



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN  
OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN  
GESTION DE ENERGIAS**

**TEMA:** “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”

**Autor:**

Ing. Vizuete Alcocer Alejandro Hernán.

**Director:**

Ing. M.Sc. José Efrén Barbosa Galarza.

LATACUNGA – ECUADOR

MARZO 2016



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de miembros del tribunal de grado, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, por cuanto, el Maestrante Ing. Vizuet Alcocer Alejandro Hernán, con el título de tesis: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de defensa de tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo del 2016.

Para constancia firman:

.....  
MSc. Ángel León.  
**PRESIDENTE**

.....  
PhD. Secundino Marrero.  
**OPOSITOR**

.....  
MSc. Edwin Moreano  
**MIEMBRO**

.....  
PhD. Enrique Torres.  
**MIEMBRO**



## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE TUTOR.

En calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de energías, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Posgrado bajo el título **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”**, con autoría de Vizquete Alcocer Alejandro Hernán con cédula de ciudadanía N° 1713843835; considero que la presente tesis cumple con los requerimientos metodológicos, aportes científicos y técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis para optar por el grado de Magister en Gestión de energías.

Latacunga, Marzo del 2016.

El Director.

.....  
Ing. M.Sc. José Efrén Barbosa Galarza

C. C. No. 0501420723.



## AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de tesis con el título **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”**, es de exclusiva responsabilidad del autor, por tanto se asume la responsabilidad de la misma.

.....  
Ing. Vizuite Alcocer Alejandro Hernán.

C.C. No. 1713843835

## **AGRADECIMIENTO.**

*“No temas porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia” Isaías 41:10*

*Agradezco a Dios por darme la vida, fortaleza, sabiduría y por permitirme llegar hasta este momento trascendental de mi carrera profesional cumpliendo con éxito la culminación de esta tesis. Por los triunfos y derrotas que me han permitido conocer de su infinito amor*

*Agradezco también la confianza y el apoyo desinteresado de mi esposa, madre y mis hermanos, quienes sin duda alguna me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis victorias.*

*Quiero agradecer infinitamente al tutor de mi tesis Msc. Efrén Barbosa por su constante preocupación, quién con su profesionalismo, don de gente y su apoyo brindado en cada instante ha sabido ser el guía que con sus vastos conocimientos ha permitido alcanzar satisfactoriamente la culminación de mi Proyecto de Tesis.*

*El desarrollo de esta tesis es consecuencia de un arduo trabajo durante este tiempo, donde ha sido importante el apoyo de muchas personas, que con su ayuda hicieron posible que este sueño y anhelo se hagan realidad, Es por eso que quiero expresar mis sinceros agradecimientos a todos aquellos que dedicaron parte de su tiempo.*

**EL AUTOR.**

## **DEDICATORIA.**

*A mi amada esposa, mi amor eres un regalo de Dios, tenerte a mi lado es una bendición, contigo y con Dios en mi vida me siento plenamente feliz, gracias por tu amor y respaldo, por ser mis fuerzas para seguir luchando hasta alcanzar la meta planteada.*

*Quiero dedicar esta tesis al ser que me dio la vida, mi madre, quién estuvo siempre a mi lado brindándome su amor y su ternura, quien con su apoyo incondicional y sus consejos ha sido mi ejemplo e inspiración para levantarme ante las adversidades y culminar con éxito mis estudios de Postgrado.*

*Y como dejar a un lado a mis queridos hermanos/a, quienes han vivido de cerca las distintas etapas de mi vida y han compartido momentos felices e inolvidables, de los que aprendí a luchar hasta alcanzar el éxito, han sido ustedes los que me enseñaron el valor de la familia y me han motivado para seguir superándome, pase lo que pase, siempre estarán en mi corazón. Por eso, quiero dedicar todo el esfuerzo y el tiempo invertido en este proyecto*

**ALEJANDRO HERNÁN.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>Pág.</b>
Portada.....	i
Aprobación del tribunal.....	ii
Certificado de Validación de Tutor.....	iii
Autoría.....	iv
Agradecimiento.....	v
Dedicatoria.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice General.....	viii
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
Aval del Profesional de Ingles.....	xix
Introducción.....	xx

# CAPÍTULO I

## 1. Marco contextual y teórico.

1.1.	Antecedentes Investigativos.....	1
1.2.	Caracterización de la Investigación.....	3
1.2.1.	Descripción de la Empresa.....	3
1.3.	Descripción de la subestación Lasso Alimentador N°5.....	4
1.4.	Fundamentación Legal y Normativas Aplicables A La Calidad Eléctrica.....	6
1.4.1.	Norma IEEE 519, EN50160 y regulación CONELEC 004/01.....	6
1.4.1.1.	Reglamentación Internacional.....	6
1.4.1.2.	Reglamentación nacional.....	7
1.4.1.3.	Norma de estandarización de mediciones y técnicas de ensayo....	7
1.5.	Fundamentación Teórica.....	8
1.5.1.	Consideraciones generales sobre la calidad del servicio de energía eléctrica.....	9
1.5.2.	Descripción general de las perturbaciones en la red más comunes.	11
1.5.2.1.	Niveles de Tensión.....	12
1.5.2.1.1.	Variaciones de tensión.....	12
1.5.2.1.2.	Caídas momentáneas de tensión (Voltaje sags).....	13
1.5.2.1.3.	Huecos de tensión.....	15
1.5.2.2.	Parpadeo (Flicker).....	16
1.5.2.3.	Los armónicos.....	17
1.5.2.3.1.	Efectos De Los Armónicos En La Red.....	18
1.5.2.3.2.	La Frecuencia.....	19
1.5.2.4.	El factor de potencia.....	20

1.5.3.	Soluciones para mejorar la calidad del servicio.....	21
1.5.3.1.	Control de tensión en sistemas de distribución.....	21
1.5.3.1.1.	Regulador de Tensión Ferroresonante.....	23
1.5.3.1.2.	Filtros.....	23
1.5.3.1.2.1.	Filtros Pasivos.....	24
1.5.3.1.2.2.	Filtros Activos.....	25
1.5.4.	Análisis de la Capacidad de Procesos.	25

## **CAPÍTULO II**

### **2. Metodología.**

2.1.	Metodología de la Investigación.....	29
2.1.1.	Método Científico Aplicado.....	29
2.1.1.1.	Recopilación y revisión bibliográfica.....	30
2.1.1.2.	Organización de los Datos.....	31
2.1.1.3.	Planificación de los métodos a utilizar.....	31
2.1.1.4.	Técnicas.....	33
2.1.1.5.	Resultados y su discusión.....	34
2.1.1.6.	La Encuesta.....	35
2.2.	Hipótesis de Trabajo.....	36
2.3.	Variables de Investigación.....	36
2.3.1.	Variable Independiente.....	36
2.3.2.	Variable Dependiente.....	36
2.3.3.	Operacionalización de Variables.....	36

## CAPÍTULO III

### 3. Resultados de la investigación.

3.1.	Situación actual del alimentador No. 5 (Aglomerados Cotopaxi S.A.).....	41
3.1.1.	Medición y análisis de datos mediante un asistente personal digital (PDA) marca FLUKE, modelo 1750 Power Recorder...	42
3.1.1.1.	Niveles de Tensión.....	42
3.1.1.2.	Parpadeo (Flicker).....	46
3.1.1.3.	Armónicos.....	48
3.1.1.4.	Factor de Potencia.....	52
3.1.2.	Medición y análisis de datos en el punto 2 - Recubrimiento.....	53
3.1.2.1.	Niveles de Tensión.....	54
3.1.2.2.	Parpadeo (Flicker).....	57
3.1.2.3.	Armónicos.....	58
3.1.2.4.	Factor de Potencia .....	62
3.1.3.	Análisis de datos mediante el software estadístico MINITAB. Medición en el punto 2.....	63
3.1.4.	Evaluación Económica.....	71
3.1.5.	Tabulación de encuestas realizadas a directivos, Técnicos y operadores de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.....	73
3.1.6.	Verificación de la Hipótesis.....	75
3.2.	Conclusiones.....	76
3.3.	Recomendaciones.....	77

## CAPÍTULO IV

### 3. Propuesta de un plan correctivo energéticamente eficiente.

4.1.	Justificación.....	79
4.2.	Objetivos.....	81
4.2.1.	Objetivo General.....	81
4.2.2.	Objetivos Específicos.....	81
4.3.	Desarrollo de la Propuesta.....	82
4.3.1.	Diseño de Elementos de Protección.....	82
4.3.2.	Regulador, Dimensionamiento para la Etapa de Potencia.....	83
4.3.3.	Características del Regulador JFR 38.1 kVA.....	84
4.3.3.1.	Configuraciones de Conexión del Regulador JFR 38.1 kVA.....	85
4.3.3.2.	Conexiones de Control.....	86
4.4.	Análisis de variación de parámetros, por medio del asistente personal digital (PDA) marca FLUKE, modelo 1750 Power Recorder .....	89
4.4.1.	Niveles de Tensión.....	89
4.4.2.	Parpadeo (Flicker).....	92
4.4.3.	Armónicos.....	94
4.4.4.	Factor de Potencia.....	98
4.5.	Análisis de datos mediante el software estadístico MINITAB. Medición en el punto 2.....	99
4.6.	Simulación de Caída de Tensión en el Alimentador No. 5.....	109
4.7.	Evaluación Económica.....	110
4.8.	Conclusiones y Recomendaciones.....	113
4.8.1.	Conclusiones.....	113

4.8.2.	Recomendaciones.....	117
4.9.	Glosario y terminología.....	118
4.10.	Bibliografía y Vínculos de Consulta.....	120
4.10.1.	Bibliografía Citada.....	120
4.10.2.	Bibliografía Consultada.....	122
4.10.3.	Páginas Web.....	125

## **ÍNDICE DE CUADROS.**

Cuadro N° 2.1.	Población Y Muestra .....	35
----------------	---------------------------	----

## **ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura N° 1.1.	Diagrama unifilar de la subestación Lasso.....	5
Figura N° 1.2.	(a) Circuito demostrativo de cargas conectadas a la red principal; (b) fluctuaciones y su forma de onda.....	13
Figura N° 1.3.	(a) Caídas momentáneas de tensión; (b) tensión ante condición de corte del suministro.....	14
Figura N° 1.4.	(a) Hueco de tensión en usuario por cortocircuito en la misma línea de alimentación; (b) tensiones en los dos puntos del sistema.....	15
Figura N° 1.5.	Descomposición armónica.....	18
Figura N° 1.6.	a) Señales para cargas pesadas y livianas; (b) reguladores de tensión en un alimentador (perfiles de tensión con y sin reguladores.”.....	22
Figura N° 1.7.	Filtros pasa-bajos por cada fase.....	25

Figura N° 1.8.	Límites de Especificación.....	27
Figura N° 2.1.	Diagrama unifilar de la subestación Lasso Punto de Medición 1 y 2.....	32
Figura N° 3.1.	Variaciones del voltaje en las fases AN/BN/BN.....	44
Figura N° 3.2.	Variaciones de tensión en las fases AN/BN/BN.....	45
Figura N° 3.3.	Registros de parpadeo (flicker) en el punto de entrega 1.....	47
Figura N° 3.4.	Registros de armónicos en las fases AN/BN/BN en el punto de entrega 1.....	51
Figura N° 3.5.	Registro de niveles de tensión en el punto 2 - Recubrimiento.....	55
Figura N° 3.6.	Registro de niveles de tensión en el punto 2 - Recubrimiento.....	56
Figura N° 3.7.	Registros de parpadeo (flicker) en el punto 2.....	57
Figura N° 3.8.	Registro de armónicos en las fases AN/BN/BN en el punto 2 – Recubrimiento.....	61
Figura N° 3.9.	Análisis Estadístico de Tensión CN en el Punto 2.....	64
Figura N° 3.10.	Análisis Estadístico de Tensión AN en el Punto2.....	65
Figura N° 3.11.	Análisis Estadístico de Tensión BN en el Punto2.....	65
Figura N° 3.12.	Análisis Estadístico De (Flicker) CN en el Punto 2.....	66
Figura N° 3.13.	Análisis Estadístico De (Flicker) AN en el Punto 2.....	67
Figura N° 3.14.	Análisis Estadístico De (Flicker) BN en el Punto 2.....	68
Figura N° 3.15.	Análisis Estadístico de F.P., CN en el Punto 2”.....	69
Figura N° 3.16.	Análisis Estadístico de F.P., AN en el Punto 2”.....	70
Figura N° 3.17.	Análisis Estadístico de F.P., BN en el Punto 2”.....	70
Figura N° 3.18.	Histograma de horas paro.....	71
Figura N° 3.19.	Costos por cortes de energía.....	71
Figura N° 4.1.	Regulador con TAP Variable.....	83
Figura N° 4.2.	Configuraciones De Conexión Para El Regulador Tipo JFR...	85
Figura N° 4.3.	Diseño Invertido (ANSI TIPO B).....	87
Figura N° 4.4.	Diseño Invertido Placa (ANSI TIPO B).....	87

Figura N° 4.5.	Placa De Características Del Regulador JFR .....	88
Figura N° 4.6.	Variaciones de voltaje en las fases AN/BN/CN .....	91
Figura N° 4.7.	Registro De Niveles De Parpadeo (Flickers) en el punto 2 - Recubrimiento.....	93
Figura N° 4.8.	Registros De Armonicos En Las Tres Fases AN/BN/CN en El Punto 2 - Recubrimiento.....	97
Figura N° 4.9.	Análisis Estadístico de Tensión en la fase CN En El Punto 2 - Recubrimiento.....	100
Figura N° 4.10.	Histograma De Capacidad Relación CP, CPK.....	101
Figura N° 4.11.	Análisis Estadístico De Tensión en la fase AN en el Punto 2 - Recubrimiento.....	102
Figura N° 4.12.	Análisis Estadístico De Tensión en la fase BN en el Punto 2 - Recubrimiento.....	102
Figura N° 4.13.	Análisis Estadístico de Flicker en la fase CN En El Punto 2 - Recubrimiento.....	103
Figura N° 4.14.	Histograma De Capacidad Relación CP, CPK (FLICKER)...	104
Figura N° 4.15.	Análisis Estadístico de (Flicker) AN En El Punto 2 - Recubrimiento.....	105
Figura N° 4.16.	Análisis Estadístico de (Flicker) BN en El Punto 2 - Recubrimiento.....	105
Figura N° 4.17.	Análisis Estadístico De F.P., AN En El Punto 2.....	106
Figura N° 4.18.	Histograma De Capacidad Relación CP, CPK Factor de Potencia.....	107
Figura N° 4.19.	Análisis Estadístico De F.P., AN En El Punto 2.....	108
Figura N° 4.20.	Análisis Estadístico De F.P., BN En El Punto 2.....	108
Figura N° 4.21.	Horas Pérdidas por Cortes de Energía 2015.....	111
Figura N° 4.22.	Costos por Cortes de Energía 2015.....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1.	Síntesis de contenido correspondiente al marco de caracterización teórica.....	8
Tabla N° 1.2.	Perturbaciones eléctricas clasificadas según su gravedad y frecuencia en procesos industriales.....	10
Tabla N° 1.3.	Variaciones de voltaje admisibles.....	14
Tabla N° 1.4.	Valores eficaces permisibles para la calidad de la energía estipulado por el CONELEC.....	20
Tabla N° 1.6.	Interpretación cualitativa índice de capacidad de proceso Cp.	26
Tabla N° 2.1.	Operacionalización de variables, variable independiente.....	37
Tabla N° 2.2.	Operacionalización de variables, variable dependiente.....	38
Tabla N° 2.3.	Conformidad en las encuestas.....	39
Tabla N° 3.1.	Muestra de datos en el punto de entrega 1.....	42
Tabla N° 3.2.	Niveles de tensión en el punto de entrega 1.....	43
Tabla N° 3.3.	Niveles de flicker en el punto de entrega 1.....	46
Tabla N° 3.4.	Registro de armónicos fase AN en el punto 1.....	48
Tabla N° 3.5.	Registro de armónicos fase BN en el punto 1.....	49
Tabla N° 3.6.	Registro de armónicos fase CN en el punto 1.....	50
Tabla N° 3.7.	Registros del factor de potencia en el punto 1.....	52
Tabla N° 3.8.	Registros del factor de potencia en el punto 1.....	53
Tabla N° 3.9.	Muestra de datos en el punto 2.....	53
Tabla N° 3.10.	Niveles de tensión en el punto 2 Recubrimiento .....	54
Tabla N° 3.11.	Niveles de flicker en el punto 2 Recubrimiento .....	57
Tabla N° 3.12.	Registro de armónicos fase AN en el punto 2.....	58
Tabla N° 3.13.	Registro de armónicos fase BN en el punto 2.....	59
Tabla N° 3.14.	Registro de armónicos fase CN en el punto 2.....	60

Tabla N° 3.15.	Factor de potencia en el punto 2 Recubrimiento .....	62
Tabla N° 3.16.	Registros del factor de potencia punto 2.....	62
Tabla N° 3.17.	Muestra de datos en el punto 2 Recubrimiento .....	63
Tabla N° 3.18.	Tabulación de Encuestas.....	73
Tabla N° 4.1.	Líneas Y Terminales De Conexión.....	84
Tabla N° 4.2.	Muestra de datos en el punto 2.....	89
Tabla N° 4.3.	Niveles de tensión en el punto 2 Recubrimiento.....	90
Tabla N° 4.4.	Niveles de flicker en el punto 2 Recubrimiento.....	92
Tabla N° 4.5.	Registro de armónicos fase AN en el punto 2.....	94
Tabla N° 4.6.	Registro de armónicos fase BN en el punto 2.....	95
Tabla N° 4.7.	Registro de armónicos fase CN en el punto 2.....	96
Tabla N° 4.8.	Factor de potencia en el punto 2.....	98
Tabla N° 4.9.	Registros del factor de potencia en el Punto 2 - Recubrimiento.....	99
Tabla N° 4.10.	Caída de tensión en el alimentador No. 5	109
Tabla N° 4.11.	Registros De Cortes De Energía .....	111



**TEMA:** “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”.

**Autor:**

Ing. Vizuite Alcocer Alejandro Hernán.

### RESUMEN

En el campo industrial se ha hecho imperativo el mejoramiento continuo en todas las áreas con el fin de optimizar recursos y mejorar la productividad, por esta razón se han automatizado los procesos industriales con la instalación de equipos electrónicos de potencia con cargas no lineales que producen variaciones en la forma de onda. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar los aspectos de calidad de energía eléctrica Suministrada por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. a la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. para verificar el cumplimiento de los estándares determinados por la Norma IEC 61000-4 y la Regulación No. CONELEC 004/01, en base a las mediciones realizadas con un analizador de energía en el punto de entrega (punto 1) y punto de salida del transformador PADMOUNTED (punto 2). Se propone y se instala reguladores de voltaje y filtros pasivos para realizar correcciones de niveles de tensión y factor de potencia, se evalúa el impacto en los armónicos, parpadeos y en general sobre la calidad de energía eléctrica.

**Descriptor:** Eficiencia y Calidad De Energía Eléctrica, Subestación Lasso N°5.



**TOPIC:** "EVALUATION OF THE QUALITY OF ELECTRIC POWER SUPPLIED BY LASSO SUBSTATION TO AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. IN 2014. PROPOSED OF A CORRECTIVE PLAN FOR ENERGETICALLY EFFICIENT"

**Author:**

Ing. Vizuite Alcocer Alejandro Hernán.

### **ABSTRACT**

It has become imperative in the industrial field continuous improvement in all areas in order to optimize resources and improve productivity, for this reason they have been automated industrial processes by installing power electronics equipment with non-linear loads that cause variations in the wave form. This present work has as objective to evaluate the aspects of quality of electric power supplied by Electric company Provincial Cotopaxi S.A. to the Company Aglomerados Cotopaxi S.A. to verify the compliance with the standards established by IEC 61000-4 and Regulation No. 004/01 CONELEC, based on measurements made with an energy analyzer at the delivery point (point 1) and point PADMOUNTED transformer output (point 2). It is proposed to install voltage regulators and passive filters for correction of voltage levels and power factor, It is evaluated the impact on the harmonics, flicker and generally on the quality of electricity.

**Descriptors:** Efficiency and Power Quality, Substation Lasso N°5.



## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. **CERTIFICO**, que he realizado la revisión del Abstract, de la tesis, presentada por el Ingeniero de Egresado del Programa de Maestría en Gestión de Energías, **VIZUETE ALCOCER ALEJANDRO HERNÁN**, con el tema de tesis **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”**, el mismo que cumple con requerimientos técnicos gramaticales del idioma Inglés.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad; pudiendo hacer uso de la presente para los fines legales pertinentes.

Latacunga, Febrero del 2016.

Atentamente.

.....  
Lic. Vladimir Sandoval

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

C.C. 0502104219

## INTRODUCCIÓN

**Situación problemática.** Se comenta que la calidad del suministro de energía eléctrica es un tema relativamente extenso, ya que está asociado congruentemente con la secuencia del servicio y las características de la onda de tensión. La continuidad del servicio suministrado es lo que se autodenomina como confiabilidad y elementalmente es considerada mediante los siguientes aspectos; el número de interrupciones por año dentro de la empresa donde se realice el análisis, Tiempo promedio estimado por cada interrupción y elemento o máquinas afectadas por paralización de suministro. Se define como interrupción a una pérdida completa de tensión (U) durante un intervalo de tiempo, es decir las pérdidas de tensión están clasificadas por: Instantáneas con rangos de 0.5 a 30 ciclos; momentáneas con rangos de 30 ciclos a 2 segundos, temporales en periodos de 2 segundos a 2 minutos y de tiempo extenso mayores a 2 minutos. El sinónimo de calidad de tensión es usado para representar la referente cantidad de disturbios o variaciones de tensión, particularmente en lo que concierne a la presencia de: armónicos, fluctuaciones de tensión (flickers), transitorios y factor de potencia. El nivel de tensión que se suministra a una carga o a una instalación industrial está definida por cinco parámetros elementales que son: la frecuencia, la magnitud, la forma de onda (sinusoidal, cuadrada, diente de sierra), el desbalance y la continuidad. La calidad propia del suministro se precisa en términos de las desviaciones o ausencias de estos parámetros adversos, de sus valores ideales y de la definición de los valores máximos de desviación en términos del valor que puedan alcanzar sin que se afecte el funcionamiento de los equipos eléctricos, usados para la producción o manufactura dentro de la empresa. No obstante, si bien la continuidad es un aspecto primordial en la calidad del servicio eléctrico, cada vez toman más importancia las demás características de la onda de tensión; dicha preocupación por la calidad de la tensión, en cuanto a la presencia de perturbaciones u anomalías de índole transitorio o momentáneo, radica proporcionalmente en el efecto de qué sobrecargas sensitivas

tienen estas perturbaciones. Las empresas encargadas de brindar electricidad muchas veces consideran la regulación de tensión como único parámetro para medir la calidad de la tensión, sin embargo, cabe recalcar que esta es una condición de estado estacionario, que por sí sola, no refleja la gran cuantía de disturbios que afectan los equipos y maquinaria industrial. Aquel tema de disturbios e interrupciones no es una cuestión reciente, si no que siempre ha existido principalmente en los sistemas de potencia; solo que ahora estas condiciones agravan por dos vicisitudes: El acoplamiento de sistemas electrónicos en la industria para el control, estos elementos han introducido equipos muy sensibles a los disturbios y a las interrupciones, especialmente aquellos que usan funciones de memoria tales como el PLC'S, Variadores, etc. Dichos equipos presentan una característica no lineal que ha incrementado considerablemente el deterioro de las señales de tensión en la red. Haciendo conjeturas y desde un punto de vista de la empresa suministradora de energía, la calidad se mide en el punto de servicio al usuario, en tanto el usuario mide la calidad en el punto de utilización, la percepción de calidad puede variar para el usuario debido a disturbios ocasionados por otros usuarios o por los propios equipos del mismo. El término de calidad no es un aspecto unilateral, está profundamente ligado con el tipo de equipos del usuario, de la forma y del horario en que se los opera. Dos usuarios conectados a la misma red pueden tener una opinión muy diferente de la calidad del servicio que se les presta. Igualmente, la percepción de la calidad para un usuario puede cambiar con el tiempo debido a la adquisición de equipos cada vez más sensibles o si varía la forma u elementos de producción. Las empresas delimitadas en el área industrial deben conocer el ambiente en el cual operarán sus equipos, con esto se previene muchos problemas que se pueden presentar. Cada usuario debe procurar instalar y operar los equipos de acuerdo a las especificaciones, velando por mantener en buenas condiciones su red eléctrica y de acuerdo a niveles estipulados en el reglamento de regulación emitida por el CONELEC 004/01. Los sistemas eléctricos de potencia al ser implementados se los montan para tener un óptimo servicio, no obstante es inevitable la presencia de disturbios y variaciones. El entorno de los disturbios, severidad, tasa de ocurrencia y

los efectos en los equipos varían ampliamente, por ejemplo los disturbios de tensión son un problema para los equipos sensibles, que van desde la pérdida de datos de operación, excitación repentina de protecciones, daños en los equipos, traduciéndose todos estos en pérdidas de tiempo y considerables pérdidas económicas. Dentro de los sistemas externos de energía el usuario tiene una gran cantidad de situaciones que deterioran la calidad del servicio, se presentan: fallas temporales, fallas permanentes, operaciones de maniobra y descargas atmosféricas. En la actualidad se implementan dispositivos eficientes ahorradores de energía, es decir, elementos de estado sólido de electrónica de potencia, un ejemplo es el empleo de lámparas eficientes, balastos electrónicos y de variadores de velocidad; sin embargo, dicha eficiencia se ve opacada por los efectos adversos que ocasionan: distorsionan la forma de onda de tensión, producen armónicos de corriente y se les asocia por lo general un bajo factor de potencia. Para amortiguar estos problemas Aglomerados Cotopaxi S.A., se ve sujeto a adquirir equipos adicionales, y debido al bajo factor de potencia se aumentan las pérdidas en el punto de suministro. Si se entiende a la calidad como un nivel de excelencia y a su vez, la potencia eléctrica es considerada como un objeto físico, sujeto a la evaluación de una serie de atributos. La calidad de la potencia eléctrica es la precisión de los atributos eléctricos para el funcionamiento óptimo del sistema de potencia. Como en cualquier producto la calidad en el servicio de electricidad cuesta. A mejor calidad mayor será el costo del KW-h y menores serán los costos debidos a operaciones inadecuadas de los equipos, el equilibrio entre estos dos aspectos determina la calidad óptima. Parte del estudio tabula parámetros de funcionamiento, y sus respectivos periodos, caracterizándolos en ondas que determinen los momentos y horarios críticos, donde se ilustra la severidad de los disturbios que en su mayoría son producidos por las empresas de siderurgia, dichas empresas utilizan hornos de arco, generando anomalías en la red provocando variaciones de tensión a la salida del Alimentador N°5 de la subestación Lasso.

**Justificación.** La interrupción y mala calidad de energía eléctrica puede originar serios trastornos, como por ejemplo: pérdida de la producción, pérdida de la materia prima, subutilización de las instalaciones y de mano de obra, etc. Siendo por tanto importante que se entiendan los problemas causados por estas interrupciones, así como los costos asociados a éstas, ya que el desarrollo y crecimiento de la economía están muy ligados a la calidad del servicio eléctrico ofrecido y a su costo. Con el desarrollo de este trabajo, se realizará la medición y evaluación de las principales magnitudes eléctricas para comparar con el cumplimiento de los parámetros explicados en la regulación CONELEC 004/01, esto permitirá tener un servicio de confiabilidad que garantice el desarrollo económico y social en materia eléctrica dentro de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico Ecuatoriano, además de evitar sanciones de carácter económico en caso de incumplimiento. El desarrollo del plan correctivo tiene un impacto directo en la confiabilidad y la calidad del suministro de tensión al usuario. Se debe tener en cuenta que las limitaciones económicas son un importante factor en el diseño y selección del sistema de distribución. El proyecto agrupa un amplio material bibliográfico y estudios elaborados con relación al dimensionamiento de equipos y sistemas de eficiencia energética publicados en textos como: “*Análisis de Armónicos en sistemas de distribución*” con autoría de PARRA LÓPEZ E.; “*Amónicos en sistemas de potencia*” escrito por los autores ARRILLAGA J. & EGUÍLUZ L.I., también mencionamos argumentos del libro “*Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*” bajo la autoría de BALCELLS J., AUTONELL J., & Otros Jr., entre otros tomos, tesis y publicaciones que tomamos en cuenta y que agrupan temas de relevancia en nuestro plan correctivo. Además se utiliza técnicas como la Encuesta que es aplicada a la población para dar a conocer el estudio de este proyecto integrador.

**Objeto de la investigación.** Evaluación de la calidad de energía eléctrica en la salida No. 5 de la Subestación Lasso (punto 1) y a la salida del transformador PADMOUNTED de 1500kVA, de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A (punto 2).

**Formulación del problema.** ¿Cómo contribuir a la disminución del contenido de armónicos y variaciones de voltaje en la red de alimentación principal a la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. para obtener un suministro de energía eléctrica eficiente que garantice el cumplimiento de la normativa EN50160 y la regulación CONELEC 004/01?

**Campo de acción.** Para definir los niveles adecuados de calidad, en el proyecto se realizó el análisis de datos de calidad de energía eléctrica, a la salida del Alimentador N°5, punto 1 Subestación Lasso y en el Transformador PADMOUNTED de 1500kVA, relación de transformación de 13.8kV/440V, punto 2 Aglomerados Cotopaxi S.A.

**Objetivo general de la investigación.** Analizar la calidad de energía en el sistema eléctrico que alimenta a la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. mediante la evaluación de datos del año 2014, para proponer un plan correctivo que permita que las magnitudes eléctricas se ajusten a las normativas legales vigentes.

**Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación.** Dado que la hipótesis representa un elemento fundamental en el proceso de investigación. Luego de formular un problema, en el capítulo dos se formulará una hipótesis, que orientará el proceso y permitirá llegar a conclusiones concretas del proyecto. La hipótesis será desarrollada de acuerdo a la metodología propuesta por el método científico, ya que esta estará descompuesta en variables que serán operacionalizadas, de manera que se pueda llegar al problema mismo, del fenómeno de estudio.

**Sistema de objetivos específicos.** Los objetivos específicos denotados en el protocolo de investigación son los siguientes:

- Evaluar la calidad de energía suministrada por la subestación Lasso mediante el uso de un analizador de red.

- Analizar los resultados obtenidos en las instalaciones a ser evaluadas en condiciones normales de suministro y durante condiciones que provoquen perturbaciones.
- Evaluar el impacto económico con el indicador de horas paro por causa de cortes de energía.
  
- Proponer las posibles soluciones para mejorar la calidad de energía eléctrica de acuerdo a la Regulación CONELEC 004/01.

**Paradigma o enfoque epistemológico.** El paradigma de la calidad de energía eléctrica radica en que las perturbaciones clásicas en las redes, causadas por las descargas eléctricas, las operaciones de conmutación, los cortocircuitos, y la baja redundancia en las líneas y subestaciones tienen efectos negativos sobre la calidad de la energía en las redes de distribución de Media y Baja Tensión.

**Alcance de la investigación.** Para la Investigación de calidad de energía eléctrica se ha escogido el Alimentador No.5 de la S/E Lasso que suministra energía a la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. donde se Instalará un analizador de carga marca Fluke; finalmente, se descargará los datos para analizar los resultados y proponer correctivos.

**Desarrollo de la investigación.** El desarrollo del tema: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA POR LA SUBESTACIÓN LASSO A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. EN EL AÑO 2014. PROPUESTA DE UN PLAN CORRECTIVO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE”, se ha organizado en cuatro capítulos siguiendo una secuencia sistemática. Los capítulos de investigación comienzan con una pequeña introducción que incluye una breve reseña de lo que contendrán dentro de su desarrollo.

En el Capítulo I, se redacta el marco contextual y teórico, donde se analiza y expone teorías, apuntes, estudios, antecedentes y conceptos básicos y modelamiento matemático de la calidad del servicio eléctrico, su análisis y la descripción de las perturbaciones de red más comunes. Entre otros temas a recalcar son la reglamentación y normas de regulación nacional e internacional, de forma simplificada, esta sección está constituida por los componentes teóricos considerados válidos para respaldar la estructura de la tesis.

En el Capítulo II, se presenta la metodología ya que en todo proyecto científico - investigativo se demanda la validación teórica de hipótesis de investigación y desarrollo. En este capítulo se describe detalladamente los procedimientos, técnicas y métodos para realizar la investigación; argumentando términos propios de la investigación científica, de la hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación.

En el Capítulo III, se especifica el análisis e interpretación de resultados que arroja luego del desarrollo de encuestas dirigidas a los Jefes de Operación, Especialistas, Supervisores y operadores de la planta de producción Aglomerados Cotopaxi S.A., para dar a conocer los objetivos del estudio y sus beneficios en cuanto a la red de suministro.

Consecutivamente en el Capítulo IV, se desarrolla la propuesta, los cálculos, el estudio de factibilidad, el análisis técnico mediante modelos matemáticos, los efectos de interferencia; como estas anomalías inciden en la magnitud de los costos originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas, todo esto mediante la aplicación de herramientas informáticas y principalmente del analizador de energía FLUKE 1750, dispositivo generador de datos y gráficas para evaluación de la Subestación Lasso Alimentador N°5. Dentro de los objetivos del capítulo se tabulan datos y se desarrolla un plan

correctivo para el montaje de filtros y/o elementos que mitiguen las perturbaciones en la red. Con los elementos correctores de red montados en el área de suministro se evalúa y se compara porcentualmente la calidad y su incidencia en los montos económicos. Los anexos ilustran las gráficas de resultados y las características técnicas del equipo utilizado en la medición de las variables eléctricas.

El desarrollo investigativo con el afán de suministrar todos los datos necesarios al lector, y organismo de revisión, también es adjuntado los ANEXOS, los cuales contienen, la estructura y modelo de las Encuestas dirigidas a un selecto personal, para el fortalecimiento de la investigación. En estas páginas también se atribuye un espacio a una síntesis de funcionamiento del analizador FLUKE 1750, características de tensión en los puntos estudiados, y diagramas unifilares; todos estos necesarios para el desarrollo del marco investigativo.

# **CAPITULO I**

## **1. Marco Contextual y Teórico.**

El presente trabajo de investigación sobre la eficiencia del suministro energético, intenta de modo crítico propositivo, realizar una evaluación profunda y cuantitativa sobre las perturbaciones existentes en la red de distribución, partiendo de los antecedentes teóricos, equipos de medición, y pasando por el modelamiento matemático de perturbaciones; con esta fusión y bajo un pensamiento positivista surge una hipótesis donde mediante elementos teóricos a ser contrastados con la evaluación cualitativa, tenemos como resultante el desarrollo de la propuesta.

### **1.1. Antecedentes Investigativos.**

Ya que es de vital relevancia asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. no está exenta de cumplir estos requisitos preestablecidos por ley; para lo cual se analiza teorías, artículos y antecedentes que se consideran válidos para respaldar el proyecto de investigación; así por ejemplo el autor: FIALLOS CAÑAR Roberto Javier, (2012) en su tesis de graduación correspondiente a la Facultad de Ingeniería Eléctrica Y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, concluye con lo siguiente “La implementación de sistemas que mejoren la calidad del producto está basado en el criterio de confiabilidad de un sistema eléctrico, lo

que quiere decir que se trata de reducir los riesgos que involucran el mal funcionamiento del sistema, “para” de procesos industriales, disminución de la vida útil de equipos, calentamiento excesivo de conductores.” (p.136).

Así mismo en la unidad de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi se realizó una Propuesta para la mejora de la eficiencia energética en el proceso de fabricación de papel para la Empresa FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR, elaborada por el autor: BERRAZUETA VALLEJO Pedro Pablo, (2013) donde concluye que “El sector industrial con visión de crecimiento futurista, obliga a usar responsablemente y con criterio la energía mejorando su eficiencia y reduciendo costos de producción.” (p. 04). De esta forma haciendo una correlación a las conclusiones de ambos autores, se evidencia un criterio de confiabilidad del sistema en bien de la empresa, con reducción de costes por fallo del suministro y pérdida de equipos por perturbaciones.

El autor FIALLOS CAÑAR R., pretende un enfoque técnico que involucra métodos de mejoría del sistema, dicho estipulado se acerca más a los objetivos propuestos en este tema de investigación, razón por la cual se toma a consideración su razón y se la promueve a lo largo del desarrollo de esta evaluación.

En Aglomerados Cotopaxi S.A. a través del tiempo se han realizado auditorías energéticas que se detallan a continuación.

**En abril del 2000.** La Empresa de servicios Alta Tecnología del Ecuador TECNIALT Cia. Ltda. Realizó una Auditoría energética en el área de consumo de energía eléctrica, a fin de obtener un diagnóstico de la situación de ese entonces y proponer acciones encaminadas al ahorro energético y económico. Las oportunidades de ahorro detectadas son las siguientes:

- Manejo de la demanda máxima registrada en las horas pico del sistema, esto es de 18H00 a 21H00.
- Realizar la sustitución de 11 motores eléctricos estándar por motores eficientes.
- Sustituir lámparas fluorescentes estándar con balastos electromagnéticos por fluorescentes eficientes con balastro electrónico.

**En octubre del 2006.** La Asociación de grandes consumidores de energía EGRANCONEL, realizó una Auditoría energética en la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. con el objetivo de obtener los principales indicadores energéticos, consumos y demandas eléctricas, factores de carga y potencia, consumos específicos de energía eléctrica de los equipos. Obteniendo como resultado las siguientes ventajas:

- Detención de áreas de oportunidad de ahorro de energía eléctrica.
- Posibilidad de reducir la facturación eléctrica mediante la implantación de medidas de ahorro de energía.
- Instalación de equipos eficientes con tecnología de punta.

## **1.2. Caracterización de la Investigación.**

### **1.2.1. Descripción de la Empresa.**

En el año 1979, Aglomerados Cotopaxi S.A. inicia su producción en el Ecuador, esta es una empresa forestal e industrial de madera produce tableros de alta calidad para el mercado nacional e internacional y consecuente con su misión, visión y valores empresariales ha establecido y mantiene un Sistema de Gestión Integrado de Calidad, Ambiente, Seguridad y Salud en el Trabajo, Control y Seguridad, y Manejo Forestal Responsable acorde a las normas nacionales e

internacionales ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007. La empresa está ubicada junto a la población de Lasso en la Provincia de Cotopaxi, aproximadamente a 21 Km. Hacia el norte de Latacunga. La planta industrial se abastece de energía de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (ELEPCO) desde la subestación Lasso con una línea aérea de 13.8 kV de 0.3 Km de longitud. La subestación Lasso abastece la energía eléctrica con un transformador de 20 MVA, a un nivel de tensión de 13.8 kV. El seccionamiento se lo realiza a través de un interruptor de potencia ubicado a la salida No. 5 de dicha subestación. Aglomerados Cotopaxi S.A., comprometido con el cumplimiento de su política, debe hallar conformidad con lo previsto en el artículo 77 del Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, donde manifiesta que una de las obligaciones de las empresas distribuidoras en este caso ELEPCO S.A. es “garantizar en los contratos de suministro de electricidad que celebre con los consumidores finales la prestación del servicio de suministro de energía eléctrica en forma continua, puntual y suficiente, y de conformidad con los requerimientos técnicos respecto de la calidad del servicio establecidos en los reglamentos aplicables y en el contrato de concesión”. (REGLAMENTO DE CONCESIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA, 1998).

### **1.3. Descripción de la subestación Lasso Alimentador N°5.**

La Subestación Lasso tiene instalado un transformador de 20MVA, del cual se deriva seis salidas a un nivel de tensión de 13.8KV. En la Figura N°.1.1 se muestra el diagrama unifilar de la subestación Lasso y transformadores de la planta Aglomerados Cotopaxi S.A.

- Alimentador N° 0501, 5218-12 San Agustín de Callo.
- Alimentador N° 0502, 5218-14 Pastocalle – Toacazo.
- Alimentador N° 0503, 5218-125 Rio Blanco.



## **1.4. Fundamentación Legal y Normativas Aplicables a la Calidad Eléctrica.**

El automatismo de procesos industriales ha inducido la incorporación de cargas no lineales, verdaderas fuentes de perturbación de los sistemas eléctricos e todas sus categorías, estos disturbios inyectan armónicas de corriente, distorsionando su forma de onda fundamental. Al interactuar con la impedancia del sistema, ésta distorsiona el voltaje y provoca diferentes problemas en los equipos asociados al sistema. Para establecer responsabilidades entre Consumidor y Distribuidor, se han creado normas nacionales e internacionales, las cuales limitan los rangos permitidos de forma de onda de voltaje a suministrar por la distribuidora y a distorsionar por los consumidores en sus procesos de producción y/o manufactura.

### **1.4.1. Norma IEEE 519, EN50160 y regulación CONELEC 004/01,**

#### **1.4.1.1. Reglamentación Internacional.**

El estado Ecuatoriano, al momento de firmar acuerdos Internacionales los hace suyos y por consiguiente estos son mandatorios es por ello que la norma, **IEEE Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**, es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas la **IEEE 519 1992**, trata principalmente con armónicos introducidos por cargas no lineales, con la finalidad de que los problemas de calidad de potencia puedan ser prevenidos Además, esta norma define distorsión total e individual de voltaje y corriente. La filosofía adoptada fue restringir la inyección de corrientes armónicas de consumidores individuales para no causar niveles de distorsión de voltaje inaceptables. Esta norma asocia conceptos y términos para que se infundan regularizaciones a nivel local, con su propia interpretación. La Norma española, **UNE-EN 50160, 2001** que bajo el título de “Características de la tensión

suministrada por las redes generales de distribución”, tiene un campo de aplicación en el punto de entrega al cliente, también se la asocia con la IEEE y que varios estipulados citan las características principales de la tensión suministrada por una red general de distribución en baja tensión y en media tensión en condiciones normales de explotación.

#### **1.4.1.2. Reglamentación nacional.**

Con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica de enero 16 de 2015, se crea la agencia de regulación y control de electricidad ARCONEL. Esta agencia establece los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las empresas distribuidoras, a través de la regulación N°. **CONELEC 004/01**, intrínsecamente sus incisos consideran necesario certificar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, dentro de sus artículos, en el inciso segundo dicta que para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar las Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación.

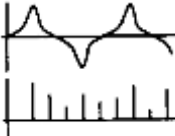
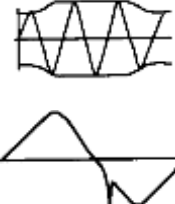
#### **1.4.1.3. Norma de estandarización de mediciones y técnicas de ensayo.**

El estándar **IEC 61000-4-30 CLASE A** elimina las suposiciones al momento de seleccionar con precisión un instrumento de calidad de energía. Este estándar define los procedimientos de medida de cada parámetro de calidad de energía para obtener resultados fiables, repetibles y comparables. Además, determina la precisión, el ancho de banda y el conjunto de parámetros mínimos. Y lo que es

más, los fabricantes ya tienen un parámetro de referencia para diseñar según los estándares de la clase A, allanando el campo para los técnicos a la hora de elegir instrumentos y mejorando así la precisión y fiabilidad de las medidas.

## 1.5. Fundamentación Teórica.

**TABLA 1.1. “SÍNTESIS DE CONTENIDO CORRESPONDIENTE AL MARCO DE CARACTERIZACIÓN TEÓRICA”**

AUTOR	PUBLICACIÓN	CARACTERÍSTICA, PARÁMETRO.	CONCEPTUALIZACIÓN
ARRILLAGA G., J., & EGUÍLUZ M., L.	<i>Armónicos en sistemas de potencia.</i>		Los armónicos.
FOURIER Jean-Baptiste Joseph			
BALCELLS J., AUTONELL J., & Otros	<i>Eficiencia en el uso de la energía eléctrica.</i>	EMI, (Electromagnetic Interferences)	Rendimiento de la energía consumida. Distorsión y perturbaciones.
CONELC 004/01	<i>Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.</i>	Límites de:  Nivel de Voltaje  Flickers.  Armónicos.  Factor de Potencia	Establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.
M.C.ECHAVARRÍA S. Rodolfo A.	<i>Síntesis de un Regulador Monofásico de Tomas de C.A. Para Aplicaciones de Media y Baja Tensión.</i>	Reguladores de Tensión Ferroresonantes.	Reguladores de Tensión
RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo.	<i>Calidad Del Servicio De Energía Eléctrica.</i>		Variaciones de Tensión.  Caídas momentáneas de tensión (Voltage sags).  Huecos de tensión.
		Filtros, Filtros Pasivos, Filtros Activos.	Soluciones para mejorar la calidad del servicio.  Control de tensión en sistemas de distribución
RTR Energía S.L	<i>Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica</i>	Frecuencia.	Efectos De Los Armónicos En La Red.
UNE-EN 50160, 2001	<i>Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución</i>	Perturbaciones de Tensión.	Reglamentación Internacional, de definiciones básicas de los parámetros que involucran la calidad energética referente a tensión.

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

### **1.5.1. Consideraciones generales sobre la calidad del servicio de energía eléctrica.**

Según los Autores, BALCELLS J., AUTONELL J., & Otros, 2011, (p.013) afirman que “Cualquier acción que tienda a mejorar la Eficiencia Energética de nuestras cargas y medios de distribución y todo lo que represente un Uso Racional de la Energía, tendrá unas repercusiones importantes sobre la economía de todos y cada uno de los sectores implicados”. Bajo las consideraciones se puntualiza, que la eficiencia energética, apunta a obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte y/o uso, garantizando un funcionamiento sin interferencias en receptores conectados a la red de distribución. Otro aspecto a considerar según BALCELLS J., AUTONELL J., & Otros, 2011, (p.014), “Más de un 50% de la energía eléctrica consumida es procesada por algún tipo de convertidor electrónico convertidores AC-DC; DC-DC o AC-AC”. Estos convertidores utilizados en instalaciones, permiten modificar la tensión, la frecuencia y un sinnúmero de parámetros propios de las fuentes de alimentación, pero suelen provocar distorsión y ciertas perturbaciones, denominadas EMI por sus siglas en inglés (Electromagnetic Interferences); estas originan una pérdida en cuanto al rendimiento de cargas principalmente, además una pérdida significativa en cuanto al sistema de distribución de energía, un deterioro de la calidad de onda de tensión y el fallo en equipos electrónicos debida a las componentes de alta frecuencia. Las anomalías o perturbaciones denominadas de alta frecuencia, también conocidas como “parasitas” ponen en peligro la autonomía y el buen funcionamiento de algunos equipos. Existen varios entes reguladores de la calidad de la energía o “Eficiencia Energética” los que se mencionan según la norma EN-UNE-50160:2001 los aspectos negativos de la calidad del suministro eléctrico. Ver Tabla N°1.1.

- Sobretensión.
- Interrupción de la Alimentación.
- Microcortes de Tensión (U).

- Fluctuación de la Tensión.
- Parpadeo (Flicker)
- Huecos de Tensión.

**TABLA 1.2. “PERTURBACIONES ELÉCTRICAS CLASIFICADAS SEGÚN SU GRAVEDAD Y FRECUENCIA EN PROCESOS INDUSTRIALES”**

CARACTERÍSTICA			EFECTOS SOBRE CLIENTES INDUSTRIALES (MT)	
			GRAVEDAD	PROBABILIDAD
Frecuencia			MEDIA	MUY BAJA
Variaciones de Tensión			MEDIA	MEDIA
Variaciones rápidas	Amplitud		BAJA	BAJA
	Parpadeo		MUY BAJA	BAJA
Huecos de Tensión			MEDIA	MUY ALTA
Huecos de Tensión (Sag)*	Duración	Magnitud		
Instantáneos	0,5 – 30 ciclos	0,1 – 0,9 p.u.		
Momentáneos	30 ciclos – 3	0,1 – 0,9 p.u.		
Temporales	3 s – 1 min	0,1 – 0,9 p.u.		
Elevaciones de Tensión (Swell)*	Duración	Magnitud		
Instantáneos	0,5 – 30 ciclos	1,1 – 1,8 p.u.		
Momentáneos	30 ciclos – 3	1,1 – 1,8 p.u.		
Temporales	3 s – 1 min	1,1 – 1,8 p.u.		
Interrupciones breves				
Interrupciones Largas			MUY ALTA	MEDIA
Sobretensiones temporales entre fases y tierra (a frecuencia Industrial)			ALTA	MUY BAJA
Sobretensiones transitorias entre fases y tierra			MEDIA	MUY BAJA
Desequilibrio de la tensión			BAJA	MUY BAJA
Tensiones Armónicas			MEDIA	MEDIA

\*Nota. Los valores indicados en esta tabla fueron extraídos de lo estipulado de acuerdo al documento denominado “Perturbaciones de tensión según la IEEE 1159”.

**Fuente:** UNE EN 50160; IEEE 1159, 2016.

**Elaborado por:** VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Aunque es imprescindible mencionar que este proyecto está encaminado a satisfacer ordenanzas y normas de regulación del CONELEC – 004/01 que tiene como objetivo el establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras. En la Tabla N°1.2, según la norma UNE EN 50160; se sintetizan las perturbaciones eléctricas más comunes, definidas por parámetros de normalización; la apreciación se la obtiene por su nivel de gravedad, y por su afinidad dentro de procesos industriales y la frecuencia con la que los clientes perciben sus efectos.

Dentro del marco de referencia, se agregó términos considerados importantes para el fenómeno de investigación, en tanto huecos de tensión se refieren. En la Tabla N°1.2 se observa las perturbaciones más comunes y significativas dentro de las cuales están las interrupciones, largas y cortas, huecos de tensión con valores estipulados por la IEEE 1159, las variaciones de tensión, las sobretensiones y las tensiones armónicas. Más adelante serán detallados las características y origen de las anomalías de suministro.

### **1.5.2. Descripción general de las perturbaciones en la red más comunes.**

BALCELLS J., AUTONELL J., & Otros, 2011, (p.111) indican que: “La red de alimentación ideal debería comportarse como una fuente de tensión sin impedancia interna, con salida sinusoidal y tensión constante en todos los puntos del suministro”. No obstante esta red se distorsiona por diferentes motivos, la causa principal de la distorsión en cuanto a la tensión de la red son originadas por sus propias cargas, por su forma de funcionamiento durante los arranques y paradas, por la conmutación de corrientes importantes entre diversos circuitos, originando caídas de tensión en las impedancias del sistema.

### **1.5.2.1. Niveles de Tensión.**

Los autores, RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 034) afirman:

**“Casi todos los equipos conectados en un sistema distribución son diseñados para una tensión nominal, pero es imposible entregarles a todos la misma tensión nominal ya que existen caídas de tensión en cada parte del sistema potencia, desde el generador hasta los aparatos receptores de los usuarios. Sin embargo, dentro del diseño de equipos se considera que podrán operar dentro de un cierto rango de tensión.”**

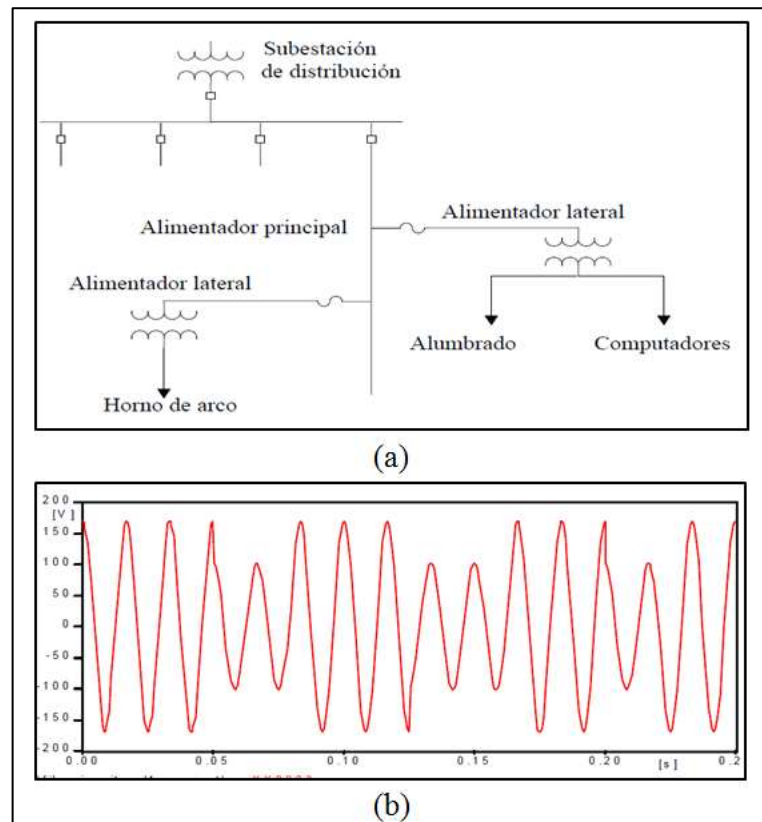
En un sistema eléctrico de potencia existen varias fluctuaciones o variaciones en el suministro que durante la operación del sistema de potencia desencadenan desviaciones RMS nominal debidas fundamentalmente a: caídas de tensión en transformadores y alimentadores, cambios de generación y carga, operación de pararrayos, operación de elementos de interrupción, etc.; efectos que producen elevaciones permanentes, fluctuaciones de tensión y principalmente caídas.

#### **1.5.2.1.1. Variaciones de Tensión.**

Para comprender las variaciones de tensión la Figura 1.2(a)., muestra un sistema, similar al de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., donde a manera de ejemplo se indica un horno de arco y las cargas domésticas; que en este caso serían los equipos de Manufactura y producción donde el flicker de tensión genera problemas. Si bien es cierto mientras las cargas residenciales son constantes, la carga del horno de arco cambia rápidamente y genera caídas de tensión variables y momentáneas a lo largo del alimentador de distribución. La tensión del

alimentador primario llega a ser variable, y los disturbios pueden ser observados por las cargas domésticas. La Figura 1.2 (b). Muestra las fluctuaciones de tensión.

**FIGURA 1.2. “(a) CIRCUITO DEMOSTRATIVO DE CARGAS CONECTADAS A LA RED PRINCIPAL; (b) FLUCTUACIONES Y SU FORMA DE ONDA”**



Fuente: RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 039)  
Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

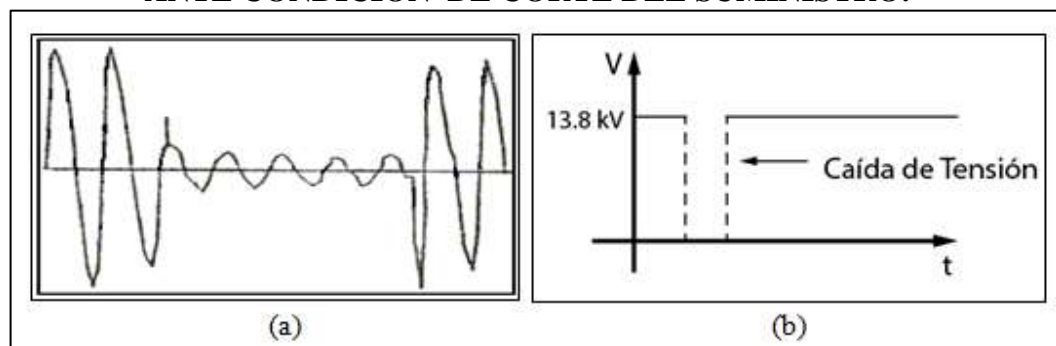
#### 1.5.2.1.2. Caídas momentáneas de tensión (Voltage sags).

RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 041) exponen:

**“Son disminuciones de corta duración en la tensión de estado estable y algunas veces duran muchos segundos (0.5 a 30 ciclos y más). Pueden tener efectos muy pequeños sobre cargas sensibles si la caída en la tensión no es mayor del 10 al 20%, o pueden tener un mayor efecto (similar a una salida o corte de energía) si la disminución en la tensión es más grande (por ejemplo el 50%).”**

Si bien es cierto a nivel industrial las caídas de tensión son causadas por el arranque de grandes cargas. Esto ocurre en el sistema de alimentación, pero es más frecuente que las caídas momentáneas de tensión sean causadas por fallas en el sistema. La Figura 1.3. Ilustra una caída severa causada por una falla en el transformador. Las caídas de tensión en cortos periodos más severas son resultantes de fallas en el mismo alimentador, en la subestación, o en el alimentador adyacente, y relativamente son fáciles de identificar, es por ello que Aglomerados Cotopaxi S.A., atribuye la mayoría de fallos al proceso de producción, a agentes externos, en especial hornos de arco, inversores de gran potencia, etc.

**FIGURA 1.3. “(a) CAÍDAS MOMENTÁNEAS DE TENSIÓN; (b) TENSIÓN ANTE CONDICIÓN DE CORTE DEL SUMINISTRO.”**



Fuente: RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 042)  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

## Límites

Las variaciones de voltaje admitidas de acuerdo al CONELEC con respecto al valor del voltaje nominal se señalan en la Tabla N°1.3:

**TABLA 1.3. “VARIACIONES DE VOLTAJE ADMISIBLES”**

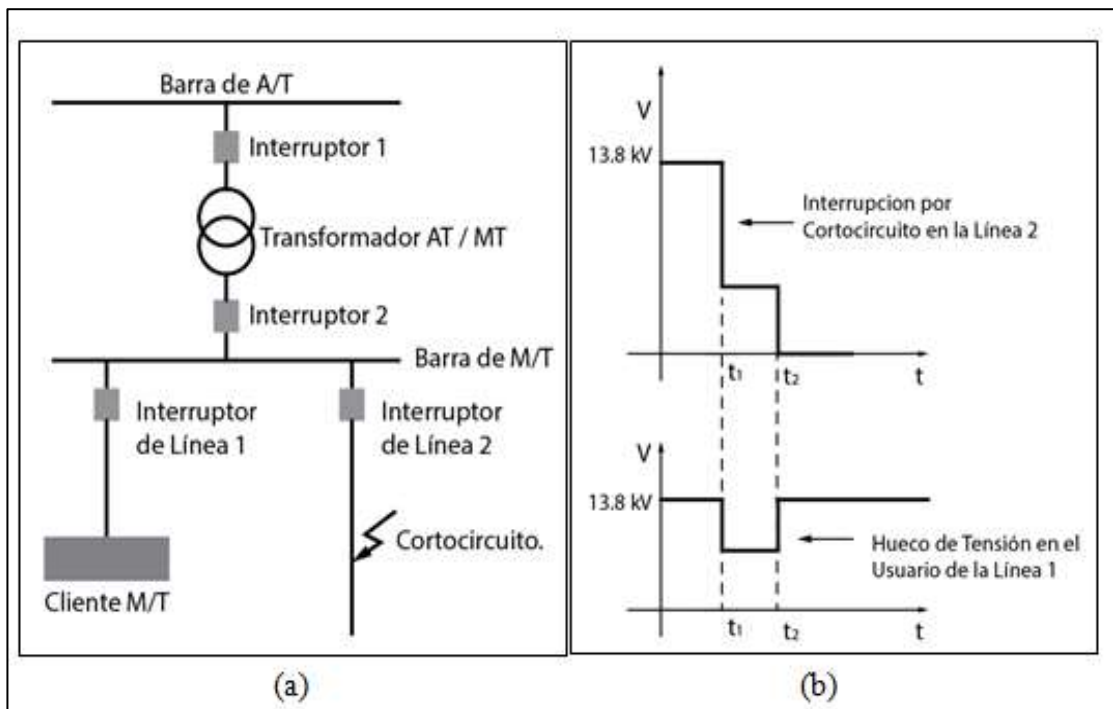
	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: Regulación CONELEC 004/01.  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

### 1.5.2.1.3. Huecos de tensión.

La norma UNE EN 50160, aduce que un hueco de tensión es una depreciación brusca de la tensión suministrada; a un valor situado entre el 90% y el 1% de la tensión nominal, seguida de una reintegración de la tensión después de un corto o largo periodo de tiempo. Un hueco de tensión podría perdurar entre 10 ms (mili segundo  $10^{-3}$ ) a 1 min. La hondura de un hueco es precisada como, la diferencia entre la tensión eficaz mínima durante el hueco de tensión y la tensión nominal.

**FIGURA 1.4. “(a) HUECO DE TENSION EN USUARIO POR CORTOCIRCUITO EN LA MISMA LINEA DE ALIMENTACIÓN; (b) TENSIONES EN LOS DOS PUNTOS DEL SISTEMA.”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hemán

Los Huecos de tensión la mayor parte de veces son producidos por el arranque de cargas pesadas, motores, máquinas de cargas altas, Hornos, etc., Ver Figura 1.4 (a), pero la causa principal son las fallas en líneas eléctricamente próximas, efectos eventualmente posibles ya que al pertenecer a una red industrial; los clientes están ubicados aledañamente, en el mismo ramal del Alimentador N°5.

Durante una eventualidad de cortocircuito la corriente se eleva, sin más limitación que la debida a la impedancia de la red hasta el punto de la falla. Este cortocircuito es mitigado por el interruptor de la línea dos, en un tiempo que esta predeterminado por la protección, pero normalmente es de entre 60 milisegundos y un segundo respectivamente. En el tiempo que se da la eventualidad la tensión en el punto de la falla desciende a cero, mientras que en los puntos adyacentes se originan caídas de tensión correspondientes a la distancia eléctrica del punto de falla. En la Figura N°1.4, (b) se compara las tensiones en los dos puntos del sistema: La caída de tensión inicia cuando se establece el cortocircuito en la línea (instante  $t_1$ ), y termina cuando el sistema de protección despeja la falla (instante  $t_2$ ). El hueco de tensión producido en el usuario de la línea uno tiene una duración dependiente al tiempo de disparo de la protección en el usuario de la línea 2. En caso de un disparo por el elemento instantáneo el hueco duraría entre 60 y 140 milisegundos, mientras que si el valor de la corriente de falla se encuentra por debajo del ajuste del instantáneo, el elemento temporizado actuaría en un tiempo que suele estar comprendido entre 400 y 800 milisegundos.

#### **1.5.2.2. Parpadeo (Flicker).**

Los Autores CIDRÁS J., & CARILLO C., 2007, (p.001) expresan que:

**“El parpadeo, en inglés “flicker”, se define como la <impresión subjetiva de la fluctuación luminosa>. La presencia de la palabra “subjetiva” en la definición indica que es un fenómeno fisiológico, en la medida que un determinado observador puede verse afectado por dichas variaciones luminosas cuando están presentes en el sistema de iluminación.”**

Los motivos por los cuales se originan variaciones de tensión pueden ser en la generación de energía eléctrica, pero más comúnmente son producidas en los aparatos o cargas conectadas al sistema eléctrico. Las fluctuaciones de voltaje

bajo consideraciones de ubicación y dado que Aglomerados Cotopaxi S.A se encuentra en un perímetro industrializado cercado por compañías que dependen de cargas altas, y dispositivos que generan el desbalanceo de la red y principalmente generan fallos en las oscilaciones son:

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

### **Límites.**

El índice de severidad del Flicker  $P_{st}$  en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite  $P_{st} = 1$  como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

### **1.5.2.3. Los armónicos.**

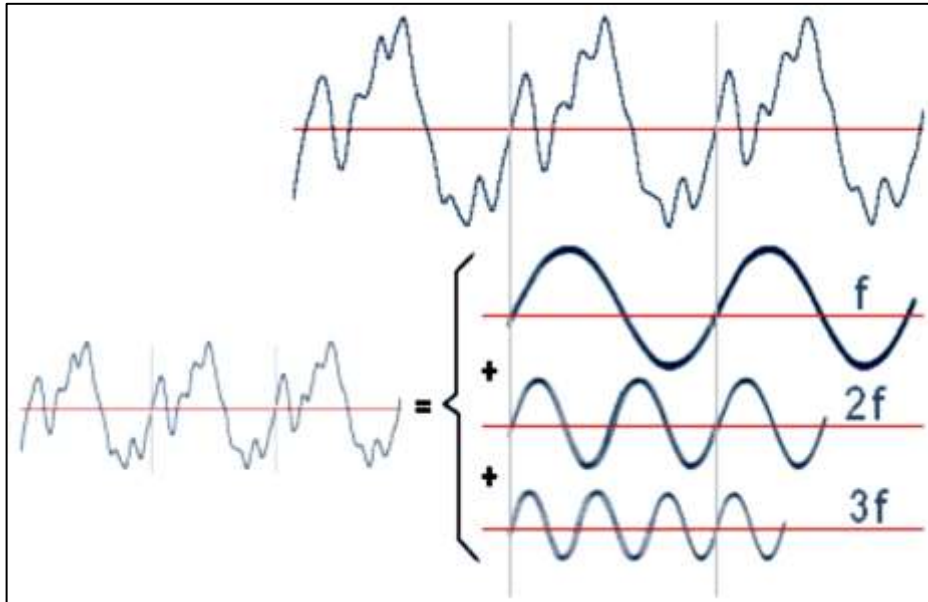
La norma UNE-EN 50160, 2001 define la tensión armónica como “Una tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación en el sistema”.

Los autores ARRILLAGA G., J., & EGUÍLUZ M., L., 1994, (p.019) indican que

**“La generación de energía eléctrica, generalmente, se producen a frecuencias normalmente constantes de 50 o 60 Hz y la fuerza electromotriz de los generadores eléctricos puede considerarse prácticamente sinusoidal. Por otra parte, cuando una fuente de tensión senoidal se aplica a una carga no lineal y, por tanto, produce una distorsión de la tensión en bornes de la carga, es decir esta contiene armónicos”.**

Por otra parte el matemático Francés FOURIER Jean-Baptiste Joseph, 1768 - 1830 describió a este fenómeno expresando que “Cualquier señal periódica, por compleja que sea, se puede descomponer en una suma de señales senoidales cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental o de referencia”. Ver Figura N° 1.5.

**FIGURA 1.5. “DESCOMPOSICIÓN ARMÓNICA”**



Fuente: RTR Energía S.L., 2015, (p. 047)  
Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### 1.5.2.3.1. Efectos De Los Armónicos En La Red.

Considerando parámetros de RTR Energía S.L., 2015, (p. 044) de acuerdo a sus experiencias citan los siguientes efectos causantes de las distorsiones armónicas.

- Aumento de la potencia a transportar, empeorando el factor de potencia de la red.
- Disparo intempestivo de interruptores automáticos.
- Sobrecargas en los conductores.
- Vibraciones y sobrecargas en las máquinas.
- Inestabilidad en el sistema eléctrico.

- Deficiente funcionamiento de los relés de protección.
- Disminución de la impedancia de los condensadores ( $X_C = 1/\omega \cdot C$ ), lo que da lugar al fallo del banco autorregulado instalado para la corrección del factor de potencia cuando aparece el fenómeno resonante  $X_L = X_C$ .
- Mediciones erróneas o defectuosas en equipos de medida.
- Perturbaciones en equipos de control.

### 1.5.2.3.2. La Frecuencia.

Se define como el resultado de multiplicar el número de orden del armónico por la frecuencia fundamental  $f_n$  60Hz, por ejemplo:

$$3^\circ \text{ armónica } 3 \times 60 \text{ Hz} = 180 \text{ Hz.}$$

$$5^\circ \text{ armónica } 5 \times 60 \text{ Hz} = 300 \text{ Hz.}$$

$$7^\circ \text{ armónica } 7 \times 60 \text{ Hz} = 420 \text{ Hz.}$$

$$9^\circ \text{ armónica } 9 \times 60 \text{ Hz} = 540 \text{ Hz.}$$

Los armónicos de orden impar son los que se encuentran en las redes eléctricas de la industria, edificios y explotaciones industriales, aeropuertos, etc. Los de orden par solo aparecen cuando hay asimetría en la señal eléctrica.

### 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 en la Tabla N° 1.4. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

**TABLA 1.4. “VALORES EFICACES PERMISIBLES PARA LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ESTIPULADO POR EL CONELEC”**

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)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
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	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
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
<b>Pares</b>		
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
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

Fuente: CONELEC., 2001, (p.009)

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

#### 1.5.2.4. El factor de potencia.

El factor de potencia (FP) es uno de los parámetros de rendimiento más importantes. Se define como la razón de proporción que existe entre la potencia real (P) y la potencia aparente (S). La potencia real es aquella que puede ser transformada en otro tipo de energía como puede ser la mecánica, lumínica

calorífica, química, etc. Este tipo de potencia es la que se consume en las resistencias, su unidad de medición son los watts (W). Por otro lado, la potencia aparente es la potencia total que entrega la fuente de alimentación trifásica la cual es la suma de la potencia real y la potencia reactiva (Q). La potencia reactiva no es deseable, ya que al existir genera componentes armónicos en las corrientes de entrada. Límite permitido 0,92.

### **1.5.3. Soluciones para mejorar la calidad del servicio.**

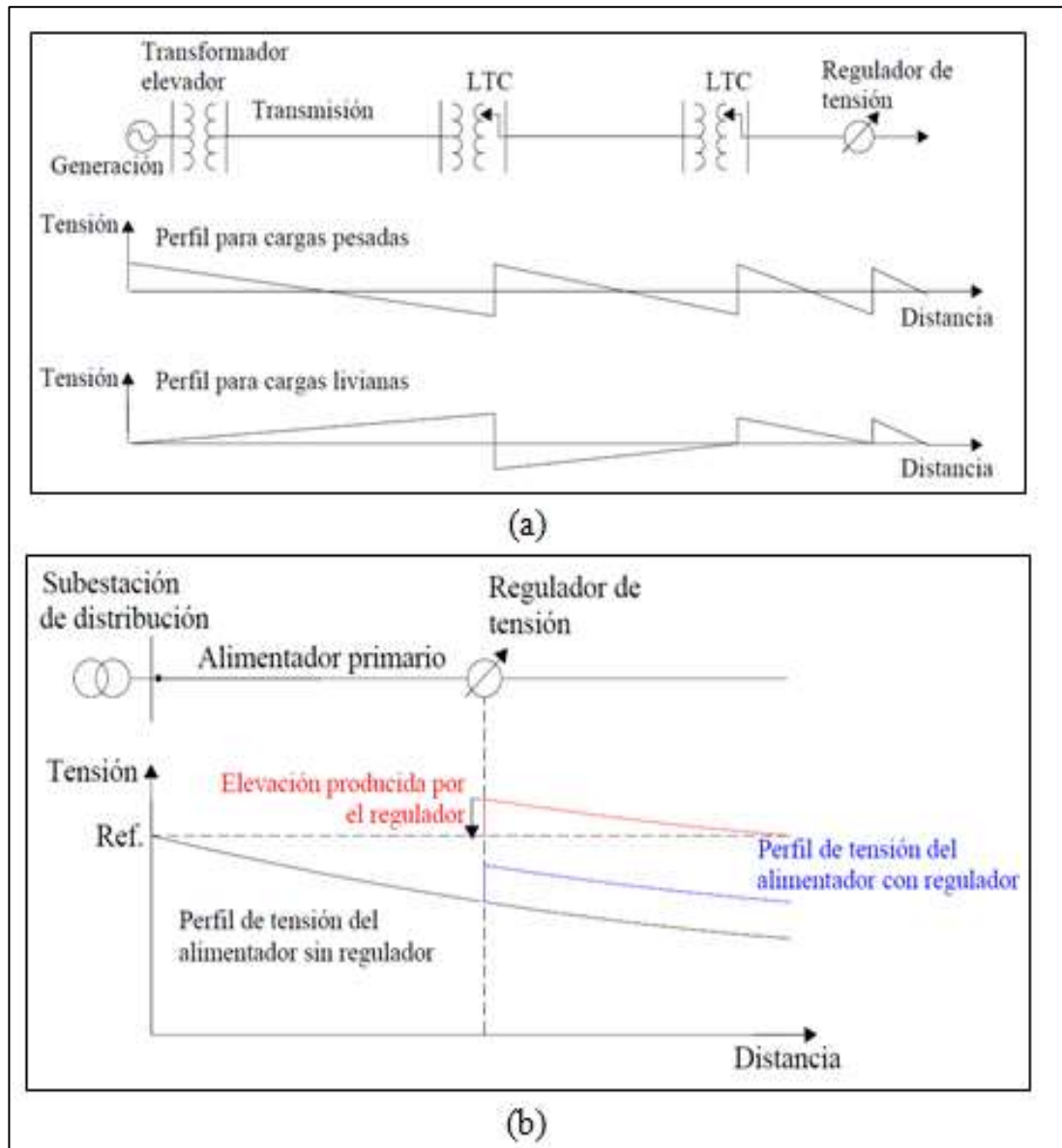
#### **1.5.3.1. Control de tensión en sistemas de distribución.**

RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 034) alegan:

**“El control de tensión en un sistema de distribución se realiza mediante el uso de reguladores de las tensiones, cambiadores de derivaciones (taps) bajo carga [LTC] y capacitores shunt (corrección del factor de potencia). El cambiador de taps bajo carga es el funcionalmente equivalente a un regulador de tensión; sin embargo, proporciona control de tensión para muchos circuitos.”**

Es de conocimiento que el control de tensión efectuado por ELEPCO S.A. a las cargas no es instantáneo y no certifica una tensión constante, sino que sólo mantiene la tensión entre los límites deseados por cada consumidor. En la Figura 1.6 (a), se muestran las señales típicas de tensión para cargas pesadas y cargas livianas. RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 037) señalan que: “Los reguladores de tensión típicamente operan con tiempos de retraso de 30 a 40s; ellos permiten una condición de alta tensión o de baja tensión antes de persistir en la acción correctiva a tomar”. Una forma de corregir una tensión anormal, cuando el ancho de banda está fuera de los límites es que el regulador entre a operar y se ajuste sin retrasos en el tiempo.

**FIGURA 1.6. “(a) SEÑALES PARA CARGAS PESADAS Y LIVIANAS; (b) REGULADORES DE TENSIÓN EN UN ALIMENTADOR (PERFILES DE TENSIÓN CON Y SIN REGULADORES.”**



Fuente: RAMÍREZ C., Samuel & CANO, P. Eduardo., 2003, (p. 037)

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

En los alimentadores primarios de distribución cortos, es probable que las tensiones estables puedan ser obtenidas usando sólo el equipo de control de tensión (reguladores). Pero, para alimentadores primarios de distribución largos con cargas pesadas, es necesario colocar reguladores de tensión localizados convenientemente a lo largo del alimentador (fuera de la subestación de distribución), como se muestra en la Figura 1.6 (b).

#### **1.5.3.1.1. Regulador de tensión ferorrresonante.**

Según la IEEE 449-1998, especifica que la regulación ferorrresonante es “el efecto que se obtiene mediante la acción limitadora de la característica de saturación del material magnético en un circuito ferorrresonante, lo cual regula la tensión sobre un rango especificado de tensión de entrada y a una frecuencia específica de excitación”. El regulador se constituye por dos configuraciones típicas, en serie, el cual consiste en la conexión en sucesión, de un inductor saturable y un condensador; y el regulador serie-paralelo, el cual consiste en un inductor no saturable conectado en serie con un circuito paralelo formado por un inductor saturable y un condensador. El Autor, M.C.ECHAVARRÍA S. Rodolfo A., 2002, (p.020) indica que “Estos equipos han sido muy utilizados debido principalmente a su alta confiabilidad, ya que no utilizan elementos activos. Su rango típico de variación de la tensión de entrada puede ser desde  $\pm 10\%$  hasta un  $\pm 20\%$ , con una variación de la tensión de salida de  $\pm 3\%$ . Tienen un tiempo de respuesta de alrededor de 30 ms”. Dentro de sus ventajas se señala que pueden atenuar ruidos y transitorios impulsivos; además, son capaces de compensar interrupciones de alrededor de 2 ms. Dentro esta su peso elevado y la dificultad para su uso en potencias elevadas, por pérdidas en el núcleo.

#### **1.5.3.1.2. Filtros.**

Ésta es sin duda la medida remedial más evidente para controlar las corrientes armónicas. Un filtro en general puede actuar de una de las siguientes formas:

- Introducir una alta impedancia en serie para bloquear el paso de las corrientes armónicas.
- Derivar a tierra las corrientes armónicas a través de caminos de baja impedancia.

- Inyectar armónicos en oposición de fase a los presentes en la red para cancelarlos.

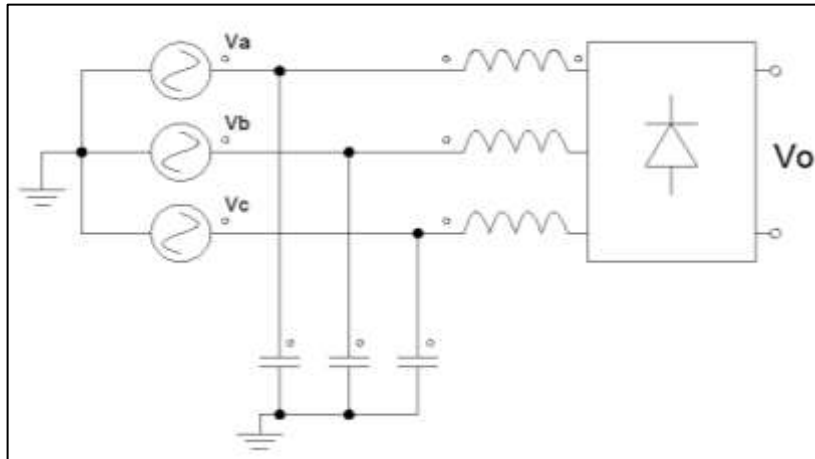
#### **1.5.3.1.2.1. Filtros Pasivos.**

RAMÍREZ C., Samuel & CANO. P. Eduardo., 2003, (p. 159) en el capítulo de diseño de filtros expresa “Los filtros pasivos son un método efectivo para mitigar el problema de contaminación armónica. Estos son diseñados para proveer un camino de evacuación a los armónicos que más molestan en el sistema”. Los filtros más usuales son el filtro serie y el filtro paralelo. El filtro serie produce una resonancia paralela para bloquear, pues tiene una alta impedancia a la frecuencia de sintonía. El filtro paralelo tiene una resonancia serie atrapando con ella la perturbación dado el bajo camino de impedancia que provoca.

La función de los Filtros Pasivos de rechazo es evitar la amplificación del armónico preponderante de la instalación eléctrica industrial, por lo general el 5° armónico bien sea de tensión o de corriente e impedir la resonancia paralelo entre las cargas inductivas (L) tales como los motores, transformadores, arrancadores, etc.; los condensadores (C); evitando de esta forma la sobrecarga y eminente destrucción de los condensadores que se utilizan para compensación reactiva. En conclusión, los filtros pasivos son circuitos resonantes que usan combinaciones de elementos R-L-C para obtener una respuesta a la frecuencia deseada. Los más usados en aplicaciones para sistemas de potencia son:

- Filtro pasa banda (frecuencia simple).
- Filtro pasa altos.
- Filtros pasa bajos.

**FIGURA 1.7. “FILTROS PASA-BAJOS POR CADA FASE”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

En la Figura 1.7., se muestran los filtros pasa-bajos por cada fase. Este filtro tiene la capacidad de minimizar todas las componentes armónicas de orden superior a la frecuencia de resonancia del filtro.

#### **1.5.3.1.2.2. Filtros Activos.**

Los filtros activos son transistores de efecto de campo de metal - óxido semiconductor como MOSFET's o transistores bipolares de compuerta aislada IGBT's. Estos transistores son elementos activos, y se les conoce como correctores de factor de potencia activos. Este tipo de circuitos se clasifican como elevadores, (boost), reductores, (buck), reductores-elevadores, entre otros.

#### **1.5.4. Análisis de la Capacidad de Procesos.**

Una necesidad muy usual en los procesos radica en evaluar la variabilidad y tendencia central de una característica de calidad, para así compararla con sus

especificaciones de diseño. La capacidad de proceso es el grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con las especificaciones técnicas deseadas. Cuando la capacidad de un proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) es alta, se dice que el proceso es capaz, cuando se mantiene estable a lo largo del tiempo, se dice que el proceso está bajo control, cuando no ocurre esto se dice que el proceso no es adecuado para el trabajo o requiere de inmediatas modificaciones.

**TABLA 1.5. “INTERPRETACIÓN CUALITATIVA ÍNDICE DE CAPACIDAD DE PROCESO  $C_p$ ”**

Valor del $C_p$ .	Clase de Proceso	Decisión
$C_p > 2$	Clase Mundial	Tiene calidad seis sigma
$1.33 \leq C_p \leq 2$	1	Más que adecuado
$1 \leq C_p < 1.33$	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere un control estricto conforme el $C_p$ . Se acerca a uno
$0.67 \leq C_p < 1$	3	No Adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias.
Valor del $C_{pk}$		Decisión
<1		Proceso No capaz
=1		Proceso Justamente capaz
>1		Proceso Capaz

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

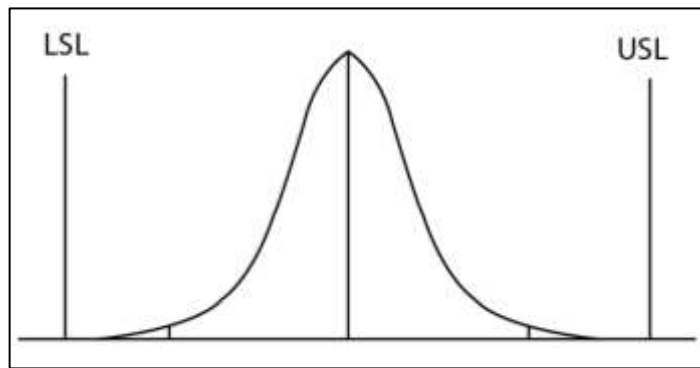
**Variabilidad natural de un proceso.** Cada vez que se repite un proceso existe ligeras desviaciones en las distintas actividades realizadas y a su vez van a generar variabilidad en los resultados; se dice que un proceso se encuentra bajo control estadístico cuando la variabilidad se debe exclusivamente a causas comunes o aleatorias.

**Límites de especificación.** Los límites de especificación de un producto se fijan voluntariamente por el cliente, por el fabricante o por una Norma, pueden ser bilaterales o unilaterales.

- Límite de especificación superior (USL)
- Límite de especificación inferior (LSL)

En la Figura 1.8., se puede ver un límite de especificación superior, y el límite de especificación inferior. El valor nominal  $\pm$  tolerancia (la tolerancia puede estar por arriba o por debajo del valor nominal). En la Tabla N°1.5., se muestra la interpretación cualitativa del índice  $C_p$ .

**FIGURA 1.8. “LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN”**



**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

## **CAPITULO II**

### **2. Metodología.**

Este capítulo, está encaminado a describir detalladamente el sistema de procedimientos, técnicas y métodos de investigación; donde se facultan los antecedentes, la situación actual y el proceso investigativo con su debida herramienta de obtención de datos. La investigación será sustentada por un proceso de recolección, adquisición y validación, dirigidas a los representantes y personal de operaciones. El modelo metodológico formula un sistema de procedimientos, técnicas y métodos para el tratamiento de los datos, informaciones, apéndices y conocimientos con el ánimo de conseguir parámetros válidos para el desarrollo de la exploración. Una de las herramientas investigativas será la encuesta que ayudara, en parte a satisfacer la hipótesis de trabajo, está dirigida a 10 personas cuya influencia dentro del entorno de trabajo aporta directamente a la investigación, el esquema se basa en un modelo cerrado utilizando un lenguaje claro, los datos obtenidos de la inquisición se tabulan dando un respectivo comentario. Los resultados son fuente sobre la cual se fomenta las necesidades de operación y dimensionamiento. La información adquirida es la encargada de mostrar la hipótesis general y la aceptación del trabajo investigativo

## **2.1. Metodología de la Investigación.**

Utilizando un método general, suprimiendo la inmensa brecha que se tiene al preguntarse - ¿Qué método debo emplear para mi investigación? ; es así como se decide emplear el –método científico-, ya que este intenta una validación de un modelo mediante:

- Observaciones y/o mediciones experimentales existentes, parámetros de medición de la calidad de energía, mediante un analizador de calidad en el suministro FLUKE 1750 que determina los parámetros de Fluctuaciones de Tensión, Armónicos, Factor de Potencia.
- Verifica predicciones del modelo con respecto a las observaciones o mediciones interiores dentro del área de estudio, selección de equipos que mitiguen perturbaciones en la red.
- Ajusta o sustituye el modelo, conforme lo requieran las nuevas observaciones o mediciones.

El último paso se conduce al primero, el primero al último y así el proceso continuo de forma interminable hasta que la investigación agrupe la información requerida. El método científico ha sido utilizado desde hace varios años, y aunque el esquema general sigue siendo válido el investigador tiene que desarrollar etapas las cuales serán señaladas y subscritas en los literales siguientes.

### **2.1.1. Método Científico Aplicado.**

El desarrollo de la investigación se lo realizo usando el método científico ya que comprende etapas las cuales se señalan a continuación:

- Se debe trazar y/o plantear un objetivo;
- Reunir datos conocidos datos de Niveles de Tensión, Armónicos, Factor de Potencia.
- A estos datos se los tendrá que organizar, tabular, analizar y realizar una evaluación estadística;
- Proponer una posible solución;
- La solución será puesta a prueba;
- Finalmente se presenta los resultados.

De las etapas señaladas todas y cada una de ellas son substanciales, aunque es conveniente resaltar la importancia de la primera – *Plantear un objetivo* – ya que para encontrar la solución a un problema hay que plantearlo adecuadamente, esto se lo podrá observar con mayor detalle en la aplicación de la propuesta.

#### **2.1.1.1. Recopilación y revisión bibliográfica.**

Este parámetro es visualizado en el marco teórico del primer capítulo, y tiene como objetivo el conocer lo que se ha publicado relacionado con la investigación, esta relación puede ser bastante directa o colateral. Aquel punto es necesario para no repetir un trabajo ya efectuado, lo que puede sugerir nuevas ideas hacer acerca de su planeamiento y, para conocer los métodos de trabajo empleados en casos similares. En la recopilación bibliográfica se puso a consideración los datos más relevantes que se refieren a la calidad de suministro, en el mayor de los casos haciendo énfasis a publicaciones que hacen referencia las anomalías en la red, agrupando teorías enfoques y experiencias necesarias para la elaboración de la propuesta.

### **2.1.1.2. Organización de los Datos.**

El método científico sugiere que los datos obtenidos deben ser recopilados de manera eficiente. Esta etapa es muy necesaria para extraer la información compilada en cada fase de planeamiento, de la evaluación y de la propuesta. Se debe realizar un plan provisional al que se ha hecho referencia con anterioridad. Durante el estudio y reflexión del contenido de trabajos, se aplicara un análisis de datos de calidad de energía eléctrica; se realizará una introducción, una lista de aspectos importantes, compendiados dentro de un campo científico y tecnológico; todos estos datos estarán implicados dentro del marco conceptual. Así mismo es relevante el verificar variables, relacionar las variables dentro del entorno de análisis e interpretación, estudiar los costos, y verificar resultados como objeto de la propuesta. Los datos han sido organizados mediante los requerimientos de la Regulación CONELEC 004/01, el cual determina sistemáticamente agrupar, en primera instancia, Los niveles de tensión siguiendo los límites permitidos y los periodos de medición , como segundo punto se analiza las Fluctuaciones de la Tensión denominado también como Flicker PST, adicional a ello el tercer parámetro debe ser el análisis de armónicos y sus consecuencias en la red dependiendo de su frecuencia y su descomposición en la fundamental, y como última instancia tenemos al factor de potencia, que es uno de los parámetros que tienen mayor incidencia dentro de la penalización en el campo de facturación industrial.

### **2.1.1.3. Planificación de los métodos a utilizar.**

En este apartado se incluye los materiales y/o productos a utilizar, el equipo necesario y sus técnicas operativas.



**Equipos.** En la investigación si bien es cierto es necesario un sinnúmero de elementos, dentro de los cuales el más importante es el analizador de energía FLUKE Power Recorder 1750, que dentro de su configuración y características, realiza operaciones y evaluaciones eficaces. Dicho equipo es una herramienta de ingeniería compleja, fiable, programado para monitorear sus entradas y salidas, para realizar cálculos con modelamiento matemático, forma de ondas y recogida de datos; desde luego es el modelo más actualizado en su clase.

El analizador de Red FLUKE 1750 se instala en el punto 1 correspondiente a la salida del Alimentador N°5 Subestación Lasso y en el punto número 2 a la salida del transformador PADMOUNTED de 1500Kva, Ver Figura 2.1.

Para su uso se requiere una especialización en tanto la interpretación de los datos; su manejo es medianamente complejo, ya que este también contiene un manual de funcionamiento y operación, Ver Anexo B. Este equipo analizador constituye una valiosa ayuda para el trabajo de investigación, suprimiendo complejas y largas operaciones matemáticas basadas en funciones y series de FOURIER, para el análisis de armónicos y espectros. Su adquisición se hizo mediante el financiamiento de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

#### **2.1.1.4. Técnicas.**

Se determina dos tipos de técnicas; la primera que son propias del trabajo de investigación, donde intervienen los equipos y el análisis de la calidad de energía, el cual se desarrollará y calificará asimilando variables que serán especificadas en la planificación; también debiéndose especificar el modo operatorio que se seguirá, la

secuencia en que se efectuará la toma de muestras y su interpretación. La segunda son las técnicas relacionadas con el análisis de los diferentes parámetros y el entorno a conocer de la respuesta, bien sean técnicas conocidas estándar o solo métodos analíticos por comprobar; será necesaria su puesta a punto experimentalmente, así como conocer el error que se produce en la determinación, bien porque ya este descrito y se tenga que comprobar, o porque sea necesario determinarlo experimentalmente, de acuerdo con los métodos estadísticos existentes para ello.

En este caso, la técnica para dar a conocer el proyecto a las entidades y operarios de la empresa es la encuesta; para sustentar la idoneidad de la investigación, ya que de esta forma se afirmará la factibilidad y se conocerá la situación actual en la que se encuentra la empresa, adicional a la encuesta se realiza un análisis cuantitativo de cada una de las perturbaciones más comunes, tabulando parámetros y resumiéndolas en tablas, para conocer los niveles de error en cada una de las redes de abastecimiento

#### **2.1.1.5. Resultados y su discusión.**

Los resultados se dan de forma numérica, con la precisión requerida, los resultados de la investigación y de los análisis pueden interpretarse sin necesidad de cálculos o de requerir de estos para su utilización en la discusión; ya que como se mencionó con anterioridad el analizador de Energía dentro de su software constituye bloques de cálculo físico- matemático que simplifica la operacionalización manual de series aritméticas dando como punto de factibilidad el depender objetivamente de la interpretación de resultados. Los resultados se darán en forma de tablas numéricas, a manera de cálculo si así es concerniente, o mediante gráficos, tablas relativamente factibles de interpretar, estas denotaran los datos adquiridos experimentalmente.

### 2.1.1.6. La Encuesta.

El método de encuesta incluye un cuestionario de preguntas estructuradas de forma cerrada y que están relacionadas a la obtención de criterios de la situación actual en tanto al servicio de energía eléctrica suministrada por la Subestación Lasso. Para conocer la situación actual de la calidad de energía en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., se realizaron las correspondientes encuestas al personal de mantenimiento y producción utilizando un lenguaje claro y entendible; las respuestas obtenidas de la investigación se asumirán para establecer los valores y parámetros específicos y necesarios para elaborar el estudio de niveles de operación y eficiencia, imprescindible para conocer las condiciones de servicio en la red eléctrica. Los resultados serán la fuente sobre la cual se fomentará la factibilidad del proyecto. Una vez aplicado los instrumentos de recolección de información se procederá a realizar el tratamiento correspondiente para verificar la satisfacción del cliente. En la investigación se trabajará con todo un universo de estudio que a continuación se detalla en el CUADRO 2.1.

**CUADRO 2.1 “POBLACIÓN Y MUESTRA”**

<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>
Especialista	1
Jefe de Operación	1
Operador Eléctrico	1
Producción	3
Mantenimiento	4
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Al ser los directores los principales actores de la empresa y así mismo las personas encargadas de producción y mantenimiento de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., se toma en cuenta un número reducido de personas y/o representantes de cada uno de los departamentos responsables y encargados de la veeduría de la calidad de

energía que como universo de estudio se dispone de 10 personas; distribuidos de la siguiente manera: Producción 2 jefaturas Mantenimiento 4 jefaturas, 2 supervisores y 2 operados ; estas personas serán las que mencionen los problemas existentes y fallas en los sistemas eléctricos de potencia y maquinaria. Las encuestas serán diseñadas de manera cerrada, pretendiendo que los encuestados elijan una de las opciones que se presentan en un listado de preguntas formuladas por el investigador; con dos posibilidades – SI- y – NO- . Estas respuestas serán correctamente analizadas e interpretadas con el fin de conocer la situación de la empresa, las características del suministro energético y sus efectos en la producción.

## **2.2. Hipótesis de Trabajo.**

¿A través de una evaluación de calidad de energía, se propone un plan correctivo que permita suprimir el contenido de perturbaciones en la red de alimentación principal, en la subestación Lasso, Alimentador N°5?

## **2.3. Variables de Investigación.**

**2.3.1. Variable Independiente.** Evaluación de la calidad de Energía.

**2.3.2. Variable Dependiente.** Suprimir el contenido de anomalías en la red de alimentación principal, en la subestación Lasso, Alimentador N°5.

### **2.3.3. Operacionalización de Variables.**

El cual se estructura a continuación en los siguientes cuadros cumpliendo con los conceptos herramientas y metodología necesarias.

**TABLA N°2.1. “OPERACIONALIZACION DE VARIABLES, VARIABLE INDEPENDIENTE”**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
<p><b>Evaluación de la calidad de energía.</b> La Calidad de la Energía Eléctrica es una característica física del suministro eléctrico, el cual debe llegar al cliente en condiciones normales, sin producir perturbaciones ni interrupciones en los procesos del suministro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad del Producto.</li> <li>- Calidad de Servicio Técnico.</li> <li>- Calidad de Servicio Comercial.</li> <li>-Rango de frecuencias que va desde 0.5 a 25 Hz.</li> <li>-Armónicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pérdidas energéticas.</li> <li>-Costos adicionales de potencia contratada.</li> <li>-Reducción de la vida de los equipos.</li> <li>-Desconexiones indeseadas y paradas en la producción.</li> <li>- THD<sub>I</sub></li> <li>- THD<sub>V</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidor de Calidad de Energía.</li> <li>Registrador Automático de Perturbaciones.</li> <li>Registrador de Operaciones de Apertura y Cierre de Disyuntores y Pararrayos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas técnicas.</li> <li>Estándares de medición CONELEC 004/01.</li> <li>Uso del analizador de Energía</li> </ul>

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**TABLA N°2.2. “OPERACIONALIZACION DE VARIABLES, VARIABLE DEPENDIENTE”**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
<p><b>Optimización de la calidad de energía en la red de alimentación.</b> Puede definirse como el mejorar un sistema suprimiendo las interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje tanto en la parte de distribución como en la del usuario.</p>	<p>-Medidas a tomar durante el diseño. -Medidas a tomar durante la operación.  -Sistema de puesta a tierra. -Cambios en la operación del equipo. -Acondicionadores de potencia. -Supresores de transitorios.</p>	<p>- Análisis de consumidores afectados.  -Análisis de los datos de interrupción.  -El calibre del neutro y la corriente que circula por él.  -Interrupciones y paro de servicio.  -Accionamiento de Protecciones.</p>	<p>Análisis de características de transformador De Potencia 20MVA/13.8.  Verificación del esquema de protección y de detección de falla por variaciones de voltaje.  Comportamiento del sistema de operación con y sin regulador de voltaje.</p>	<p>Dispositivo de detección y localización de Fallas.  Esquema y parámetros del lugar.  Revisión de Plano Unifilar de Aglomerados Cotopaxi S.A.</p>

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**TABLA N°2.4 “CONFORMIDAD EN LAS ENCUESTAS”**

	Enunciado	A favor		En contra	
		Fr.	%	Fr.	%
1	¿ELEPCO S.A. a través de la subestación Lasso Alimentador N°5, brinda un suministro eléctrico continuo y confiable?	8	80	2	20
3	¿En la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., en los últimos 30 días hubo cortes de energía eléctrica?	10	100	0	0
8	¿Usted cree que al disponer de un suministro eficiente de electricidad, la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. podría elevar sus estándares de calidad en la producción?	10	100	0	0
11	¿Según su criterio, el consumo de energía eléctrica que no cumple con las normas de calidad puede provocar contaminación ambiental?	10	100	0	0
12	¿Usted cree que es necesario hacer una evaluación de la calidad de servicio eléctrico con el fin de mitigar perturbaciones y garantizar un nivel de voltaje de calidad en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.?	10	100	0	0

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

De esta manera la Hipótesis es aceptada y sustentada de igual forma se afianzara su aceptación con la propuesta y demás análisis prestablecidos para la evaluación a favor de emitir una solución al problema de suministro de energía. La mayoría de encuestados aprueban la evaluación para el desarrollo de un plan correctivo energéticamente eficiente.

## **CAPITULO III**

### **3. Resultados de la investigación.**

En este capítulo se analizan, interpretan y discuten los resultados obtenidos al aplicar los métodos expuestos en la metodología de la investigación, exponiendo la situación actual en la que se encuentra la red de suministro. Es así que mediante la aplicación de algunas técnicas se analiza el sistema de distribución. La verificación de continuidad en el suministro energético se basa en la comparación de valores previamente fijados por la regulación CONELEC 004/01 y los que se presentan en la operación real de los sistemas a través del tiempo. El establecimiento de dichos niveles y valores de medición constituyen un factor esencial en el proceso de planeación y dimensionamiento de un equipo que mitigue las perturbaciones existentes en la red, ya que es posible establecer criterios de diseño. Cabe señalar que los valores expuestos en este capítulo muestran un estudio con modelos cuantitativos, rectas y aproximaciones matemáticas. El estudio puede considerarse como de largo plazo ya que para su desarrollo se requirió un análisis anual. Los valores, rectas y composiciones estadísticas muestran las condiciones en las que se encuentra el Alimentador N°5, sin un elemento aplacador de perturbaciones.

### **3.1. Situación actual del alimentador No. 5 (Aglomerados Cotopaxi S.A.)**

La subestación Lasso tiene instalado un transformador de 20MVA del cual se derivan 6 salidas de 13.8KV.

- Alimentador N° 0501, San Agustín de Callo.
- Alimentador N° 0502, Pastocalle – Toacazo.
- Alimentador N° 0503, Rio Blanco.
- Alimentador N° 0504, Norte – Centro Lasso.
- Alimentador N° 0505, Aglomerados Cotopaxi.
- Alimentador N° 0506, Familia SANCELA.

El alimentador N° 05, cuenta con una salida simple por fase, tiene una longitud de 280m hasta el seccionador principal de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

A continuación se describen los resultados obtenidos de las mediciones y el análisis de 4330 registros guardados por 62 días, en el Transformador Lasso, Punto Uno, el cual se puede compendiar en un diagrama unifilar eléctrico ver Figura 2.1, Capítulo II (p.32). Los 62180 registros guardados durante 7 días en el Transformador del Recubrimiento en planta Aglomerados Cotopaxi S.A. punto 2 ver Figura 2.1.

Donde se analizan los siguientes parámetros: variaciones de tensión, armónicos de tensión, parpadeo, eventos y factor de potencia que se comparan con los límites permitidos por la NORMA EN 50160, LA IEC 61000-4-7 y la Regulación CONELEC 004/01. Los datos han sido efectuados de acuerdo a la normativa y el

tiempo estipulado en las etapas, ver Capítulo 1, se usó un equipo de toma de datos categoría A, a continuación se detalla en el muestreo.

**TABLA N°3.1. “MUESTRA DE DATOS EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**

<b>MEDICIÓN EN EL PUNTO 1</b>	
<b>RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA</b>	
<b>Fecha y Hora de inicio:</b>	26/09/2012 13:30:43
<b>Hora de finalización:</b>	28/11/2012 08:50:00
<b>Duración DD/HH/MM/SS:</b>	62 - 19:19:17
<b>Configuración:</b>	3 F + N en estrella
<b>Tensión de línea:</b>	13800V
<b>Frecuencia nominal:</b>	60 Hz
<b>Instrumento:</b>	Analizador Fluke 1750 - Trafo Lasso

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### **3.1.1 Medición y análisis de datos mediante un asistente personal digital (PDA) marca FLUKE, modelo 1750 Power Recorder.**

#### **3.1.1.1. Niveles de Tensión.**

Siguiendo los términos del Capítulo I, donde se cita los términos de normativa del CONELEC; las variaciones de voltaje no se deben exceder en más del 8% de acuerdo a los requerimientos de media tensión, ver Tabla N° 1.3, (p.14).

**TABLA N°3.2. “NIVELES DE TENSIÓN EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**

<b>NIVELES DE TENSIÓN.</b> <b>Nomenclatura:</b> AN = Fase A/ Neutro. BN= Fase B /Neutro. CN = Fase C/ Neutro.								
Fases	Vmin.	Vmáx.	Vprom.	Vnom.	V -8%	V +8%	No. Muestras	No. Muestras < al límite
AN	7008	8238	7821	7967	7330	8605	4330	99
BN	6345	8195	7811	7967	7330	8605	4330	103
CN	6141	8190	7788	7967	7330	8605	4330	105

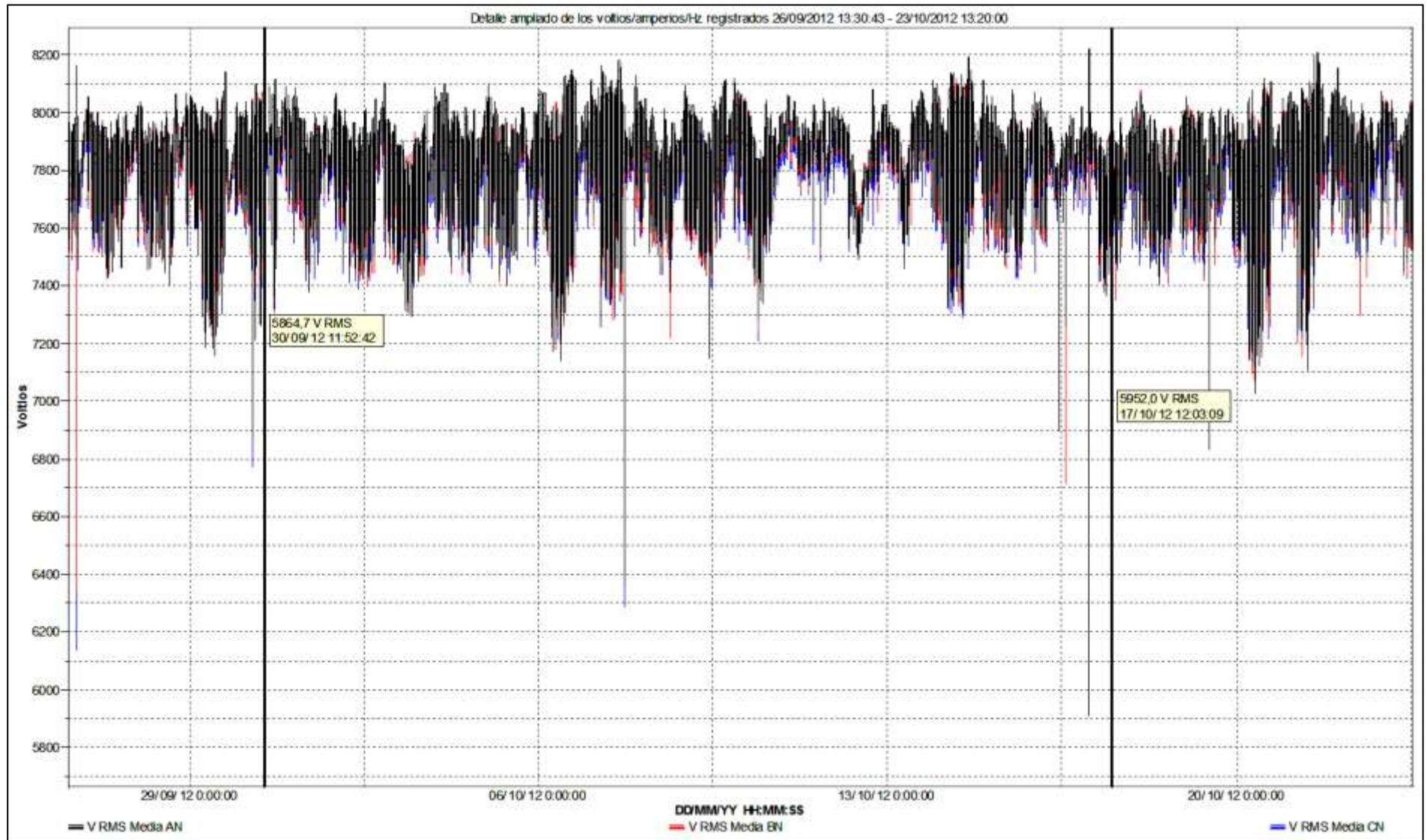
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**Análisis de Resultados:** Se puede observar que de 4330 muestras por fase, 99 valores en la fase AN, 103 de la fase BN y 105 de la fase CN están fuera del límite permitido; el valor máximo registrado es de 8237.51V en la fase AN y el valor promedio es de 7866.60V. Se determina que en el 7% del tiempo analizado no se cumple con la regulación del CONELEC 004/01 que manifiesta: - El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje - ; es decir se ha sobrepasado el límite permitido en el Sub etapa dos en un 2%.

En la Figura 3.1, se observa que en el período de medición del 26 de septiembre al 23 de noviembre, existen continuas variaciones de voltaje. El 30 de septiembre y el 17 de octubre existe caídas de tensión a niveles de 5864.7V y 5952V respectivamente.

**FIGURA 3.1. “VARIACIONES DE TENSIÓN EN LAS FASES AN/BN/CN PUNTO DE ENTREGA 1”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 3.2. “VARIACIONES DE TENSIÓN EN LAS FASES AN/BN/CN PUNTO DE ENTREGA 1”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

En la Figura 3.2., se observa que el 25 de noviembre a las 11:20 se da un evento en las tres fases AN, BN, CN con una amplitud de -31067 y se registra una caída de voltaje a 5520V con una duración 29.63  $\mu$ s (microsegundos).

### 3.1.1.2. Parpadeo (Flicker).

**TABLA N°3.3. “NIVELES DE FLICKER EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**

<b>PARPADEO (FLICKER)</b>			
<b>Nomenclatura:</b> AN = Fase A/ Neutro. BN= Fase B /Neutro. CN = Fase C/ Neutro.			
Fase	AN	BN	CN
Límite	1	1	1
Total muestras registradas	4330	4330	4330
Numero de muestras > 1	2201	2224	2099
Porcentaje de incumplimiento	51%	51%	48%
Valor máximo registrado	4.97	4.91	4.94
Valor mínimo registrado	0.10	0.08	0.09
Valor promedio	1.16	1.18	1.15

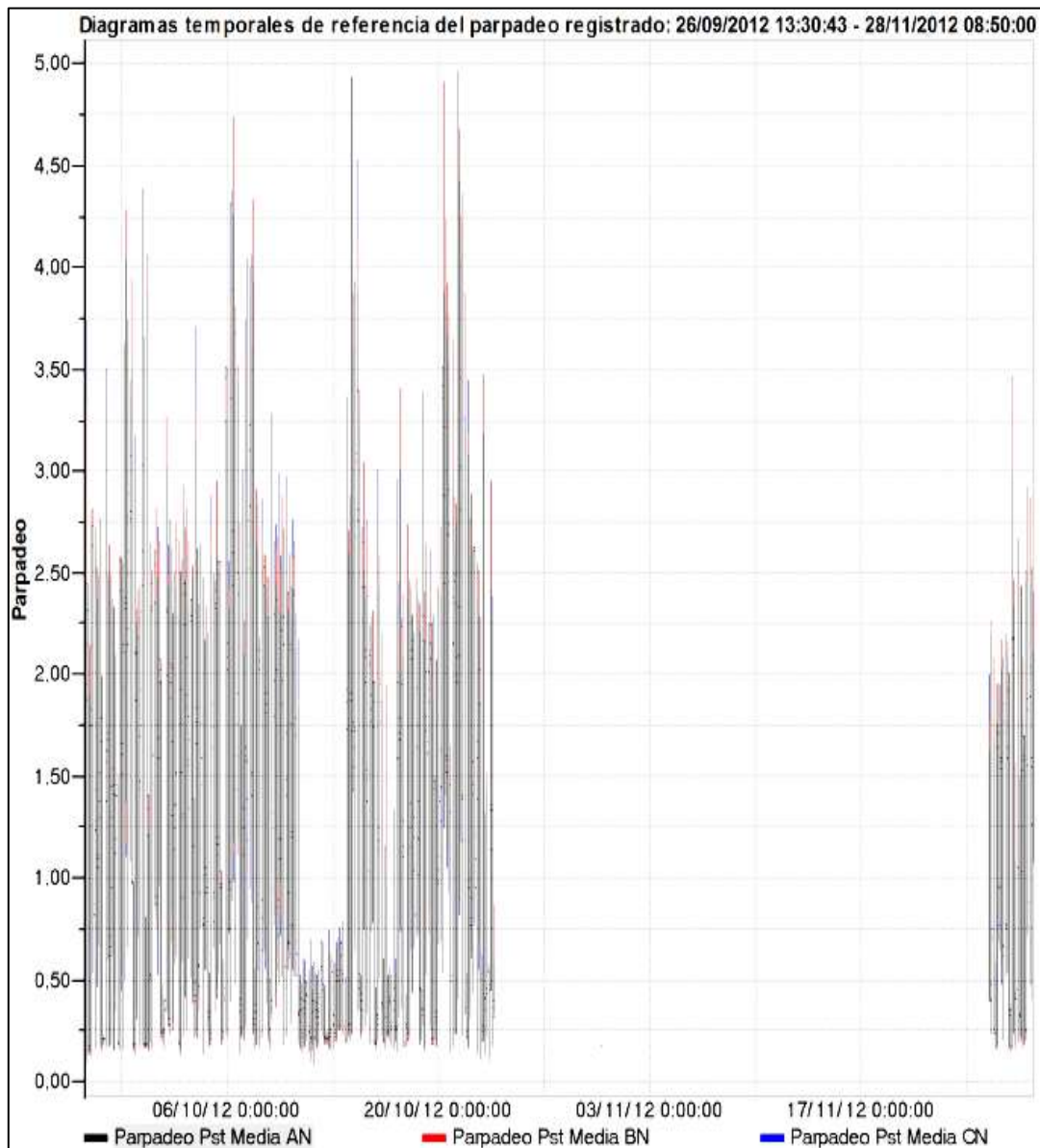
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán

**Análisis de Resultados:** Se puede observar que de 4330 muestras por fase más del 50% de los valores están fuera del límite permitido; el valor máximo registrado es mayor a 4.9 y el valor promedio es mayor a 1.15. Por lo que mediante la Tabla 3.3, se afirma el incumplimiento de la NORMA IEC 61000-4-15. Mediante el marco de referencia y por medio de análisis del suministro en el alimentador se afirma que los

causantes del parpadeo son los hornos de arco, elementos de switching (drivers), arranques y paradas de grandes motores síncronos. En la Figura 3.3., se observa que el parpadeo (Pst) registrado desde el 06 de octubre al 17 de noviembre, sobrepasa el valor límite (1).

**FIGURA 3.3. “REGISTROS DE PARPADEO (FLICKER) EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

### 3.1.1.3. Armónicos.

**TABLA N°3.4. “REGISTROS DE ARMÓNICOS, FASE AN PUNTO 1”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE AN</b>							
Configuración	Número de valores dentro del límite:					95% del tiempo	
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.6	1.7	2.7	4330	100%		
<b>Armónicas Individuales.</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	2.05%	0.84%	0.17%	0.09%	0.09%	0.07%	
Valor Máximo	2.64%	1.28%	0.34%	0.16%	0.20%	0.14%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	23	25					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.06%	0.05%					
Valor Máximo	0.11%	0.11%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	3	9	15	21			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.62%	0.24%	0.09%	0.02%			
Valor Máximo	0.98%	0.28%	0.13%	0.04%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.21%	0.08%	0.07%	0.03%	0.03%	0.02%	0.03%
Valor Máximo	0.52%	0.21%	0.20%	0.07%	0.06%	0.04%	0.05%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.03%	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.06%	0.06%	0.04%	0.03%	0.03%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**TABLA N°3.5. “REGISTROS DE ARMÓNICOS, FASE BN PUNTO 1”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE BN</b>							
Configuración	Número de valores dentro del límite:					95% del tiempo	
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.64	1.97	3.11	4330	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	2.40%	0.92%	0.19%	0.14%	0.10%	0.06%	
Valor Máximo	3.03%	1.37%	0.30%	0.21%	0.17%	0.12%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	23	25					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.07%	0.04%					
Valor Máximo	0.13%	0.07%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	3	9	15	21			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.60%	0.24%	0.09%	0.02%			
Valor Máximo	0.92%	0.29%	0.14%	0.04%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.21%	0.09%	0.08%	0.03%	0.03%	0.02%	0.02%
Valor Máximo	0.57%	0.23%	0.19%	0.07%	0.06%	0.04%	0.04%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.03%	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.05%	0.05%	0.04%	0.04%	0.03%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

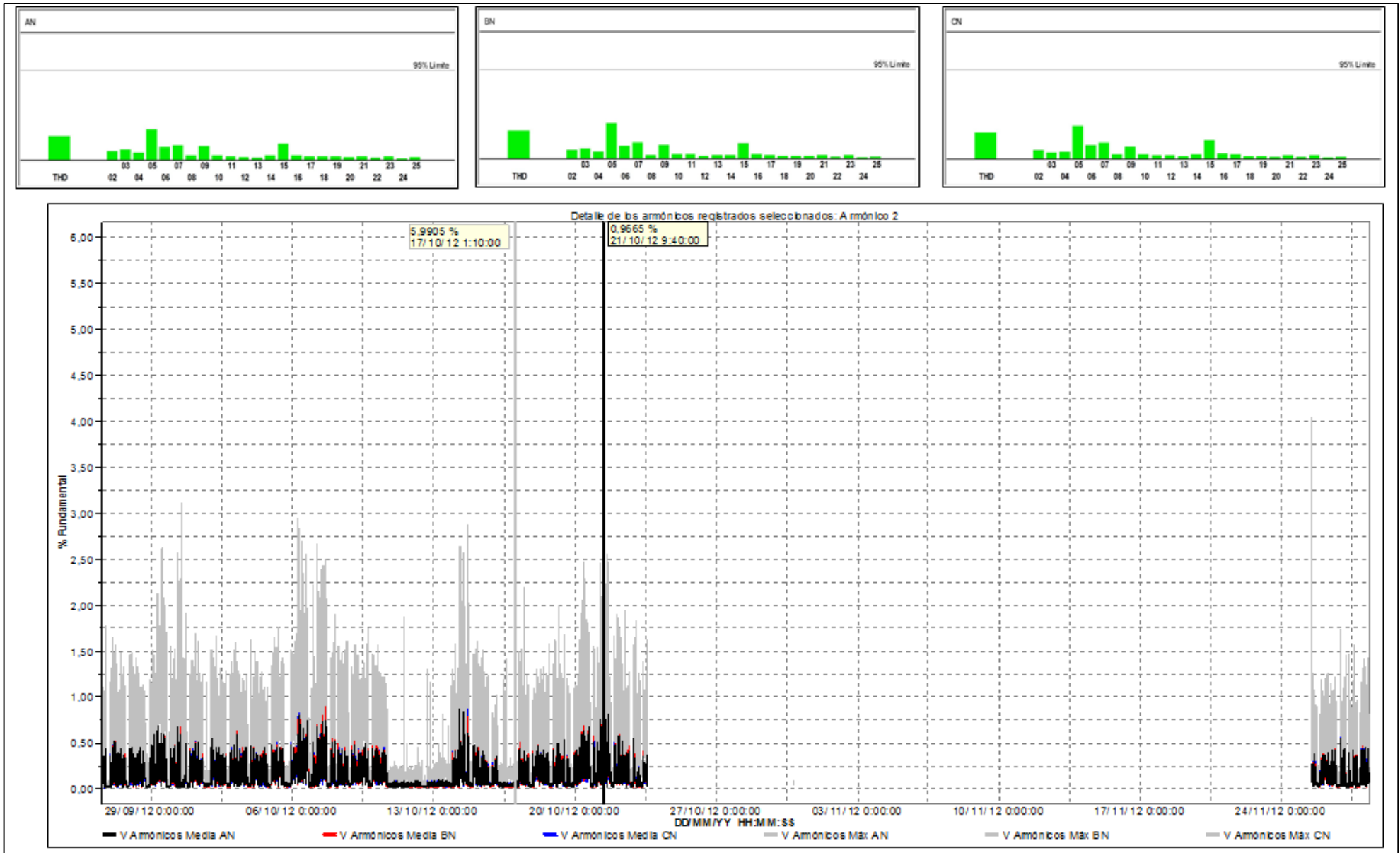
**TABLA N°3.6. “REGISTROS DE ARMÓNICOS, FASE CN PUNTO 1”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE CN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:					95% del tiempo	
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.52	1.8	3.04	4330	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	2.25%	0.93%	0.17%	0.12%	0.11%	0.06%	
Valor Máximo	2.98%	1.42%	0.36%	0.20%	0.22%	0.14%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.07%	0.05%					
Valor Máximo	0.13%	0.12%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.35%	0.20%	0.11%	0.02%			
Valor Máximo	0.84%	0.25%	0.14%	0.04%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.21%	0.08%	0.08%	0.03%	0.03%	0.02%	0.03%
Valor Máximo	0.52%	0.23%	0.18%	0.06%	0.06%	0.04%	0.05%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.03%	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.06%	0.07%	0.04%	0.03%	0.03%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 3.4. “REGISTROS DE ARMONICOS EN LAS TRES FASES AN/BN/CN EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis de Resultados:** En la Figura 3.4, se observa que el armónico de tensión de orden 2 el valor de la media está bajo el límite permitido (2%), por otro lado, es evidente que el valor máximo en instantes sobrepasa el límite. Mediante las rectas y valores tomados en las Tablas 3.4, 3.5, 3.6 se puede concluir que los armónicos de tensión cumplen con la NORMA IEC 61000-4-7, desarrollada en el Capítulo I. El comportamiento mediante el cual los valores máximos no son repetitivos, da la pauta de que el efecto de armónicos en la red no es periódico, de igual manera, y mediante el marco de referencia dentro de la teoría de análisis de armónicos los pares son resultado de efectos no periódicos, Ver Tabla N° 1.4 (p.20) Capítulo 1.

#### 3.1.1.4. Factor de Potencia.

**TABLA N°3.7. “REGISTROS DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**

FACTOR DE POTENCIA.							
Fases	V <sub>mín.</sub>	V <sub>máx.</sub>	V <sub>prom.</sub>	Límite	No. Muestras	No. Muestras < al límite	% Incumplimiento
AN	0.548	0.965	0.937	0.92	4330	69	2%
BN	0.501	0.964	0.935	0.92	4330	236	5%
CN	0.492	0.979	0.952	0.92	4330	2	0%

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hemán.

**Análisis de Resultados:** De 4330 muestras por fase se obtuvo que 307 muestras distribuidas así: 69 de la fase AN 2% de incumplimiento, 236 de la fase BN 5% de incumplimiento y 2 de la fase CN 0% de incumplimiento. Sin embargo como se observa en el gráfico el factor de potencia medio es de 0.936 en las tres fases cumpliendo con el límite mínimo de 0.92 que pide la NORMA IEC 61000.

**TABLA N°3.8. “REGISTROS DEL FACTOR DE POTENCIA, EN EL PUNTO DE ENTREGA 1”**

<b>DATOS TOMADOS 26/09/2012 17:30:00</b>										
	A			B			C			Total
	Mínimo	Media	Máxima	Mínimo	Media	Máxima	Mínimo	Media	Máxima	Media
kW	2,655.16	2,816.28	3,096.59	2,826.79	2,989.62	3,220.60	2,592.62	2,792.49	3,140.09	8,598.39
kVA	2,834.30	3,023.15	3,278.52	3,033.64	3,214.16	3,421.96	2,697.07	2,946.10	3,304.10	9,188.80
kvar	817.94	1,099.07	1,331.49	943.03	1,180.26	1,409.91	729.39	938.88	1,127.06	3,240.65
PF	-	0.932	-	-	0.930	-	-	0.948	-	0.936
COS PHI	-	0.934	-	-	0.932	-	-	0.950	-	0.939
		Lag			Lag			Lag		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### 3.1.2. Medición y análisis de datos en el punto 2 - Recubrimiento.

A continuación se describen los resultados obtenidos de las mediciones y el análisis de 62180 registros, durante 7 días en el Transformador y el Recubrimiento, dentro de la planta Aglomerados Cotopaxi S.A. Punto 2 ver Figura 2.1, Capítulo II (p. 32). Donde se analizan los siguientes los mismos parámetros del Punto 1. Haciendo un comentario respectivo.

**TABLA N°3.9. “MUESTRA DE DATOS EN EL PUNTO 2”**

<b>MEDICIÓN EN EL PUNTO 2</b>	
<b>RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA</b>	
<b>Fecha y Hora de inicio:</b>	15/09/2014 10:30:30
<b>Hora de finalización:</b>	29/09/2014 12:30:30
<b>Duración DD/HH/MM/SS:</b>	14 - 02:00:00
<b>Configuración:</b>	3 F + N en estrella
<b>Tensión de línea:</b>	440V
<b>Frecuencia nominal:</b>	60 Hz
<b>Instrumento:</b>	Analizador Fluke 1750 - Trafo- Recubrimiento.

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### 3.1.2.1. Niveles de Tensión.

**TABLA N°3.10. “NIVELES DE TENSIÓN PUNTO 2 RECUBRIMIENTO”**

<b>NIVELES DE TENSIÓN.</b> <b>Nomenclatura:</b> AN = Fase A/ Neutro. BN= Fase B /Neutro. CN = Fase C/ Neutro.									
Fases	Vmin.	Vmáx.	Vprom.	Vnom.	V -8%	V +8%	No. Muestras	No. Muestras < al límite	Porcentajes de Incumplimiento
AN	237	260	250	254	234	274	62180	0	0%
BN	238	261	251	254	234	274	62180	0	0%
CN	174	262	248	254	234	274	62180	3313	5.33%

Fuente: El Investigador.

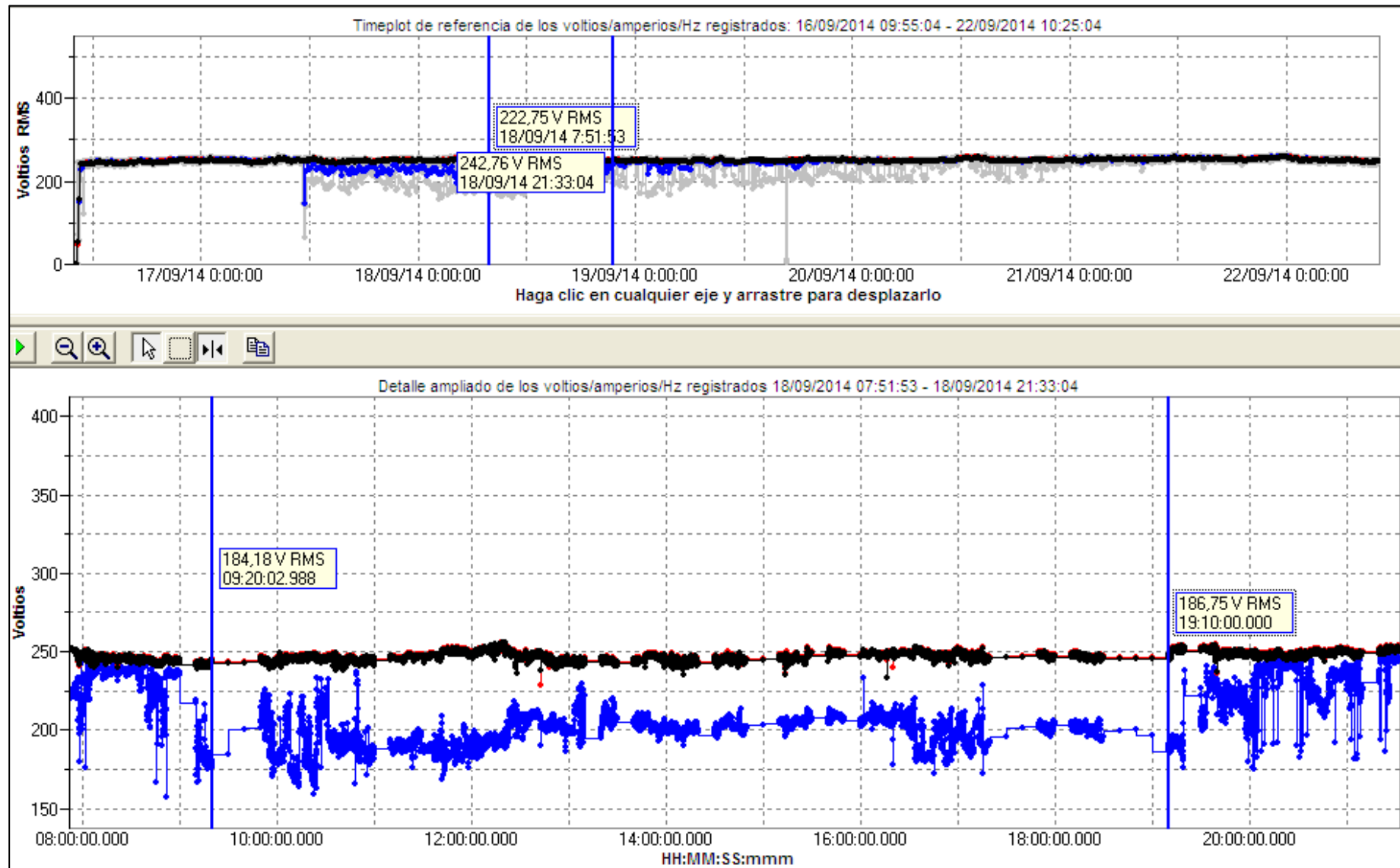
Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**Análisis de Resultados:** Se puede observar que de 62180 muestras por fase, están dentro del límite la fase AN y BN; sin embargo, en la fase CN 2805 muestras que es el 5.33% del total no cumple con la regulación del CONELEC 004/01, que permite una variación de  $\pm$  el 8% del voltaje nominal ( $V_{mín.}$  234V) en bajo voltaje.

En la Figura N° 3.5., se observa que el voltaje en fase C registrado el 19 /09/2014 es de 184V en régimen permanente. Con una variación de -27%.

En la Figura N° 3.6., claramente se observa un transitorio de sobre voltaje en Fase B, marcada en el grafico como la línea de color rojo su nivel de caída de tensión llega a un nivel de -751 Voltios registrado el 19 /09/2012.

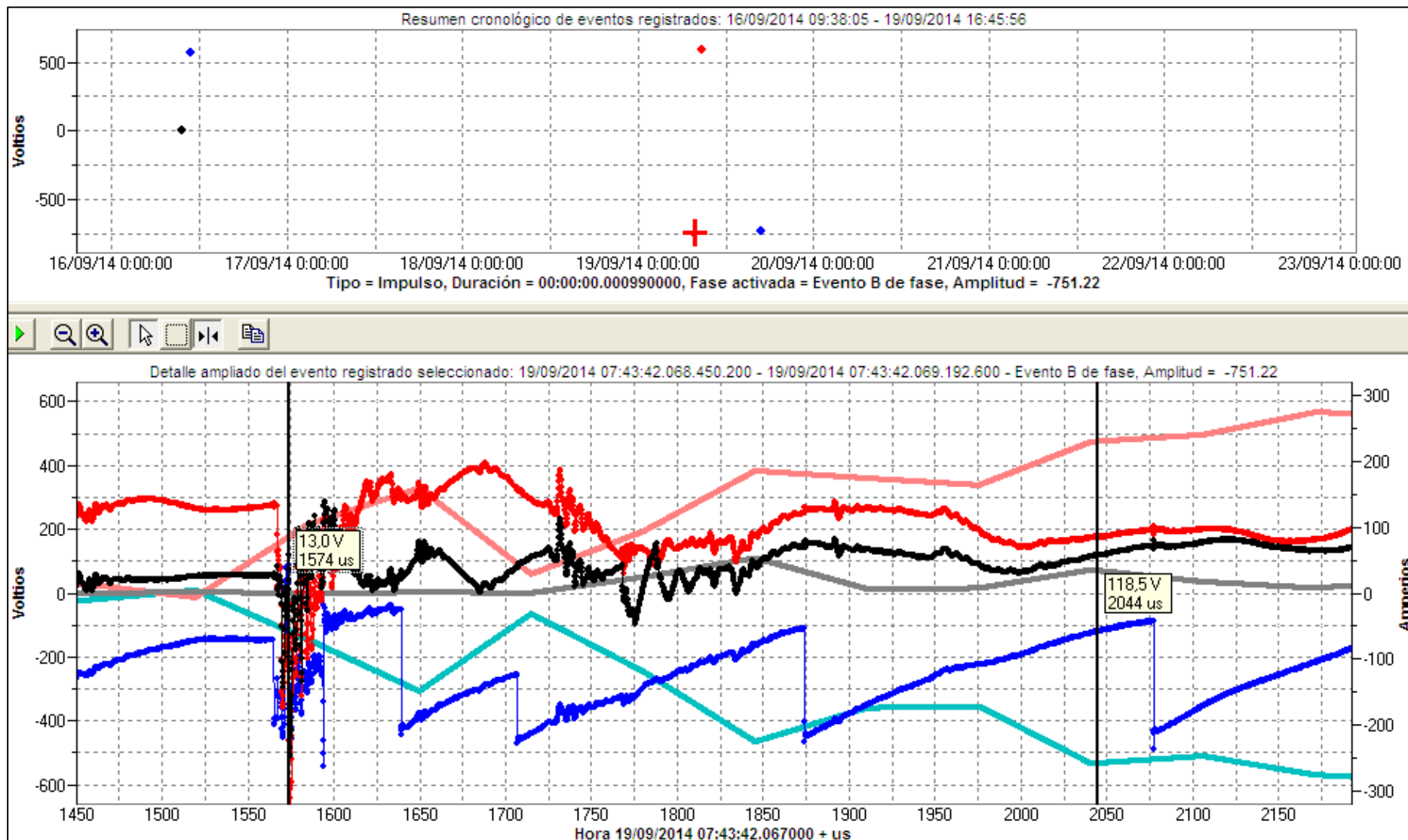
**FIGURA 3.5. “REGISTRO DE NIVELES DE TENSIÓN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 3.6. “REGISTRO DE NIVELES DE TENSION EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### 3.1.2.2. Parpadeo (Flicker).

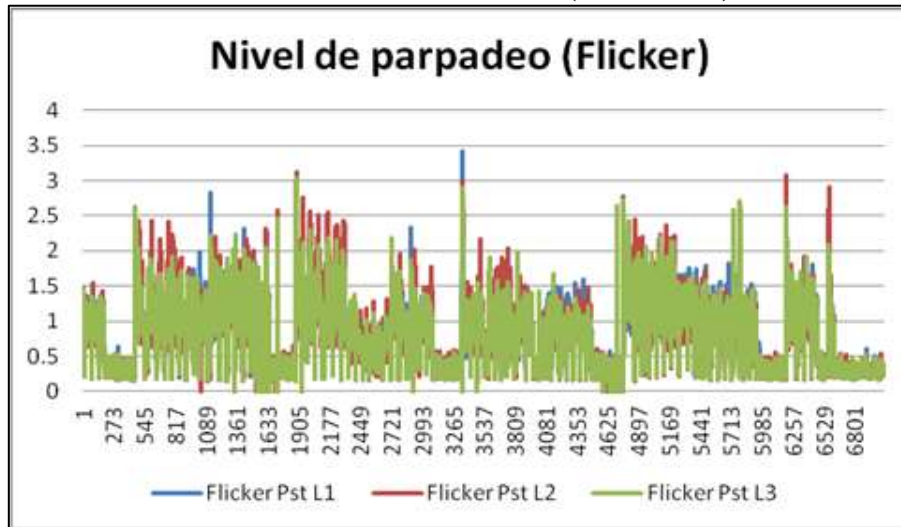
**TABLA N°3.11. “NIVELES DE FLICKER PUNTO 2 RECUBRIMIENTO”**

PARPADEO (FLICKER)			
Fase	AN	BN	CN
Límite	1	1	1
Total muestras registradas	7030	7020	7026
Numero de muestras > 1	2727	2400	2099
Porcentaje de incumplimiento	39%	34%	37%
Valor máximo registrado	3.42	3.10	3.05
Valor mínimo registrado	0.15	0.15	0.15
Valor promedio	0.79	0.80	0.80

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán

**FIGURA 3.7. “REGISTROS DE PARPADEO (FLICKER) EN EL PUNTO 2”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán

**Análisis de Resultados:** Mediante la toma de datos en 7030 muestras por fase más del 37% de los valores están fuera del límite permitido (1); el valor máximo registrado es mayor 3.42 y el valor promedio en mayor a 0.80, Por lo que está incumpliendo con la Regulación estipulada por el CONELEC 004.01. Normalmente las causas de parpadeo son dadas por hornos de arco, elementos de switching (drivers), arranques y paradas de grandes motores síncronos.

### 3.1.2.3. Armónicos.

**TABLA N°3.12. “REGISTROS DE ARMÓNICAS, FASE AN PUNTO 2”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE AN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:				95% del tiempo		
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.83	2.38	3.7	2378	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	2.83%	1.50%	0.60%	0.32%	0.07%	0.08%	
Valor Máximo	3.57%	1.71%	2.22%	0.93%	0.15%	0.41%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.07%	0.04%					
Valor Máximo	0.33%	0.22%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.25%	0.24%	0.07%	0.02%			
Valor Máximo	0.43%	0.39%	0.16%	0.22%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.20%	0.09%	0.09%	0.05%	0.05%	0.03%	0.04%
Valor Máximo	0.38%	0.27%	0.32%	0.11%	0.21%	0.18%	0.15%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.05%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.13%	0.05%	0.04%	0.02%	0.02%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**TABLA N°3.13. “REGISTROS DE ARMÓNICAS, FASE BN PUNTO 2”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE BN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:				95% del tiempo		
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.92	2.52	3.83	2378	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	3.02%	1.51%	0.24%	0.28%	0.11%	0.10%	
Valor Máximo	3.69%	1.87%	0.39%	0.82%	0.85%	0.52%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.07%	0.04%					
Valor Máximo	0.40%	0.29%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.25%	0.24%	0.07%	0.02%			
Valor Máximo	0.43%	0.39%	0.16%	0.22%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.20%	0.09%	0.09%	0.05%	0.06%	0.03%	0.04%
Valor Máximo	0.39%	0.34%	0.58%	0.11%	0.28%	0.26%	0.16%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.05%	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.11%	0.06%	0.04%	0.03%	0.02%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

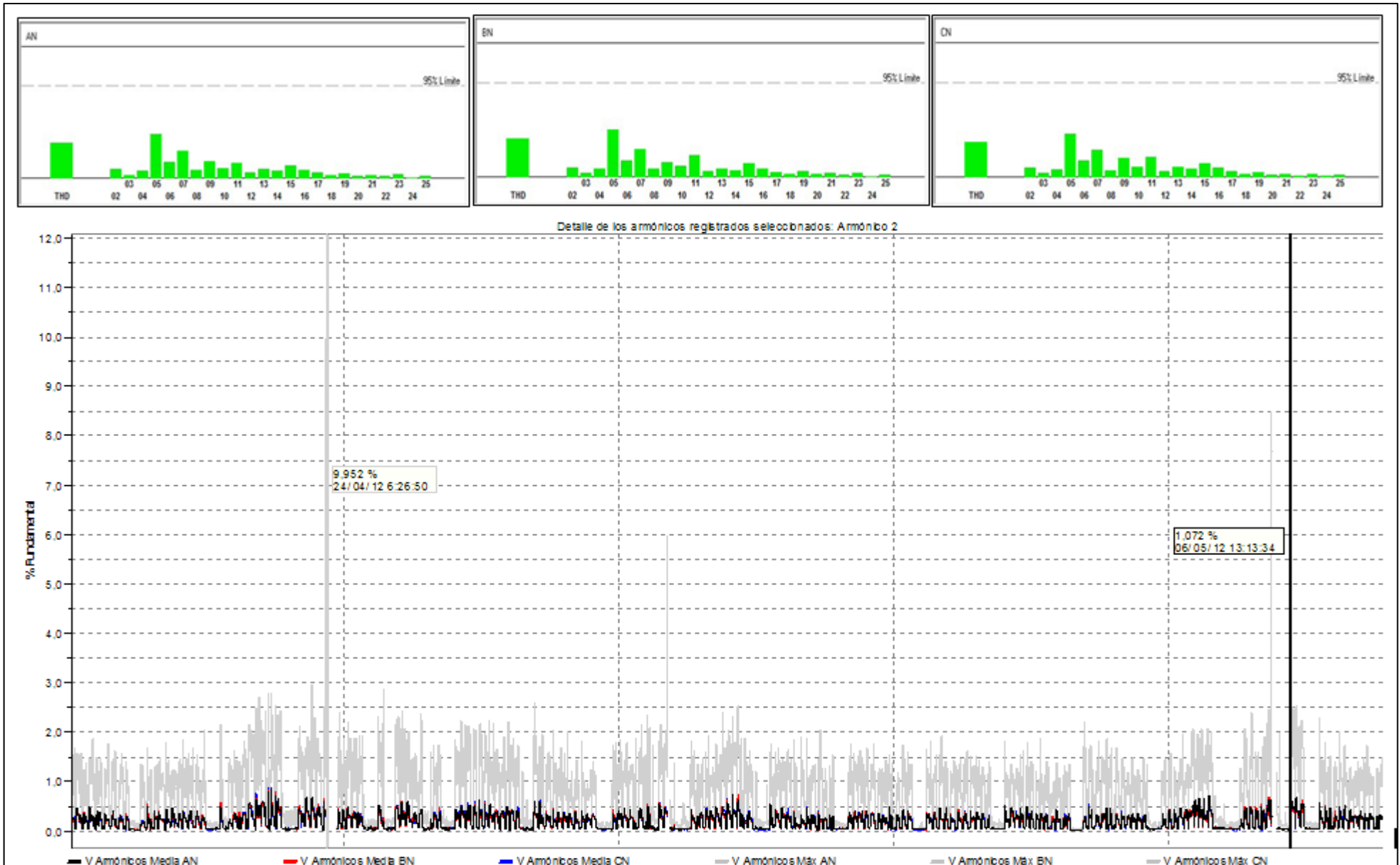
**TABLA N°3.14. “REGISTROS DE ARMÓNICAS, FASE CN PUNTO 2”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSION FASE CN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:				95% del tiempo		
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.83	2.31	3.56	2378	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	2.75%	1.42%	0.76%	0.34%	0.13%	0.09%	
Valor Máximo	3.38%	1.74%	1.84%	0.99%	0.82%	0.52%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.05%	0.04%					
Valor Máximo	0.31%	0.24%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.23%	0.30%	0.07%	0.02%			
Valor Máximo	0.55%	0.42%	0.16%	0.10%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.20%	0.08%	0.09%	0.04%	0.06%	0.03%	0.05%
Valor Máximo	0.39%	0.31%	0.57%	0.10%	0.22%	0.22%	0.17%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.05%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.13%	0.06%	0.03%	0.02%	0.02%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**FIGURA 3.8. “REGISTROS DE ARMONICOS EN LAS TRES FASES AN/BN/CN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**Análisis de Resultados:** En la Figura 3.8., se observa que el valor medio del armónico de tensión de orden 2 oscila entre 0.20 y 0.40; sin embargo en algunas ocasiones el valor máximo sobrepasa de 2, que es el valor límite permitido por la Norma IEC 61000-4.

### 3.1.2.4. Factor de Potencia.

**TABLA N°3.15. “FACTOR DE POTENCIA PUNTO 2 RECUBRIMIENTO”**

FACTOR DE POTENCIA							
Fases	Vmin.	Vmáx.	Vprom.	Límite	No. Muestras	No. Muestras < al límite	% Incumplimiento
AN	0.474	0.993	0.898	0.92	2378	1920	81%
BN	0.493	0.987	0.901	0.92	2378	2105	89%
CN	0.548	0.980	0.900	0.92	2378	1853	78%

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis de Resultados:** Análisis de 2378 muestras por fase se obtuvo que en la fase AN y CN no cumplen el límite de exigido 0.92 por el CONELEC 004/00. Ya que en 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. Esto hace que la empresa tenga que pagar una penalidad por generar demasiado kVAR (potencia reactiva).

**TABLA N°3.16. “REGISTROS DEL FACTOR DE POTENCIA PUNTO 2”**

DATOS TOMADOS 26/09/2012 17:30:00 RECUBRIMIENTO										
	A			B			C			Total
	Mínimo	Media	Máxima	Mínimo	Media	Máxima	Mínimo	Media	Máxima	Media
kW	203.96	246.19	282.58	211.12	250.60	290.11	213.15	255.64	289.30	752.43
kVA	226.15	270.48	311.47	238.85	275.69	315.43	247.29	284.50	324.41	830.85
kvar	173.48	212.02	132.21	85.12	114.92	136.27	102.43	124.85	147.41	352.37
PF	-	0.913	-	-	0.909	-	-	0.899	-	0.906
COS PHI	-	0.913	-	-	0.912	-	-	0.901	-	0.909
		Lag			Lag			Lag		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**3.1.3. Análisis de datos mediante el software estadístico MINITAB. Medición en el punto 2.**

El objetivo del análisis de la variabilidad de un proceso, En un estudio de la calidad de energía, es imperativo controlar la variabilidad, una vez que se logra disminuir el rango de variación, se puede cambiar el punto de operación del valor medio a través de modificar los taps de los reguladores y así obtener el punto óptimo de operación.

**TABLA N°3.17. “MUESTRA DE DATOS PUNTO 2 RECUBRIMIENTO”**

<b>MEDICIÓN EN EL PUNTO 2</b>	
<b>RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA</b>	
<b>Fecha y Hora de inicio:</b>	15/09/2014 10:30:30
<b>Hora de finalización:</b>	29/09/2014 12:30:30
<b>Duración</b> <b>DD/HH/MM/SS:</b>	62 - 19:19:17
<b>Configuración:</b>	3 F + N en estrella
<b>Tensión de línea:</b>	13800V
<b>Frecuencia nominal:</b>	60 Hz
<b>Instrumento:</b>	Software estadístico MINITAB – Recubrimiento.

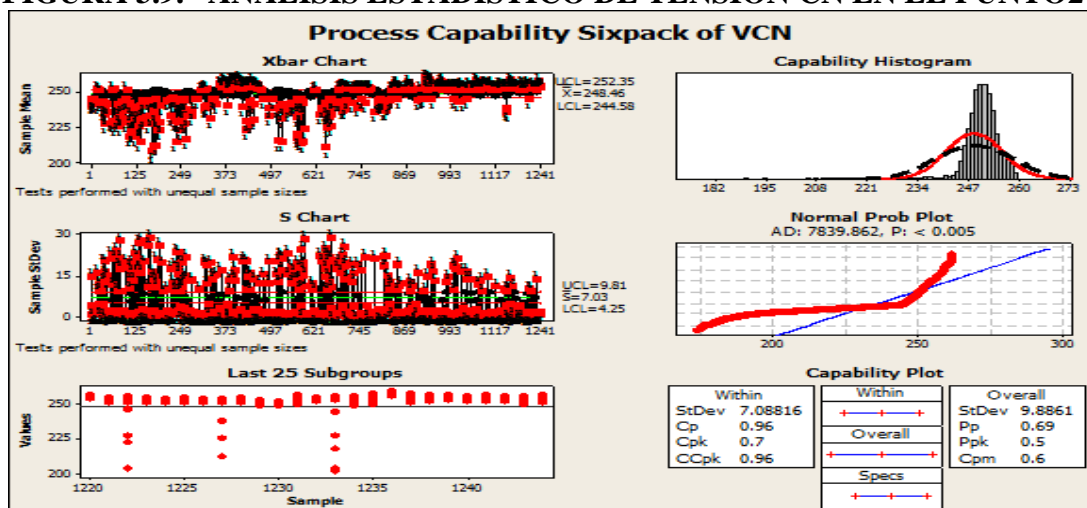
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis de Resultados Estadísticos de la Tensión.-** En la Figura 3.9, se puede observar y evaluar la variabilidad y tendencia central de la calidad de servicio del voltaje en la fase CN, y al mismo tiempo comparar con los límites permitidos +/- 8% por la Regulación No. CONELEC 004/01. En el test de la media Xbar Chart se observa que el valor de la línea central X está en 248.46V siendo su valor nominal de 254V, el límite superior UCL es 252.35V, y el límite inferior LCL es 244.58V; Igualmente en el test de la desviación estándar S Chart el valor de la línea central S está en 7.03, el límite superior en 9.81, y el límite inferior en 4.25. Lo que implica que el proceso está dentro de los límites de especificación. Sin embargo, se observa que muchos de los puntos están fuera de los límites de control. En el Test de valores realizado a 25 subgrupos (promedio de 25 muestras), se observa que los puntos en el

diagrama de comportamiento hacen una dispersión horizontal, también se puede ver que hay instantes de tiempo donde hay variaciones de voltaje que salen fuera de los rangos de especificación, esto indica que durante esos momentos existen agentes externos que alteran el comportamiento de la red. En el histograma de capacidad se evidencia que los datos siguen aproximadamente una curva de distribución normal, pero se puede observar que algunos datos están fuera del límite inferior de especificación. Lo que quiere decir que en ocasiones el voltaje de la fase CN será menor a 233.68V. En el test de probabilidad normal se puede observar que los puntos no siguen la línea recta que se obtiene cuando el proceso es normal, también nos demuestra que en el sistema existen cargas no lineales de potencia muy significativas que distorsionan el sistema y producen variaciones bruscas del valor eficaz de voltaje. Finalmente, en el test de capacidad se puede ver que la tolerancia del proceso cae por debajo del límite de especificación inferior. Además, el valor de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) es = 0.96, esto indica que está por debajo del proceso seis sigma que equivale a tener una capacidad de proceso  $C_p= 2$ , de igual manera, el valor de la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) es = 0.70, entonces,  $C_{pk}<1$  muestra que el proceso es incapaz, lo que indica que la compañía del suministro eléctrico debe mejorar su proceso.

**FIGURA 3.9. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TENSIÓN CN EN EL PUNTO2”**

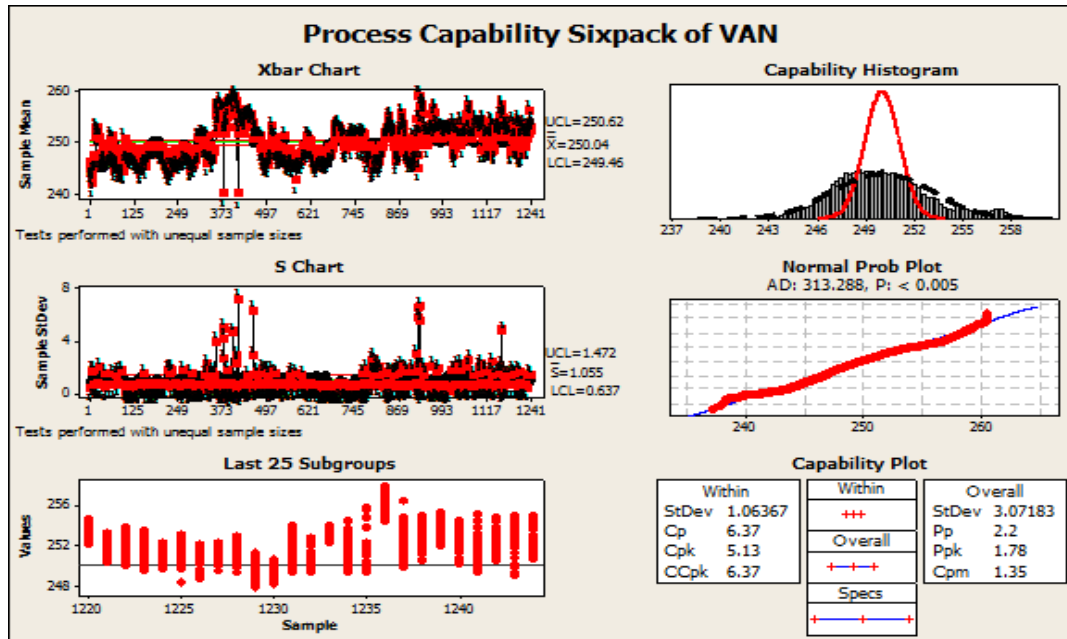


Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

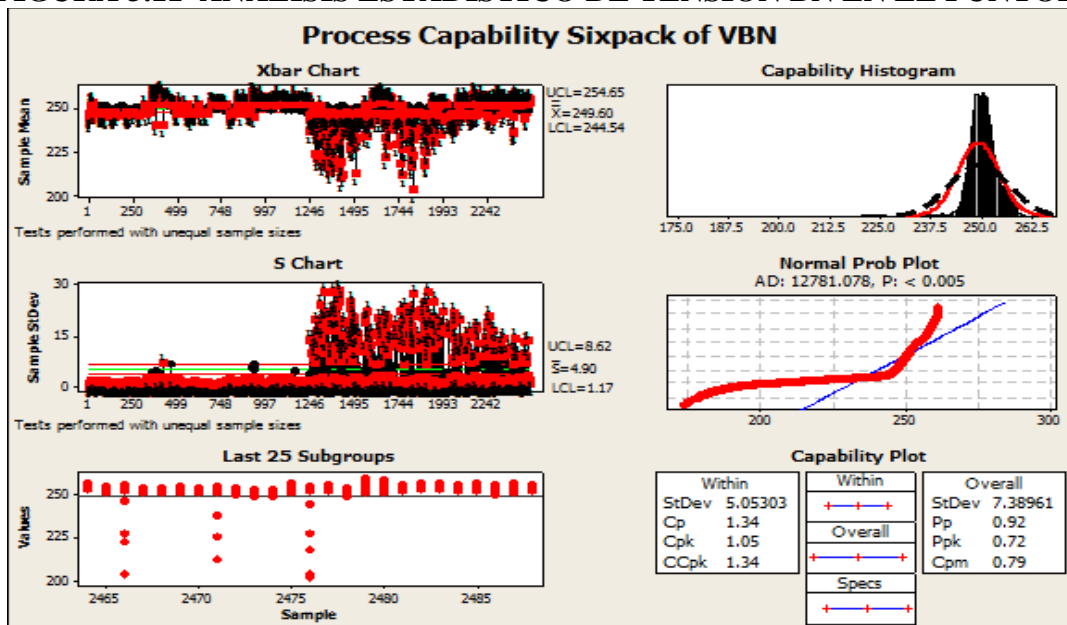
Un análisis análogo se puede realizar a los voltajes de la fase AN y BN que se muestra en las Figuras, 3.10 y 3.11, respectivamente.

**FIGURA 3.10“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TENSION AN EN EL PUNTO2”**



Fuente: El Investigador.  
Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán.

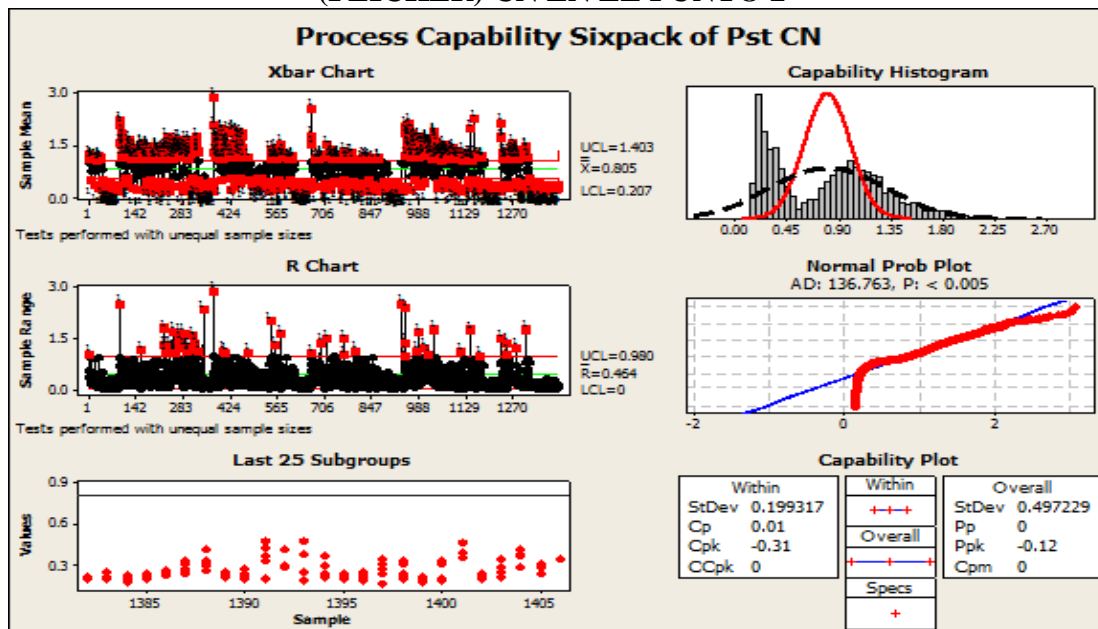
**FIGURA 3.11“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TENSION BN EN EL PUNTO2”**



Fuente: El Investigador.  
Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán.

**Análisis de Resultados Estadísticos de Flicker:** En la Figura 3.12, se puede observar y evaluar la variabilidad y tendencia central de los parpadeos (flicker) en la fase CN, y al mismo tiempo comparar con los límites permitidos por la Regulación No. CONELEC 004/01. En el test de la media Xbar Chart se observa que el valor de la línea central  $\bar{X}$  está en 0.805 siendo el límite permitido  $Pst=1$ , el límite superior UCL es 1.403, y el límite inferior LCL es 0.207; Igualmente en el test del rango de muestras R Chart el valor de la línea central R está en 0.464, el límite superior en 0.980, y el límite inferior en 0. Lo que implica que el proceso está fuera de los límites de especificación. En el Test de valores realizado a 25 subgrupos (promedio de 25 muestras), se observa que los puntos en el diagrama de comportamiento hacen una dispersión horizontal bastante alejado del rango permitido. En el histograma de capacidad se evidencia que los datos siguen aproximadamente una curva de distribución normal, pero se puede observar que algunos datos están fuera de los límites de especificación. Lo que quiere decir que en ocasiones los parpadeos en la fase CN serán mayores y menores a 1 límite permitido.

**FIGURA 3.12. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE (FLICKER) CN EN EL PUNTO 2”**



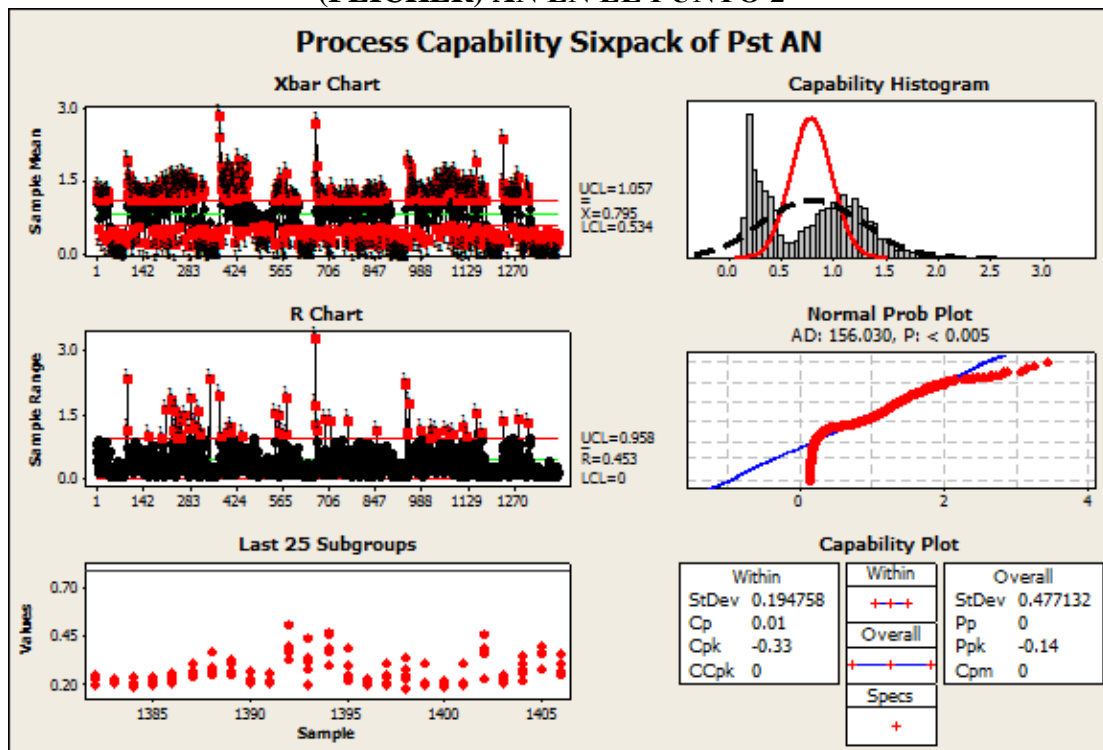
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

En el test de probabilidad normal se puede observar que los puntos no siguen la línea recta que se obtiene cuando el proceso es normal, esto nos indica la variabilidad del proceso. Finalmente, en el test de capacidad se puede ver que la tolerancia del proceso cae por debajo del límite de especificación inferior. Además, el valor de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) es = 0.01, esto indica que está por debajo del proceso seis sigma que equivale a tener una capacidad de proceso  $C_p = 2$ , de igual manera, el valor de la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) es = -0.31, entonces,  $C_{pk} < 1$  muestra que el proceso es incapaz, lo que indica que la compañía del suministro eléctrico debe mejorar su proceso.

Un análisis análogo se puede realizar a los parpadeos de la fase AN y BN que se muestra en las Figuras 3.13 y 3.14, respectivamente.

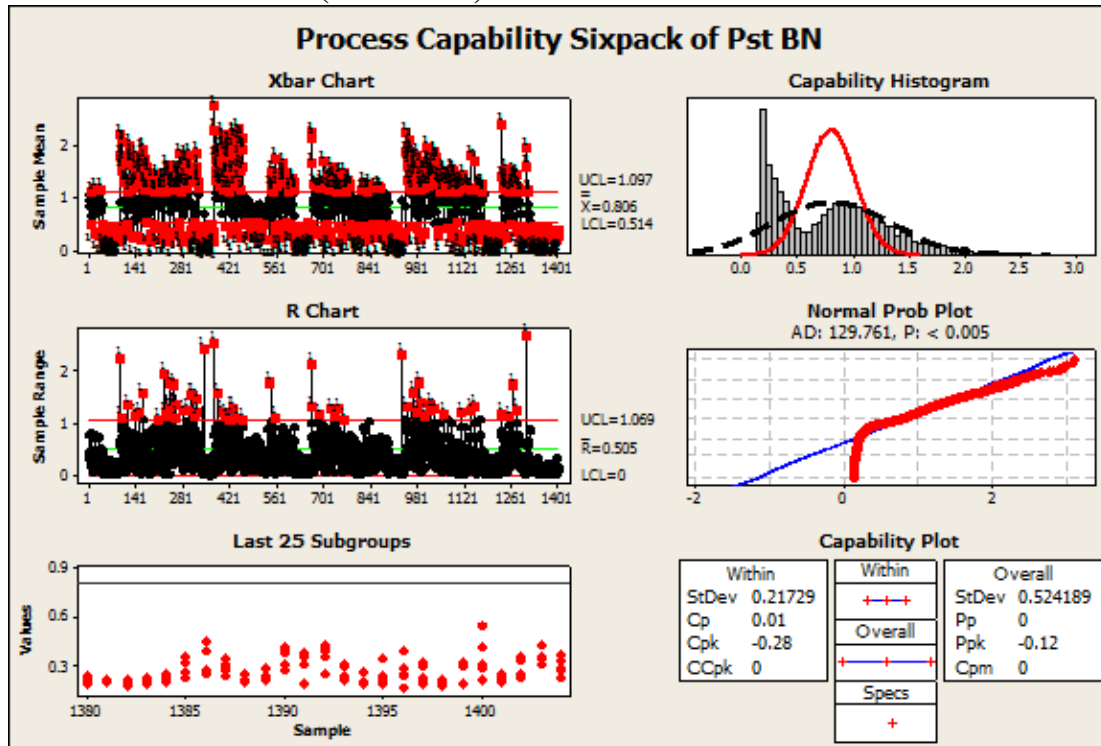
**FIGURA 3.13. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE (FLICKER) AN EN EL PUNTO 2”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 3.14. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE (FLICKER) BN EN EL PUNTO 2”**



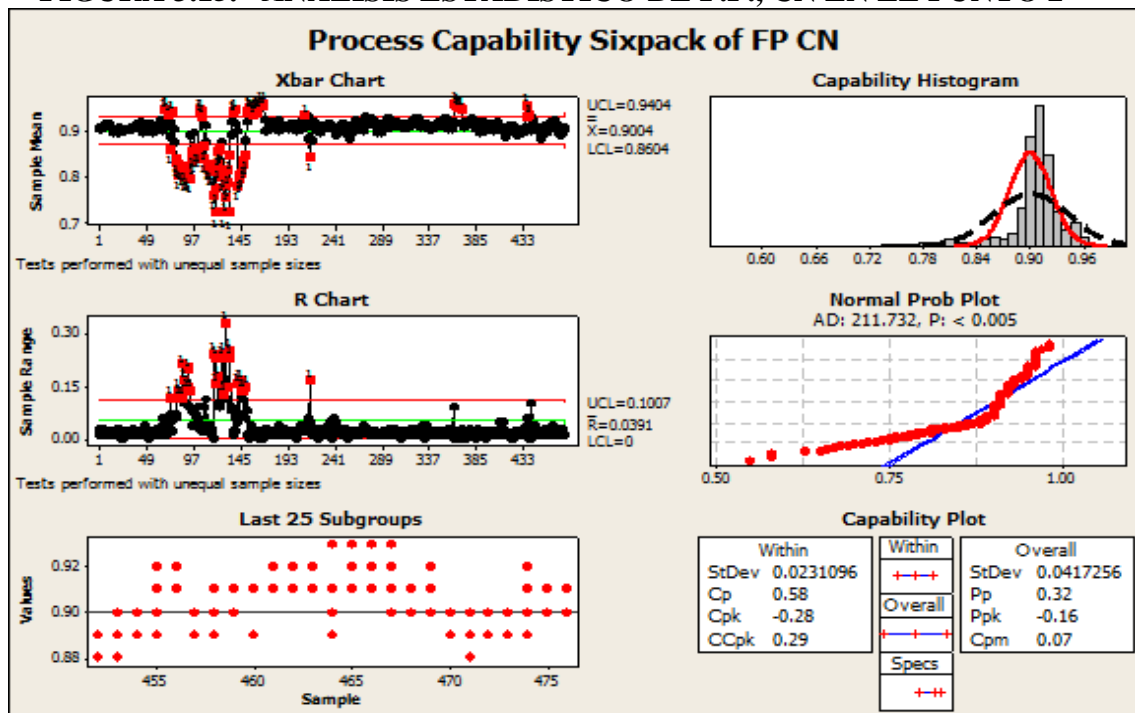
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis de Resultados Estadísticos del Factor de Potencia:** En la Figura 3.15, se puede observar y evaluar la variabilidad y tendencia central del factor de potencia en la fase CN, y al mismo tiempo comparar con el límite permitido por la NORMA IEC 61000. En el test de la media Xbar Chart se observa que el valor de la línea central X está en 0.900 siendo el límite permitido 0.940, el límite superior UCL es 0.860, y el límite inferior LCL es 0.802; Igualmente en el test del rango de muestras R Chart el valor de la línea central R está en 0.039, el límite superior en 0.100, y el límite inferior en 0. Lo que implica que el proceso está fuera de los límites de especificación. En el Test de valores realizado a 25 subgrupos (promedio de 25 muestras), se observa que los puntos en el diagrama de comportamiento hacen una dispersión horizontal bastante alejado del rango permitido. En el histograma de capacidad se evidencia que los datos siguen aproximadamente una curva de

distribución normal, pero se puede observar que algunos datos están fuera del límite inferior de especificación. Lo que quiere decir que el factor de potencia en la fase CN está fuera del límite permitido 0.92. En el test de probabilidad normal se puede observar que los puntos no siguen la línea recta que se obtiene cuando el proceso es normal, esto nos indica la variabilidad del proceso.

**FIGURA 3.15. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE F.P., CN EN EL PUNTO 2”**

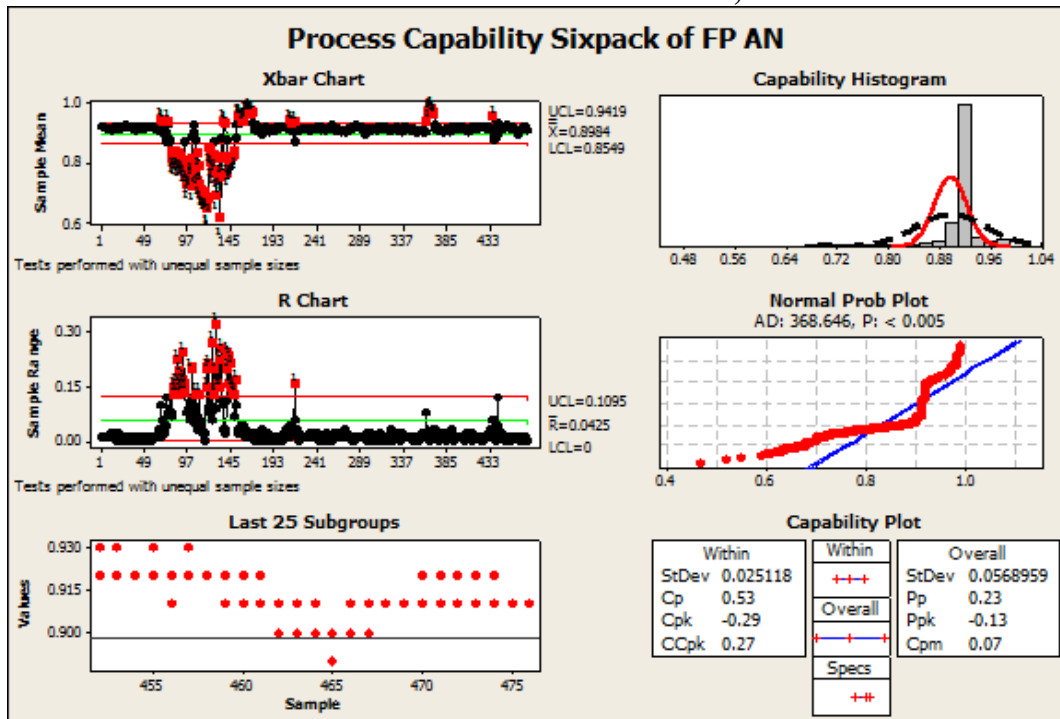


Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

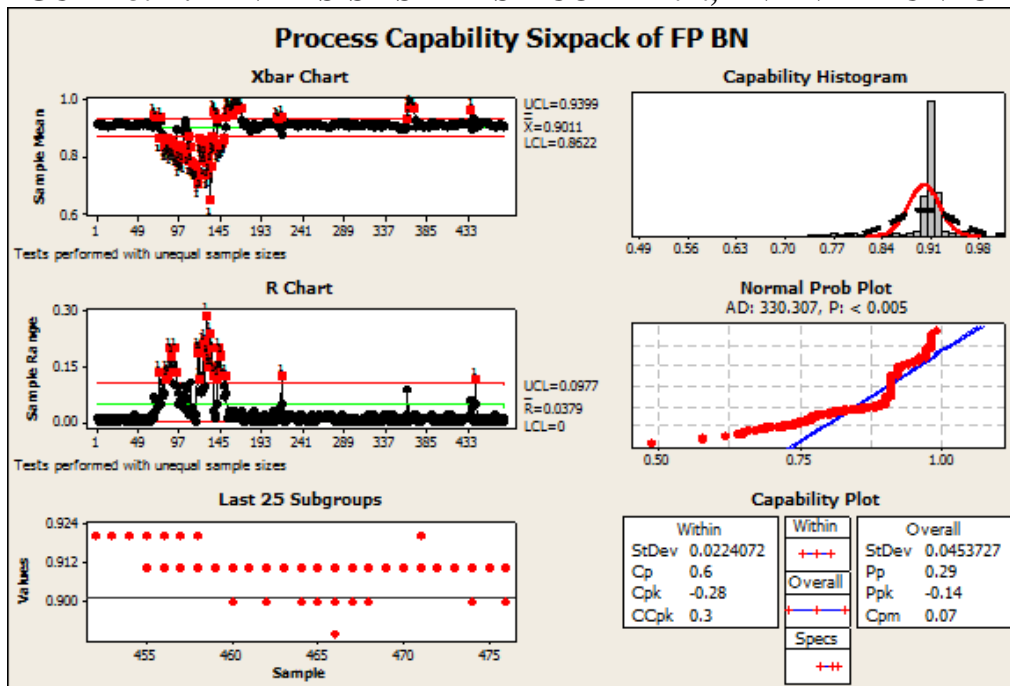
Finalmente, en el test de capacidad se puede ver que la tolerancia del proceso cae por debajo del límite de especificación inferior. Además, el valor de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) es  $=0.58$ , esto indica que está dentro del proceso seis sigma que equivale a tener una capacidad de proceso  $C_p=2$ , sin embargo, el valor de la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) es  $=-0.28$ , entonces,  $C_{pk}<1$  muestra que el proceso es incapaz, lo que indica que la compañía del suministro eléctrico debe mejorar su proceso. Un análisis análogo se puede realizar al factor de potencia de la fase AN y BN que se muestra en las Figuras 3.16, 3.17, respectivamente.

FIGURA 3.16. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE F.P., AN EN EL PUNTO 2”



Fuente: El Investigador.  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

FIGURA 3.17. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE F.P., BN EN EL PUNTO 2”



Fuente: El Investigador.  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### 3.1.4. Evaluación Económica.

Horas paro de producción por cortes de energía eléctrica durante el 2014.

**FIGURA 3.18. “HISTOGRAMA DE HORAS PARO”**

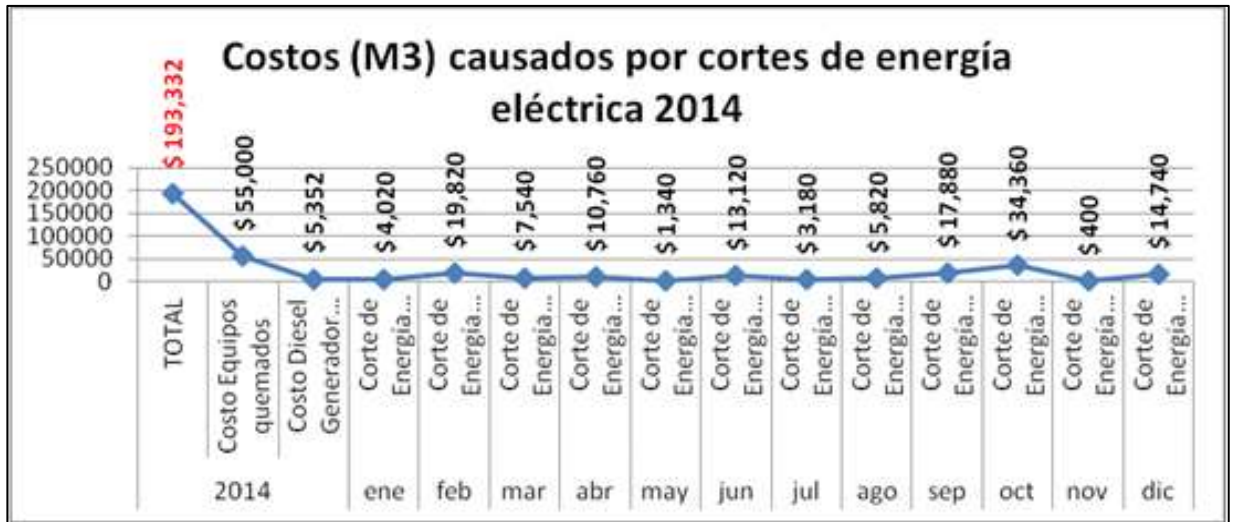


Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Costos por M3 dejados de producir por cortes de energía eléctrica durante el 2014.

**FIGURA 3.19. “COSTOS POR CORTES DE ENERGÍA”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis de Resultados:** En la Figura N° 3.18., se observa que durante el período 2014, todos los meses existe horas paro por cortes o variaciones de voltaje que están relacionados con la calidad del servicio eléctrico suministrada por la subestación Lasso y que causó que la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. tenga que parar sus líneas de fabricación 66.49 horas que representa el 0.85% de horas disponibles de producción. Además, hay que tomar en cuenta el deterioro del aislamiento, contactos, mayores pérdidas en el cobre como consecuencia de la circulación de corrientes armónicas y mal funcionamiento de relés y equipos electrónicos.

De igual manera, en la Figura N° 3.19., se muestra los costos generados por M3 durante el año 2014 por cortes y variaciones de voltaje, quema de equipos, puesta en marcha del generador a Diésel, dando un valor de \$193000 que representa pérdidas para la empresa y todos sus colaboradores ya que afecta directamente al bona variable ya las utilidades. Además que, encarece el costo de los tableros que se refleja en el cliente final. Esto hace que la venta del producto en el mercado nacional e internacional tenga desventajas ante la competencia. Además, hay que tomar en cuenta que cuando existen cortes de energía eléctrica se enciende el grupo electrógeno de la empresa que tiene las siguientes características: 900 kilowatts, 440V, 1352Amp, 60Hz, y 1800 RPM y que consume 50 galones de diésel por hora y su operación genera un costo de \$5352. La emisión de CO2 anual es de 13252 Ton. Por todas estas razones es importante tomar medidas y desarrollar un plan correctivo que ayude a dar soluciones. De acuerdo a los gráficos y al análisis de resultados, se evidencia el comportamiento no lineal entre el voltaje y la corriente, causada principalmente por la presencia de armónicos, suministrada a la red por usuarios adyacentes como las industrias siderúrgicas que poseen cargas no lineales (hornos de arco, sueldas eléctricas, equipos electrónicos, etc.), y cuando realizan la conexión del horno de arco para fundir la materia prima provocan afectación al sistema nacional de transmisión (SNT) debido a que los índices de variación de voltaje y efecto flicker

sobrepasan los límites establecidos en las normas y afectan a los equipos que están conectados a la red en este caso la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

### 3.1.5. Tabulación de encuestas realizadas a directivos, Técnicos y operadores de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

De las encuestas realizadas al personal mencionado en el universo de estudio se tabulo el porcentaje y la frecuencia de aceptación de cada una de las preguntas expuestas y se las representa en la siguiente Tabla N° 2.3.:

**TABLA N°3.18 “TABULACIÓN DE ENCUESTAS”**

Número de Pregunta	Frecuencia				Porcentajes de Tabulación			
	SI	NO	Blancos	Total %	SI	NO	Blancos	Total%
1	2	8	0	100	20%	80%	0%	100
2	6	4	0	100	60%	40%	0%	100
3	10	0	0	100	100%	0%	0%	100
5	9	1	0	100	90%	10%	0%	100
6	9	1	0	100	90%	10%	0%	100
7	10	0	0	100	100%	0%	0%	100
8	10	0	0	100	100%	0%	0%	100
9	7	3	0	100	70%	30%	0%	100
10	10	0	0	100	100%	0%	0%	100
11	10	0	0	100	100%	0%	0%	100
12	10	0	0	100	100%	0%	0%	100

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Nota: En la Tabla 2.3 no consta la pregunta N°4 ya que esta están dirigida a conocer el periodo de tiempo que se demora en reincorporarse el fluido eléctrico cuando

existe un corte en la empresa. Dicha pregunta no tiene el mismo método convencional de discusión como las preguntas cerradas, pero se agregara un comentario de esta en la estimación, tabulación y análisis, ya que su valoración es muy importante dentro de los esquemas de investigación. Haciendo una valoración sintética por porcentaje se verifica que las preguntas 2 y 9 contienen mayor incertidumbre que las demás preguntas, aunque la proporción de aceptación es mayor que la desaprobación se cita el enunciado de ambas preguntas.

Pregunta 2 -¿La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. cuenta con elementos de protección que mitiguen anomalías en la red? – Verificando la pregunta se analiza que la mayor parte coincide en que la red suministrada por la subestación Lasso alimentador N°5 si cuenta con un elemento de protección siendo el 60% de los encuestados los que afirman aquello, un 40% de las personas afirman no tener protecciones; se puede mencionar que la proporción de la pregunta no fue tan pronunciada ya que los encuestados son personal técnico y operadores internos de la empresa Aglomerados, los cuales quizás desconocen las aplicaciones de las diferentes protecciones ya que entre ellos existen ambigüedades de conceptos y asimilan que una protección de un equipo también protege a la red de alimentación. Pero dado a que mediante visitas técnicas se ha visualizado el carecimiento de dichas protecciones que mitigan las perturbaciones de suministro no se hace referente al enunciado ya que el alimentador si requiere de un sistema o un conjunto de ellos para garantizar un buen servicio de red.

Pregunta 9 - ¿Usted conoce si han existido estudios o artículos de investigación que involucren la necesidad de mejorar la calidad de la energía en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.?– Cotejando el enunciado el 70% del personal afirman que dentro del marco referente de la planta han existido estudios en la planta referidos a eventualidades en la red, no así un 30% de ellos alegan que en la planta no habido un análisis ni mucho menos una evaluación de eventualidades; se puede aludir que la pregunta no fue ampliamente especificada, ya que algunos de los encuestados

aseveraban que si han existido estudios, sin darse cuenta que aquellos saberes tenían otros temas u otras brechas de investigación; pero de haber existido un estudio referente al tema, este no corrigió ni mucho menos propicio un plan de mitigación de eventualidades, ya que los paros han ido acrecentándose y degenerando el nivel de producción. Dicho aquello se toma el enunciado como un marco de referencia hacer el estudio de manera preponderante buscando soluciones puntuales efectuando un plan que mitigue las anomalías de red de distribución.

### **3.1.6. Verificación de la Hipótesis.**

Mediante las rectas se pudo evidenciar fluctuaciones en corto y largo plazo de tensión que incumplen con la regulación CONELEC 004/01 que estipula un nivel no mayor a 8% ni menor a 8%, de igual manera el Flicker PST, sobrepasa el límite considerado por la norma que es igual a 1, se evidencia la presencia de Armónicos, estas perturbaciones no sobrepasan los límites  $THD_V$  que es 8%, mientras que el factor de potencia es menor al límite permitido igual a 0.92. Es decir, la hipótesis se fundamenta mediante la operacionalización de dichos datos, y se considera el realizar un seguimiento y desarrollar un plan que corrija estos efectos en la red.

Mediante la investigación realizada por medio de la herramienta de la encuesta se puede afirmar que la mayoría de personas están de acuerdo en realizar un plan para la evaluación de la calidad de energía suministrada por la subestación Lasso Alimentador N°5, con el objeto de salvaguardar la operación, vida útil y producción de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Por otro lado existe una minoría de personas que exponen afirmaciones negativas, con respecto al proyecto, pero en su mayor parte se asevera que es por su desconocimiento; las preguntas consideradas de alta relevancia son la 1, 3, 8, 11 y 12 ya que dan una visión de proporcionalidad

aceptable, estas tienen un nivel imponente en el tema de investigación y contundentemente tuvieron una aceptación del 100%, como a continuación se argumenta. En el Capítulo IV, se realizará la selección y el dimensionamiento de equipos que ayuden a controlar las variaciones de voltaje y mitigar la presencia de armónicos en la red. Además, se realizará la evaluación de resultados y la comparación con los datos anteriores a la implementación de los nuevos equipos.

### **3.2. Conclusiones.**

- La evaluación de los índices de calidad ejecutado bajo estándares proporcionados por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad a través de su regulación de Calidad de suministro No. CONELEC 004/01 en los puntos uno y dos de acoplamiento de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., muestra que existen varios parámetros (Tensión, Flicker PST, Armónicos, Factor de Potencia) fuera de los límites establecidos; dichos efectos originados particularmente por el impacto que producen las empresas que se encuentran acoplados en torno al mismo punto de abastecimiento. Dichas empresas disponen de equipos que potencialmente originan perturbaciones en la red de transmisión.
  
- El parámetro que tiene mayor desbalance en la red de alimentación es la Tensión ya que por medio de rectas y análisis estadístico se ha podido evidenciar que existen caídas que transcurren durante largos periodos de tiempo, dichos efectos infringen los límites +/- 8% establecidos por las normas y en consecuencia producen paros de producción y por ende pérdidas económicas.

- Los niveles de Fluctuación (Flicker PST), también está incumpliendo con los límites establecidos, por medio de porcentajes, el analizador mostró niveles perjudiciales que alteran la continuidad de la red.

### **3.3. Recomendaciones.**

- Ya que en este capítulo han sido mostrados los problemas de calidad (Tensión Flicker PST, Factor de Potencia), es responsabilidad de la empresa de servicio eléctrico y de Aglomerados Cotopaxi S.A., el llegar a un consenso y corregir estos inconvenientes, para lo cual son necesarios los datos y niveles obtenidos en el estudio, dado que estos podrían ser usados como referencia para la implementación de equipos y sistemas que mitiguen las perturbaciones.
- Los niveles de Tensión son obtenidos mediante el muestreo de la calidad de la onda por unidades de tiempo. Ya que las fluctuaciones son de orden aleatorio, se recomienda efectuar mediciones periódicas, que demuestren los valores reales de fluctuación, es recomendable adicionar en la propuesta el estudio de un regulador y sus características, que minimice o elimine los transitorios de tensión.

## CAPÍTULO IV

### **4. Propuesta de un plan correctivo energéticamente eficiente.**

Actualmente la calidad de suministro eléctrico es un tema de gran relevancia, tanto para las empresas abastecedoras de electricidad, como para los consumidores y usuarios de este servicio, dado el sinfín de aspectos técnicos y comerciales involucrados en el suministro. Ya que las perturbaciones eléctricas en grande, mediana o pequeña escala son relativamente inevitables y dado que la red consta de todo un conjunto en el que se integran varios usuarios, resulta conveniente adoptar medidas de corrección; con el objetivo de minimizar los daños que dichas anomalías pueden originar. Desde el punto de vista de la empresa de distribución, la calidad se mide en el punto de servicio al consumidor, en tanto que el cliente mide la calidad en el punto de utilización, la apreciación de calidad, varía para el usuario debido a disturbios ocasionados por otros usuarios o por los propios equipos del mismo. El diseño y operación de los sistemas de distribución tienen un impacto directo en la confiabilidad y la calidad del suministro. Por lo General, el cliente atribuye los problemas de calidad de la energía a deficiencias inherentes al propio suministro eléctrico. Pero precisamente es en este capítulo es donde se desarrolla la Evaluación de la calidad de energía eléctrica suministrada por la subestación Lasso a la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., con el objeto de proponer un plan correctivo energéticamente eficiente.

#### **4.1. Justificación.**

Las actividades Industriales dependen directamente del suministro de energía eléctrica para la elaboración de sus insumos, lo que ha traído como consecuencia que la continuidad y calidad de suministro sean cada vez más exigidas a las empresas de energía eléctrica por los usuarios; la razón principal de esta situación radica que en la subestación proveedora de energía a la red de alimentación tiene ramificaciones con consumidores de cargas altas, que debido a su operación cotidiana emiten perturbaciones; en consecuencia, partiendo de ello la investigación busca en gran medida la confiabilidad de esta parte de los sistemas eléctricos, mitigando en la mayor parte posible las anomalías de red.

La calidad de servicio eléctrico es definida como la capacidad que tiene el sistema para proporcionar, un suministro aceptable dentro de los límites legalmente establecidos por la norma. Las variables que se deben tomar en cuenta para su evaluación son: La tensión, frecuencia, forma de onda, balanceo entre fases y la ausencia de armónicos. De todos ellos, los disturbios más comunes en los usuarios de Media Tensión (M/T) son las caídas y sobretensiones, las interrupciones y los flickers, efectos que se originan principalmente en los sistemas de distribución.

Actualmente, esta situación se reconoce plenamente y existe un sinnúmero de normas y reglamentos que penalizan y salvaguardan la calidad de suministro, y de cómo se manejan los niveles de eficiencia en cada uno de los usuarios empleando niveles, técnicas de medición, periodos y demás argumentos cuantitativos para la verificación de confiabilidad, de ello se deriva la importancia de realizar una evaluación. La tensión a suministrar al usuario y la corriente resultante de sus equipos debieran ser ondas senoidales periódicas simétricamente perfectas a 60Hz de frecuencia, sin

embargo, las no linealidades presentes en el sistema, causan distorsión en las formas de onda. Dichos efectos son atribuidos al extendido uso de equipos electrónicos de potencia, esta tecnología inyecta altos niveles de espectro armónico que deteriora la calidad de tensión suministrada.

Dado el fenómeno de estudio se afirma su factibilidad, ya que mediante este, se propone un plan que reduzca y mitigue las perturbaciones más relevantes, siguiendo un marco referencial propuesto por normas de regulación nacionales e internacionales, que exponen porcentualmente un límite, un periodo de medición y una sub-etapas de cumplimiento.

Además la importancia del proyecto radica en afirmar que la calidad del servicio es una responsabilidad conjunta del usuario, la empresa de electricidad y los fabricantes de los equipos de producción. La compañía proveedora de electricidad debe brindar un servicio de calidad de acuerdo con las normas y requerimientos del usuario. Los fabricantes y proveedores deben estar al tanto de los parámetros eléctricos en el que operarán sus equipos. El usuario de acuerdo a características de la maquinaria deberá dimensionar las protecciones y diseñar los puntos de toma de suministro.

La evaluación agrupa un conjunto de material mostrado a manera de resumen; clasificando etapas que arrojen valores y resultados propios de la red, espectros, rectas y porcentajes que expresan la calidad de suministro; es por ello, que la investigación puede ser replicable, en cuanto nuevos estudios sean realizados para la mitigación de perturbaciones y aportación de términos referidos a eficiencia Energética.

## **4.2. Objetivos.**

### **4.2.1. Objetivo General.**

- Realizar una Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica suministrada por la subestación Lasso a la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., en el año 2014. Y proponer un plan correctivo energéticamente eficiente.

### **4.2.2. Objetivos Específicos.**

- Instalar un analizador de red, a la salida del transformador trifásico PADMOUNTED 1500kVA, para obtener los parámetros esenciales y evaluar el comportamiento de los niveles de perturbación y proponer soluciones.
- Determinar el comportamiento de las perturbaciones presentes en la red, mediante la tabulación y análisis de datos, para efectuar una exploración paramétrica de anomalías y comparar con los límites permitidos por la regulación CONELEC 004-01 y la NORMA IEC 61000.
- Seleccionar e Implementar equipos capaces de mitigar variaciones de tensión, fluctuaciones y deformaciones de onda por armónicos; analizando las características de los equipos existentes en el mercado, para garantizar un suministro eficiente que cumpla con valores nominales de regulación.
- Comprobar funcionamiento del regulador, asociando valores y cuantificaciones anteriores y actuales, para comprobar el funcionamiento del regulador seleccionado.
- Analizar las horas paro, mediante indicadores mensuales, para cuantificar las pérdidas económicas producidas por cortes de energía eléctrica.

### **4.3. Desarrollo de la Propuesta.**

#### **4.3.1. Diseño de Elementos de Protección.**

Es evidente en el marco de referencia del CAP II y CAP III, luego de la medición tabulación y análisis de los datos de la calidad de energía eléctrica tomados durante 62 días en el punto de entrega (Punto 1) de la Subestación Lasso, salida del transformador de 20MVA y 14 días (Punto 2) empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., salida del transformador PAUDMOUNTED 1500, se observa variaciones de voltaje, parpadeo, bajo factor de potencia y la presencia de armónicos; para lo cual se constituye un diseño en la etapa de potencia con parámetros de tensiones máximas y mínimas, teniendo como resultado la implementación de reguladores monofásicos marca SIEMENS, tipo JFR, de 38.1 kVA, 50A y un banco de capacitores de 300kVAR, para corregir las variaciones de voltaje dentro de régimen permanente. Además, para filtrar y disminuir la presencia de armónicos.

Los reguladores de tensión son unidades usadas desde la aparición de los primeros sistemas de generación, sub - transmisión y distribución de energía eléctrica. Su principal característica es la de mantener una tensión de salida constante, o dentro de un margen de tolerancia, ante variaciones en el suministro de entrada.

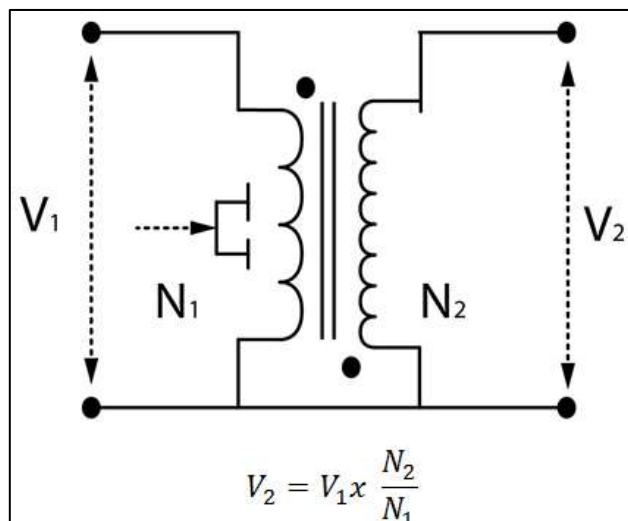
Su aplicación dentro de un Sistema Eléctrico de Potencia se divide en grupos; media y alta tensión, los cuales son colocados la mayoría de veces en líneas de transmisión y distribución. Para baja tensión, los reguladores son colocados a la entrada de los equipos cuya tensión se requiere que sea constante. Los reguladores sólo pueden corregir las variaciones de tensión en periodos largos de tiempo y dependiendo del

tipo, algunos son constituidos para funcionar en corta duración. Dependiendo de su constitución, algunos son capaces de compensar transitorios, interrupciones e incluso ruido.

#### 4.3.2. Regulador, dimensionamiento para la etapa de potencia.

La Figura N° 4.1., muestra la configuración de un regulador en su etapa de potencia. Su funcionamiento consiste básicamente en que el primario es de TAP variable. La relación de voltaje en el secundario. El regulador incrementa o decrementa el nivel de tensión de salida, dependiendo de la desviación de la tensión de entrada para que la de salida se mantenga dentro de un margen corto de variación, según el CONOLEC 004/01  $\pm 8\%$  del valor nominal. El diseño del regulador tiene parámetros de partida, la tensión y corriente de entrada, la variación de las tensiones de entrada y de salida permitidas. Para el presente proyecto, el voltaje del primario es de 7967 V  $\pm 8\%$ , la corriente de carga es de 50 A.

**FIGURA N°4.1. “REGULADOR CON TAP VARIABLE”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

### 4.3.3. Características del Regulador JFR 38.1 kVA.

Dentro de las características del regulador para ser implementado debemos tomar en cuenta los siguientes puntos:

**Líneas y Terminales de Conexión.** Los reguladores de voltaje tipo JFR están equipados con líneas y terminales de casquillo bajo los siguientes criterios.

**TABLA N°4.1. “LÍNEAS Y TERMINALES DE CONEXIÓN”**

<b>PLACA DE IDENTIFICACIÓN DE LA LÍNEA.</b>	<b>RANGOS DE MEDIDA PARA EL CALIBRE DEL CONDUCTOR O TAMAÑO DEL VÁSTAGO ROSCADO.</b>
50A hasta 300A	#2 hasta 477 MCM
301A hasta 668A	#2 HASTA 800MCM
669A hasta 1200A	1.125 – 12 UNF – 2A
1201A hasta 2000A	1.500 – 12UNF – 2A

**Fuente:** SIEMENS, “JFR Distribution Step Voltage Regulator”, 2008, (p. 03)

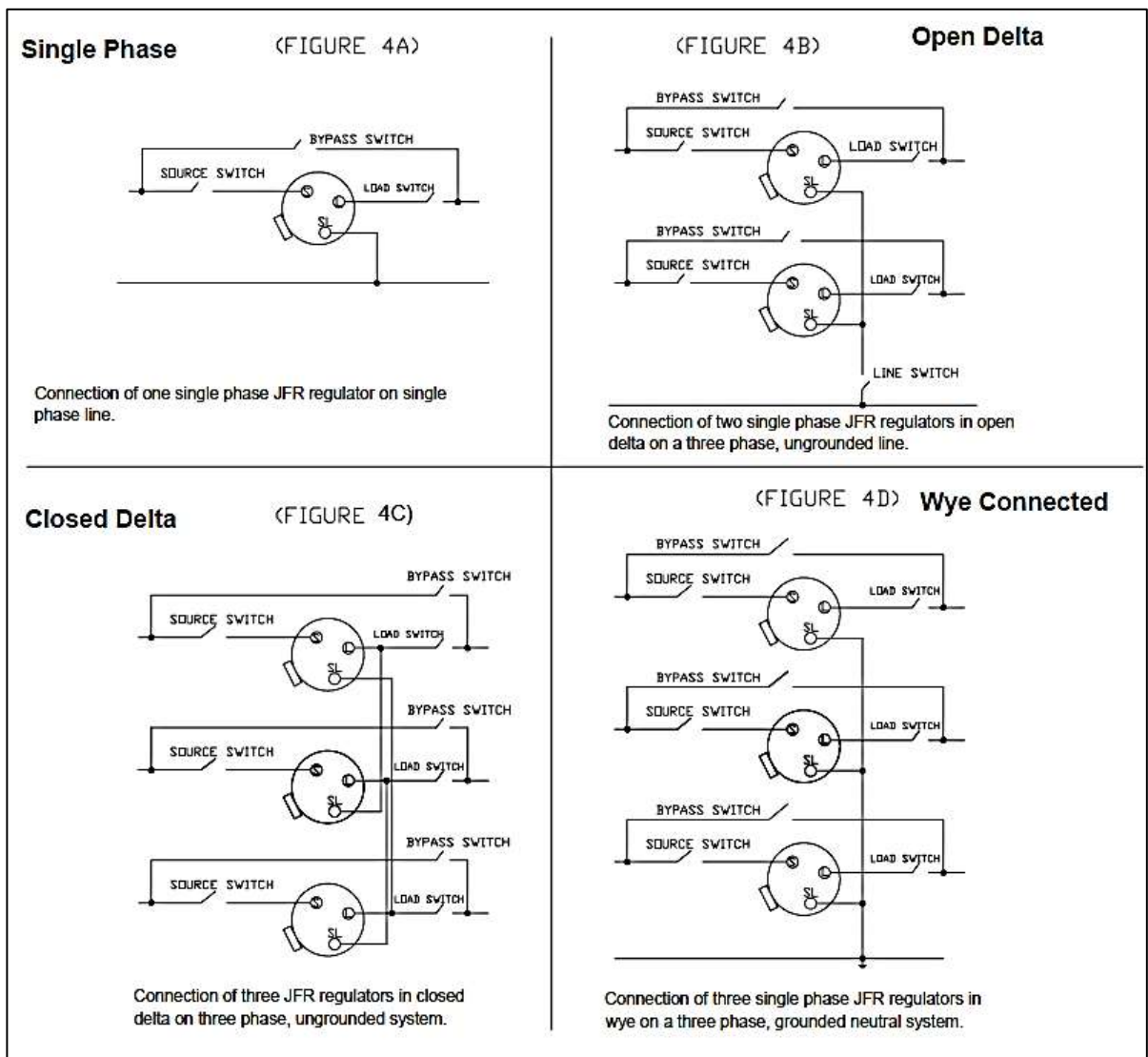
**Elaborado por:** VIZUETE ALCOCER Alejandro Hemán.

Los Terminales tipo pinza para 668 Amperios son capaces de aceptar un conductor de aluminio o cobre. La puesta a tierra del tanque consiste en un 0.5-13 NC posicionado a modo de agujero en una plataforma de acero para los reguladores de 300 Amperios.

### 4.3.3.1. Configuraciones de Conexión del Regulador JFR 38.1 kVA

El regulador tipo JFR se instala habitualmente utilizando cualquiera de cuatro configuraciones eléctricas:

**FIGURA N°4.2. “CONFIGURACIONES DE CONEXIÓN PARA EL REGULADOR TIPO JFR”**



Fuente: SIEMENS, “JFR Distribution Step Voltage Regulator”, 2008, (p. 04)  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

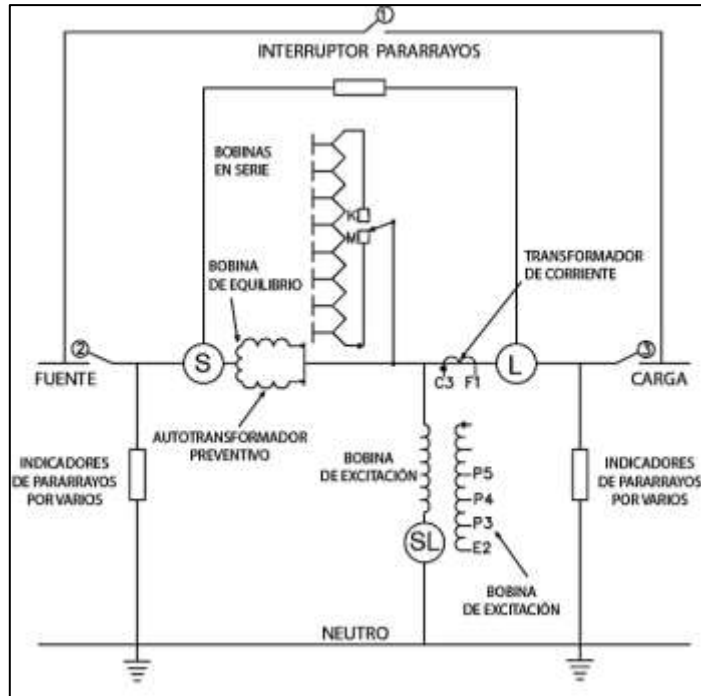
- Un regulador aplicado en una sola fase. Figura N° 4.2. (4A)
- Tres reguladores conectados en estrella de forma tierra-neutral, sistema trifásico. Figura N° 4.2. (4D).
- Dos reguladores conectados en delta abierto, para sistema trifásico sin conexión a tierra Figura N° 4.2. (4B).
- Tres reguladores conectados en configuración delta cerrado, en un sistema trifásico sin conexión a tierra. Figura N° 4.2. (4C).

Cualquiera de las cuatro alternativas, cuando se completa con la provisión de seccionadores, tomara las configuraciones eléctricas indicadas. En nuestro caso se implementó la configuración de conexión estrella (wye connected).

#### **4.3.3.2. Conexiones de Control.**

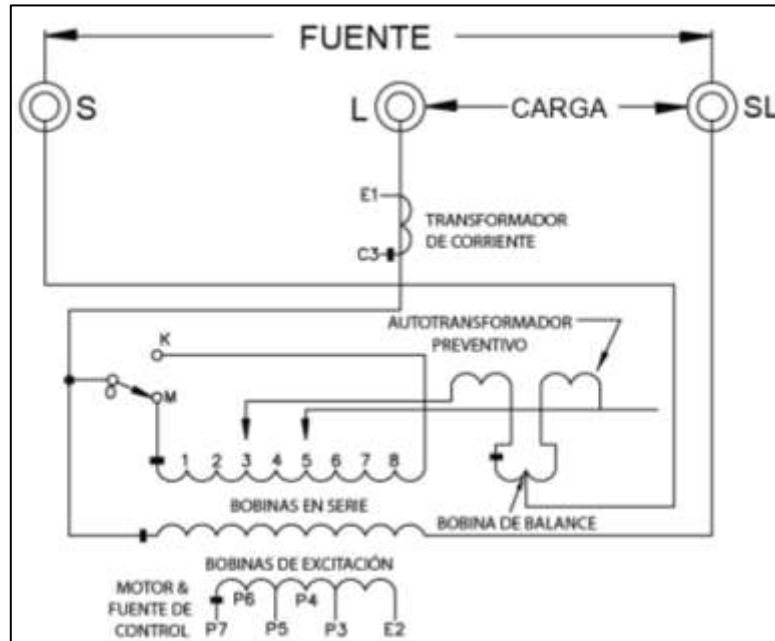
Muchos reguladores pueden ser utilizados con diferentes voltajes nominales, por lo tanto, es necesario asegurarse que el regulador está correctamente conectado en el bloque de 19 terminales, para el voltaje del sistema en el cual se usara este regulador particularmente. Para ello es necesario usar el diagrama de la placa y el diagrama de control que se encuentra en el gabinete. El diagrama de la placa, se indica mediante una columna conectada en el P2, de acuerdo al voltaje que sea aplicable. El diagrama de control servirá para identificar el pin apropiado en el bloque de 19 terminales. Dependiendo del regulador, podría existir una segunda columna que indica que el alambre U2 debe ser conectado a U. Se seguirá el mismo procedimiento. En los reguladores provistos de ventilación forzada mediante ventiladores se encontrara otro cuadro de conexiones.

**FIGURA N°4.3. “DISEÑO INVERTIDO (ANSI TIPO B)”**



Fuente: SIEMENS, “JFR Distribution Step Voltage Regulator”, 2008, (p. 04)  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

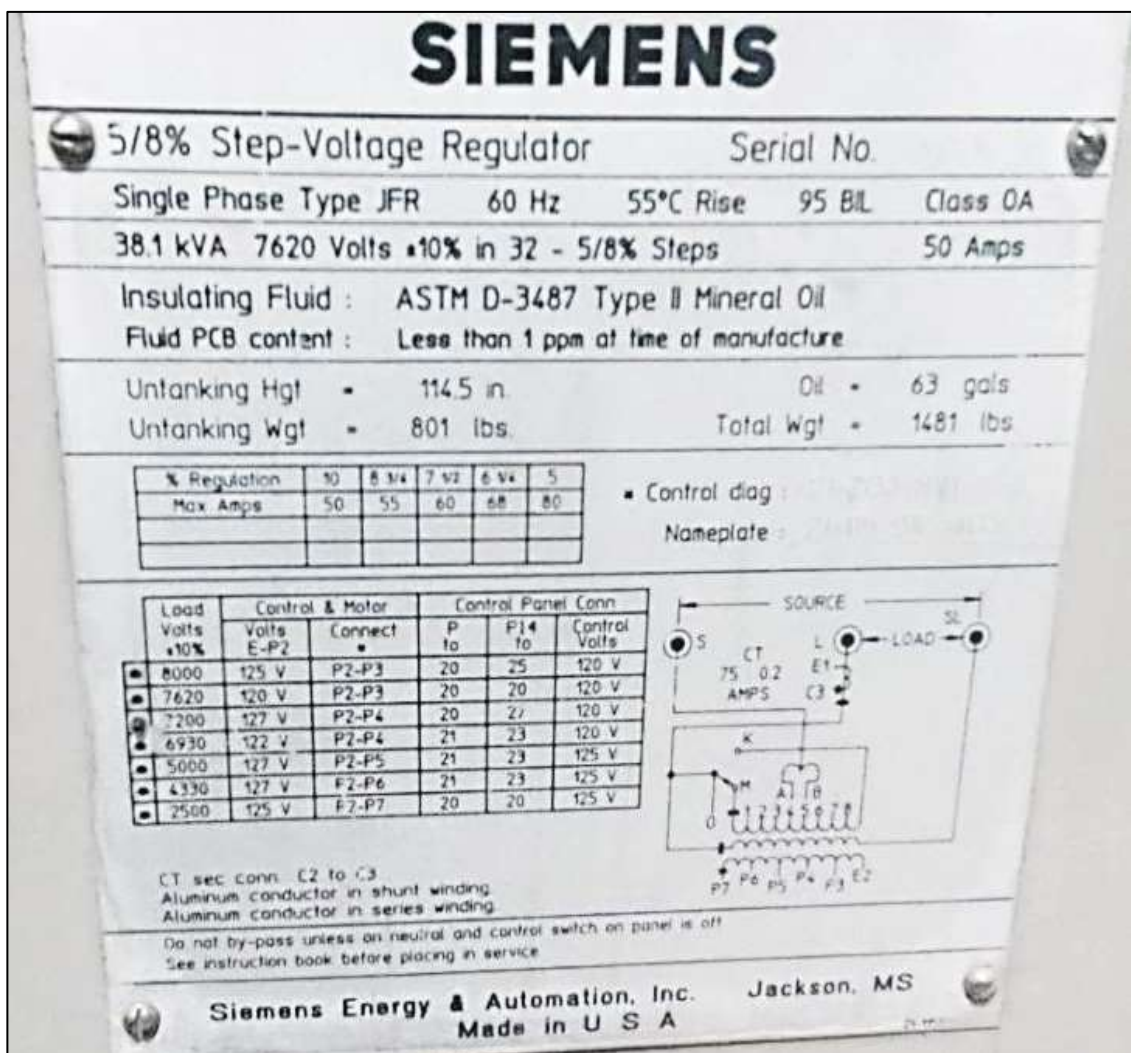
**FIGURA N°4.4. “DISEÑO INVERTIDO PLACA (ANSI TIPO B)”**



Fuente: SIEMENS, “JFR Distribution Step Voltage Regulator”, 2008, (p. 04)  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Con las mediciones realizadas y el análisis técnico y estadístico descriptivo, se demostró el incumplimiento de la norma. Con este análisis se solicitó a la empresa eléctrica distribuidora la inmediata remediación y mitigación. Se plantea como solución la instalación de tres reguladores de voltaje conectados en estrella según el diagrama (4d) de la Figura N° 4.2, con niveles de 38.1kVA, 7620V, a  $\pm 10\%$ , 50 Amperios en cada fase al igual que un banco de condensadores de 300 kVAR, a continuación se realizara el análisis cuantitativo de los niveles de mejora y su porcentaje en tanto al incumplimiento del reglamento.

**FIGURA N°4.5. “PLACA DE CARACTERÍSTICAS DEL REGULADOR JFR”**



Fuente: Aglomerados Cotopaxi S.A.  
 Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

#### 4.4. Análisis de variación de parámetros, por medio del asistente personal digital (PDA) marca FLUKE, modelo 1750 Power Recorder.

Con la intención de observar la manera en que influyen los principales parámetros de la topología, incluyendo los elementos parásitos, en el comportamiento de las corrientes y tensiones durante el proceso de conmutación, se realizó la medición y análisis de la calidad de energía eléctrica en el Punto 2 en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. De acuerdo a la síntesis de la topología de potencia, presentada en este capítulo, los valores nominales del circuito.

A continuación se describen los resultados obtenidos de las mediciones y el análisis que arrojo el alimentador N°5.

**TABLA N°4.2. “MUESTRA DE DATOS EN EL PUNTO 2”**

<b>MEDICIÓN EN EL PUNTO 2</b>	
<b>RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA RED ELÉCTRICA</b>	
<b>Fecha y Hora de inicio:</b>	01/02/2016 19:10
<b>Hora de finalización:</b>	12/02/2016 16:09
<b>Duración DD/HH/MM/SS:</b>	10-21:09:54
<b>Configuración:</b>	3 F + N en estrella
<b>Tensión de línea:</b>	254V
<b>Frecuencia nominal:</b>	60 Hz
<b>Instrumento:</b>	Analizador Fluke 1750 - Trafo Recubrimiento en el Punto 2

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

##### 4.4.1. Niveles de Tensión.

**Análisis y Diferencia de Resultados:** 1545 muestras por fase están dentro del límite permitido por la regulación del CONELEC 004/01, la fase AN, BN y CN, es decir, tenemos un nivel de tensión óptimo que cumple con la normativa no así, las mediciones anteriores, donde la fase CN tubo 3313 muestras con índices de variación

fuera de rango, en un porcentaje del 5.33% del total. Las mediciones anteriores con respecto a la fase CN no cumplían con la regulación del CONELEC 004/01, que permite una variación de  $\pm$  el 8% del voltaje nominal ( $V_{\text{mín.}} 234V$ ) en bajo voltaje.

**TABLA N°4.3. “NIVELES DE TENSIÓN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**

NIVELES DE TENSIÓN.									
Nomenclatura:									
AN = Fase A/ Neutro.									
BN= Fase B /Neutro.									
CN = Fase C/ Neutro.									
Fases	V <sub>min.</sub>	V <sub>máx.</sub>	V <sub>prom.</sub>	V <sub>nom.</sub>	V -8%	V +8%	No. Muestras	No. Muestras < al límite	% de Cumplimiento
AN	240	265	254	254	234	274	1545	0	100%
BN	240	267	254	254	234	274	1545	0	100%
CN	240	264	253	254	234	274	1545	0	100%

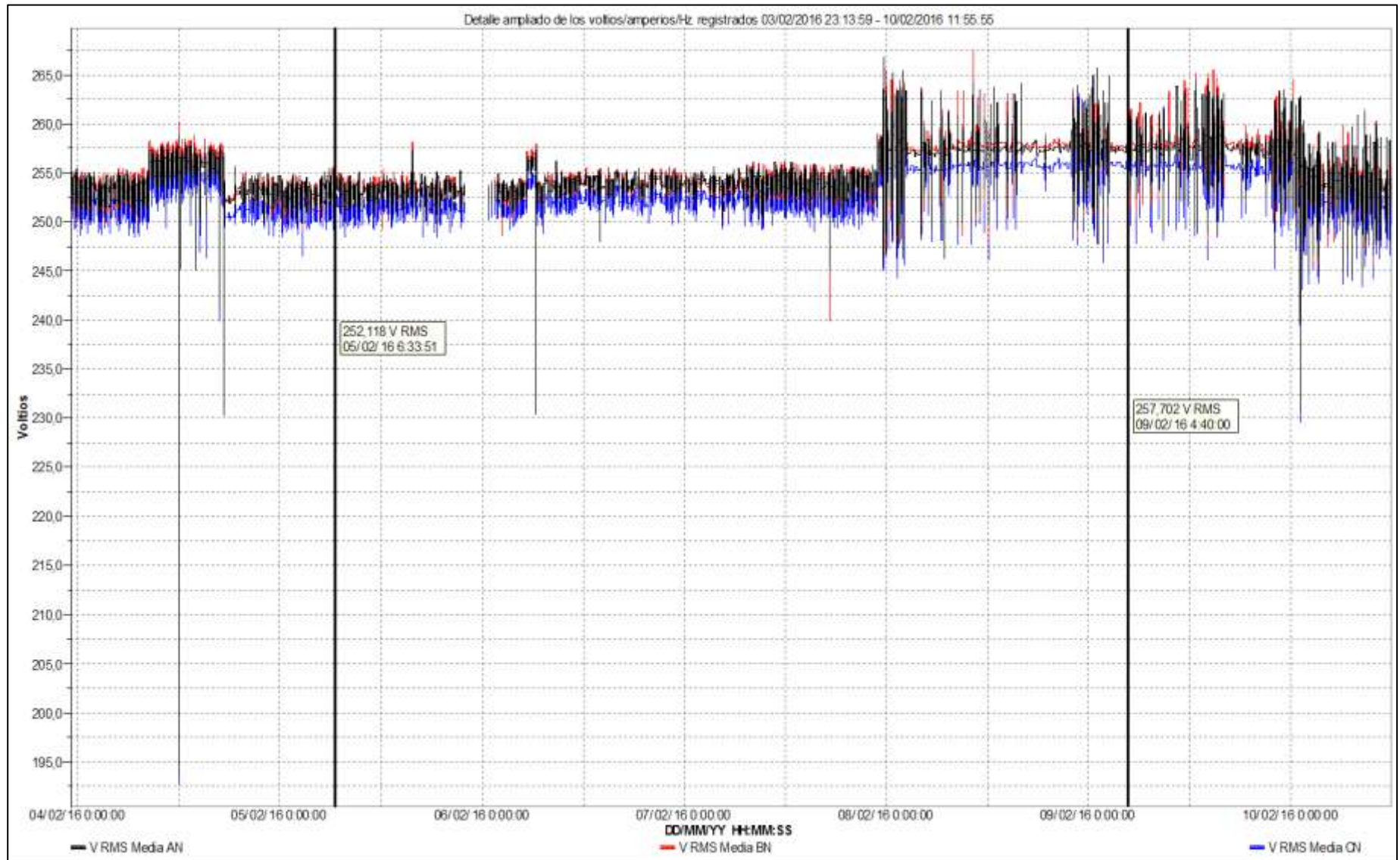
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

En la Figura N° 4.6. Se observa que el voltaje es proporcional a los niveles requeridos, existen variaciones de tipo momentáneas que no inciden en un rango de riesgo, dado la condición de suministro eficiente, se salvaguarda el estado físico de los equipos y principalmente se mitigan ponderablemente los paros de producción.

**Cumplimiento.** Satisfactoriamente se muestra el porcentaje de cumplimiento de los Niveles de Tensión en cada una de las fases; los datos arrojan como resultado valores que no sobrepasan ni se disminuyen al 8% permitido por la regulación, si bien es cierto existen todavía variaciones de voltaje, pero estas perturbaciones de nivel de Tensión no perjudican de ninguna manera al sistema, justificando la implementación de los reguladores en cada una de las fases, como lo muestra la Tabla N° 4.3.

**FIGURA 4.6. “VARIACIONES DE VOLTAJE EN LAS FASES AN/BN/CN”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

#### 4.4.2. Parpadeo (Flicker).

**TABLA N°4.4. “NIVELES DE FLICKER EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**

<b>PARPADEO (FLIKER)</b>			
<b>Nomenclatura:</b> AN = Fase A/ Neutro. BN= Fase B /Neutro. CN = Fase C/ Neutro.			
Fase	AN	BN	CN
Límite	1	1	1
Total muestras registradas	1546	1546	1546
Numero de muestras > 1	380	361	391
Porcentaje de incumplimiento	25%	23%	25%
Valor máximo registrado	3.70	3.67	3.73
Valor mínimo registrado	0.09	0.10	0.10
Valor promedio	0.65	0.63	0.63

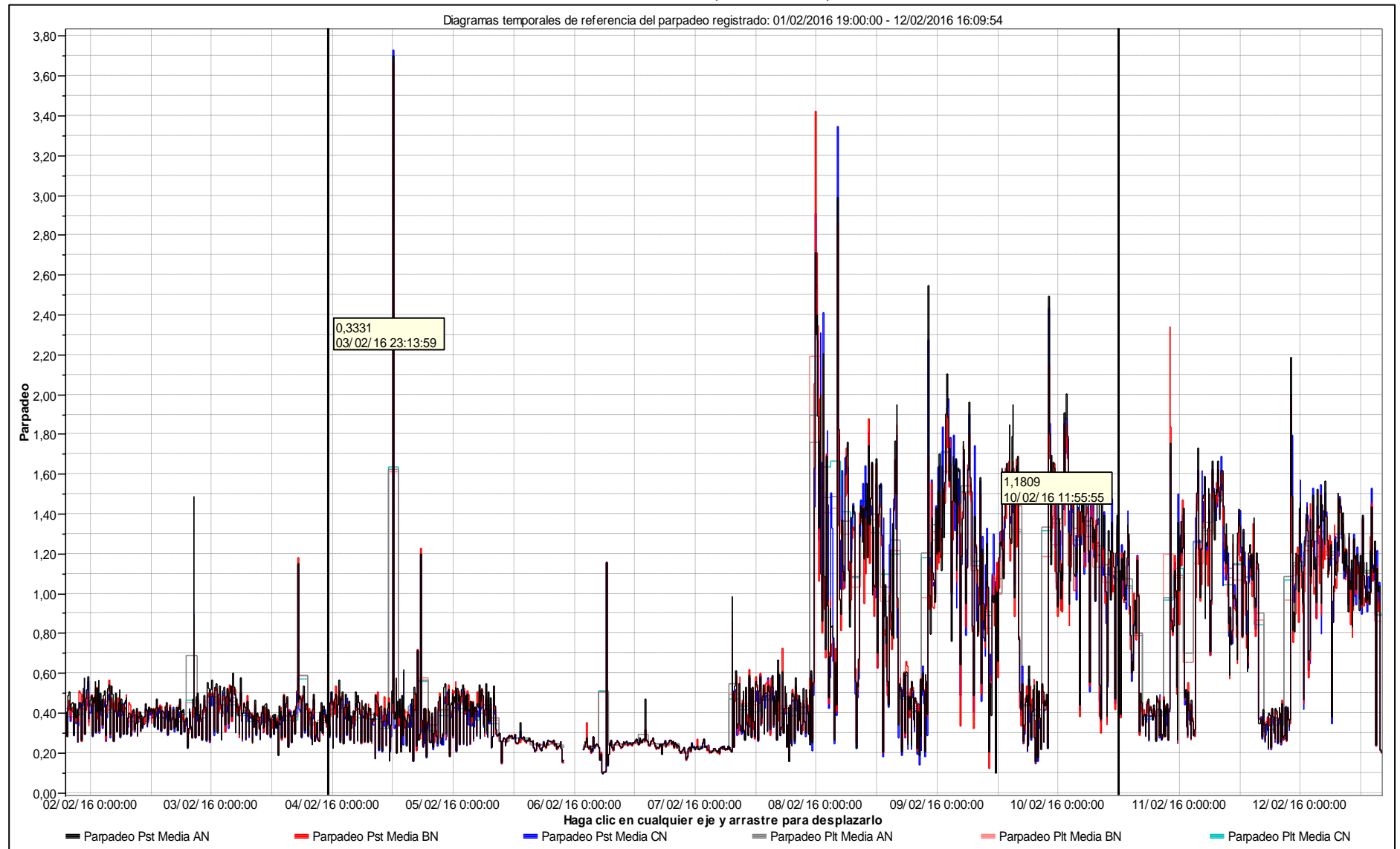
**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis y Diferencia de Resultados:** De 1546 muestras tomadas por fase, en intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868, las fases AN y CN, alcanzan un porcentaje de incumplimiento del 25% y la fase BN, un 23% de incumplimiento, estos valores han mejorado con respecto a tomas anteriores donde alcanzaban niveles superiores al 37% de incumplimiento, es así, que mediante la tabulación cuantitativa de términos se ha mejorado el 12% el nivel de Flicker Pst (Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración). Aunque los datos tomados aún están sobre el límite permitido por la regulación del CONELEC 004/01, que es del 1% se evidencia una mejora.

**Cumplimiento.** Relativamente se tuvo una mejora, pero aún se tiene un rango de incumplimiento, habitualmente las causas de parpadeo son dadas por hornos de arco, elementos de switching (drivers), arranques y paradas de grandes motores síncronos.

**FIGURA 4.7. “REGISTRO DE NIVELES DE PARPADEO (FLICKER) EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

#### 4.4.3. Armónicos.

**TABLA N°4.5. “REGISTROS DE ARMÓNICOS FASE AN EN EL PUNTO 2”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE AN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:					95% del tiempo	
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.20	0.84	1.438	1546	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	1.20%	0.36%	0.19%	0.17%	0.11%	0.13%	
Valor Máximo	1.39%	0.52%	0.22%	0.24%	0.18%	0.19%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.07%	0.09%					
Valor Máximo	0.12%	0.16%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.13%	0.09%	0.06%	0.06%			
Valor Máximo	0.22%	0.12%	0.09%	0.09%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.11%	0.04%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%
Valor Máximo	0.44%	0.11%	0.12%	0.05%	0.02%	0.02%	0.02%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.03%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**TABLA N°4.6. “REGISTROS DE ARMÓNICOS FASE BN EN EL PUNTO 2”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE BN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:				95% del tiempo		
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.30	0.90	1.58	1546	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	1.29%	0.33%	0.19%	0.15%	0.11%	0.10%	
Valor Máximo	1.52%	0.46%	0.25%	0.20%	0.21%	0.15%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.08%	0.05%					
Valor Máximo	0.13%	0.08%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.14%	0.08%	0.03%	0.03%			
Valor Máximo	0.24%	0.10%	0.05%	0.05%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.12%	0.04%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%
Valor Máximo	0.41%	0.11%	0.11%	0.06%	0.02%	0.02%	0.02%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.03%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

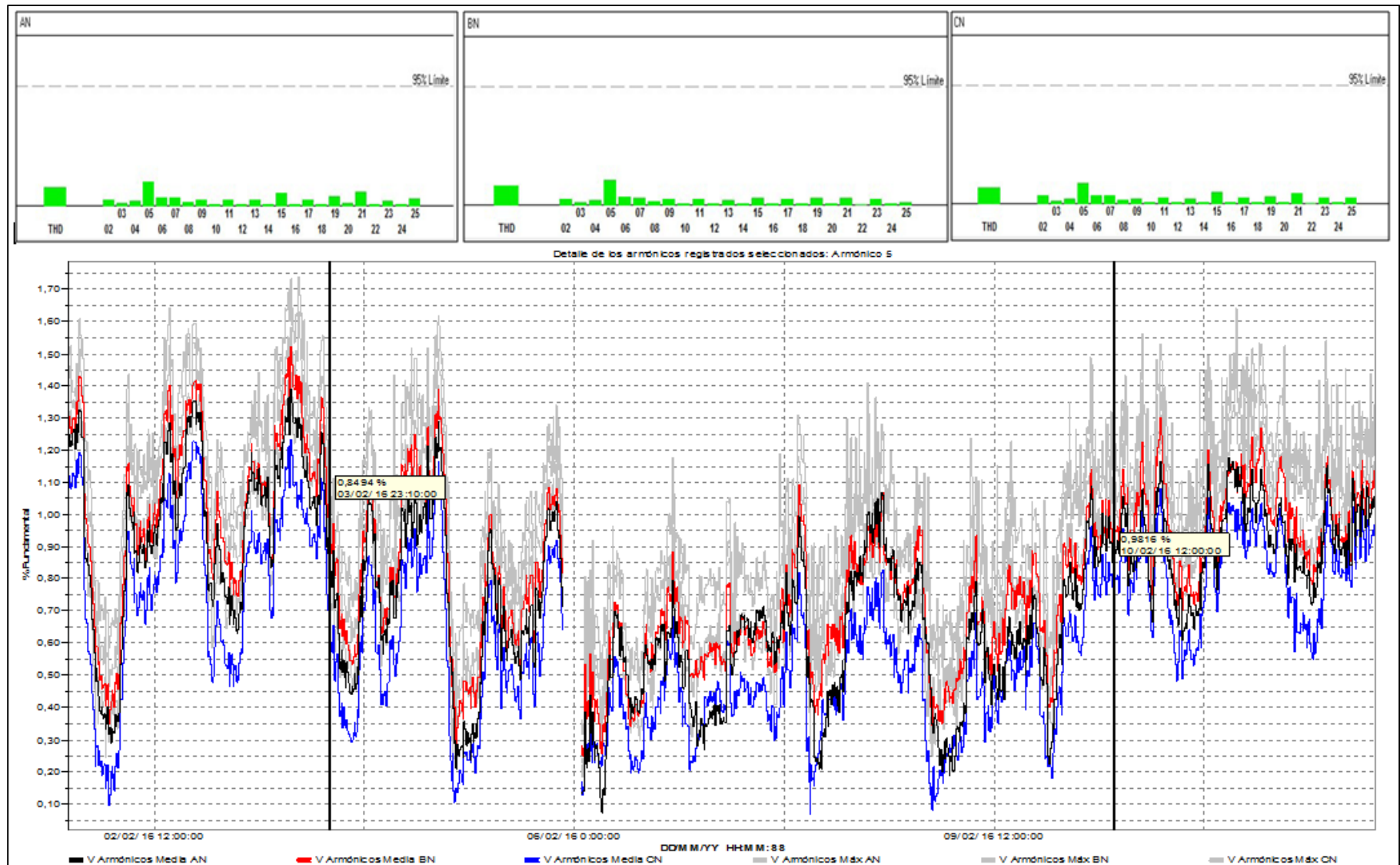
**TABLA N°4.7. “REGISTROS DE ARMÓNICOS FASE CN EN EL PUNTO 2”**

<b>ARMÓNICOS DE TENSIÓN FASE CN</b>							
<b>Configuración</b>	Número de valores dentro del límite:				95% del tiempo		
Limite THDv	Mínimo	Promedio	Máximo	No muestras	Cumplimiento con la regulación		
8%	0.22	0.72	1.29	1546	100%		
<b>Armónicas Individuales</b>							
<b>Impares no múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	
Limite	6.00%	5.00%	3.50%	3.00%	2.00%	1.50%	
Valor medido	1.05%	0.37%	0.19%	0.15%	0.11%	0.10%	
Valor Máximo	1.23%	0.48%	0.24%	0.20%	0.19%	0.15%	
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden Armónica	<b>23</b>	<b>25</b>					
Limite	1.50%	1.50%					
Valor medido	0.08%	0.09%					
Valor Máximo	0.13%	0.14%					
% dentro del Límite	100.00%	100.00%					
<b>Impares múltiplos de 3</b>							
Orden Armónica	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>21</b>			
Limite	5.00%	1.50%	0.50%	0.50%			
Valor medido	0.15%	0.06%	0.05%	0.05%			
Valor Máximo	0.23%	0.11%	0.08%	0.08%			
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
<b>Pares</b>							
Orden Armónica	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>
Limite	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Valor medido	0.14%	0.05%	0.04%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%
Valor Máximo	0.46%	0.11%	0.09%	0.06%	0.03%	0.02%	0.02%
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden Armónica	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>		
Limite	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.05%		
Valor medido	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%		
Valor Máximo	0.03%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%		
% dentro del Límite	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 4.8. “REGISTROS DE ARMONICOS EN LAS TRES FASES AN/BN/CN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”.**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán

**Análisis y Diferencia de Resultados:** De 1546 muestras tomadas por fase, en intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7, satisfactoriamente todas las fases alcanzan un nivel de cumplimiento, aunque el análisis anterior tenía valores inferiores al límite permitido por la norma. Con la implementación de los reguladores se ha conseguido disminuir la presencia de armónicos en la red.

**Cumplimiento.** La frecuencia fundamental, comúnmente debería alcanzar una frecuencia óptima de 60 Hz. Se describen de acuerdo al contenido de su espectro, aunque es común utilizar una cantidad para esto, la cual se denomina distorsión armónica total (total harmonic distortion, THD). El estándar para los niveles máximos de contenido armónico presentados por el CONELEC 004/01 están cumpliéndose a cabalidad.

#### 4.4.4. Factor de Potencia.

**TABLA N°4.8. “FACTOR DE POTENCIA EN EL PUNTO 2”**

FACTOR DE POTENCIA.							
Fases	Vmín.	Vmáx.	Vprom.	Límite	No. Muestras	No. Muestras < al límite	% Incumplimiento
AN	0.79	1.00	0.89	0.92	1546	1182	76.4%
BN	0.67	0.96	0.80	0.92	1546	1253	81.04%
CN	0.36	0.98	0.95	0.92	1409	45	3.19%

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis y Diferencia de Resultados:** De 1546 muestras por fase se obtuvo que el factor de potencia en algunas muestras está por debajo del límite exigido por la regulación CONELEC 004/01. La Fases AN y BN, tienen una alto índice de incumplimiento, 76.4% y 81.04% respectivamente no así la fase CN se acerca más al límite permitido 0.92. Al revisar y comparar con los resultados anteriores se ha

mejorado significativamente, así por ejemplo, en la fase AN, bajamos 4.6%, en la fase BN 7.96% y es más evidente la mejora en la fase CN, donde se mejoró 74.81%.

**TABLA N°4.9. “REGISTROS DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**

<b>DATOS TOMADOS 02/06/2016 3:27</b>										
	A			B			C			Total
	Mín.	Media	Máx	Mín.	Media	Máx	Mín.	Media	Máx	Media
kW	24.28	29.38	40.29	22.35	27.76	39.19	27.30	28.26	37.34	85.39
kVA	28.74	33.66	44.02	29.87	35.10	46.16	28.57	29.52	40.97	98.50
kvar	14.63	16.42	19.78	19.20	21.48	25.67	7.87	8.53	16.85	49.10
PF	--	0.87	--	--	0.79	--	--	0.96	--	0.87
COS PHI	--	0.88	--	--	0.80	--	--	0.96	--	0.88

Fuente: El Investigador.

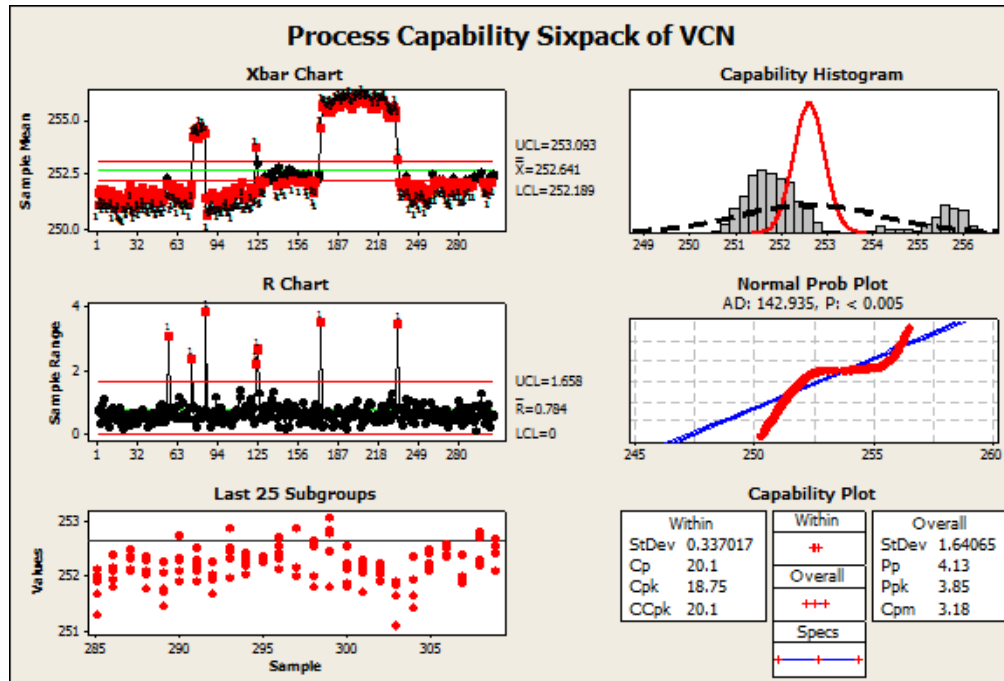
Elaborado por: VIZUETE ALCOECER Alejandro Hernán.

**Cumplimiento.** El factor de potencia en algunas muestras y en tiempos cortos de duración no cumple con los estándares preestablecidos, aunque con la implementación del Regulador ha mejorado estos niveles, por tal motivo será necesario el proponer la implementación de un banco de condensadores adicional a los existentes actualmente.

#### **4.5. Análisis de datos mediante el software estadístico MINITAB. Medición en el punto 2.**

De acuerdo a lo establecido con anterioridad como un apéndice del CAP III, mediremos las diferencias estadísticamente compendiando valores anteriores y valores actuales, si bien es cierto, en toda implementación hay que examinar la variabilidad, una vez que se logra disminuir el rango de variación, se puede cambiar el punto de operación del valor medio a través de modificar los taps de los reguladores y así obtener el punto óptimo de operación.

**FIGURA 4.9. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE Tensión EN LA FASE CN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



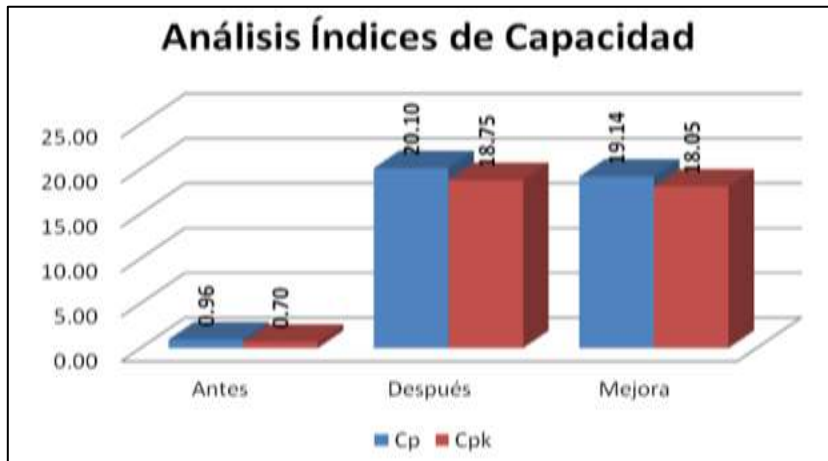
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis y Diferencia de Resultados de la Tensión.-** En la Figura 4.9, se puede observar y evaluar la variabilidad y tendencia central de la calidad de servicio del voltaje en la fase CN, y al mismo tiempo comparar con los límites permitidos por la Regulación No. CONELEC 004/01. En el test de la media Xbar Chart se observa que el valor de la línea central X está en 252.64V. siendo su valor nominal de 254V, el límite superior UCL es 253.09V, y el límite inferior LCL es 252.18V; Igualmente en el test del rango de muestras R Chart el valor de la línea central R está en 0.78, el límite superior en 1.65, y el límite inferior en 0. Lo que implica que el proceso está dentro de los límites de especificación, También se observa que algunos puntos están fuera de los límites de control, sin embargo se ve que el proceso se encuentra bajo control. En el Test de valores realizado a 25 subgrupos (promedio de 25 muestras), se observa que los puntos en el diagrama de comportamiento hacen una dispersión horizontal, también se puede ver que existen ligeras variaciones de voltaje que están dentro de los rangos de especificación, En el histograma de capacidad se evidencia

que los datos siguen aproximadamente una curva de distribución normal, que la media está cerca del valor nominal y que todos los datos están dentro del límite inferior de especificación. En el test de probabilidad normal se puede observar que los puntos no siguen la línea recta que se obtiene cuando el proceso es normal. Finalmente, en el test de capacidad se puede ver que la tolerancia del proceso está dentro de los límites de especificación. Además, el valor de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) es 20.1, esto indica que el proceso tiene calidad seis sigma que equivale a tener una capacidad de proceso  $C_p > 2$ , de igual manera, el valor de la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) es = 18.75, entonces,  $C_{pk} > 1$  muestra que el proceso cumple con las especificaciones.

**FIGURA 4.10. “HISTOGRAMA DE CAPACIDAD RELACIÓN CP, CPK”**

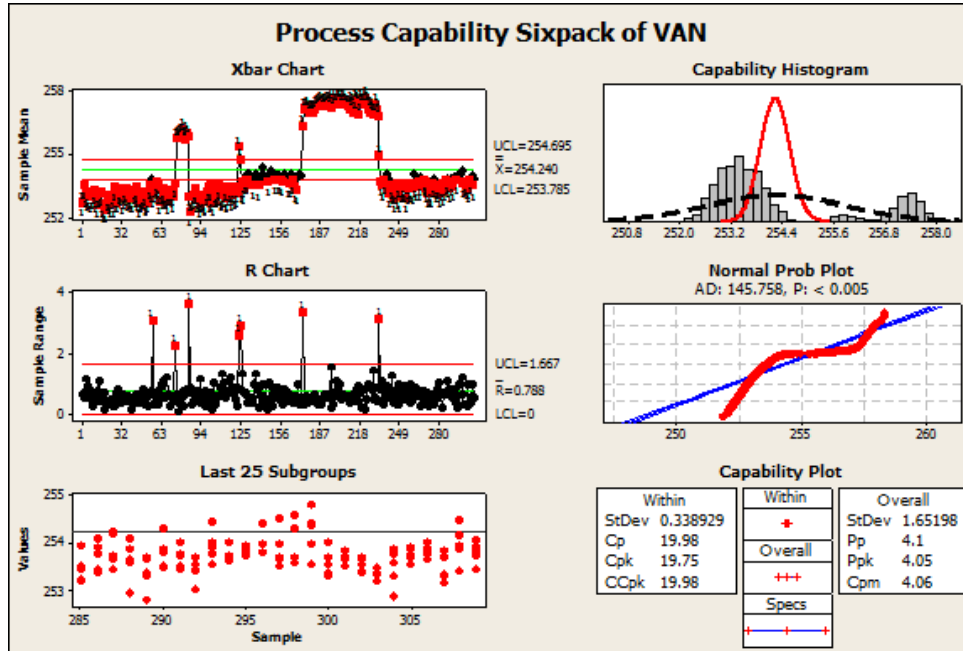


Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

En la Figura N° 4.10., se observa que el índice de capacidad potencial  $C_p$  se incrementa de 0.96 a 20.10, obteniendo una mejora en el proceso del 95%, de igual manera el índice de capacidad real  $C_{pk}$  aumenta su valor de 0.70 a 18.75, obteniendo una mejora en el proceso del 96%. Concluyendo que la variabilidad del proceso bajó notablemente y evidenciando que los límites de especificaciones están controlados. Además, se puede deducir que los reguladores instalados están trabajando correctamente. Un análisis análogo se puede realizar a los voltajes de la fase AN y BN que se muestra en la Figura 4.11, 4.12, respectivamente

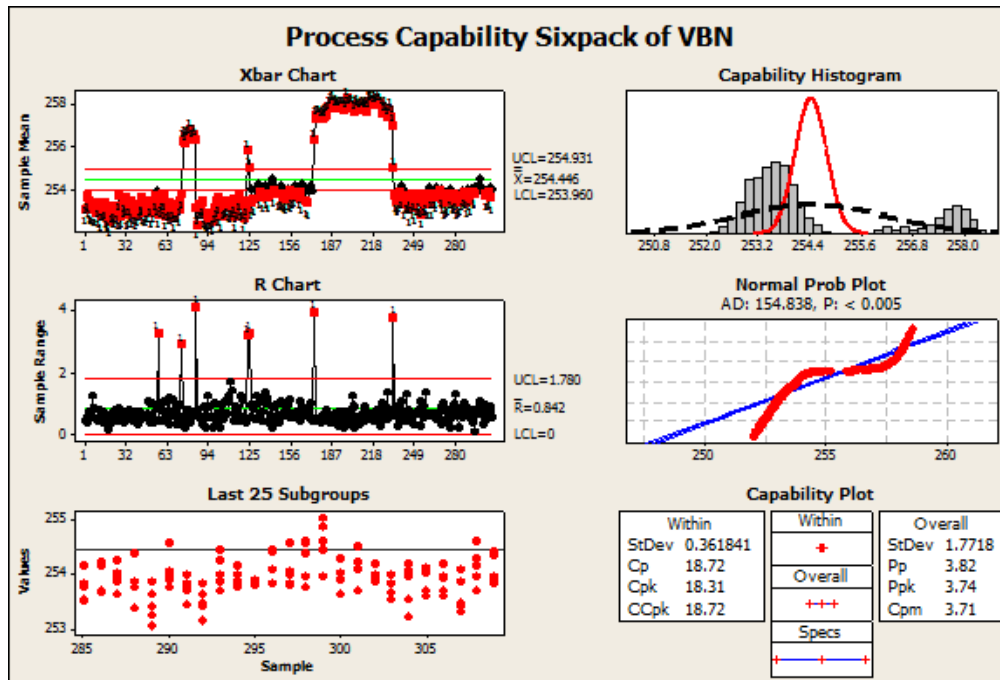
**FIGURA 4.11. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TENSION EN LA FASE AN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOECER Alejandro Hernán.

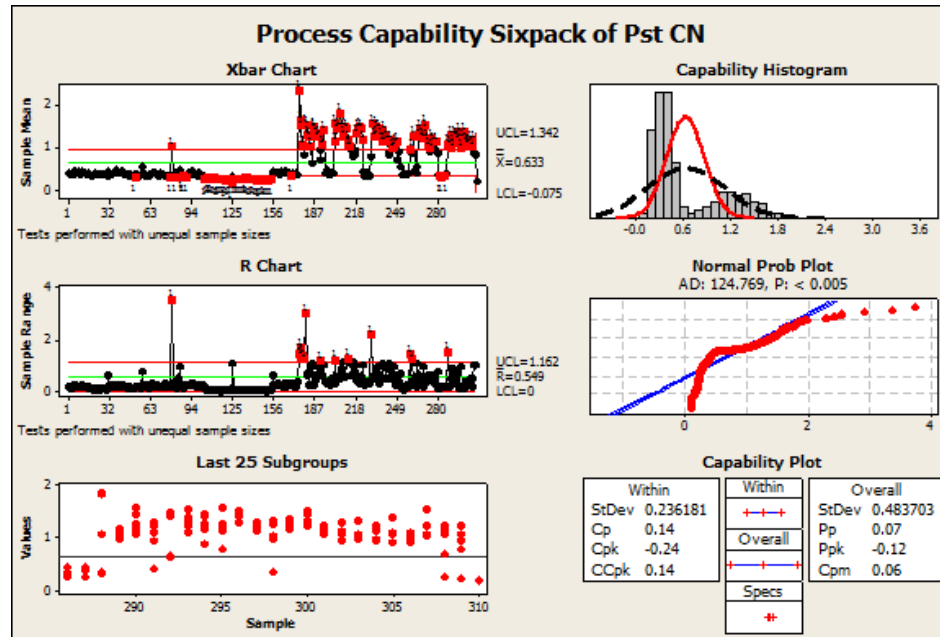
**FIGURA 4.12. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TENSION EN LA FASE BN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOECER Alejandro Hernán.

**FIGURA 4.13. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FLICKER EN LA FASE CN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



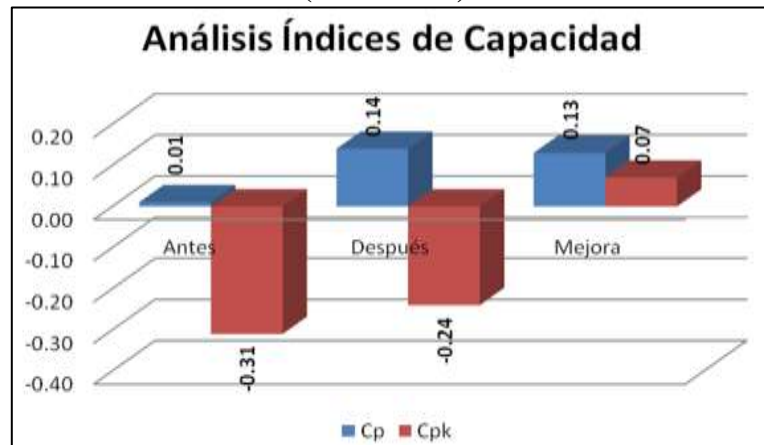
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis y Diferencia de Resultados del Flicker.-** En la Figura 4.13, se puede observar y evaluar la variabilidad y tendencia central de los parpadeos (flicker) en la fase CN, y al mismo tiempo comparar con los límites permitidos por la Regulación No. CONELEC 004/01. En el test de la media Xbar Chart se observa que el valor de la línea central  $\bar{X}$  está en 0.633 siendo el límite permitido  $Pst=1$ , el límite superior UCL es 1.342, y el límite inferior LCL es 0.075; Igualmente en el test del rango de muestras R Chart el valor de la línea central R está en 0.549, el límite superior en 0.162, y el límite inferior en 0. Lo que implica que el proceso está fuera de los límites de especificación. En el Test de valores realizado a 25 subgrupos (promedio de 25 muestras), se observa que los puntos en el diagrama de comportamiento hacen una dispersión horizontal bastante alejado del rango permitido. En el histograma de capacidad se evidencia que los datos siguen aproximadamente una curva de distribución normal, pero se puede observar que algunos datos están fuera de los límites de especificación. Lo que quiere decir que en ocasiones los parpadeos en la fase CN serán mayores y menores a 1 límite permitido. En el test de probabilidad

normal se puede observar que los puntos no siguen la línea recta que se obtiene cuando el proceso es normal, esto nos indica la variabilidad del proceso. Finalmente, en el test de capacidad se puede ver que la tolerancia del proceso cae por debajo del límite de especificación inferior. Además, el valor de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) es = 0.14, esto indica que el proceso no es adecuado para el trabajo, requiere de modificaciones serias  $C_p < 0.67$ , de igual manera, el valor de la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) es = -0.24, entonces,  $C_{pk} < 1$  muestra que el proceso es incapaz, lo que indica que la compañía del suministro eléctrico debe mejorar su proceso. En la Figura. 3.14., se observa que el índice de capacidad potencial  $C_p$  se incrementa de 0.01 a 0.14, obteniendo una mejora en el proceso del 93%, de igual manera, el índice de capacidad real  $C_{pk}$  disminuye su valor de -0.31 a -0.24. Se observa que a pesar de que existe una mejora en el índice de capacidad  $C_p$ , el proceso no es capaz. Concluyendo que la presencia en la red de parpadeos (flicker) se debe a cargas no lineales de agentes externos en el momento del encendido de hornos de arco, sueldas eléctricas, arranque de grandes motores sincrónicos, etc.

**FIGURA 4.14. “HISTOGRAMA DE CAPACIDAD RELACIÓN CP, CPK (FLICKER)”**

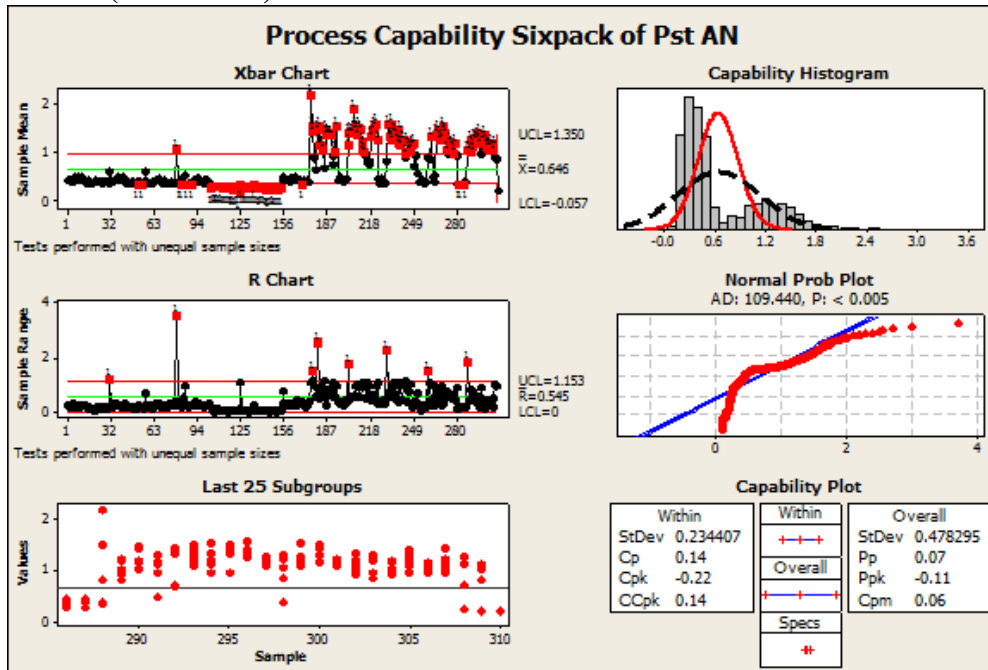


Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Un análisis análogo se puede realizar a los parpadeos de la fase AN y BN que se muestra en la Figura 4.15, 4.16 respectivamente.

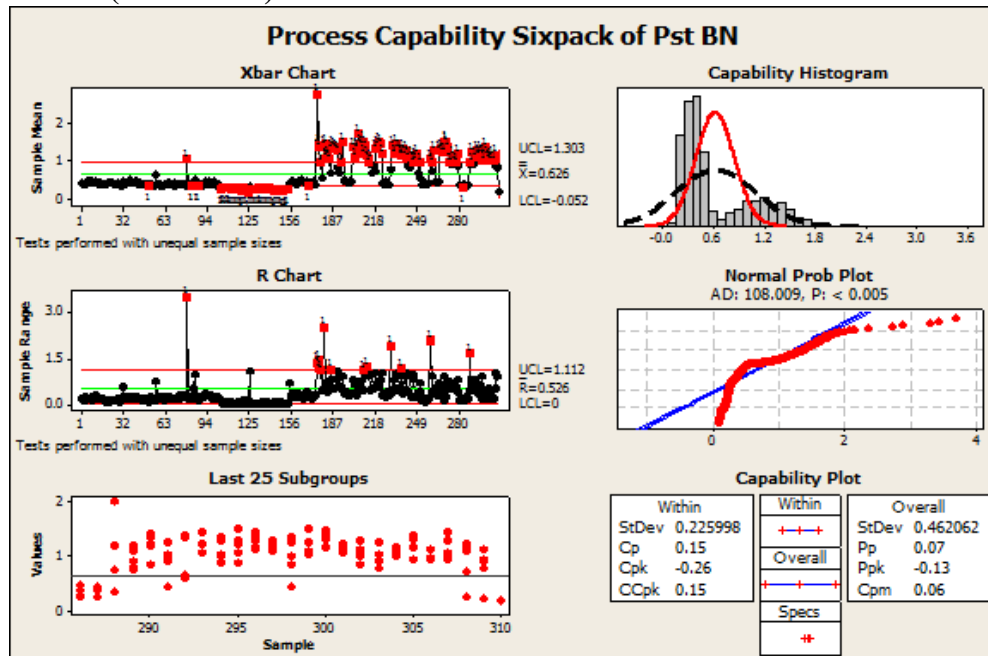
**FIGURA 4.15. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE (FLICKER) AN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

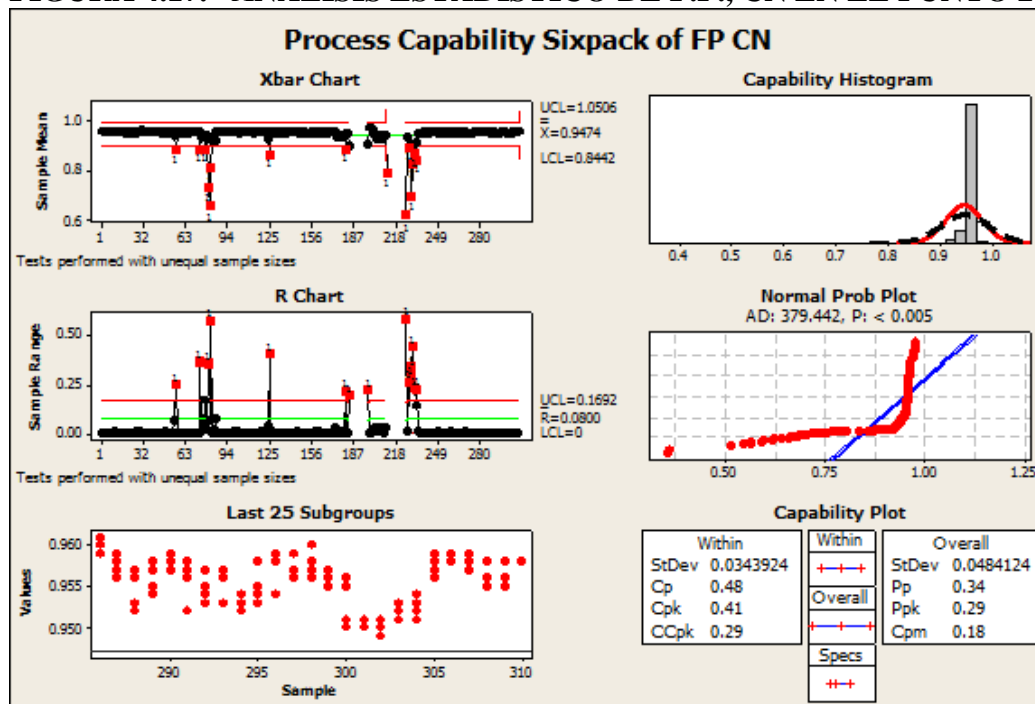
**FIGURA 4.16. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE (FLICKER) BN EN EL PUNTO 2 - RECUBRIMIENTO”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 4.17. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE F.P., CN EN EL PUNTO 2”**



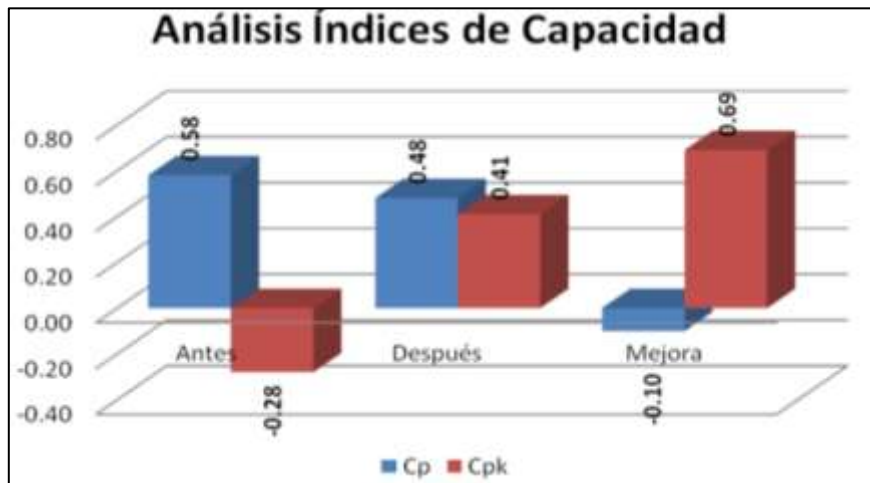
Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**Análisis y Diferencia de Resultados en Factor de Potencia.-** En la Figura 4.17, se puede observar y evaluar la variabilidad y tendencia central del factor de potencia en la fase CN, y al mismo tiempo comparar con el límite permitido por la NORMA IEC 61000. En el test de la media Xbar Chart se observa que el valor de la línea central  $\bar{X}$  está en 0.947, siendo el límite permitido 0.92, el límite superior UCL es 1.050, y el límite inferior LCL es 0.844; Igualmente en el test del rango de muestras R Chart el valor de la línea central R está en 0.080, el límite superior en 0.169, y el límite inferior en 0. Lo que implica que el proceso está fuera de los límites de especificación. En el Test de valores realizado a 25 subgrupos (promedio de 25 muestras), se observa que los puntos en el diagrama de comportamiento hacen una dispersión horizontal bastante alejado del rango permitido. En el histograma de capacidad se evidencia que los datos siguen aproximadamente una curva de distribución normal, pero se puede observar que algunos datos están fuera del límite inferior de especificación. Lo que quiere decir que el factor de potencia en la fase CN está fuera del límite permitido 0.92. En el test de probabilidad normal se puede

observar que los puntos no siguen la línea recta que se obtiene cuando el proceso es normal, esto nos indica la variabilidad del proceso. Finalmente, en el test de capacidad se puede ver que la tolerancia del proceso cae por debajo del límite de especificación inferior. Además, el valor de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) es = 0.48, esto indica que el proceso no es adecuado para el trabajo, requiere de modificaciones serias  $C_p < 0.67$ , al igual que, el valor de la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) es = 0.41, entonces,  $C_{pk} < 1$  muestra que el proceso es incapaz, lo que indica que la empresa debe mejorar el factor de potencia. En la Figura. 3.18, se observa que el índice de capacidad potencial  $C_p$  disminuye de 0.58 a 0.48 (20.8%), de igual manera el índice de capacidad real  $C_{pk}$  aumenta su valor de -0.28 a -0.10, obteniendo una mejora en el proceso del 169%, Concluyendo que a pesar de que existe una mejora en el índice de capacidad  $C_{pk}$ . El mejoramiento continuo de los procesos de la empresa hace imperativo la instalación de nuevos equipos, a la vez, es necesario compensar la potencia reactiva.

**FIGURA 4.18. “HISTOGRAMA DE CAPACIDAD RELACION CP, CPK FACTOR DE POTENCIA”**

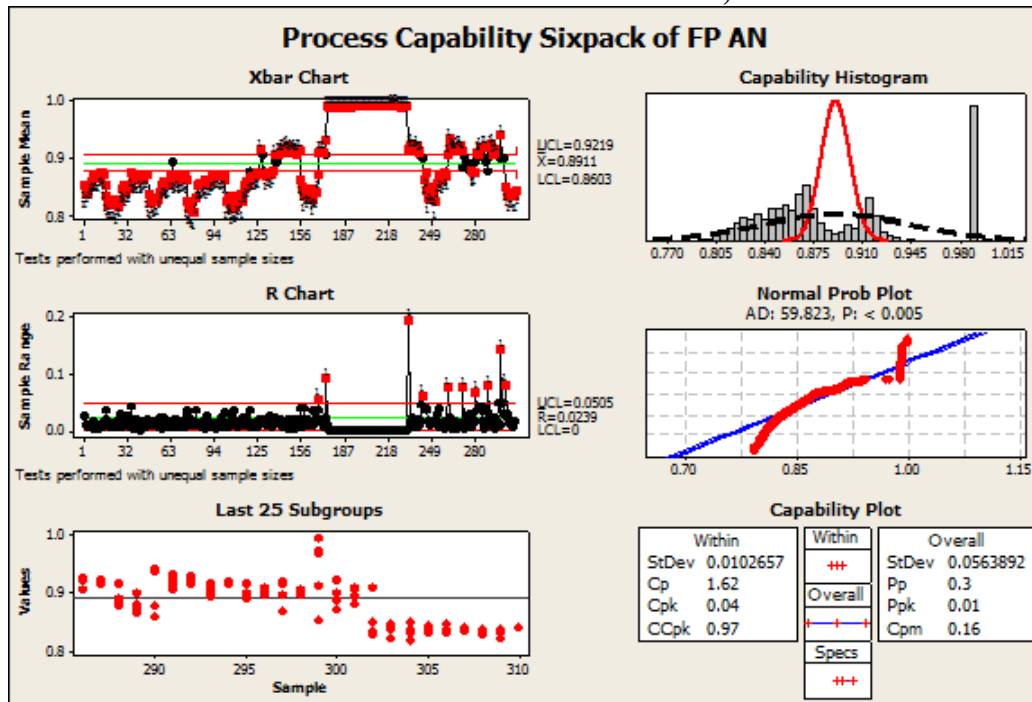


Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

Un análisis análogo se puede realizar al factor de potencia de la fase AN y BN que se muestra en la Figura 4.19 y 4.20, respectivamente.

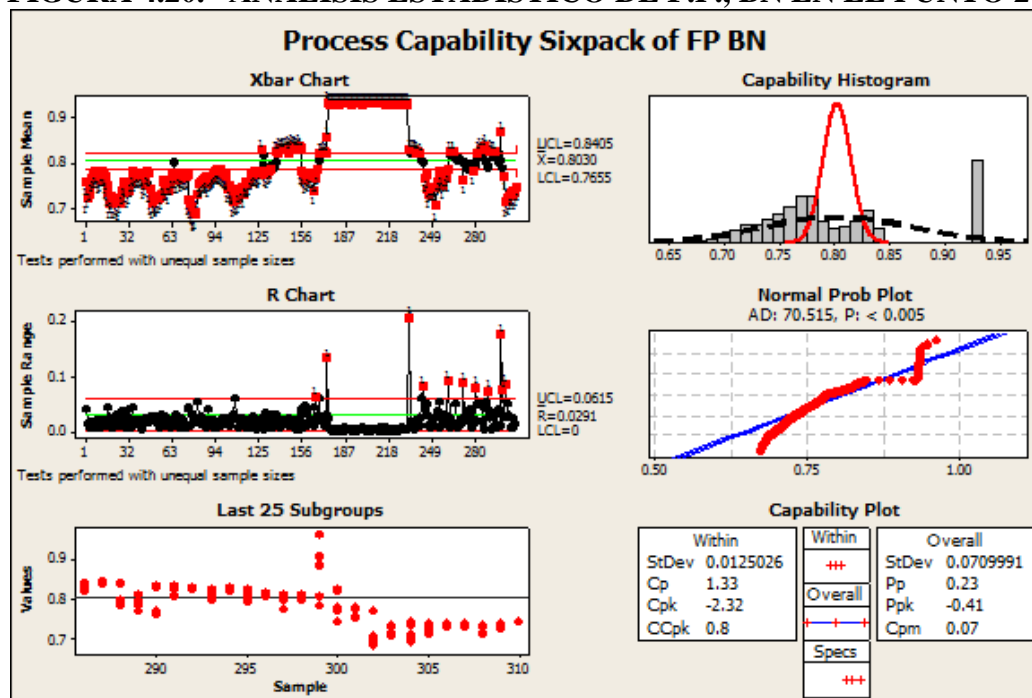
**FIGURA 4.19. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE F.P., AN EN EL PUNTO 2”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán.

**FIGURA 4.20. “ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE F.P., BN EN EL PUNTO 2”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCO CER Alejandro Hernán.

#### 4.6. Simulación de Caída de Tensión en el Alimentador No. 5

En base a una hoja de cálculo de EXCEL se realiza un estudio cuantitativo de la caída de tensión en el Alimentador N°5; se utilizan como datos las tablas de impedancia de conductores de cobre estandarizados para los diferentes calibres; se obtienen los siguientes datos ver Tabla N°4.10, para las condiciones anteriores y actuales. Se puede observar que las caídas de tensión se reducen en las nuevas condiciones de operación.

**TABLA N°4.10. “CAÍDA DE TENSIÓN EN EL ALIMENTADOR NO. 5”**

<b>ANTES DE INSTALAR LOS REGULADORES</b>		<b>DESPUES DE INSTALAR LOS REGULADORES</b>	
<b>CÁLCULO CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ACOMETIDA: SUBESTACIÓN LASSO-SECCIONADOR PRINCIPAL</b>		<b>CÁLCULO CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ACOMETIDA: SUBESTACIÓN LASSO-SECCIONADOR PRINCIPAL</b>	
CARGA POTENCIA REAL (P) W	4590300	CARGA POTENCIA REAL (P) W	4590300
LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	280	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	280
TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	13300	TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	13800
FP.	0,936	FACTOR DE POTENCIA	0,936
CORRIENTE (A)	213	CORRIENTE (A)	205
CALIBRE DEL CABLE	3/0	CALIBRE DEL CABLE	3/0
RESISTENCIA R OHM/kM	0,259	RESISTENCIA R OHM/kM	0,259
REACTANCIA (X) OHM/Km	0,171	REACTANCIA (X) OHM/Km	0,171
CAÍDA DE TENSIÓN ΔV(%)	0,21	CAÍDA DE TENSIÓN ΔV(%)	0,2
VOLTAJE FINAL (V)	13270,75	VOLTAJE FINAL (V)	13771,81
<b>CÁLCULO CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ACOMETIDA: SECCIONADOR PRINCIPAL-BANCO DE REGULADORES RECUBRIMIENTO</b>		<b>CÁLCULO CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ACOMETIDA: SECCIONADOR PRINCIPAL-BANCO DE REGULADORES RECUBRIMIENTO</b>	
CARGA POTENCIA REAL (P) W	3500000	CARGA POTENCIA REAL (P) W	3500000
LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	130	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	130
TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	13270,75	TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	13771,81
FP.	0,92	FP.	0,92
CORRIENTE (A)	166	CORRIENTE (A)	159
CALIBRE DEL CABLE	1/0	CALIBRE DEL CABLE	1/0
RESISTENCIA R OHM/kM	0,39	RESISTENCIA R OHM/kM	0,39
REACTANCIA (X) OHM/Km	0,18	REACTANCIA (X) OHM/Km	0,18
CAÍDA DE TENSIÓN ΔV(%)	0,11	CAÍDA DE TENSIÓN ΔV(%)	0,1
VOLTAJE FINAL (V)	13256,02	VOLTAJE FINAL (V)	13757,62

CÁLCULO CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ACOMETIDA: BANCO DE REGULADORES - TRANSFORMADOR 1500KVA		CÁLCULO CAÍDA DE VOLTAJE EN LA ACOMETIDA: BANCO DE REGULADORES - TRANSFORMADOR 1500KVA	
CARGA POTENCIA REAL (P) W	856000	CARGA POTENCIA REAL (P) W	856000
LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	180	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	180
TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	13256,02	TENSIÓN DEL SISTEMA (V)	13800
FP.	0,92	FP.	0,92
CORRIENTE (A)	41	CORRIENTE (A)	39
CALIBRE DEL CABLE	1/0	CALIBRE DEL CABLE	1/0
RESISTENCIA R OHM/kM	0,52	RESISTENCIA R OHM/kM	0,52
REACTANCIA (X) OHM/Km	0,187	REACTANCIA (X) OHM/Km	0,187
CAÍDA DE TENSIÓN $\Delta V$ (%)	0,04	CAÍDA DE TENSIÓN $\Delta V$ (%)	0,04
VOLTAJE FINAL (V)	13253,94	VOLTAJE FINAL (V)	13793,84

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

#### 4.7. Evaluación Económica.

**Análisis y Diferencia de Resultados.** En el periodo 2014, se registró paros significativos con pérdidas de \$193,332.000 por cortes y variaciones de energía eléctrica. Se evidencia que en el año 2015 este monto se ha reducido a 15,760.000\$, es decir, la implementación de los reguladores representan un ahorro de \$177,572.000 dólares anuales.

**Cumplimiento.** Significativamente, y atribuyendo la objetividad del tema de investigación la implementación de los reguladores en cada una de las fases ha permitido disminuir porcentualmente los paros, y los cortes de energía, siendo este el principal factor que incidía en la calidad de suministro eléctrico, se logró mitigar los efectos nocivos en la red y reducir los costos por daños en equipos y ciclos largos de parada en la producción, es así como podemos identificar las fechas y el tiempo en la Tabla N°4.11.

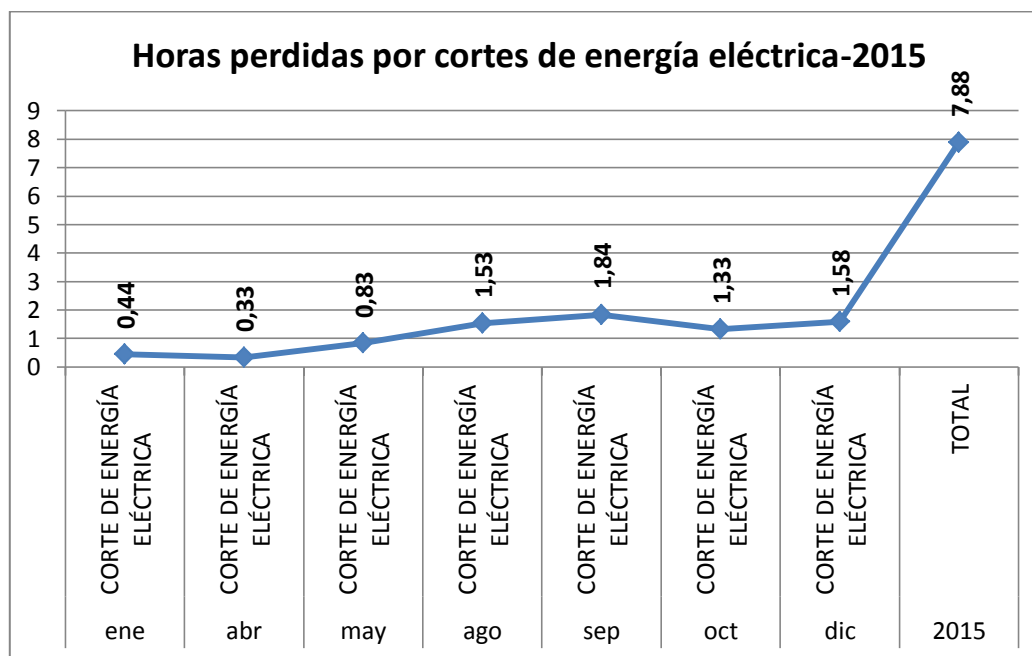
**TABLA N°4.11. “REGISTRO DE CORTES DE ENERGIA”**

Mes	Fecha efectiva	Tipo Paro	Descripción	Tiempo [H]	Costo (\$)
ene	23/01/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,27	540
ene	23/01/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,17	340
abr	29/04/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,33	660
may	12/05/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,83	1660
ago	21/08/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1,1	2200
ago	26/08/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,43	860
sep	15/09/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1,16	2320
sep	21/09/2015	P20	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,68	1360
oct	21/10/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1,33	2660
dic	08/12/2015	A07	CORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1,58	3160
2015			Costo Equipos quemados	0	0
2015			<b>TOTAL</b>	7,88	15760

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

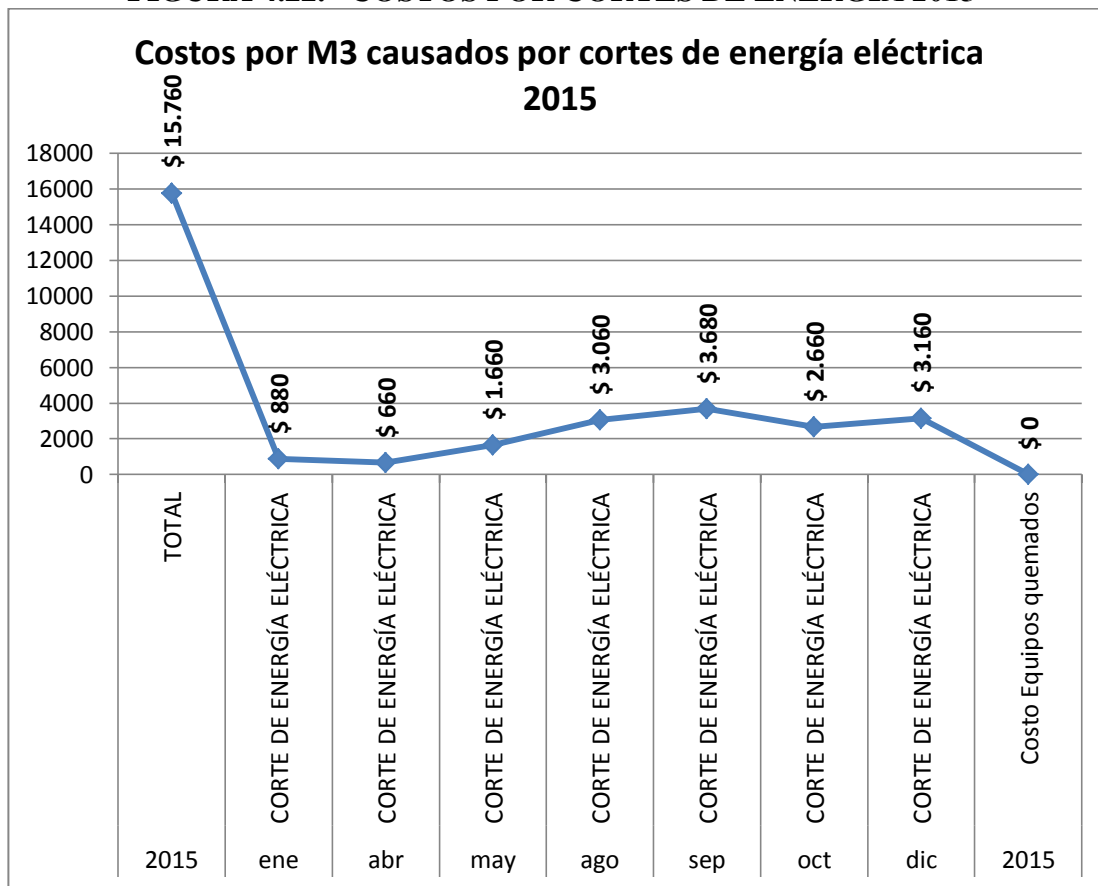
**FIGURA 4.21. “HORAS PÉRDIDAS POR CORTES DE ENERGÍA 2015”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

**FIGURA 4.22. “COSTOS POR CORTES DE ENERGÍA 2015”**



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: VIZUETE ALCOCER Alejandro Hernán.

## 4.8. Conclusiones y Recomendaciones.

### 4.8.1. Conclusiones.

- Del análisis inicial en el punto de entrega (Punto 1) del alimentador principal de ingreso a la barra de distribución de la subestación Lasso y del análisis en la salida del transformador de la línea de Recubrimiento (PAUDMOUNTED 1500), se evidencio que los parámetros de voltaje, armónicos y Flicker estaban fuera de los límites permitidos por la norma, luego del análisis técnico y estadístico descriptivo se justifica la instalación de bancos de condensadores y reguladores, que en conjunto forman un filtro pasa bajos. El efecto final medido y comprobado en una tercera etapa es que los parámetros que no cumplían la norma sean corregidos, a excepción de los flickers.
- Ante la evaluación de los parámetros de calidad ejecutada conforme a la Regulación del CONELEC 004/01 en los puntos de acoplamiento de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. se manifiestan diversos parámetros con un nivel de inconsistencia o fuera de los límites establecidos por la regulación. Dichas perturbaciones son asociadas mayormente por los usuarios conectados entorno a la red de distribución en el rango industrial, que generan grandes cargas como hornos de arco eléctrico, cargas de alto consumo de potencia, introducen perturbaciones en la red de transmisión. Por tal razón la calidad de energía suministrado por ELEPCO S.A., en el punto de entrega del análisis (Punto 1) presenta inconvenientes.
- La característica no lineal de las cargas presentadas por empresas conectadas a la misma red, correspondientes al área industrial, contribuyen con un alto nivel de perturbaciones a la subestación Lasso Alimentador N°5, por tal

motivo, la conexión afecta directamente a la calidad del suministro en el punto de acoplamiento y de esta forma a los equipos y cargas de la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Para lo cual se desarrolló un plan que corrija las principales perturbaciones existentes en la red y la implementación de equipos que salvaguarden y brinden un suministro energético de calidad.

- Se realizó el análisis de la calidad de energía del servicio eléctrico en el Alimentador N° 5 de la Subestación Lasso de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., se evidencia que las variaciones de tensión en un porcentaje del 100% de las muestras están dentro de los límites permitidos de  $\pm 8,0\%$  que especifica la Regulación del CONELEC 004/01, mientras que en lo referente a parpadeos (flicker) el 24% de las muestras por fase están fuera del límite que es igual a 1 y el factor de potencia el 54% de las muestras son menores al límite igual a 0.92. De igual manera, se verificó la presencia de armónicos pero que no sobrepasan los límites permitidos.
- En tanto la corriente; el nivel de distorsión de la onda fundamental, es decir la presencia de armónicos, así como el desbalance en la barra de 13.8 kV de la subestación Lasso Alimentador N°5, son significativos, sin embargo, una de las funciones del regulador de voltaje es que sirve como filtro de armónicos, por lo tanto se consigue disminuir los mismos y se cumple con los límites establecidos en las normas y con los requerimientos del ente regulador de la Calidad Energética (CONELEC 004/01).
- El factor de potencia en el punto de entrega (Punto 1), se encuentra fuera de los valores permitidos de acuerdo a la Regulación del CONELEC; (Capítulo III, p. 157), por lo que se decidió instalar un banco de banco de condensadores de 300 kVA conectado en paralelo a la carga con la finalidad de corregir este requerimiento.

- Luego de haber tabulado los datos y realizando estudios estadísticos de cada una de las variables se llega a la conclusión que la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. debe investigar los agentes externos que afectan al comportamiento de la red produciendo variaciones de voltaje y distorsión de la forma de la onda. Para lo cual los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden ser usados como referencia para la implementación de medidas correctivas.
  
- Con la instalación de los reguladores monofásicos de tensión se puede verificar que se ha conseguido controlar la variación de voltaje, además se evidencia que sirven como filtros pasa bajos disminuyendo el contenido de armónicos.
  
- Al realizar el análisis estadístico descriptivo de las muestras tomadas en el Año 2014, Antes de ser Implementados los Reguladores y los bancos de condensadores en el Recubrimiento, (Punto 2) barras de salida del transformador (PAUDMOUNTED 1500), en el parámetro de voltaje se obtuvo los siguientes valores del índice de capacidad Cp, en la fase AN = 6.37; Cpk = 5.13, en la fase BN, el índice de capacidad Cp = 1.34; Cpk = 1.05y en la Fase CN, el índice de capacidad Cp = 0.96; Cpk = 0.70. En el parámetro de Flicker se obtuvo los siguientes valores del índice de capacidad en la fase AN el Cp = 0.01; Cpk = -0.33, en la Fase BN el Cp = 0.01; el Cpk = -0.28, en la fase CN el Cp= 0.01; Cpk = -0.31. En el parámetro de Factor de Potencia se obtuvo los siguientes valores del índice de capacidad en la fase AN el Cp = 0.2.07; Cpk = -5.85, en la Fase BN el Cp = 0.6; el Cpk = -0.28, en la fase CN el Cp= 0.58; Cpk = -0.28. Luego de instalar el banco de capacitores y reguladores obtuvimos los siguientes resultados, en el parámetro de voltaje, el índice de capacidad Cp, en la fase AN = 20.1; Cpk = 18.75, en la fase BN, el índice de capacidad Cp = 18.72; Cpk = 18.31 y en la Fase CN, el índice de capacidad Cp = 20.1; Cpk = 18.75. En el parámetro de Flicker se

obtuvo los siguientes valores del índice de capacidad en la fase AN el  $C_p = 0.14$ ;  $C_{pk} = -0.22$ , en la Fase BN el  $C_p = 0.15$ ; el  $C_{pk} = -0.26$ , en la fase CN el  $C_p = 0.14$ ;  $C_{pk} = -0.24$ . En el parámetro de Factor de Potencia se obtuvo los siguientes valores del índice de capacidad en la fase AN el  $C_p = 1.62$ ;  $C_{pk} = 0.04$ , en la Fase BN el  $C_p = 1.33$ ; el  $C_{pk} = -2.32$ , en la fase CN el  $C_p = 0.48$ ;  $C_{pk} = 0.41$ . Se observa que los índices de capacidad potencial  $C_p$  y real  $C_{pk}$  que son indicadores de capacidad de proceso, se incrementan; lo que demuestra que la variabilidad de los parámetros de voltaje, parpadeo (Flicker) y factor de potencia disminuye, lo que demuestra que la calidad de la entrega es optimizada fruto de las correcciones realizadas.

#### 4.8.2. Recomendaciones.

- Dado que han sido divisados los problemas de calidad energética, es responsabilidad de la empresa que suministra la energía en este caso ELEPCO S.A., el investigar las causas y determinar los agentes que causan las perturbaciones a lo largo del sistema de transmisión y del sistema de distribución, sean estos generadores o consumidores, con el fin de que en cada punto de origen de las perturbaciones se instalen dispositivos que minimicen estos efectos, con el propósito de cumplir con todos los estándares de calidad exigidos por la norma CONELEC 004/01.
- En términos de medición, en cuanto a niveles de voltaje, fluctuaciones, distorsión armónica, entre otras anomalías deben ser evaluadas de manera eficiente dado a que estas varían de acuerdo a periodos aleatorios de tiempo, es recomendable tomar varias mediciones, durante periodos de tiempo más largos para mejorar la fidelidad de las mediciones y análisis estadístico de las mismas.
- En la toma de datos se sugiere realizar un diagnóstico con equipos clase A, para el registro de las anomalías y su graficación, debido a que estos dispositivos resultan fiables y tienen un mínimo rango de error.
- Al momento del montaje de los reguladores se recomienda, que dicha instalación se la realice con personal autorizado, que maneje los esquemas y el tipo de conexiones sugerentes en la tabla y manual de características de dicho elemento de mejora.
- Para corregir los parpadeos (Flickers), se recomienda determinar la causa de estas perturbaciones y en ese punto de la red la instalación de filtros activos.

#### **4.9. Glosario y terminología.**

***Armónicas:*** Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

***Barras de salida:*** Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

***Centro de transformación:*** Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

***Factor de potencia:*** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

***Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de):*** Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

***Frecuencia de las interrupciones:*** Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

***Interrupción:*** Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

***Niveles de voltaje:*** Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

***Periodo de medición:*** A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

***Perturbación rápida de voltaje (flicker):*** Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

***Voltaje Armónico:*** Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

***Voltaje nominal (Vn):*** Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

***Voltaje de suministro (Vs):*** Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Todos aquellos términos que no se encuentran definidos en forma expresa en esta la REGULACION No. CONELEC – 004/01, Y estos tendrán el mismo significado que los establecidos en los demás Reglamentos y Regulaciones vigentes.

#### **4.10. Bibliografía y Vínculos de Consulta.**

##### **4.10.1. Bibliografía Citada.**

- ARRILLAGA GARMENDIA Jesús, & EGUÍLUZ MORÁN Luis Ignacio., 1994, p. 31.
- BERRAZUETA VALLEJO, Pedro Pablo. “Evaluación del Consumo de Portadores Energéticos en el Proceso Productivo de la Empresa Familia Sancela del Ecuador en el Año 2013.p. 05.
- BALCELLS, José María, AUTONELL Jordi, & Otros., 2010, p. 09; 11; 16; 31.
- CASTAÑO, Samuel Ramírez, & CANO PLATA Eduardo Antonio. Primera Edición, 2003, p. 16; 17; 18; 19; 20; 45; 46; 47; 49.
- CIDRÁS, J., & CARRILLO, C. (ed. lit.) Dpto. Ingeniería Eléctrica Universidad de Vigo, 2007, p. 27
- ECHAVARRÍA SOLÍS, Rodolfo Arturo. “Síntesis de un Regulador Monofásico de Tomas de C.A. Para Aplicaciones de Media y Baja Tensión”. Director: Dra. COTOROGEA PFEIFER María. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Tesis Doctoral, 2002.

- FIALLOS CAÑAR, Roberto Javier. “Análisis de la Calidad del Producto en el punto de conexión de la Planta Industrial Novacero S.A. al Sistema Nacional de Transmisión (Subestación Mulaló 138 kV)".p.5
- IEC 61000-4-30 ED. 3.0 B: 2015 - Power quality measurement methods. p. 6; 7.
- IEEE 519-1992. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. 6; 7.
- PARRA LÓPEZ, Estrella Esperanza. *Análisis de armónicos en sistemas de distribución*. (ed. lit.) Univ. Nacional de Colombia, 2004, 84p. ISBN 9587013654.
- REGULACION No. CONELEC – 004/01. Calidad Del Servicio Eléctrico De Distribución. Ecuador: CONELEC, 2001.p. 6; 7
- RTR Energía. Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica. España, 2012. p. 15; 31; 33; 36; 37; 39; 48; 56.
- UNE-EN 50160:201, Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución. 2001. p. 6; 7.

#### 4.10.2. Bibliografía Consultada.

- ANSI. *Guide for High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis Designated*. N° ANSI C37.06.1-2000. Estados Unidos.
- ARRILLAGA GARMENDIA Jesús, & EGUÍLUZ MORÁN Luis Ignacio. *Armónicos en sistemas de potencia*. (ed. lit.) Universidad de Cantabria, 1994, 373p. ISBN 8481020850.
- BALCELLS, José María, AUTONELL Jordi, & Otros. *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. (ed. lit.) Marcombo, 2010, 334p. ISBN 8426716954.
- BERRAZUETA VALLEJO, Pedro Pablo. "Evaluación del Consumo de Portadores Energéticos en el Proceso Productivo de la Empresa Familia Sancela del Ecuador en el Año 2013. Propuesta Mejora de la Eficiencia Energética en el Proceso de Fabricación de Papel". Director: Ing. MSc. Gabriel Hernández Ramírez. Universidad Técnica De Cotopaxi, Unidad de Posgrados Tesis Maestría en Gestión Energía, 2015.
- CASTAÑO, Samuel Ramírez, & CANO PLATA Eduardo Antonio. *Calidad Del Servicio De Energía Eléctrica*. (ed. lit.) Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Primera Edición, 2003, 387p.
- CIDRÁS, J., & CARRILLO, C. *El fenómeno del parpadeo*. (ed. lit.) Dpto. Ingeniería Eléctrica Universidad de Vigo, 2007, 14p.
- ECHAVARRÍA SOLÍS, Rodolfo Arturo. "Síntesis de un Regulador Monofásico de Tomas de C.A. Para Aplicaciones de Media y Baja Tensión".

Director: Dra. COTOROGEA PFEIFER María. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Tesis Doctoral, 2002.

- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas.* ; Editor Limusa, 2002. 626p ISBN: 9681862228.
- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión.* (edit.lit.) Editorial Limusa, 2006. 509p ISBN: 9681859766.
- FIALLOS CAÑAR, Roberto Javier. “Análisis de la Calidad del Producto en el punto de conexión de la Planta Industrial Novacero S.A. al Sistema Nacional de Transmisión (Subestación Mulaló 138 kV)”. Director: Ing. TAPIA CALVOPIÑA Luis. Escuela Politécnica Nacional, Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica, 2012.
- GRAINGER J. Jonh. & STEVENSON D. William (Jr). *Análisis de sistemas de potencia.* (trad.) Carlos Lozano Sousa. (edit.lit.) McGraw-Hill, 1999. 740p ISBN: 9701009088.
- IEC 61000-4-30 ED. 3.0 B: 2015, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods.
- IEC/ IEEE. *Norma para Interruptores de Generador.* N° IEC/IEEE 62271-37-013. Estados Unidos. [ABB, Aplicación de Interruptores de Generador para Incrementar la viabilidad y rentabilidad de las centrales Eléctricas]. Perú, 2015.

- IEC. *High-voltage switchgear and control gear – part 200*. N° IEC 62271-100: 2006. Geneva, Switzerland. [GE, Tabla referida de los estándares de Niveles de Aislamiento y corrección BIL]. Perú, 2013.
- IEC, ANSI. *High-voltage Alternating Current Circuit Breakers*. N° IEC 60060. Estados Unidos. [Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Subestaciones para Electrificación Rural]. Lima, 2003.
- IEC, ANSI. *High-voltage Test Techniques*. N° IEC 60267. Estados Unidos. [Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Subestaciones para Electrificación Rural]. Lima, 2003.
- IEC, ANSI. N° IEC 62271-37-013-2015. Estados Unidos. [Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Subestaciones para Electrificación Rural]. Lima, 2003.
- IEEE 519-1992. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.
- IEEE, ANSI Std. *Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System*. N° IEEE 242. Estados Unidos. [Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Subestaciones para Electrificación Rural]. Lima, 2003.
- PARRA LÓPEZ, Estrella Esperanza. *Análisis de armónicos en sistemas de distribución*. (ed. lit.) Univ. Nacional de Colombia, 2004, 84p. ISBN 9587013654.

- REGULACION No. CONELEC – 004/01. Calidad Del Servicio Eléctrico De Distribución. Ecuador: CONELEC, 2001.
- RTR Energía. Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica. España, 2012.
- UNE-EN 50160:201, Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución. Comité AEN/CTN 217 – Sistemas De Suministro De Energía Eléctrica. 2001.

#### **4.10.3. Páginas Web.**

- GONZALEZ LONGATT, Francisco M., 2008. “Anormalidades en Sistemas de Potencia”. Sistemas de Potencia I. [En Línea].  
[http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP\\_I/PPT-4.Anorm.pdf](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP_I/PPT-4.Anorm.pdf).  
Consultado. 03/02/2016
- GONZALEZ LONGATT, Francisco M., Febrero, 2006. “Estabilidad en Sistemas de Potencia”. [En Línea].  
[http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP\\_II/Capitulo2-1.pdf](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SP_II/Capitulo2-1.pdf).  
Consultado. 05/02/2016
- HERNANDEZ, Francisco. “Conceptos Sobre Estabilidad De Sistemas Eléctricos de Potencia”. [En línea].  
[http://www.academia.edu/7584548/CONCEPTOS\\_SOBRE\\_ESTABILIDAD\\_DE\\_SISTEMAS\\_ELECTRICOS\\_DE\\_POTENCIA](http://www.academia.edu/7584548/CONCEPTOS_SOBRE_ESTABILIDAD_DE_SISTEMAS_ELECTRICOS_DE_POTENCIA).  
Consultado. 05/02/2016

- RTR Energía, “Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica”. [En Línea]. 03/02/2016 [rtrenergia.es/downloads/armonicos\\_2012.pdf](http://rtrenergia.es/downloads/armonicos_2012.pdf). Consultado. 16/02/2016
  
- SCHNEIDER. “Soluciones de Eficiencia Energética”. [En línea]. <https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soluciones/Guiasoluciones-eficiencia-energetica-2a-edicion.pdf>. Consultado. 18/02/2016
  
- SCHNEIDER. “Eficiencia Energética Manual de Soluciones”. [En línea]. [http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/soluciones/catalogo\\_soluciones.pdf](http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/soluciones/catalogo_soluciones.pdf). Consultado. 22/02/2016
  
- POVEDA Mentor. “Eficiencia Energética: Recurso No Aprovechado” [En línea]. <http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/02998.pdf>. Consultado. 23/02/2016
  
- APIEM. “Guía Básica de Eficiencia Energética”. Editor: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. [En línea]. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-eficiencia-energetica-residentes-fenercom-2010.pdf>. Consultado. 26/02/2016
  
- SCHALLENBERG RODRÍGUEZ Julieta C. IZQUIERDO Gonzalo & Otros “Energías renovables y eficiencia energética ”. [En línea]. <http://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>. Consultado. 08/03/2016.

# **ANEXOS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS.  
MAESTRIA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS.**

ANEXO  
A

**ENCUESTA**

**OBJETIVO:** Conocer la satisfacción del cliente sobre la calidad de servicio eléctrico que brinda la subestación Lasso, a través del alimentador N°5 a la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. con el fin de garantizar un suministro continuo y confiable.

Estimados(as) Jefes, Supervisores, y operadores técnicos de Aglomerados Cotopaxi S.A.; solicito su colaboración para la presente encuesta, ya que sus opiniones son valiosas para el trabajo de evaluación de la calidad de energía eléctrica.

**INSTRUCTIVO:** Marcar con una visto dentro del cuadro, responder solo las alternativas de los ítems que usted está de acuerdo.

Jefe ----- Supervisor ----- Operador ----- Edad ----- Sexo ----- Área-----

**PREGUNTAS (ITEMS)**

**Pregunta 1.** ¿ELEPCO S.A. a través de la subestación Lasso Alimentador N°5, brinda un suministro eléctrico continuo y confiable?

Si  No

**Pregunta 2.** ¿La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. cuenta con elementos de protección que mitiguen las anomalías en la red?

Si  No

**Pregunta 3.** ¿En la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., en los últimos 30 días hubo cortes de energía eléctrica?

Si  No

**Pregunta 4.** ¿ Cuándo existen un corte de energía eléctrica ¿en qué tiempo se recupera el fluido eléctrico?

5 minutos ----- 10 minutos ----- 20 minutos ----- 30 minutos ----- más de 60 minutos-----

**Pregunta 5.** ¿En Aglomerados Cotopaxi S.A., en los últimos 30 días hubo variaciones de voltaje que haya notado en los reguladores de voltaje o en la fluctuación de la luminosidad de las lámparas?

Si  No

**Pregunta 6.** ¿En la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., por los cortes de energía eléctrica y variaciones de voltaje se han quemado equipos electrónicos/maquinaria?

Si  No

**Pregunta 7.** ¿Afecta la calidad de los productos los cortes de energía eléctrica?

Si  No

**Pregunta 8.** ¿Usted cree que al disponer de un suministro eficiente de electricidad, la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. podría elevar sus estándares de calidad en la producción?

Si  No

**Pregunta 9.** ¿Usted conoce si han existido estudios o artículos de investigación que involucren la necesidad de mejorar la calidad de la energía en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.?

Si  No

**Pregunta 10.** ¿Afecta la cantidad de su trabajo los cortes de energía eléctrica?

Si  No

**Pregunta 11.** ¿Según su criterio, el consumo de energía eléctrica que no cumple con las normas de calidad puede provocar contaminación ambiental?

Si  No


**Pregunta 12.** ¿Usted cree que es necesario hacer una evaluación de la calidad de servicio eléctrico con el fin de mitigar perturbaciones y garantizar un nivel de voltaje de calidad en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.?

Si  No

***¡Gracias por su colaboración!***

**ANEXO B**

**SÍNTESIS Y MANUAL BÁSICO DEL  
ANALIZADOR FLUKE 1750.**

	<p style="text-align: center;">SÍNTESIS Y MANUAL BÁSICO DEL ANALIZADOR FLUKE 1750.</p>	<p style="text-align: center;">ANEXO B</p>
---	--	--

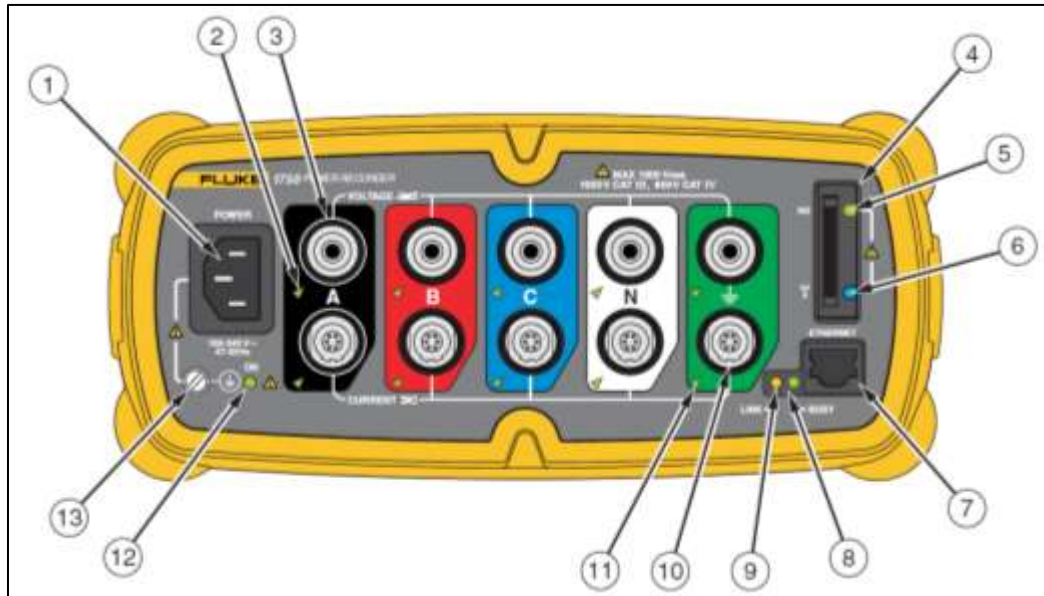
El Fluke 1750 Power Recorder es un sistema completo y fácil de usar para investigar la calidad de la potencia. 1750 Power Recorder, en adelante denominado simplemente "el registrador", está compuesto por un instrumento registrador de potencia, un asistente digital personal (Personal Digital Assistant, PDA) de mano inalámbrico para el control y la configuración, y una aplicación para PC potente y fácil de utilizar (Power Analyze).

Como equipamiento estándar se proporcionan cuatro sondas de corriente de 400 A (no incluidas en la versión Básica). Fluke dispone de una amplia gama de sondas de corriente flexibles y de pinza. Las principales funciones de 1750 Power Recorder son:

- No se necesita un PC para configurarlo
- Utilizando el PDA con tecnología inalámbrica como controlador, no necesita un PC para configurar el registrador, solucionar problemas de las conexiones, tener una presentación preliminar de los datos o descargar los datos registrados.
- Conexiones de cable de comprobación más sencillas a la red eléctrica.
- Sólo tiene que conectar una sonda de tensión a un conductor en cada fase que desee registrar.
- Los diagramas de conexión de las configuraciones de la red eléctrica admitidas (triángulo, estrella y otros) aparecen en el controlador PDA de mano.
- Suministro interno ininterrumpido de alimentación eléctrica (SAI)
- Un paquete de baterías interno de NiMH (níquel-hidruro)
- Captura automática de perturbaciones
- El registrador usa una rutina automática de umbral de autoaprendizaje.
- Accesorios estándar.

Descripción	Número de pieza
Cable Ethernet, 3 metros, amarillo	2402854
Pinzas de plástico coloreadas para puntas de prueba (32 pinzas, 8 colores, 4 pinzas de cada color)	2157607
Modelo TLS430, juego de puntas de prueba que incluye cable y pinzas	2157713
Tarjeta de memoria de Secure Digital (SD) para la descarga de datos	Llame para obtener información
Pinzas del modelo 3140R, 400 A (4, no se incluyen con la versión Básica)	2277216
Cable de alimentación de CA, 3 metros	2441360
Asistente personal digital (PDA) con estación de conexión	2386780
Manuales y software en CD ROM	2386771
Guía de funcionamiento básico del 1750	2386767
Hoja con etiquetas para el panel frontal	2436261
Conjunto de adaptadores de CA internacionales para el cargador del PDA	2583479
Adaptadores internacionales para el cable de alimentación del registrador	2441372

### Características.



### Precaución

Si se conecta el terminal de tierra auxiliar y la tierra de seguridad del cable de línea a potenciales de tierra diferentes, se crea un lazo de tierra que puede dañar al registrador.

## Terminales de entrada y controles.

Número	Descripción
1	Entrada de potencia normal de 120/240 V a 50/60 Hz para la alimentación del registrador
2	Indicador de tensión Fijo Hay tensión, sin sobrecarga Parpadeante Sobrecarga de tensión (umbral de sobrecarga 1,100 V)
3	Cinco entradas de medición del voltaje
4	Tarjeta de memoria Secure Digital (SD) extraíble para la transferencia de grandes cantidades de datos. Puede retirar la tarjeta del registrador, insertarla en el PDA y transferir los datos al PC mediante la función de "sincronización de datos" del PDA. También se puede usar un lector de tarjetas SD USB.
5	Indicador de estado de la SD Fijo verde Tarjeta SD insertada Parpadeante Ocupado – no retirar la tarjeta
6	Indicador de estado del controlador inalámbrico Fijo azul Controlador inalámbrico activado pero sin comunicación Parpadeante Controlador inalámbrico en estado de comunicación Apagado Desactivado
7	Puerto Ethernet. El protocolo TCP/IP mediante Ethernet se usa para conectar el registrador a un PC para descargar los datos registrados, y para configurar el registrador cuando no se usa el PDA. Este es el método recomendado de transferencia de datos debido a su velocidad y fiabilidad.
8	Indicador de ocupado Parpadeante Red ocupada
9	Indicador de enlace Apagado No hay enlace Fijo Hay enlace Parpadeante En comunicación (con el PDA o el PC)
10	Terminales de medida de corriente (5)
11	Indicador de corriente Fijo Sonda de corriente en alcance normal Parpadeante > 110% del alcance de la sonda, use una sonda de mayor alcance Apagado Corriente insuficiente para medir
12	LED rojo/verde Verde fijo Alimentación de CA normal Verde/naranja parpadeante Registrando Rojo parpadeante El registrador está en funcionamiento alimentado por el SAI
13	Terminal de tierra Si se conecta el terminal de tierra auxiliar y la tierra de seguridad del cable de línea a potenciales de tierra diferentes, se crea un lazo de tierra que puede dañar al registrador. Para evitarlo, use el terminal de tierra auxiliar sólo cuando no haya una conexión a tierra protectora hasta el cable de alimentación de línea. Si existe alguna posibilidad de que haya una conexión de tierra de seguridad hasta la conexión del cable de alimentación de línea, asegúrese de conectar el terminal de tierra auxiliar sólo al sistema de tierra utilizado por el receptáculo de CA que alimenta al registrador. Consulte la Figura 3.

**ANEXO C**  
**DIAGRAMAS, PLANOS UNIFILARES.**

**ANEXO D**  
**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS Y**  
**DE LA PROPUESTA.**