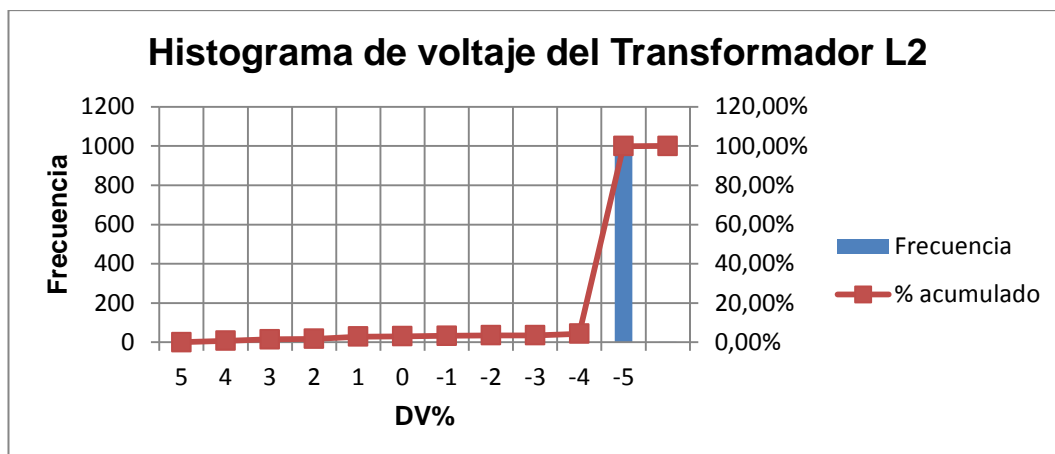


Figura 61 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +3% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 136

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
V_{máx}	132,9
V_{mín}	37,43
V_{promedio}	126,76
$\Delta V\%$	0,19

Tabla 137

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
46,977	3	4
56,524	2	3
66,071	3	2
75,618	12	1
85,165	5	0
94,712	7	-1
104,259	4	-2
113,806	0	-3
123,353	6	-4
132,9	965	-5
y mayor...	1	

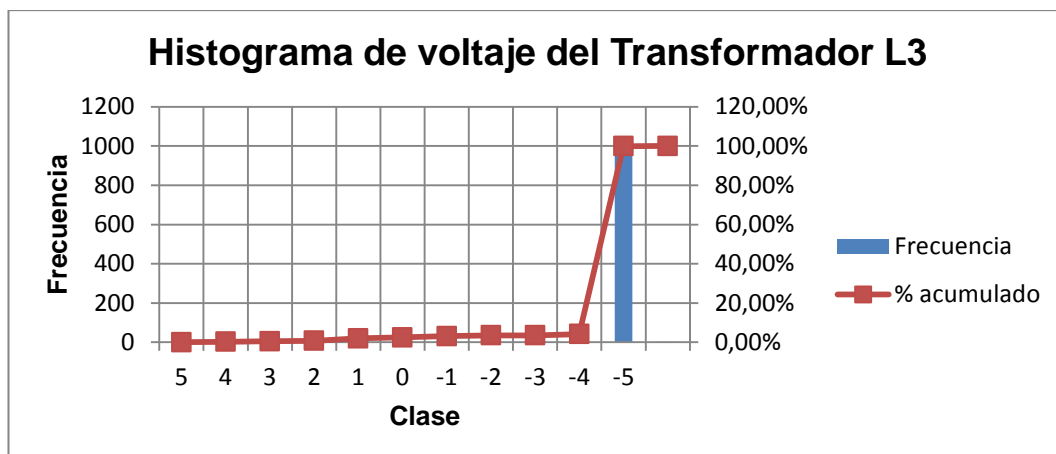


Figura 62 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +3% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 138

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	1,7
THD Vmin	0,49
THD V promedio	1,18

Tabla 139

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,611	20
0,732	50
0,853	14
0,974	72
1,095	170
1,216	221
1,337	216
1,458	137
1,579	77
1,7	31
y mayor...	0

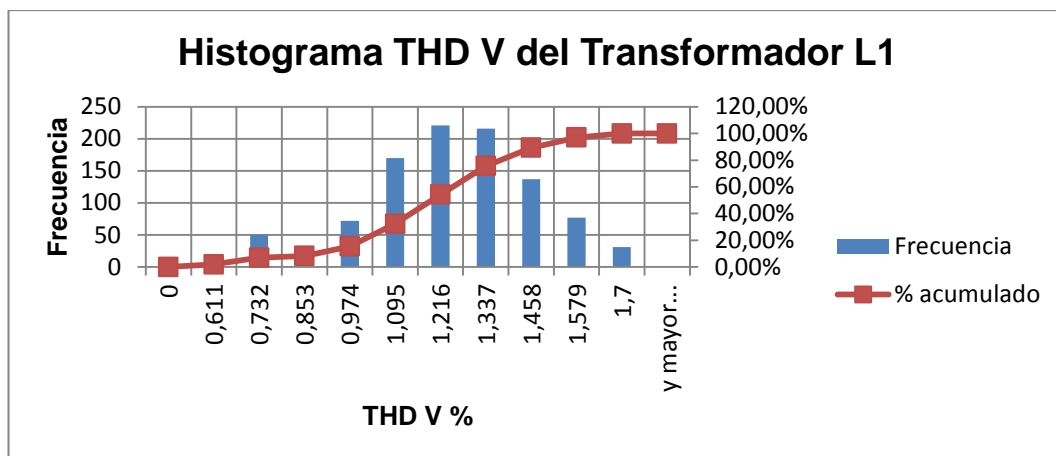


Figura 63 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,216% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 140

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD Vmáx	15
THD Vmin	0,48
THD V promedio	1,33

Tabla 141

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,932	972
3,384	12
4,836	8
6,288	3
7,74	2
9,192	4
10,644	2
12,096	1
13,548	1
15	3
y mayor...	0

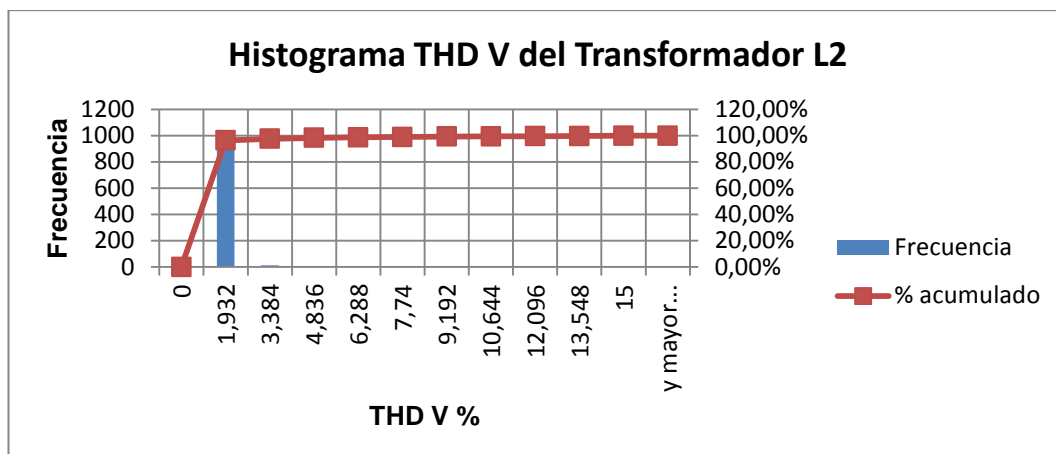


Figura 64 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,932% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 142

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	9,01
THD Vmin	0,42
THD V promedio	1,13

Tabla 143

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L3

Clase	Frecuencia
0	0
1,279	889
2,138	83
2,997	4
3,856	11
4,715	9
5,574	3
6,433	5
7,292	0
8,151	0
9,01	4
y mayor...	0

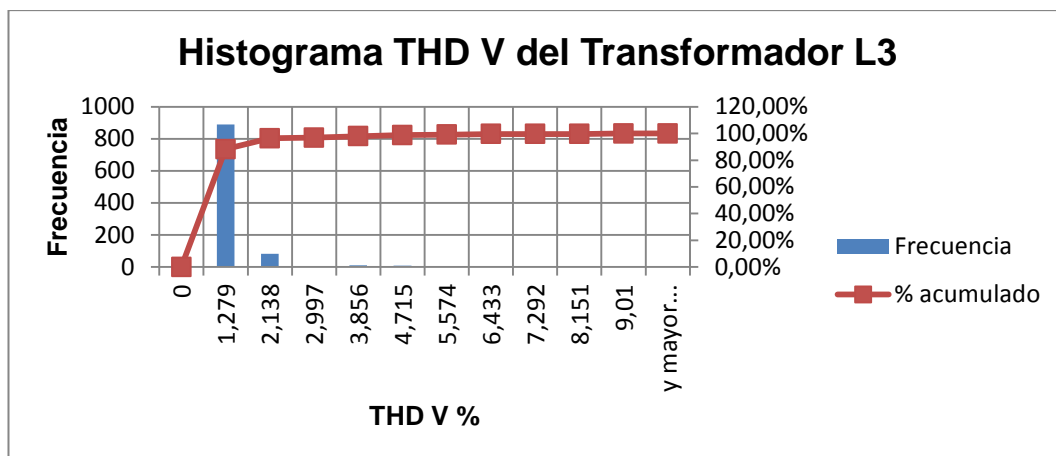


Figura 65 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,279% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 144

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	2,811
Pst min	0
Pst promedio	1,05
Valores >1	620
%	

Tabla 145

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	1
0,2811	119
0,5622	99
0,8433	76
1,1244	195
1,4055	270
1,6866	177
1,9677	58
2,2488	7
2,5299	3
2,811	2
y mayor...	1

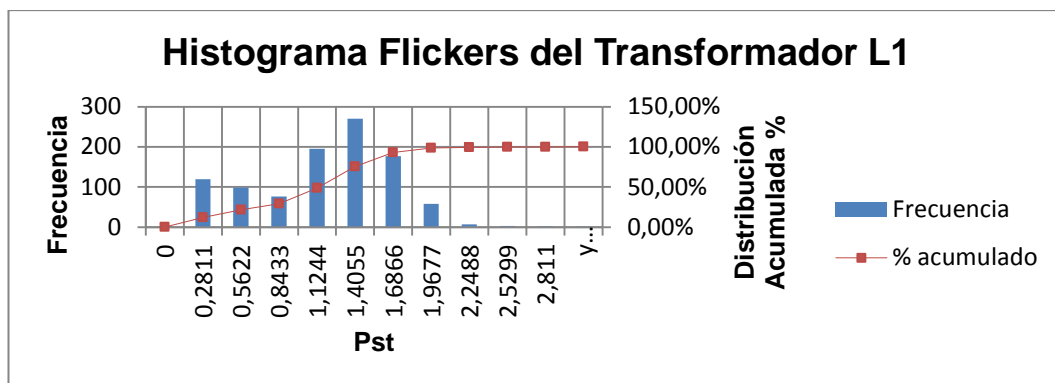


Figura 66 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,811 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 146

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	3,053
Pst min	0
Pst promedio	0,98
Valores >1	633
%	

Tabla 147

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	38
0,3053	113
0,6106	93
0,9159	70
1,2212	317
1,5265	331
1,8318	37
2,1371	2
2,4424	1
2,7477	4
3,053	1
y mayor...	1

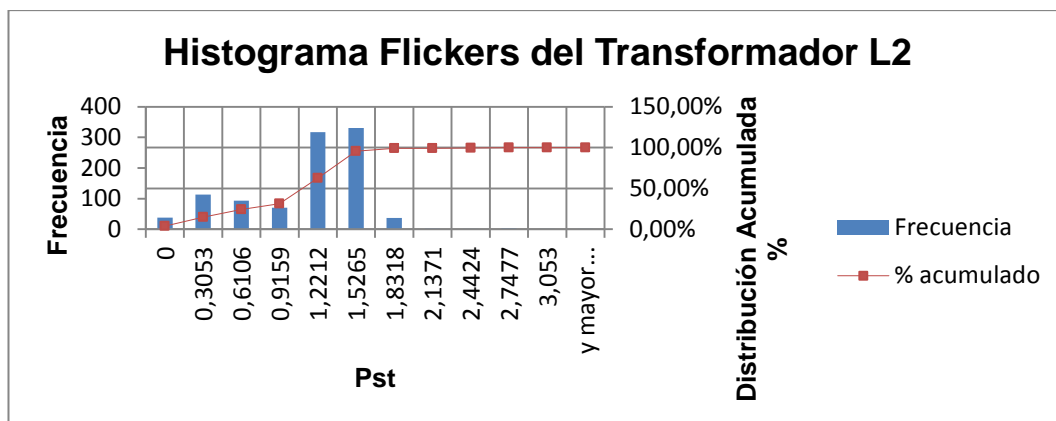


Figura 67 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,053 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 148

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,278
Pst min	0
Pst promedio	1,02
Valores >1	637
%	

Tabla 149

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	36
0,3278	122
0,6556	97
0,9834	106
1,3112	320
1,639	281
1,9668	35
2,2946	4
2,6224	2
2,9502	4
3,278	0
y mayor...	1

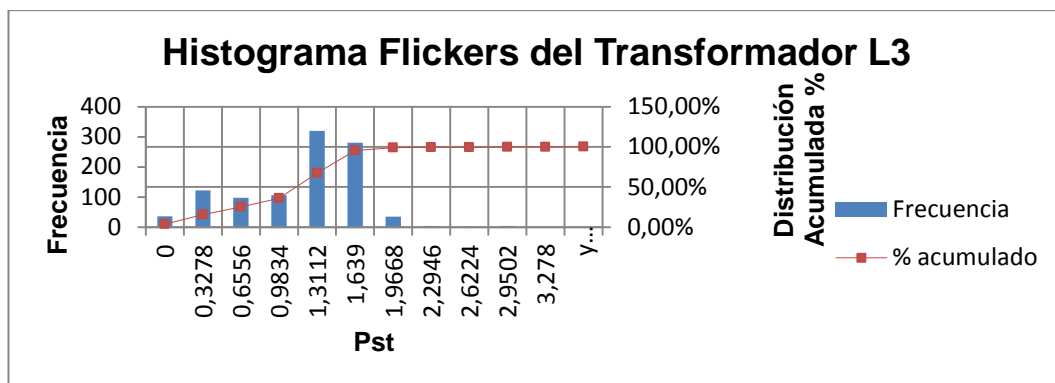


Figura 68 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,278 y representa el 0,1%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 150

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	1
FP min	0,333
FP promedio	0,78

Sea analizo el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,78 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.8. Transformador 45 KVA 8290 El Boliche

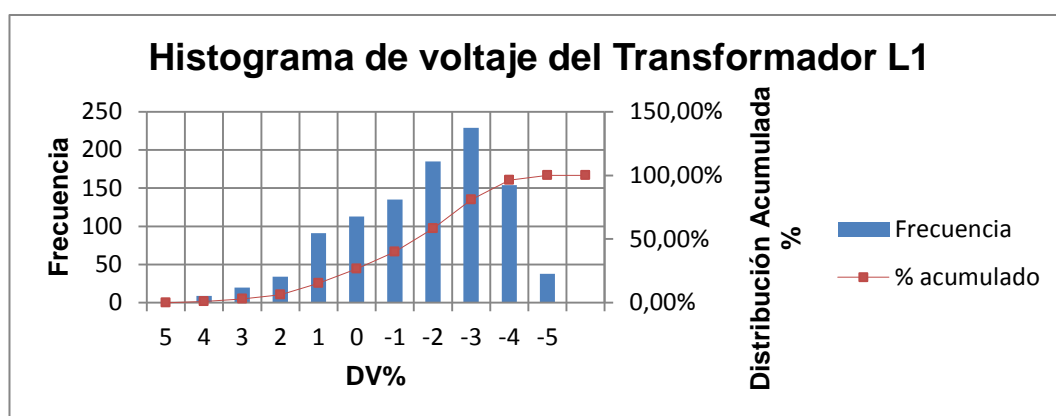
Tabla 151

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	132,49
Vmín	121,82
Vpromedio	128,48
$\Delta V\%$	1,16

Tabla 152**Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1**

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
122,887	9	4
123,954	20	3
125,021	34	2
126,088	91	1
127,155	113	0
128,222	135	-1
129,289	185	-2
130,356	229	-3
131,423	154	-4
132,49	38	-5
y mayor...	0	

**Figura 69 Histograma de voltaje del Transformador L1**

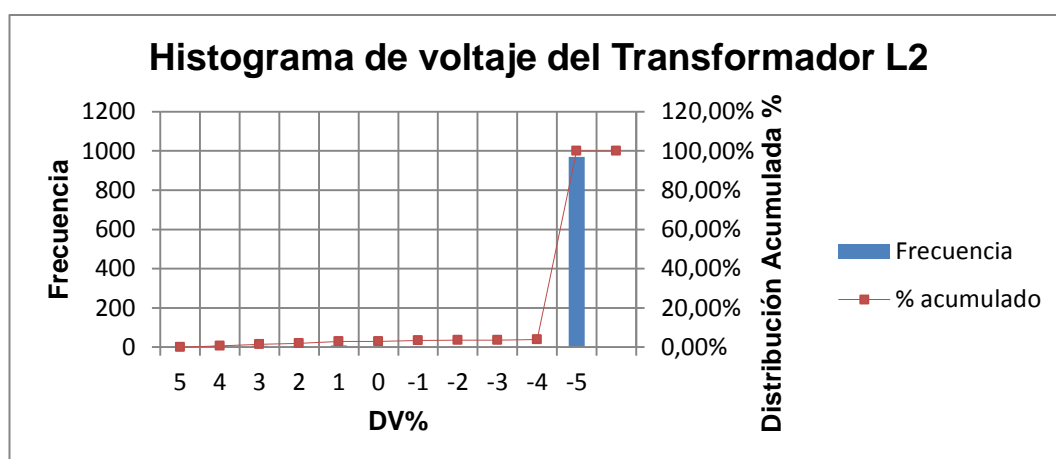
En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 153**Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador**

L2	
Vmáx	133,24
Vmín	31,62
Vpromedio	126,52
$\Delta V\%$	0,38

Tabla 154**Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2**

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
41,782	7	4
51,944	7	3
62,106	6	2
72,268	9	1
82,43	1	0
92,592	4	-1
102,754	2	-2
112,916	0	-3
123,078	3	-4
133,24	969	-5
y mayor...	0	

**Figura 70 Histograma de voltaje del Transformador L2**

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +3% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 155**Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador**

L3	
V_{máx}	133,06
V_{mín}	37,61
V_{promedio}	126,90
$\Delta V\%$	0,08

Tabla 156

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
47,155	2	4
56,7	4	3
66,245	2	2
75,79	10	1
85,335	6	0
94,88	8	-1
104,425	4	-2
113,97	1	-3
123,515	7	-4
133,06	964	-5
y mayor...	0	

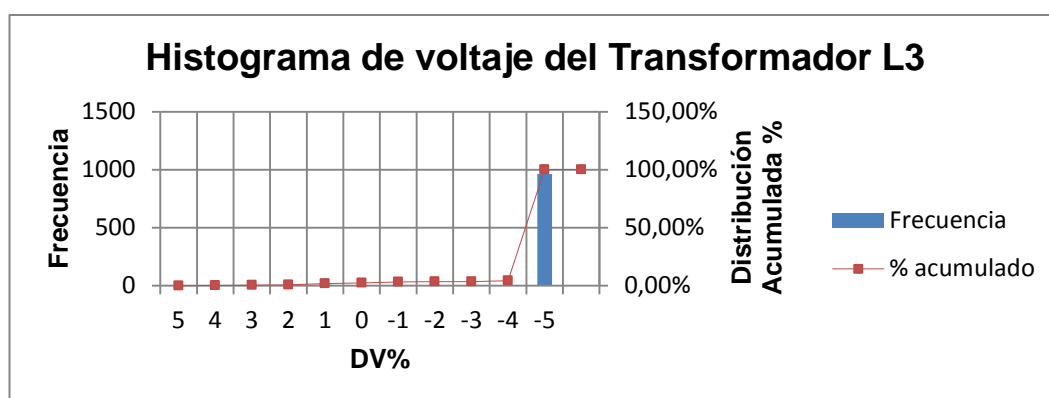


Figura 71 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +1% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 157

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	1,77
THD Vmin	0,5
THD V promedio	1,18

Tabla 158

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,627	21
0,754	48
0,881	29
1,008	104
1,135	207
1,262	238
1,389	169
1,516	121
1,643	55
1,77	16
y mayor...	0

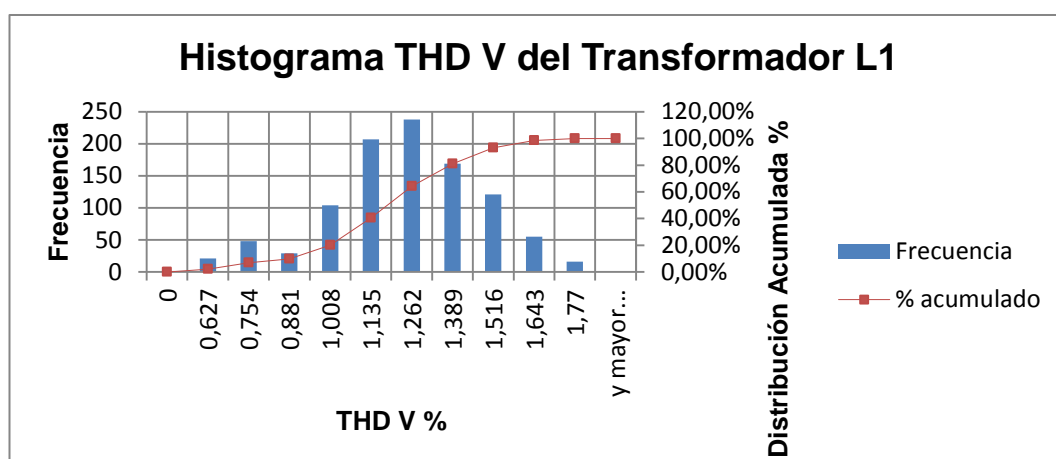


Figura 72 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,262% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 159

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD V _{máx}	14,8
THD V _{min}	0,52
THD V promedio	1,32

Tabla 160

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,948	971
3,376	12
4,804	10
6,232	2
7,66	2
9,088	3
10,516	3
11,944	1
13,372	2
14,8	2
y mayor...	0

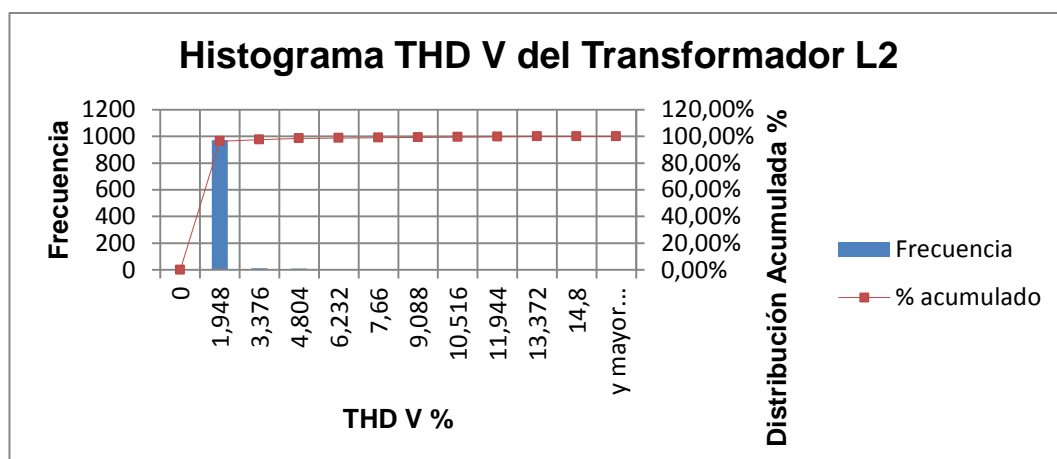


Figura 73 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,948% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 161

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD V _{máx}	9,21
THD V _{min}	0,42
THD V promedio	1,14

Tabla 162

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3

Clase	Frecuencia
0	0
1,299	892
2,178	80
3,057	5
3,936	11
4,815	9
5,694	3
6,573	2
7,452	3
8,331	1
9,21	2
y mayor...	0

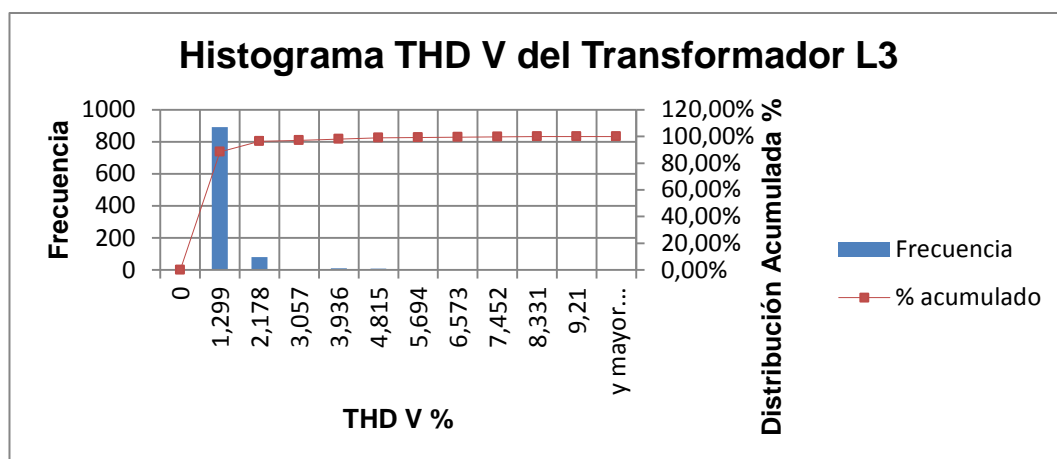


Figura 74 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,299% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 163

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	2,957
Pst min	0
Pst promedio	1,06
Valores >1	639
%	

Tabla 164

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	2
0,2957	112
0,5914	107
0,8871	71
1,1828	256
1,4785	262
1,7742	154
2,0699	37
2,3656	4
2,6613	1
2,957	2
y mayor...	0

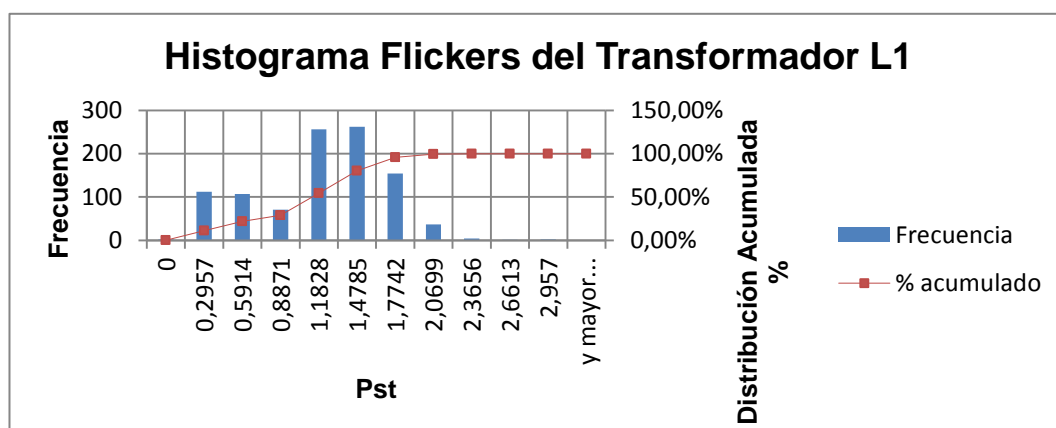


Figura 75 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,957 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 165

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	2,906
Pst min	0
Pst promedio	0,96
Valores >1	605
%	

Tabla 166

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	41
0,2906	102
0,5812	100
0,8718	63
1,1624	298
1,453	328
1,7436	64
2,0342	5
2,3248	1
2,6154	3
2,906	3
y mayor...	0

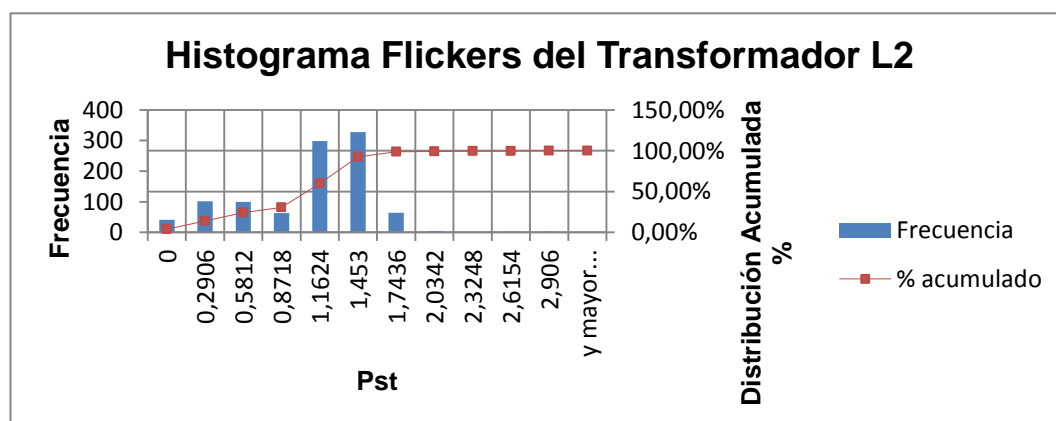


Figura 76 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,906 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 167

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,259
Pst min	0
Pst promedio	1,07
Valores >1	684
%	

Tabla 168

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	8
0,3259	34
0,6518	294
0,9777	261
1,3036	411
1,6295	0
1,9554	0
2,2813	0
2,6072	0
2,9331	0
3,259	0
y mayor...	0

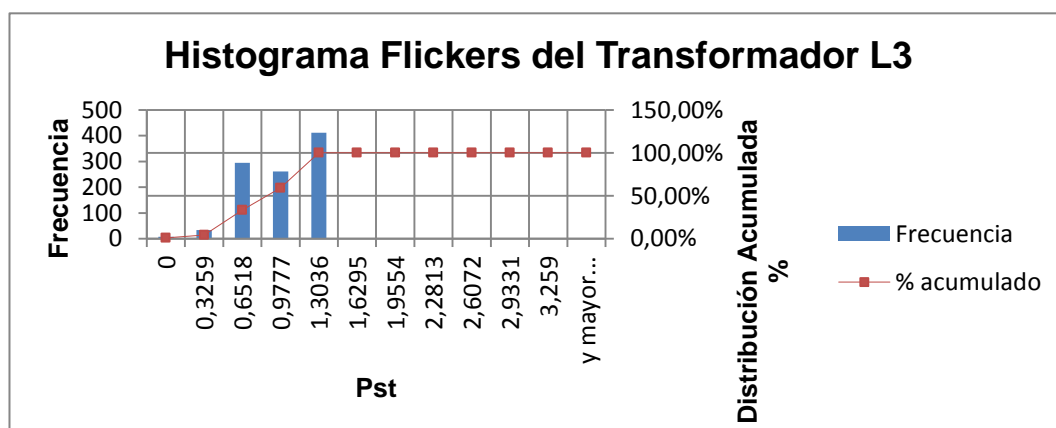


Figura 77 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,259 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 169

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	0,971
FP min	0,541
FP promedio	0,73

Sea análisis el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,73 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.9. Transformador 45 KVA 8292 El Boliche

Tabla 170

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	132,69
Vmín	118,29
Vpromedio	127,54
$\Delta V\%$	4,39

Tabla 171

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
119,73	17	4
121,17	37	3
122,61	82	2
124,05	50	1
125,49	64	0
126,93	67	-1
128,37	154	-2
129,81	247	-3
131,25	242	-4
132,69	48	-5
y mayor...	0	

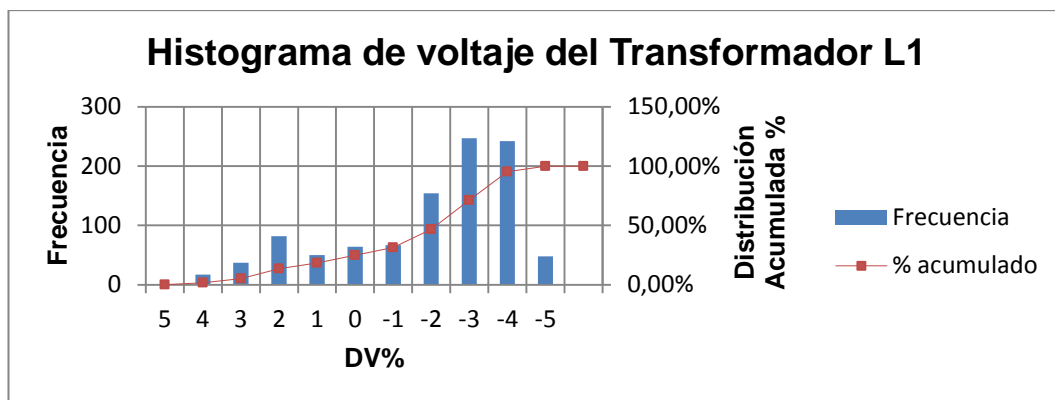


Figura 78 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 172

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Vmáx	133,41
Vmín	31,77
Vpromedio	125,47
$\Delta V\%$	1,20

Tabla 173

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
41,934	7	4
52,098	8	3
62,262	5	2
72,426	8	1
82,59	3	0
92,754	3	-1
102,918	2	-2
113,082	0	-3
123,246	153	-4
133,41	819	-5
y mayor...	0	

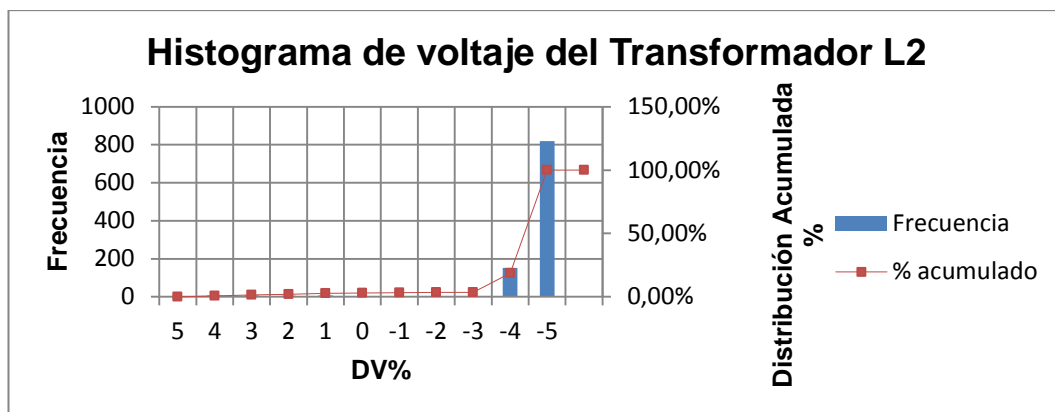


Figura 79 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +3% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 174

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Vmáx	132,77
Vmín	37,35
Vpromedio	125,44
$\Delta V\%$	1,23

Tabla 175

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
46,892	3	4
56,434	3	3
65,976	4	2
75,518	8	1
85,06	6	0
94,602	8	-1
104,144	5	-2
113,686	0	-3
123,228	168	-4
132,77	803	-5
y mayor...	0	

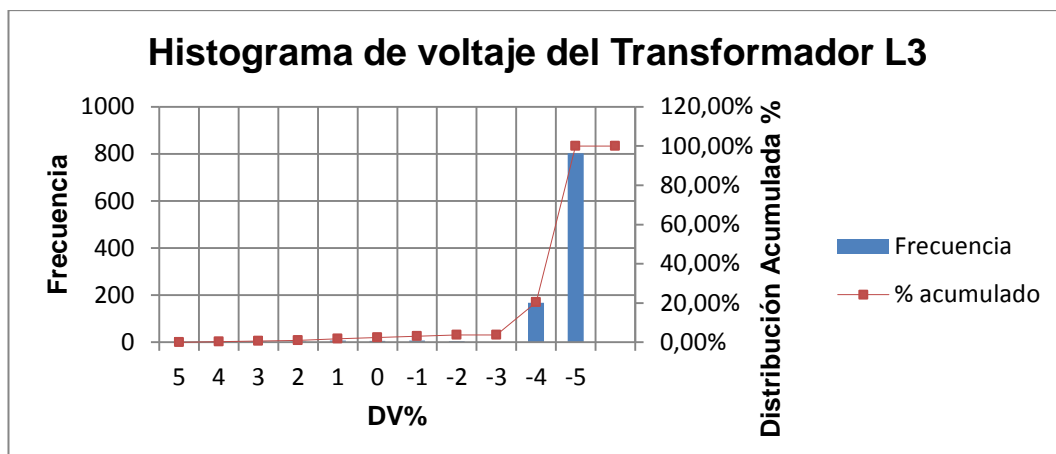


Figura 80 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +1% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 176

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	1,8
THD Vmin	0,53
THD V promedio	1,17

Tabla 177

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,657	48
0,784	54
0,911	108
1,038	72
1,165	159
1,292	202
1,419	177
1,546	127
1,673	53
1,8	8
y mayor...	0

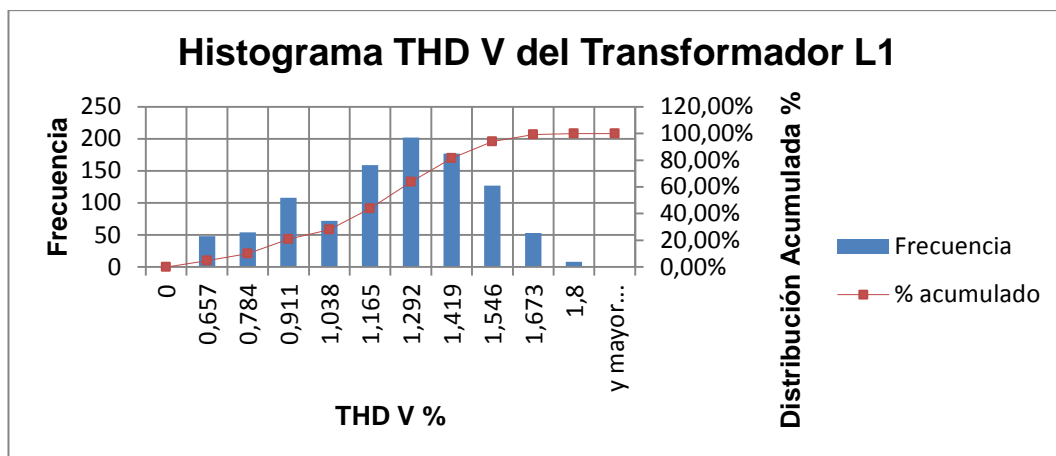


Figura 81 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,292% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 178

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD Vmáx	14,9
THD Vmin	0,42
THD V promedio	1,28

Tabla 179

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,868	971
3,316	12
4,764	9
6,212	3
7,66	2
9,108	3
10,556	3
12,004	1
13,452	2
14,9	2
y mayor...	0

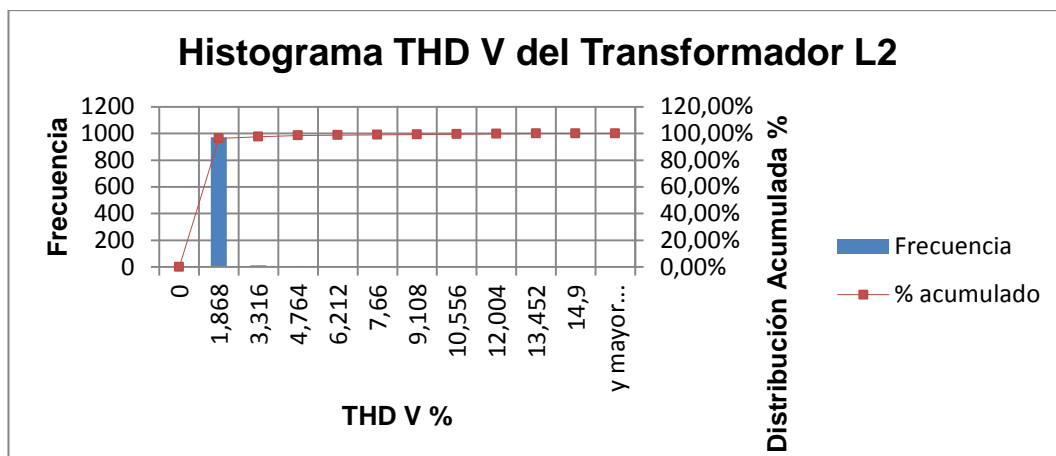


Figura 82 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,868% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 180

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	9,19
THD Vmin	0,4
THD V promedio	1,13

Tabla 181

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L3

Clase	Frecuencia
0	0
1,279	831
2,158	140
3,037	5
3,916	10
4,795	11
5,674	3
6,553	2
7,432	4
8,311	0
9,19	1
y mayor...	1

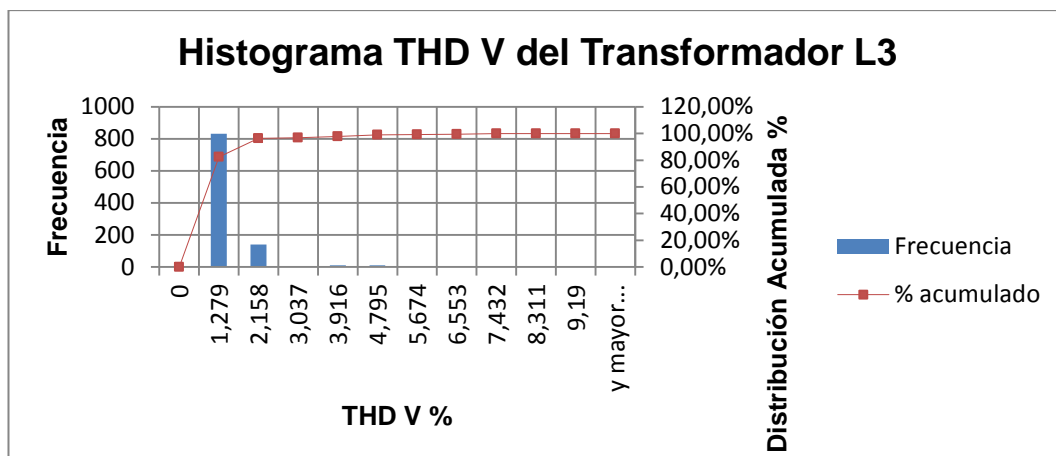


Figura 83 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,279% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 182

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	3,012
Pst min	0,15
Pst promedio	1,07
Valores >1	655
%	

Tabla 183

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,4362	173
0,7224	61
1,0086	124
1,2948	280
1,581	263
1,8672	88
2,1534	13
2,4396	3
2,7258	1
3,012	2
y mayor...	0

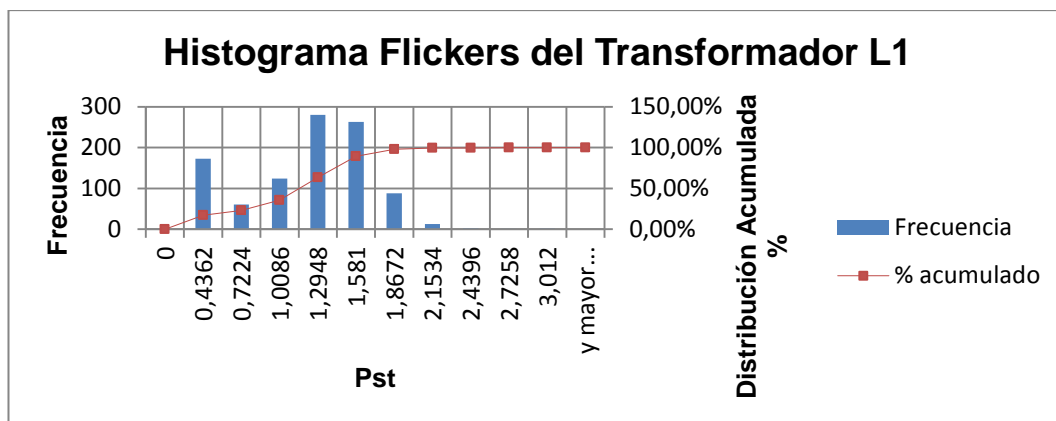


Figura 84 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,012 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 184

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	2,999
Pst min	0
Pst promedio	1,03
Valores >1	672
%	

Tabla 185

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	36	3,57%
0,2999	110	14,48%
0,5998	88	23,21%
0,8997	49	28,08%
1,1996	248	52,68%
1,4995	368	89,19%
1,7994	97	98,81%
2,0993	5	99,31%
2,3992	1	99,40%
2,6991	3	99,70%
2,999	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%

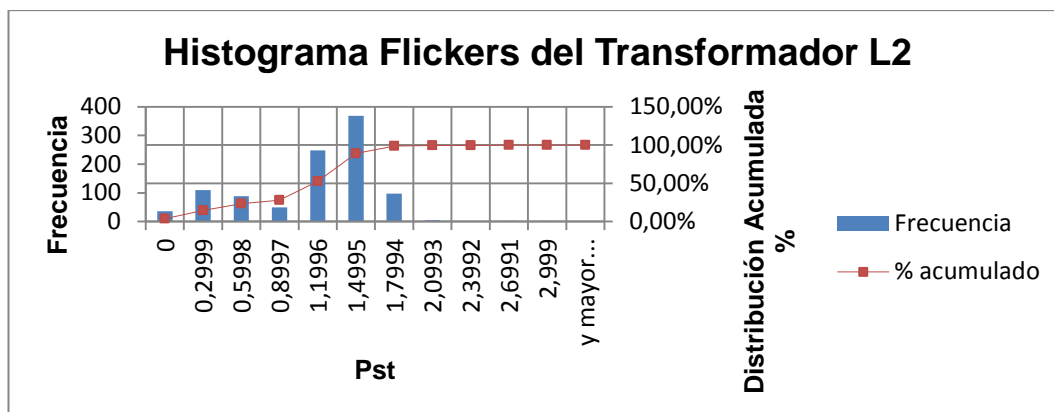


Figura 85 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 2,999 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 186

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,223
Pst min	0
Pst promedio	1,08
Valores >1	692
%	

Tabla 187

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	36
0,3223	115
0,6446	83
0,9669	65
1,2892	259
1,6115	374
1,9338	62
2,2561	5
2,5784	4
2,9007	3
3,223	1
y mayor...	1

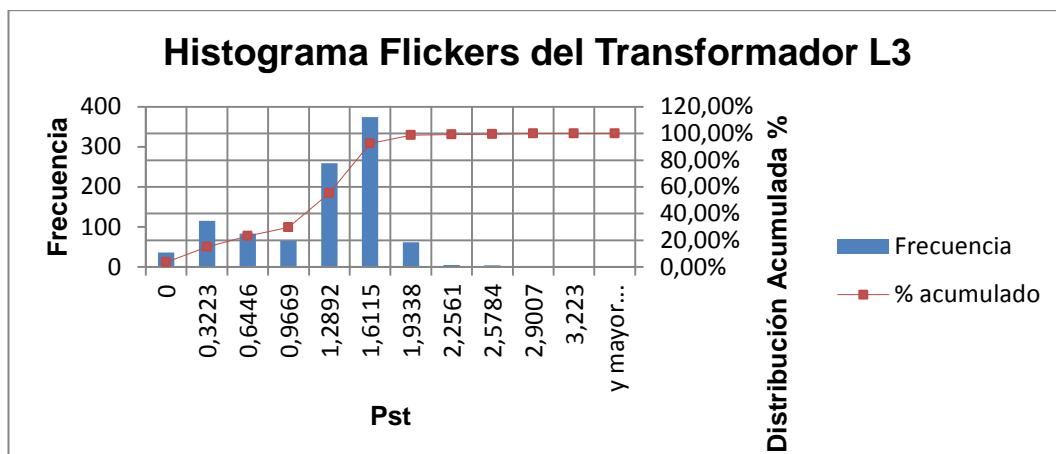


Figura 86 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,223 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 188

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	0,989
FP min	0,644
FP promedio	0,86

Sea análisis el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,86 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.10. Transformador 37,5 KVA 8644 Chasqui

Tabla 189

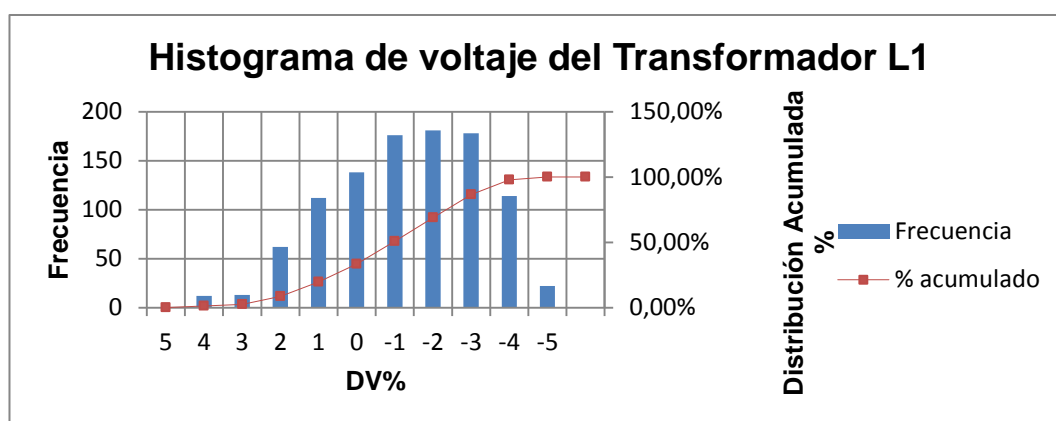
Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Vmáx	125,74
Vmín	117,2
Vpromedio	122,15
ΔV%	3,82

Tabla 190

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,054	12	4
118,908	13	3
119,762	62	2
120,616	112	1
121,47	138	0
122,324	176	-1
123,178	181	-2
124,032	178	-3
124,886	114	-4
125,74	22	-5
y mayor...	0	

**Figura 87 Histograma de voltaje del Transformador L1**

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 191

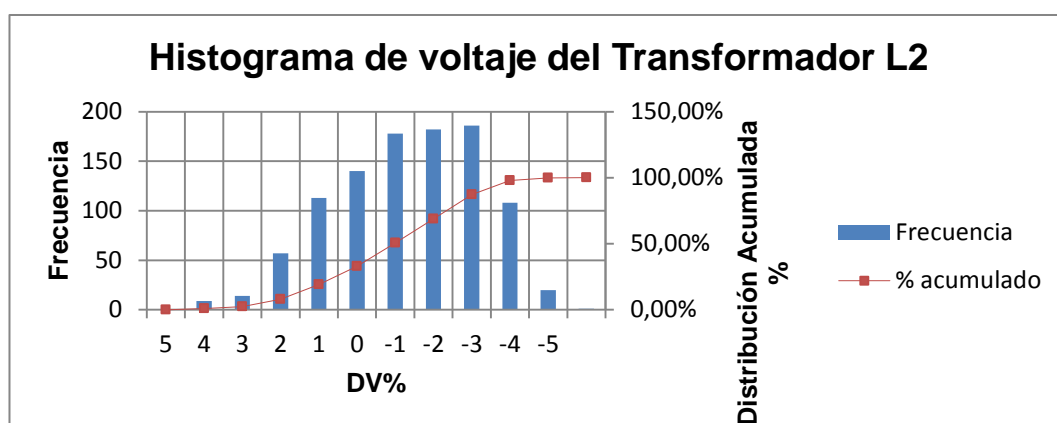
Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
V _{máx}	126,03
V _{mín}	117,35
V _{promedio}	122,39
$\Delta V\%$	3,63

Tabla 192

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,218	9	4
119,086	14	3
119,954	57	2
120,822	113	1
121,69	140	0
122,558	178	-1
123,426	182	-2
124,294	186	-3
125,162	108	-4
126,03	20	-5
y mayor...	1	

**Figura 88 Histograma de voltaje del Transformador L2**

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

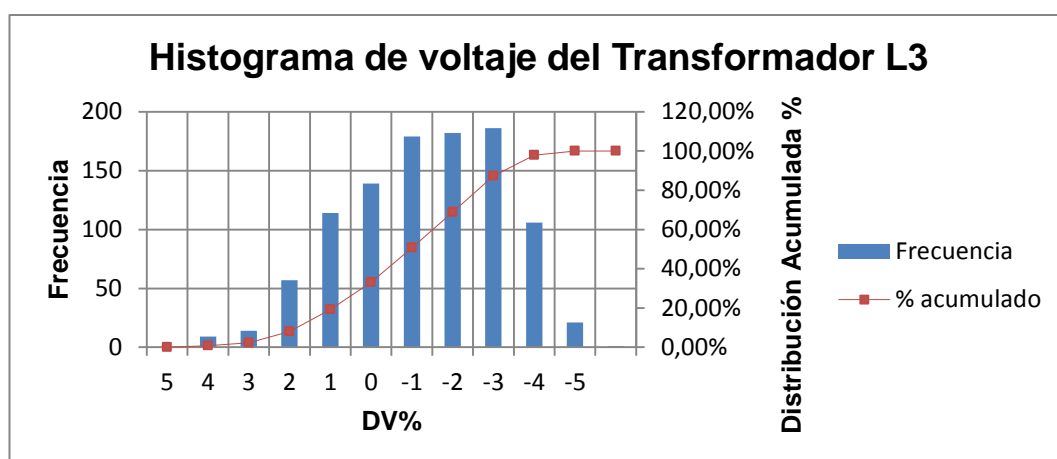
Tabla 193

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
V _{máx}	126,02
V _{mín}	117,34
V _{promedio}	122,37
$\Delta V\%$	3,64

Tabla 194**Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje L3**

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,208	9	4
119,076	14	3
119,944	57	2
120,812	114	1
121,68	139	0
122,548	179	-1
123,416	182	-2
124,284	186	-3
125,152	106	-4
126,02	21	-5
y mayor...	1	

**Figura 89 Histograma de voltaje del Transformador L3**

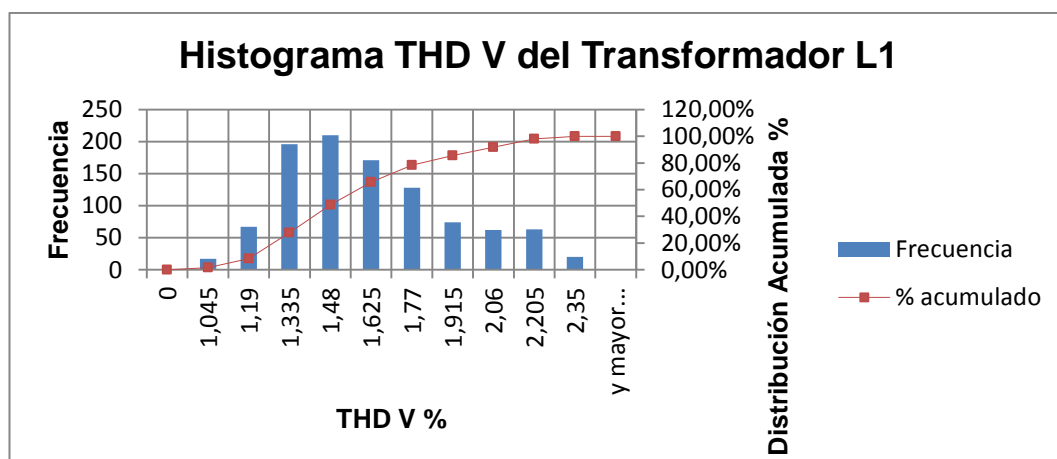
En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 195**Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador**

L1	
THD V _{máx}	2,35
THD V _{min}	0,9
THD V promedio	1,55

Tabla 196**Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L1**

Clase	Frecuencia
0	0
1,045	17
1,19	67
1,335	196
1,48	210
1,625	171
1,77	128
1,915	74
2,06	62
2,205	63
2,35	20
y mayor...	0

**Figura 90 Histograma de THD V del Transformador L1**

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,48% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 197**Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador**

L2	
THD V _{máx}	2,13
THD V _{min}	0,83
THD V promedio	1,46

Tabla 198

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,96	20
1,09	43
1,22	115
1,35	232
1,48	179
1,61	147
1,74	102
1,87	59
2	77
2,13	31
y mayor...	3

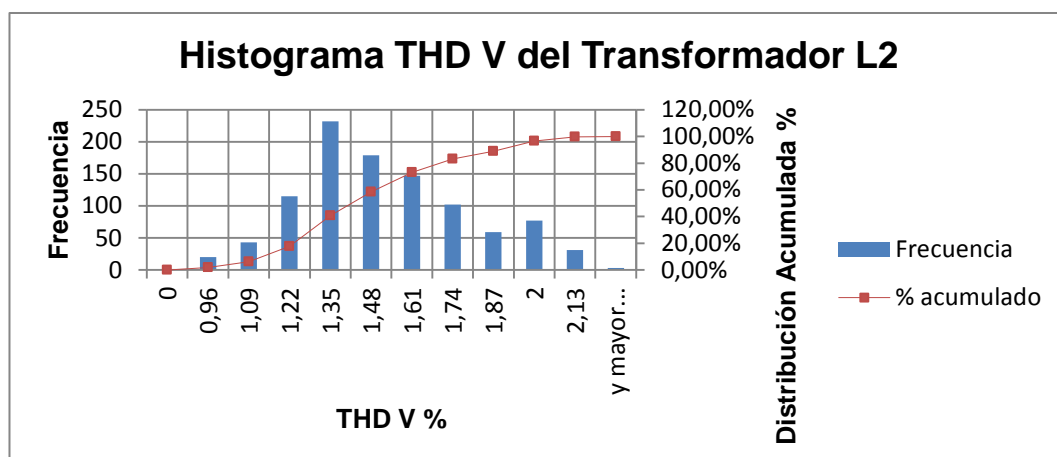


Figura 91 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,35% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

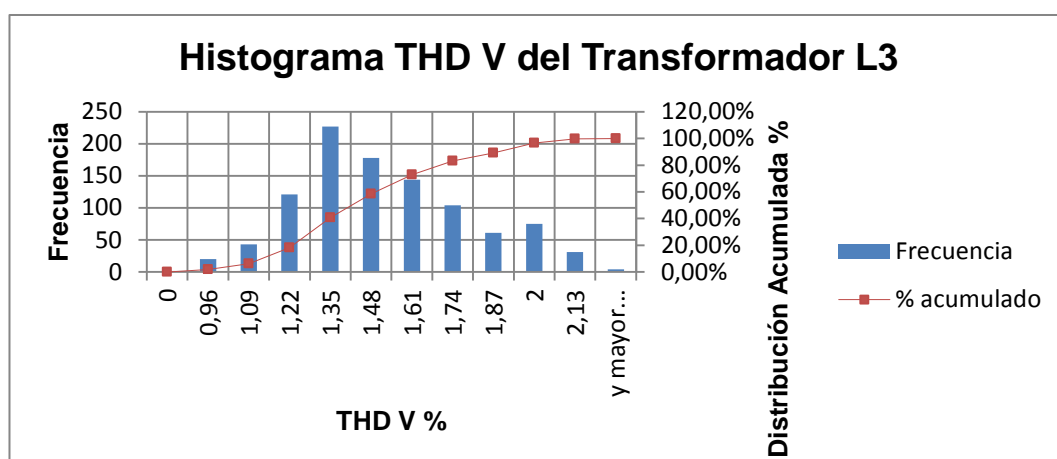
Tabla 199

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD V _{máx}	2,13
THD V _{min}	0,83
THD V promedio	1,45

Tabla 200**Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica L3**

Clase	Frecuencia
0	0
0,96	20
1,09	43
1,22	121
1,35	227
1,48	178
1,61	144
1,74	104
1,87	61
2	75
2,13	31
y mayor...	4

**Figura 92 Histograma de THD V del Transformador L3**

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,35% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 201**Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador**

L1	
Pst máx	3,197
Pst min	0
Pst promedio	0,99
Valores >1	621
%	

Tabla 202

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	1
0,3197	118
0,6394	136
0,9591	94
1,2788	383
1,5985	240
1,9182	27
2,2379	2
2,5576	4
2,8773	1
3,197	2
y mayor...	0

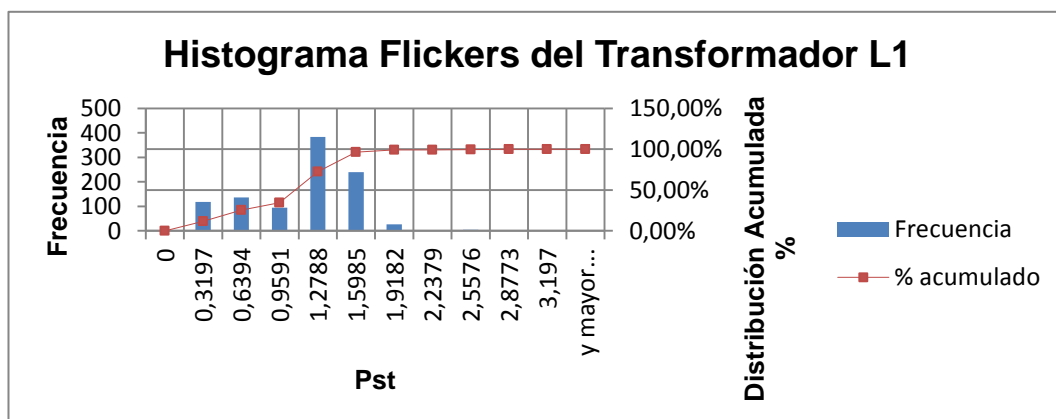


Figura 93 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,197 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 203

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	3,219
Pst min	0
Pst promedio	0,99
Valores >1	619
%	

Tabla 204

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	0
0,3219	0
0,6438	13
0,9657	951
1,2876	44
1,6095	0
1,9314	0
2,2533	0
2,5752	0
2,8971	0
3,219	0
y mayor...	0

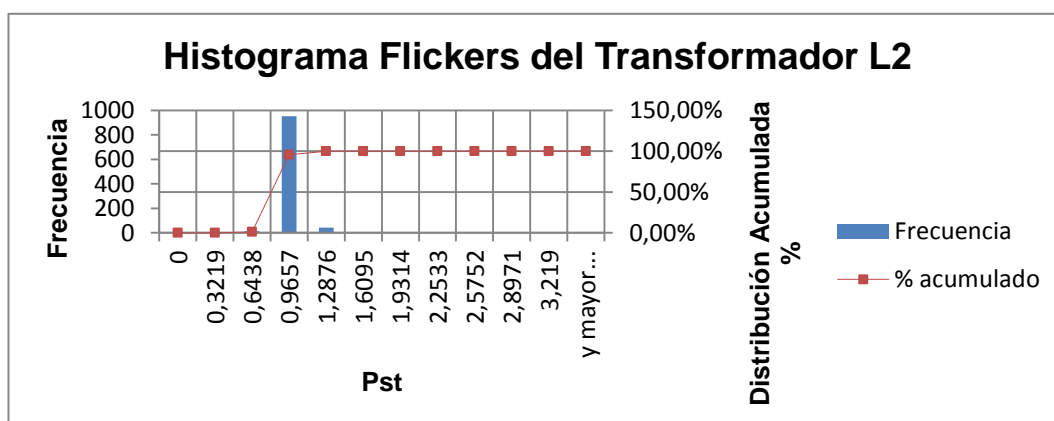


Figura 94 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,219 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 205

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,219
Pst min	0
Pst promedio	0,99
Valores >1	621
%	

Tabla 206

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	1
0,3219	119
0,6438	137
0,9657	99
1,2876	386
1,6095	231
1,9314	26
2,2533	2
2,5752	4
2,8971	1
3,219	1
y mayor...	1

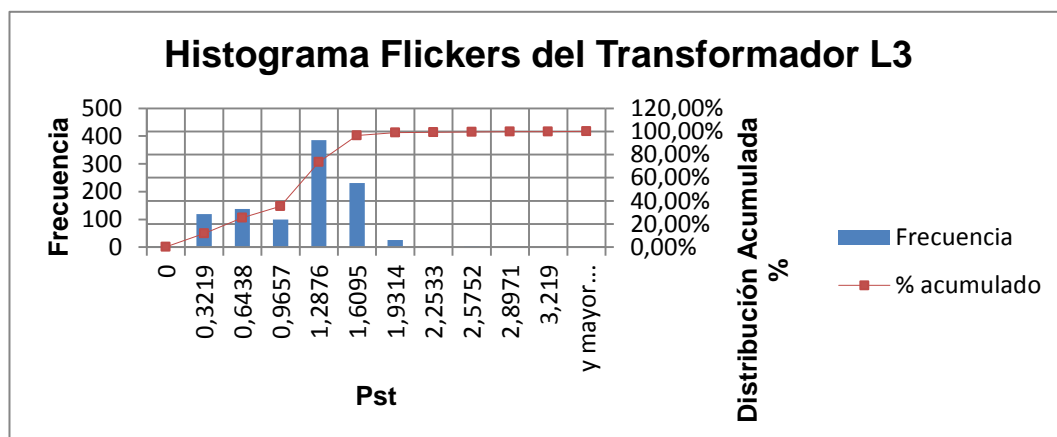


Figura 95 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,219 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 207

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	0,978
FP min	0,591
FP promedio	0,87

Sea analizo el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,87 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

4.1.11. Transformador 100 KVA 9951 Chasqui

Tabla 208

Voltaje máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
V_{máx}	126,66
V_{mín}	117,74
V_{promedio}	123,33
ΔV%	2,89

Tabla 209

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L1

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
118,632	8	4
119,524	13	3
120,416	41	2
121,308	70	1
122,2	131	0
123,092	150	-1
123,984	199	-2
124,876	195	-3
125,768	148	-4
126,66	52	-5
y mayor...	1	

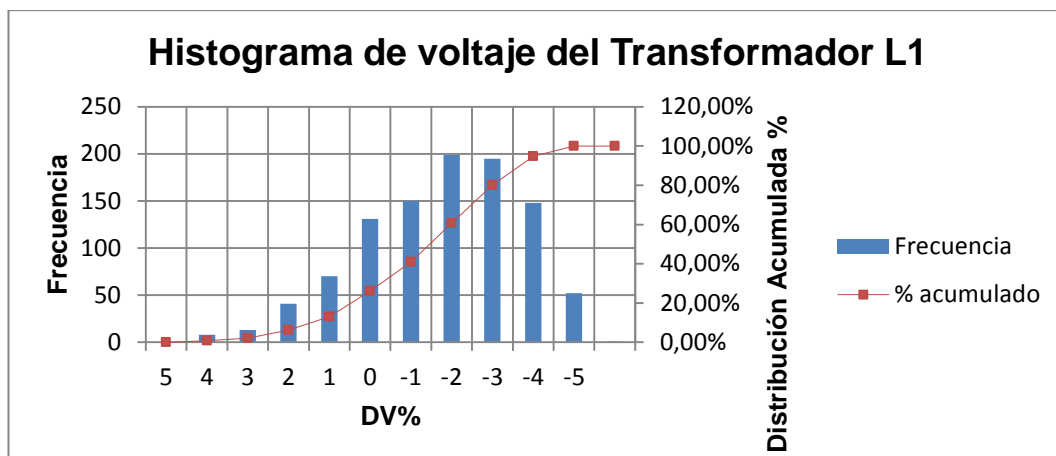


Figura 96 Histograma de voltaje del Transformador L1

En la figura se observa que la L1 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 210

Voltaje máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
V_{máx}	127,68
V_{mín}	31,61
V_{promedio}	121,62
$\Delta V\%$	4,24

Tabla 211

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L2

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
41,217	6	4
50,824	7	3
60,431	7	2
70,038	10	1
79,645	0	0
89,252	3	-1
98,859	4	-2
108,466	0	-3
118,073	0	-4
127,68	969	-5
y mayor...	2	

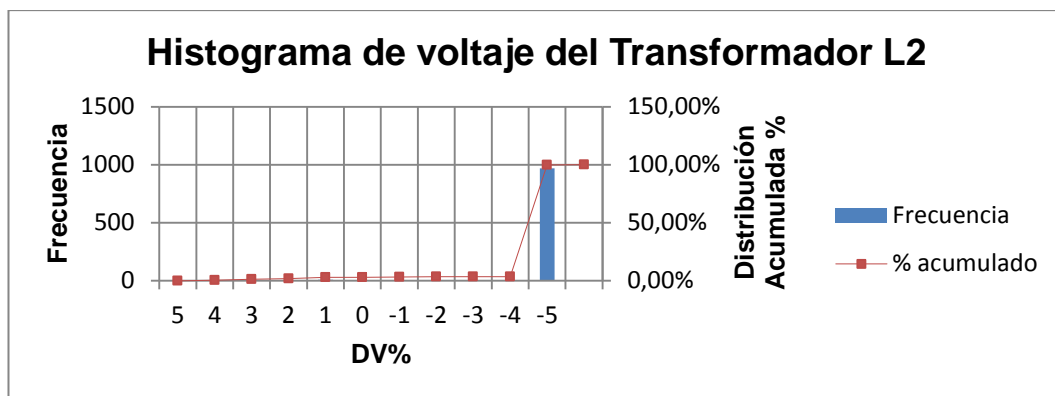


Figura 97 Histograma de voltaje del Transformador L2

En la figura se observa que la L2 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -6%, lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 212

Voltaje máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Vmáx	126,91
Vmín	34,94
Vpromedio	121,40
$\Delta V\%$	4,41

Tabla 213

Datos agrupados del histograma y distribución de variación de voltaje

L3

Clase	Frecuencia	DV %
0	0	5
44,137	4	4
53,334	1	3
62,531	0	2
71,728	12	1
80,925	7	0
90,122	6	-1
99,319	7	-2
108,516	0	-3
117,713	1	-4
126,91	970	-5
y mayor...	0	

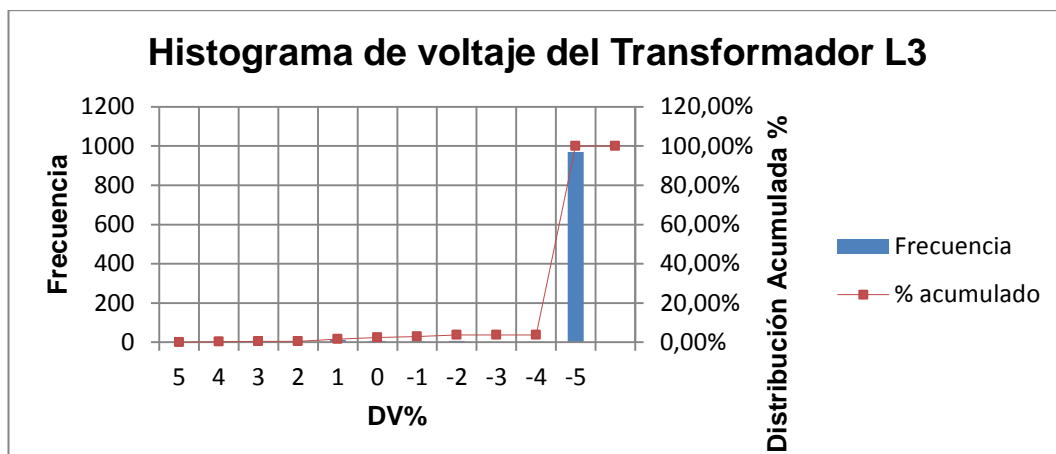


Figura 98 Histograma de voltaje del Transformador L3

En la figura se observa que la L3 del transformador con lo que respecta a la variación de voltaje se encuentra entre +4% y -5%, lo que quiere decir que se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de $\pm 5\%$.

Tabla 214

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
THD Vmáx	1,66
THD Vmin	0,49
THD V promedio	1,16

Tabla 215

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L1

Clase	Frecuencia
0	0
0,607	20
0,724	50
0,841	16
0,958	69
1,075	154
1,192	224
1,309	215
1,426	156
1,543	68
1,66	36
y mayor...	0

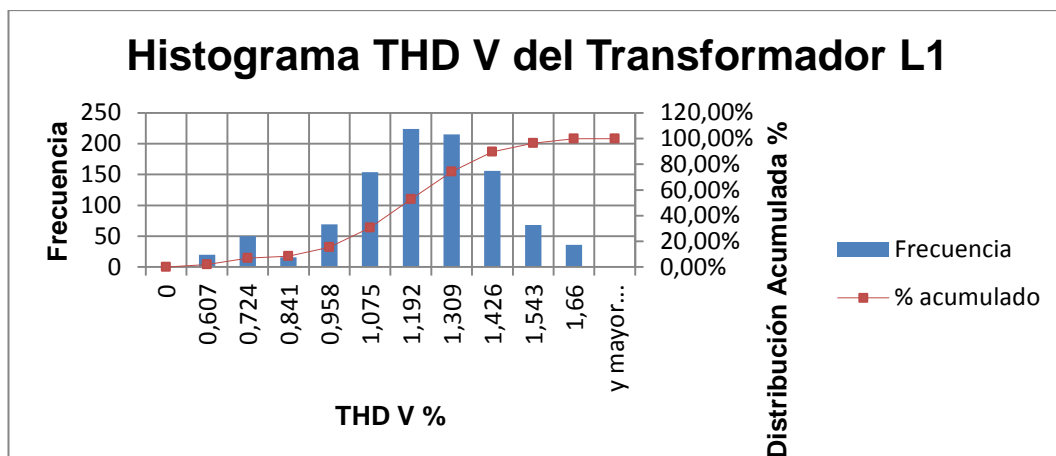


Figura 99 Histograma de THD V del Transformador L1

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L1, se observa que el máximo es de 1,192% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 216

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
THD Vmáx	14,1
THD Vmin	0,41
THD V promedio	1,28

Tabla 217

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,779	971
3,148	8
4,517	12
5,886	2
7,255	2
8,624	5
9,993	3
11,362	0
12,731	2
14,1	2
y mayor...	1

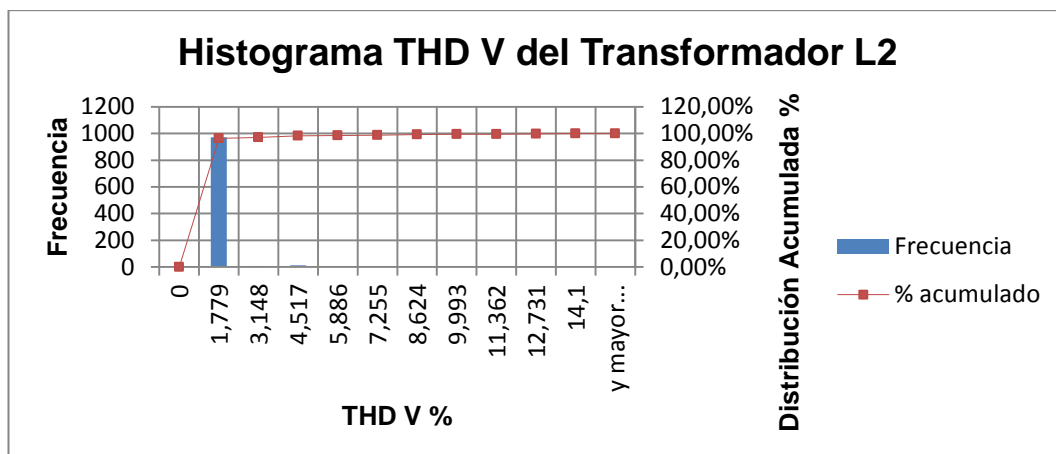


Figura 100 Histograma de THD V del Transformador L2

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L2, se observa que el máximo es de 1,779% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 218

Distorsión armónica máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
THD Vmáx	10,1
THD Vmin	0,4
THD V promedio	1,13

Tabla 219

Datos agrupados del histograma y distribución de distorsión armónica

L3

Clase	Frecuencia
0	0
1,37	954
2,34	20
3,31	6
4,28	11
5,25	9
6,22	2
7,19	1
8,16	2
9,13	1
10,1	2
y mayor...	0

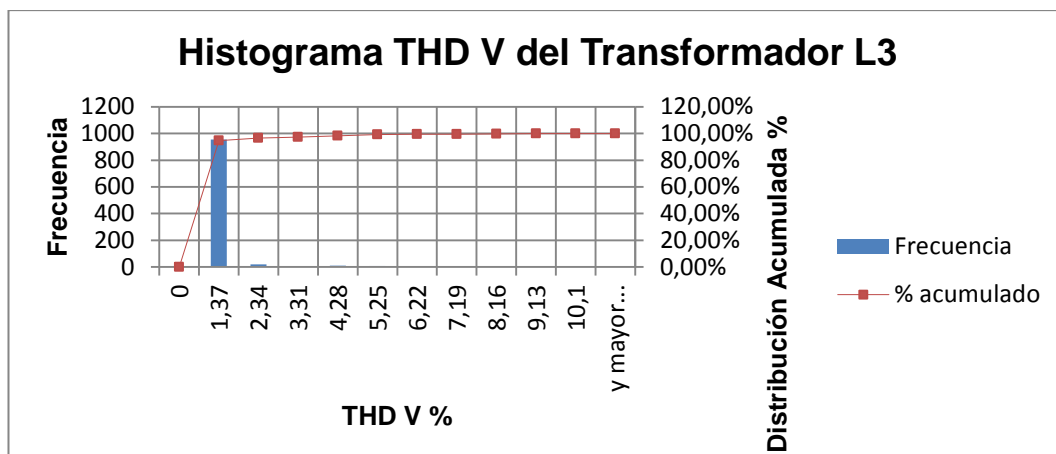


Figura 101 Histograma de THD V del Transformador L3

En la figura se observa la distorsión armónica de voltaje de la L3, se observa que el máximo es de 1,37% la misma que se encuentra en el margen de permitido por la regulación 004/01 que es de 8% para $V \leq 40$ KV.

Tabla 220

Flickers máximo y mínimo de la L1 del Transformador

L1	
Pst máx	3,074
Pst min	0
Pst promedio	0,98
Valores >1	519
%	51,49

Tabla 221

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L1

Clase	Frecuencia
0	6
0,3074	112
0,6148	129
0,9222	166
1,2296	283
1,537	200
1,8444	87
2,1518	18
2,4592	4
2,7666	2
3,074	0
y mayor...	1

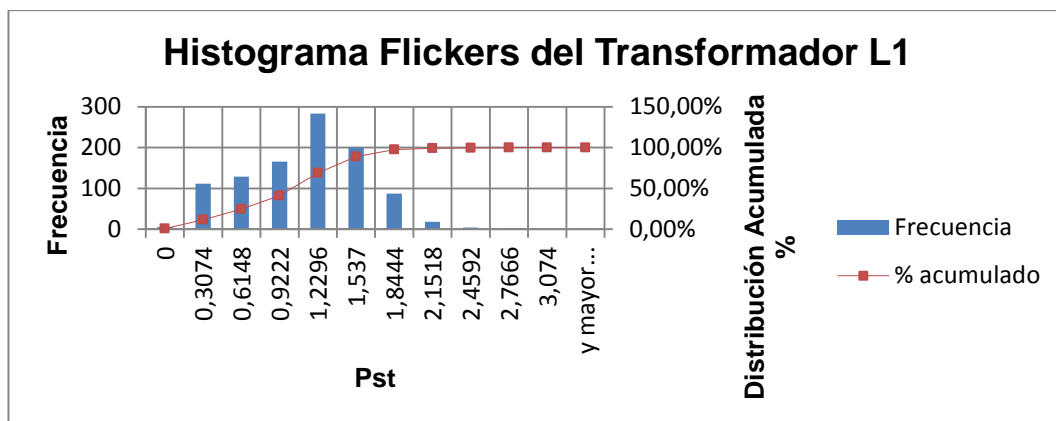


Figura 102 Histograma de Flickers del Transformador L1

En la figura se representa el flicker de corta duración en L1 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,074 y representa el 0,1%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 222

Flickers máximo y mínimo de la L2 del Transformador

L2	
Pst máx	14,1
Pst min	0,41
Pst promedio	1,28
Valores >1	522
%	51,79

Tabla 223

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L2

Clase	Frecuencia
0	0
1,779	971
3,148	8
4,517	12
5,886	2
7,255	2
8,624	5
9,993	3
11,362	0
12,731	2
14,1	2
y mayor...	1

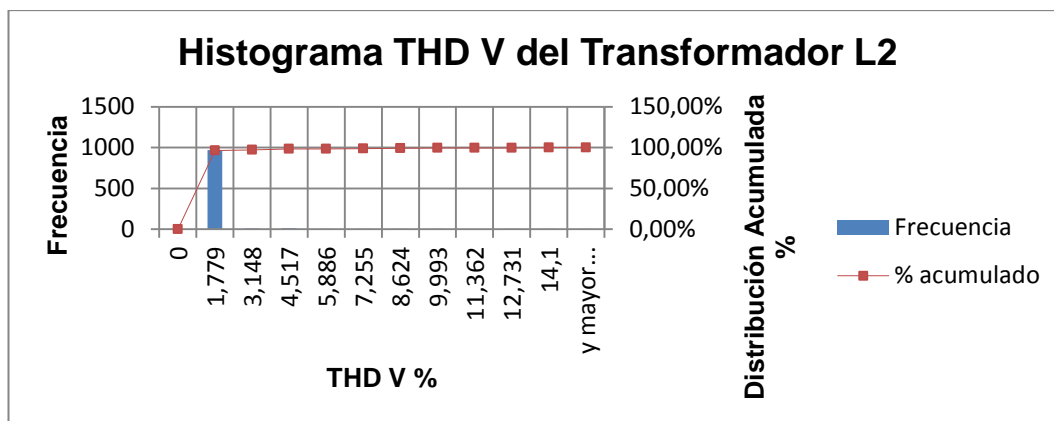


Figura 103 Histograma de Flickers del Transformador L2

En la figura se representa el flicker de corta duración en L2 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 14,1 y representa el 0,3%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 224

Flickers máximo y mínimo de la L3 del Transformador

L3	
Pst máx	3,208
Pst min	0
Pst promedio	0,99
Valores >1	591
%	58,63

Tabla 225

Datos agrupados del histograma y distribución de Flickers L3

Clase	Frecuencia
0	41
0,3208	110
0,6416	119
0,9624	129
1,2832	299
1,604	244
1,9248	52
2,2456	7
2,5664	2
2,8872	3
3,208	2
y mayor...	0

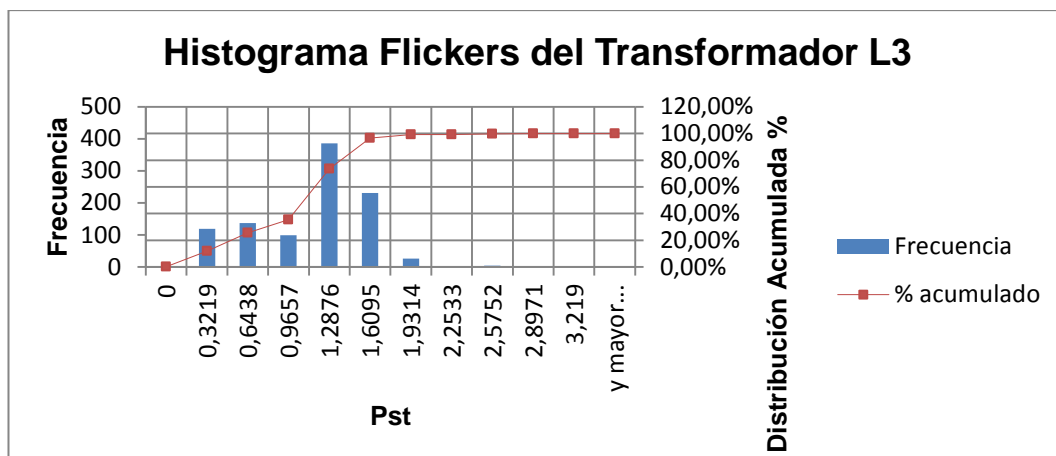


Figura 104 Histograma de Flickers del Transformador L3

En la figura se representa el flicker de corta duración en L3 del transformador expresado en unidades. Se puede observar que el flicker máximo tiene un valor de 3,129 y representa el 0,2%. Tomando en cuenta la regulación 004/01 se considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de las mediciones.

Tabla 226

Factor de potencia máximo y mínimo total del Transformador

FP máx	1
FP min	0,518
FP promedio	0,83

Sea analizó el factor de potencia total del transformador cuyo valor es 0,83 lo que quiere decir que no se encuentra en los rangos establecidos por la regulación 004/01 de 0,92.

A continuación se presenta un resumen del análisis de calidad de producto.

Tabla 227

Resumen de caída de voltajes en cada transformador

Transformadores	$\Delta V\%$			CUMPLE SI/NO		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T8622 5KVA	(+4,-5)%	(+4,-6)%	(+4,-5)%	SI	NO	SI
T8617 10KVA	(+4,-6)%	(+4,-6)%	(+4,-6)%	NO	NO	NO

CONTINÚA

T8620 10KVA	(+4,-5)%	(+4,-5)%	(+4,-5)%	SI	SI	SI
T5414 15KVA	(+4,-5)%	(+4,-5)%	(+4,-6)%	SI	SI	NO
T2647 25KVA	(+4,-6)%	(+4,-5)%	(+4,-6)%	NO	SI	NO
T2680 25KVA	(+4,-6)%	(+4,-6)%	(+4,-5)%	NO	NO	SI
T8644 37.5KVA	(+4,-5)%	(+4,-6)%	(+4,-6)%	SI	NO	NO
T8289 45KVA	(+4,-6)%	(+3,-6)%	(+3,-6)%	NO	NO	NO
T8290 45KVA	(+4,-5)%	(+3,-5)%	(+1,-5)%	SI	SI	SI
T8292 45KVA	(+4,-5)%	(+3,-5)%	(+1,-5)%	SI	SI	SI
T9951 100KVA	(+4,-6)%	(+4,-6)%	(+4,-5)%	NO	NO	SI

Tabla 228**Resumen de THD V% en cada transformador**

Transformadores	THD V%			CUMPLE SI/NO		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T8622 5KVA	1,30%	1,23%	1,30%	SI	SI	SI
T8617 10KVA	1,60%	1,30%	1,62%	SI	SI	SI
T8620 10KVA	1,49%	1,46%	1,47%	SI	SI	SI
T5414 15KVA	1,55%	1,59%	1,59%	SI	SI	SI
T2647 25KVA	1,57%	1,49%	1,50%	SI	SI	SI
T2680 25KVA	1,63%	1,63%	1,62%	SI	SI	SI
T8644 37.5KVA	1,48%	1,35%	1,35%	SI	SI	SI
T8289 45KVA	1,22%	1,93%	1,28%	SI	SI	SI
T8290 45KVA	1,26%	1,95%	1,30%	SI	SI	SI
T8292 45KVA	1,29%	1,87%	1,28%	SI	SI	SI
T9951 100KVA	1,19%	1,78%	1,37%	SI	SI	SI

Tabla 229**Resumen de Flickers en cada transformador**

Transformadores	Flickers %			CUMPLE SI/NO		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
T8622 5KVA	605>1	603>1	603>1	NO	NO	NO
T8617 10KVA	597>1	599>1	599>1	NO	NO	NO
T8620 10KVA	524>1	526>1	526>1	NO	NO	NO
T5414 15KVA	523>1	520>1	519>1	NO	NO	NO
T2647 25KVA	508>1	513>1	513>1	NO	NO	NO
T2680 25KVA	598>1	599>1	597>1	NO	NO	NO
T8644 37.5KVA	621>1	619>1	621>1	NO	NO	NO
T8289 45KVA	620>1	633>1	637>1	NO	NO	NO
T8290 45KVA	639>1	605>1	684>1	NO	NO	NO
T8292 45KVA	655>1	672>1	692>1	NO	NO	NO
T9951 100KVA	519>1	522>1	591>1	NO	NO	NO

En lo que respecta a los Flickers del alimentador es un poco difícil poder eliminarlos debido a las siguientes causas:

Los principales generadores de fluctuaciones de voltaje son:

- Hornos del arco
- Máquinas soldadoras
- Alternadores (generadores eólicos e impulsados por combustión interna)
- Motores.

Existe una mínima cantidad de pequeñas industrias en el alimentador las cuales siempre van a estar en funcionamiento con arranque de motores que van a ocasionar perturbaciones en el SEP (Sistema Eléctrico de Potencia).

Tabla 230

Resumen de Factor de Potencia en cada transformador

Transformadores	Factor de potencia	CUMPLE SI/NO
T8622 5KVA	0,94	SI
T8617 10KVA	0,97	SI
T8620 10KVA	0,93	SI
T5414 15KVA	0,9	NO
T2647 25KVA	0,9	NO
T2680 25KVA	0,98	SI
T8644 37.5KVA	0,93	SI
T8289 45KVA	0,93	SI
T8290 45KVA	0,83	NO
T8292 45KVA	0,86	NO
T9951 100KVA	0,87	NO

Para corregir el factor de potencia se debe disminuir las causas que provocan que exista un bajo factor de potencia las cuales son:

- Mayor consumo de corriente
- Pérdidas en los conductores
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Pérdidas en caídas de voltaje.

4.2. Resultados de pérdidas

Para el estudio del circuito primario del alimentador se dividió en dos partes obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 231

Pérdidas de voltaje en el Circuito Primario

Circuito	$\Delta V\%$
1	4,15
2	4,39

En el análisis de caída de voltaje del circuito primario observamos que se encuentra en los rangos establecidos por el CONELEC $\pm 5\% \Delta V$. Ver **ANEXO G**.

Tabla 232

Demanda de Diseño

CATEGORÍA	DMU (KVA) ACTUAL	DMU (KVA) PROYECTADA (10 AÑOS)
A	3,6	3,9
B	2,4	2,7
C	1,5	1,7
D	0,8	0,9

Fuente: Guías de diseño Empresa Eléctrica Regional Ambato

$$V_f = V_o \left(1 + \frac{i}{100} \right)^n \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

V_f = caída de voltaje dentro de los años proyectados

V_o = caída actual de voltaje

i = tasa de crecimiento.

n = número de años proyectados

$$n = \frac{\log(V_f)}{\log\left(V_o \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)\right)} \quad \text{Ec. 27}$$

Para hallar el índice de crecimiento ocupamos la siguiente ecuación.

$$i = \left(\sqrt[n]{\frac{V_f}{V_o}} \right) * 100\% \quad \text{Ec. 28}$$

$$i = \left(\sqrt[10]{\frac{2,7}{2,4}} \right) * 100\% = 1,18\%$$

De donde para el usuario tipo B tenemos una tasa de crecimiento de **1,18%**.

Tabla 233

Años del antiguo sistema

Circuito	Años
1	1
2	1

Tabla 234

Pérdidas de voltaje en los Circuito Secundarios

Transformadores	$\Delta V\%$
T8622 5KVA	4,7
T8617 10KVA	13,63
T8620 10KVA	10,31
T5414 15KVA	10,31
T2647 25KVA	19,79
T2680 25KVA	16,65
T8644 37.5KVA	52,01
T8289 45KVA	13,09
T8290 45KVA	17,23
T8292 45KVA	16,24
T9951 100KVA	21,61

Se observan pérdidas que superan el $5\Delta V\%$ para sectores rurales. Ver **ANEXO H**.

Para las pérdidas en energía se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 235

Pérdidas en el alimentador

Pérdidas para alimentadores	
Demanda máxima (Kw)	1526,841
Energía (Kwh)	485483,629
t periodo (h)	744,000
Demanda promedio (Kw)	652,532
Factor de carga	0,427
Energía de pérdidas instantáneas	6,130
fp max	0,992
Dri total	7214,995
Energía de pérdidas (Kwh)	1202,499
Factor de pérdidas	0,788

Tabla 236

Pérdidas en los transformadores

Pérdidas para transformadores	
Demanda máxima (Kw)	1526,841
Energía (KWh)	485483,629
t periodo (h)	744,000
Demanda promedio (Kw)	652,532
Factor de carga	0,427
Energía de pérdidas instantáneas	4,600
fp max	0,992
Dri total	5414,188
Energía de pérdidas (Kw)	902,365
Factor de pérdidas	0,856

Ya que en medio voltaje es difícil que existan pérdidas no técnicas y en las redes de distribución el alimentador cuenta su sistema con preensamblado no existe mayor porcentaje de este tipo de pérdidas, las pérdidas que obtuvimos son las siguientes:

Tabla 237

Pérdidas de energía en medio voltaje

DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS (Kwh)
ALIMENTADOR	1202,499
TRANSFORMADORES	902,365

4.2.1. Mejora

Nuestra propuesta se muestra a continuación haciendo un cambio en el sistema y mostrando un análisis económico del cambio. Mejoramos la caída de voltaje en el circuito primario y secundario para un tiempo proyectado de 10 años. **Ver Anexo I**

Para hallar las capacidades de los transformadores procedemos aplicar la fórmula que mostramos a continuación:

$$C = \frac{KVA DD}{1,3}$$

Ec. 29

Tabla 238

Capacidades de los transformadores nuevos a instalar

ITEM	KVA DD	C	CAPACIDAD KVA
1	9,23	7,1	10
2	9,347	7,19	10
3	9,1	7	10
4	12,428	9,56	10
5	11,544	8,88	10
6	12,805	9,85	10
7	10,296	7,92	15
8	9,1	7	15
9	15,223	11,71	15

Tabla 239

Mejora del circuito secundario

#Transformador	$\Delta V\%$ actual	$\Delta V_f\%$ a 10 años	Descripción	Mejora $\Delta V\%$ a 10 años
T8622 5KVA	4,7	4,18	T8622 5KVA	3
T8617 10KVA	13,63	12,12	T8617 10KVA	3,7
			T1 10KVA	2,98
T8620 10KVA	10,31	9,17	T8620 10KVA	2,46
			T1 10KVA	2,99
T5414 15KVA	10,31	9,17	T5414 15KVA	4,4
			T1 10 KVA	2,6
T2647 25KVA	19,79	17,60	T2647 25KVA	3,69
			T1 10KVA	3,49
T2680 25KVA	16,65	14,81	T2680 25KVA	3,75
			T1 10KVA	5,55
T8644 37.5KVA	52,01	46,25	T8644 37.5KVA	4,13
			T110KVA	4,26
T8289 45KVA	13,09	11,64	T8289 45KVA	3,01
			T1 15KVA	2,66
T8290 45KVA	17,23	15,32	T8290 45KVA	3,31
			T1 15KVA	2,98
T8292 45KVA	16,24	14,44	T8292 45KVA	4
			T1 15KVA	3,12
T9951 100KVA	21,61	19,22	T9951 100KVA	3,94
			T115KVA	3,22

$$V_0 = \frac{5,55}{\left(1 + \frac{1,18}{100}\right)^{10}} = 4,94$$

Para obtener el número de años ocupamos la siguiente ecuación.

$$n = \frac{\log(5)}{\log\left(4,94 \times \left(1 + \frac{1,18}{100}\right)\right)} = 1$$

Para el cambio del transformador T2680 25KVA la mejora solo durara para un año y no para 10 años como se lo realizo a los demás circuitos, por ello se deberá cambiar la red o la disposición del transformador.

4.2.2. Análisis económico.

Para el análisis económico se realizó las hojas de estacamiento inicial y final obtenidas de las guías de diseño. Esta hoja se muestra en el **anexo J**.Elaboramos un inventario de las estructuras existentes en el alimentador para su respectivo valor económico.

Los precios de los materiales están en base a una empresa distribuidora de material eléctrico de la ciudad de Ambato.

Tabla 240

Costo del cable en el primario

COSTOS DE CABLE PRIMARIO		
LONGITUD (m)	\$ 1/0	\$ 2/0
6038,72	4468,65	
1985,52		2303,20
TOTAL		6771,86

Tabla 241

Costo del conductor para el secundario

COSTOS DE CABLE DEL SECUNDARIO	
--------------------------------	--

LONGITUD (M)	\$ 1/0	\$ 2/0	PREENSABLADO
4360,42	3226,71		
3063,95		3554,19	
7424,37			24277,69
TOTAL			31058,58

Tabla 242

Costo de los Transformadores


COSTOS POR TRANSFORMADORES				
CAPACIDAD	TIPO	CANTIDAD	PRECIO U	PRECIO T
10	MONOFASICOS	6	4613,76	27682,56
15	TRIFASICOS	4	1613,52	6454,08
TOTAL				34136,64

Para obtener el costo por construcción y desmantelamiento de las estructuras, transformadores y conductores elaboramos un Análisis de Precios Unitarios (APUS).

Para el cálculo para una estructura 1CA primeramente se procede anotar los materiales que contiene esta estructura.

Tabla 243

Precio unitario de una estructura 1CA por construcción.

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTID.	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
Aislador tipo espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 55-5, 15 kV	U	1,69	6,75	3,375
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	U	0,11	2,1	0,420
				CONTINÚA 
Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG (alambre de atar)	M	0,01	0,18	0,009
Varilla de armar preformada para conductor de Al. (cinta para armar)	U	0,04	0,735	0,147
TOTAL				3,951

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	HxEquipo	COSTOx HORA	SUBTOTAL
Herramienta menor	U	0,20	0,75	0,15
TOTAL				0,15
C.- MANO DE OBRA	cant	Hx-Hombre	COSTOxHORA	SUBTOTAL
Jefe de grupo	1,00	0,25	6,43	1,61
dos linieros	2,00	0,25	4,82	2,41
dos ayudantes	2,00	0,25	2,89	1,45
Chofer	1,00	0,25	6,43	1,61
TOTAL				7,07
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)				11,17
COSTOS INDIRECTOS 25%				2,79
PRECIO UNITARIO CALCULADO				13,96

Tabla 244

Precio unitario de una estructura 1CA por desmantelamiento.

A.- MATERIALES	UNIDAD	CANTID.	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
Aislador tipo espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 55-5, 15 kV	U	1,69	6,75	3,375
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	U	0,11	2,1	0,420
Conductor desnudo sólido de Al, para ataduras, No. 4 AWG (alambre de atar)	M	0,01	0,18	0,009
Varilla de armar preformada para conductor de Al. (cinta para armar)	U	0,04	0,735	0,147
TOTAL				3,951

CONTINÚA 

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	UNIDAD	HxEquipo	COSTOx HORA	SUBTOTAL
Herramienta menor	U	0,20	0,75	0,15
TOTAL				0,15
C.- MANO DE OBRA	cant	Hx-Hombre	COSTOxHORA	SUBTOTAL
Jefe de grupo	1,00	0,35	6,43	2,25
dos linieros	2,00	0,35	4,82	3,37
dos ayudantes	2,00	0,35	2,89	2,02
Chofer	1,00	0,35	6,43	2,25
TOTAL				9,90
COSTOS DIRECTOS (A+B+C)				14,00

COSTOS INDIRECTOS 25%	3,50
PRECIO UNITARIO CALCULADO	17,50

Tabla 245

Costo total

DESCRIPCIÓN	COSTO
Construcción	13,96
Desmantelamiento	17,50
Total	31,46

De la misma manera se procede a realizar el cálculo para una estructura trifásica y para la instalación de transformadores nuevos lo que nos lleva a predeterminar un valor estándar para estructuras monofásicas, trifásicas, de bajo voltaje y otros aspectos como el cambio de conductor. Esta plantilla se muestra en el **ANEXO K**. Para el costo por construcción para el circuito primario incluido la mano de obra se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 246

Costo total del Primario por construcción y desmantelamiento.

Costo por construcción y desmantelamiento del primario	
Circuito	Precio \$
1	5071,41
2	2546,21
TOTAL	7617,62

Tabla 247

Costo total del secundario por construcción y desmantelamiento

Costo por construcción y desmantelamiento del secundario	
Circuito	Precio \$
1	4668,14
2	2797,15
TOTAL	7465,29

Obteniendo un total para el proyecto de:

Tabla 248

Costo total de la mejora

COSTO TOTAL DE LA MEJORA		
ITEM	DESCRIPCION	COSTO TOTAL
1	Construcción y desmantelamiento del alimentador	15082,92
2	Adquisición de transformadores	34136,64
3	Adquisición del cable	28698,46
	TOTAL	77918,02

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó la muestra de los transformadores para el estudio tomando en cuenta el 10% de las capacidades totales de los transformadores presentes en el alimentador N° 3 de la subestación Lasso, resultando un total de 11 transformadores debido a la poca cantidad de analizadores para las respectivas mediciones.
- Se realizó una exhaustiva interpretación de las 1008 mediciones por cada variable eléctrica durante un intervalo de tiempo determinado, adquiridas de los analizadores digitales Fluke 1744 colocados en los diferentes transformadores obtenidos de la muestra, mediante la exportación de los datos al programa informático Excel, analizamos las variables eléctricas que son de importancia para determinar la calidad de producto del sistema. Obteniendo histogramas de distribución de frecuencia los cuales mediante la regulación del CONELEC 004/01 nos permiten determinar si se encuentra en el rango establecido.
- Con el modelamiento del sistema en ETAP se obtuvo un reporte de pérdidas instantáneas de potencia en conductores y transformadores, también se puso observar sobrecargas en algunos transformadores que no están considerados en el estudio.
- ETAP no es el software apropiado para este tipo de estudio, es utilizado en su mayoría a nivel industrial y no para sistemas de distribución como es el caso del CYMDIST que es un software netamente eléctrico y se lo ocupa en todas las empresa eléctricas a nivel nacional.
- De la muestra de transformadores considerados en el estudio se obtuvieron los siguientes resultados, con lo que respecta a caída de voltaje de $\pm 5\%$ en la línea uno 6 cumplen y 5 no, en la línea dos 5 cumplen y 6 no y en la línea tres 5 cumplen y 6, para distorsión

armónica de voltaje $THDV \leq 8\%$ las tres líneas cumplen, para Flickers $Pst \leq 1$ ninguna línea cumple y para el factor de potencia $fp = 0,92$ de los transformadores 6 cumplen y 5 no.

- Realizamos un análisis de pérdidas técnicas en energía y en voltaje diagnosticando la situación actual en el alimentador para dar una propuesta de mejora. Las pérdidas no técnicas se obtuvieron de la diferencia de la energía disponible y las pérdidas técnicas.
- Con la propuesta planteada se logra mejorar la calidad de servicio que la empresa debe brindar al usuario final, tomando en cuenta un tiempo de proyección de 10 años, con un costo de \$ 77918,02.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio de calidad de producto mensual debido a que la carga no permanece constante y tiende a variar con el transcurso del tiempo.
- Es importante que se realice un estudio y seguimiento profundo sobre Flickers ya que las perturbaciones existentes en el alimentador en todo momento están incumpliendo con la regulación establecida en el CONELEC.
- Utilizar CYMDIST para realizar este tipo de estudio ya que este software es netamente eléctrico y es empleado a nivel nacional por las empresas distribuidoras de energía.
- Concientizar a la empresa eléctrica en invertir en proyectos de mejora de tal manera que se mitigue en su mayoría las pérdidas tanto técnicas como no técnicas.
- A nivel del circuito secundario es importante verificar que la carga se encuentre equilibrada ya que existen transformadores sobrecargados por el exceso de usuarios conectados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. F. Topa y D. T. Trávez, *Análisis de la regulación 004/01 referida a la calidad Del producto y servicio técnico en el alimentador oriental (52c8-11) de la subestación el calvario en la Empresa eléctrica provincial Cotopaxi s.a. en el Periodo 2011*, Latacunga, Copaxi, 2013.
- [2] J. Autonell, J. Balcells, V. Barra y J. Brossa, *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*, España, 2012.
- [3] ARCONEL, «Regulación CONELEC 004/01,» ARCONEL, 1 agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/>. [Último acceso: 1 agosto 2015].
- [4] S. R. Castaño, *Redes de distribución de energía*, Manizales, 2004.
- [5] D. Ferreyra, D. A. Gudiño y M. A. Sada, *Calidad de energía: Medición de parpadeo (flicker) en una instalación urbana*, Argentina, 2013.
- [6] E. R. Monta, *Estudio de las pérdidas de energía en la red de distribución secundaria del alimentador Bellavista perteneciente a la subestación Loreto, Aplicando el método de la REA, Tungurahua, 2009*, Latacunga, 2009.
- [7] S. P. Cañar, *Cálculo detallado de pérdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador Universidad perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A*, Quito, 2007.
- [8] D. A. Álvarez, *Aplicación de metodología uniforme de cálculo de pérdidas técnicas en empresas de distribución*, Quito, 2011.
- [9] W. R. Freire y J. A. Guanoluisa, *Cálculo de pérdidas e sistemas de distribución aplicación a un alimentador primario ELEPCO S.A*, Latacunga, 2001.
- [10] F. Culqui y M. Basantes, *Estudio de la calidad de energía eléctrica a*

nivel de usuario en el primario no 1 de la subestación salcedo (69/13.8 kv) de la Empresa Eléctrica Cotopaxi, Latacunga, 2010.

- [11] Fluke, «Fluke 1744 Basic Power Quality Logger,» [En línea]. Available: <http://en-us.fluke.com/products/power-and-energy-loggers/fluke-1744-basic-power-quality.html#features>. [Último acceso: 2 agosto 2015].
- [12] J. F. Aguinaca y C. L. Miranda, *Modelamiento y monitoreo del sistema eléctrico de la cámara de transformación CT2 de la universidad de las fuerzas armadas ESPE-L empleando el software ETAP*, Latacunga, 2015.
- [13] EEASA, *Guías de diseño Empresa Eléctrica Regional Ambato*, Ambato, 2008.

ANEXOS

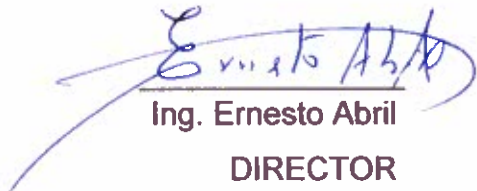


**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Elizabeth Patiño y el Sr Galo Fabara.

En la ciudad de Latacunga, a los 4 días del mes de diciembre del 2015.


Ing. Ernesto Abril
DIRECTOR


Ing. Freddy Salazar
DOCENTE DESIGNADO
POR EL DEPARTAMENTO


Ing. Ingrid Torres
DIRECTORA DE LA CARRERA




Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO