



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS
Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

DIPLOMADO EN GESTIÓN ENERGÉTICA

**VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA RESPECTO A LAS
PERTURBACIONES Y FACTOR DE POTENCIA EN EL SISTEMA
ELÉCTRICO DE LA INDUSTRIA LOJANA DE ESPECERIAS "ILE".**

*Tesis previa a la obtención del
título de Diplomado en Gestión
Energética.*

AUTORES:

*Ing. Juan Carlos Godoy Godoy
Ing. Carlos Alberto Alvarado Valverde*

DIRECTOR:

Mg. Sc. Ing. Daniel Enrique Mahuad Ortega

**LOJA - ECUADOR
2013**

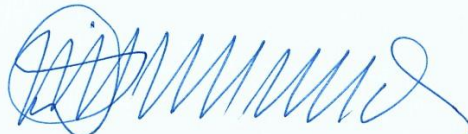
CERTIFICACIÓN

Ing. Daniel Enrique Mahuad Ortega, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis titulada **“VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA RESPECTO A LAS PERTURBACIONES Y FACTOR DE POTENCIA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INDUSTRIA LOJANA DE ESPECERIAS “ILE”**”, previo a la obtención del título de *Diplomado Superior en Gestión Energética*, desarrollada por los Ingenieros *Juan Carlos Godoy Godoy* y *Carlos Alberto Alvarado Valverde*, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación, posterior sustentación y defensa.



Ing. Daniel Enrique Mahuad Ortega, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORIA

Nosotros, Juan Carlos Godoy y Carlos Alberto Alvarado Valverde declaramos ser autores del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Juan Carlos Godoy Godoy

Firma: 

Cédula: 1103730683

Fecha: 23 de octubre de 2013

Autor: Carlos Alberto Alvarado Valverde

Firma: 

Cédula: 1103595466

Fecha: 23 de octubre de 2013

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LOS AUTORES, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Nosotros Juan Carlos Godoy y Carlos Alberto Alvarado Valverde declaramos ser autores de la tesis titulada: "**VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA RESPECTO A LAS PERTURBACIONES Y FACTOR DE POTENCIA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INDUSTRIA LOJANA DE ESPECERIAS "ILE"**", como requisito para optar al grado de: Diplomado Superior en Gestión Energética; autorizamos al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para Constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 23 días del mes de octubre del dos mil trece, firman los autores.

Firma: 

Autor: Juan Carlos Godoy Godoy


Cédula: 1103730683

Dirección: Cdla. Sol de los Andes

Correo: jcgcarlos@live.com

Teléfono: 072109162

Celular: 0990435340

Firma: 

Autor: Carlos Alberto Alvarado Valverde

Cédula: 1103595466

Dirección: Catacocha y Juan José Peña

Correo: alvaradocarlos911@gmail.com.com

Teléfono: 072581308

Celular: 0992176280

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Daniel Enrique Mahuad Ortega, Mg. Sc.

DEDICATORIA:

*A nuestro creador,
por mantenerme con fuerza y con espíritu,
aún en momentos de adversidad,
A mi esposa Jhoanna, a mis
hijos Damaris, Josué y Martín por ser
la motivación e inspiración para seguir adelante,
Gracias por su comprensión y apoyo permanente.*

JUAN CARLOS

DEDICATORIA:

*A Dios,
por haberme dado salud, vida, fortaleza
para culminar este trabajo,
A mi esposa Aura y a mis hijos
Carlos y Sophia
por su apoyo constante en
el trayecto de mi vida para seguir
adelante y no desvanecer en el intento,
a mi abuelita Miche
por sus enseñanzas.*

CARLOS ALBERTO

AGRADECIMIENTO

Al supremo creador por habernos dado salud, fortaleza para la culminación del presente proyecto.

A nuestras esposas, nuestros hijos, por su apoyo incondicional que a pesar de sacrificar su tiempo, nos acompañó durante esta etapa de la vida.

A toda la familia y amigos que nos brindaron consejos, apoyo en la elaboración del presente trabajo.

Al personal administrativo y docente de la Universidad Nacional de Loja, que con su contingente hizo posible el desarrollo de la presente tesis, y de manera especial al Mg.Sc. Ing. Daniel Mahuad, director de la misma quien con su experiencia y conocimiento supo orientar de manera eficiente y responsable.

A la Industria Lojana de Especerías "ILE", por las facilidades brindadas de información y equipos, por su valiosa colaboración en la elaboración de la presente tesis.

Los Autores

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1.1 RESUMEN

1.1.1 RESUMEN.....	XI
1.1.2 SUMMARY.....	XIII

1.2 INTRODUCCIÓN

1.2.1 PRÓLOGO.....	XIV
--------------------	-----

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	XVII
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XVII

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA.....	1
2.1.1 DEFINICIÓN.....	1
2.1.2 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA.....	1
2.1.3 CONSUMOS LINEALES.....	2
2.1.4 CONSUMOS NO LINEALES.....	2
2.1.5 FACTORES QUE AFECTAN CALIDAD DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE POTENCIA.....	4
2.1.5.1 EVENTOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	5
2.1.5.2 ACTORES RELACIONADOS EN LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	6
2.1.6 PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA.....	7
2.1.6.1 HUECOS Y CORTES DE TENSIÓN.....	7
2.1.6.1.1 HUECOS DE TENSIONES.....	8
2.1.6.1.2 ORÍGENES.....	9
2.1.6.1.3 CONSECUENCIAS.....	9
2.1.6.2 ARMÓNICAS.....	10
2.1.6.2.1 DISTORSIÓN ARMÓNICA.....	10
2.1.6.2.2 DEFINICIÓN DE ARMÓNICAS.....	11
2.1.6.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA DISTORSIÓN.....	12
2.1.6.2.4 MEDIDAS DE LA DISTORSIÓN EN VOLTAJE	13

2.1.6.2.5	DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).....	14
2.1.6.2.6	DISTORSIÓN DE DEMANDA TOTAL.....	14
2.1.6.3	SOBRETENSIONES EN SISTEMAS DE POTENCIA ...	14
2.1.6.3.1	INCREMENTOS DE TENSIÓN (SWELLS).....	15
2.1.6.3.2	ORIGEN SOBRETENSIONES (OVER VOLTAGE)....	15
2.1.6.3.3	CONSECUENCIAS DE SOBRETENSIONES.....	15
2.1.6.3.4	TRANSITORIOS EN SISTEMAS DE POTENCIA.....	16
2.1.6.3.5	CONSECUENCIAS DE LOS TRANSITORIOS.....	17
2.1.6.3.6	CLASIFICACIÓN DE LAS SOBRETENSIONES.....	17
2.1.6.3.6.1	SOBRETENSIONES TEMPORALES.....	17
2.1.6.3.6.2	SOBRETENSIONES DE MANIOBRA.....	18
2.1.6.3.6.3	SOBRETENSIONES ORIGEN ATMOSFÉRICAS...	18
2.1.6.4	FLUCTUACIONES DE LA TENSIÓN.....	18
2.1.6.4.1	FORMAS DE ONDA DE LAS FLUCTUACIONES.....	18
2.1.6.4.2	FUENTES QUE ORIGINAN LAS FLUCTUACIONES.	19
2.1.6.4.3	CONSECUENCIAS DE LAS FLUCTUACIONES.....	20
2.1.6.5	MUESCAS DE LA TENSIÓN	20
2.1.6.5.1	FORMA DE ONDA DE LAS MUESCAS.....	20
2.1.6.5.2	CARACTERÍSTICA DE LAS MUESCAS.....	20
2.1.6.5.3	NORMATIVAS PARA LAS MUESCAS (NOTCHES)	21
2.1.6.5.4	CONSECUENCIAS DE LAS MUESCAS.....	21
2.1.6.6	DESBALANCE DE LA TENSIÓN.....	21
2.1.6.6.1	SISTEMAS DE TENSIÓN DESEQUILIBRADOS.....	22
2.1.6.6.2	CÁLCULO DE LOS DESBALANCES DE TENSION	22
2.1.6.6.3	CONSECUENCIAS DEL DESBALANCE.....	23
2.1.6.7	VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA.....	23
2.1.6.7.1	VARIACIONES DE LA FRECUENCIA.....	23
2.1.6.7.2	CONSECUENCIAS DE LA VARIACIÓN.....	24
2.1.7	SOLUCIONES PARA LOS ARMÓNICOS.....	24
2.1.7.1	SUSTITUIR LOS EQUIPOS CONTAMINANTES.....	25
2.1.7.2	CONVERTIDORES LIMPIOS.....	25
2.1.7.3	INSTALAR REACTANCIAS EN CONVERTIDORES....	25
2.1.7.4	CAMBIAR RECTIFICADORES 6 PULSOS POR 12 P.	26
2.1.7.5	MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA.....	26

2.1.7.6	INSTALACIÓN DE FILTROS.....	27
2.1.7.6.1	FILTROS PASIVOS.....	27
2.1.7.6.2	FILTROS ACTIVOS.....	27
2.1.7.6.3	FILTROS HÍBRIDOS.....	27
2.1.7.6.4	RESUMEN DEL FILTRADO DE ARMÓNICAS	28
2.1.8	FACTOR DE POTENCIA.....	28
2.1.8.1	DEFINICIÓN.....	28
2.1.8.2	FACTOR DE POTENCIA BAJO.....	29
2.1.8.3	CONSECUENCIAS BAJO FACTOR DE POTENCIA....	30
2.1.8.4	CÓMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA.....	30
2.1.8.5	POTENCIA FUNDAMENTAL Y ARMÓNICA.....	30
2.1.8.6	MEJORAMIENTO CON CONDENSADORES.....	32
2.1.9	NORMAS CALIDAD DE ENERGÍA.....	33
2.1.9.1	NORMA IEEE-519.....	33
2.1.9.1.1	LÍMITE DE LA DISTORSIÓN DE VOLTAJE.....	34
2.1.9.1.2	LÍMITE DE LA DISTORSIÓN DE CORRIENTE.....	34
2.1.9.2	NORMA EUROPEA EN-50160.....	34
2.1.9.3	CALIDAD SERVICIO ELÉCTRICO EN EL ECUADOR.....	35
2.1.9.3.1	CALIDAD DEL PRODUCTO.....	35
2.1.9.3.2	NIVEL DE VOLTAJE.....	35
2.1.9.3.3	PERTURBACIONES.....	37
2.1.9.3.4	ARMÓNICOS.....	38
2.1.9.3.4	FACTOR DE POTENCIA.....	39
2.1.9.3.5	CALIDAD DEL SERVICIO TÉCNICO.....	40

CAPÍTULO III

MATERIALES, METODOLOGIA Y LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA

3.1	MATERIALES.....	42
3.1.1	EQUIPO UTILIZADOS MONITOREO CALIDAD ENERGÍA	42
3.1.1.2	ANALIZADOR DE ENERGÍA TOPAS 1000.....	42
3.1.1.3	EQUIPO ANALIZADOR DE ENERGÍA FLUKE 1744...	45
3.1.1.4	REGISTRADORES CALIDAD MEMOBOX.....	46
3.1.1.5	PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE.....	46

3.1.1.6 PINZA AMPERIMÉTRICA B & K PRECISION.....	47
3.1.1.7 MEDIDOR ELECTRÓNICO ALPHA A3.....	47
3.2 METODOLOGÍA.....	48
3.2.1 MÉTODO DE LA OBSERVACIÓN CIENTÍFICA.....	48
3.2.2 EL FICHAJE.....	49
3.2.3 MÉTODO DE LA MEDICIÓN.....	49
3.3 LEVANTAMIENTO DE ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILE...	49
3.3.1 POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA EN LA FÁBRICA ILE.....	52

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA

4.1 ANÁLISIS.....	59
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS CON TRAFIO DE 250 KVA.....	60
4.2.1 PERTURBACIONES.....	61
4.2.1.1 PARPADEO (FLICKER).....	61
4.2.2 ARMÓNICOS.....	62
4.2.3 FACTOR DE POTENCIA.....	66
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS TRAFIO DE 350 KVA.....	67
4.3.1 PERTURBACIONES.....	68
4.3.1.1 PARPADEO (FLICKER).....	68
4.3.2 ARMÓNICOS.....	68
4.3.3 FACTOR DE POTENCIA.....	72
4.3.4 ANÁLISIS DE LA FASE A, EQUIPO TOPAS 1000.....	73
4.3.5 ANÁLISIS DE LA FASE B, EQUIPO TOPAS 1000.....	73
4.3.6 ANÁLISIS DE LA FASE C, EQUIPO TOPAS 1000.....	74
4.4 ANÁLISIS DE MEDICIONES CON EL MEDIDOR ELECTRÓNICO.....	75
4.4.1 CÁLCULO BANCO FIJO DE CAPACITORES.....	76
4.4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA COMPENSACIÓN	78
5. CONCLUSIONES	82
6. RECOMENDACIONES	84
7. ANEXOS	85
8. BIBLIOGRAFÍA	96

1.1 RESUMEN

1.1.1 RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo conocer la calidad de energía del sistema eléctrico de la Industria Lojana de Especerías, analizar el comportamiento de la carga instalada y del factor de potencia ya que está siendo penalizada por no encontrarse dentro de los valores permitidos.

El incremento en la productividad en la industria es debido a la automatización, ha tenido un gran desarrollo tecnológico, en especial de la electrónica de potencia que ha producido una generación de equipos de alta capacidad, alto rendimiento y bajo costo siendo cargas no lineales altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico, siendo perturbado el suministro eléctrico por su propia presencia.

El trabajo está orientado al fortalecimiento de las capacidades técnicas en la industria con el objeto de lograr soluciones económicamente viables y confiables, con el fin de obtener una disminución en los pagos a las distribuidoras, ya sea por consumo innecesario, equipo inteligente, por instalaciones en mal estado o por penalizaciones de parte de la distribuidora.

Por medio de este estudio se pretende profundizar mucho más y dar énfasis a la importancia de la calidad de la onda en la industria y en la sociedad en general para mantener una alimentación confiable, ininterrumpida y totalmente libre de perturbaciones en el servicio eléctrico.

Entre los objetivos de la realización de esta Tesis de Calidad de Energía es encontrar soluciones efectivas para corregir los disturbios y variaciones de voltaje y proponer conclusiones para corregir las fallas o problemas que se presenten en el sistema eléctrico.

Se enfocara los aspectos de Calidad de Energía que se vean reducidos por Distorsiones de la Forma de Onda (Armónicos) y Fluctuaciones de Tensión (Flicker) con conclusiones de posibles soluciones empleadas en la actualidad en base de recopilación de datos.

El desarrollo de dicho estudio en todo momento se verá enfocado por la Regulación No. CONELEC 004/01; y en base de las diversas mediciones tomadas en los puntos que dicha regulación lo estipula, se planteará las conclusiones necesarias para mantener un buen sistema que evite el deterioro de los conductores e interrupciones que llevan a la reducción o parada de procesos que ocasionan perjuicios.

1.2.1 SUMMARY

This project aims to determine the quality of power system energy Industry Especerías Lojana to analyze the behavior of the installed load and power factor as it is being penalized for not being within the allowable values.

The increase in productivity in the industry is due to automation, has had a great technological development, especially power electronics has produced a generation of high capacity equipment, high performance and low cost being highly sensitive nonlinear loads to variations in the power supply, the power supply being disrupted by his own presence.

The work is aimed at strengthening the technical capacities in the industry with the aim to achieve an economically viable and reliable, in order to obtain a reduction in payments to distributors, either unnecessary consumption, Intelligent equipment for installations in poor condition or penalties from the distributor.

Through this study aims to go much deeper and emphasize the importance of the quality of the wave in the industry and society in general to maintain a reliable supply, uninterrupted and totally free from disturbances in the electrical service.

Among the objectives of the realization of this thesis Power Quality is finding effective solutions to correct the disturbances and voltage variations and propose conclusions to correct flaws or problems that arise in the electrical system.

Will focus the power quality aspects that are eroded by distortions Waveform (Harmonics) and Voltage Fluctuation (Flicker) with findings of possible solutions currently employed on the basis of data collection.

The development of the study at any time will be focused by CONELEC Regulation No. 004/01, and on the basis of various measurements taken at the points stipulated in this regulation, will consider the findings necessary to maintain a good system to avoid deterioration and interruptions conductors leading to the reduction or stop processes causing injuries.

1.2 INTRODUCCIÓN

1.2.1 PRÓLOGO

Desde hace algunos años se está tomando conciencia sobre "la calidad de la energía eléctrica". El consumo de energía eléctrica crece en la actualidad de forma considerable debido al desarrollo de nuevas tecnologías que están transformando la sociedad, en general lo que aumenta continuamente la productividad. Históricamente este desarrollo tecnológico va ligado con la utilización de la energía eléctrica, siendo cada vez mas alto el porcentaje de use del consumo de energía eléctrica. Dentro del concepto de calidad de energía la alteración en la "forma de la onda" tiene lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así Como en la utilización de determinados receptores que generan perturbaciones; siendo estos factores inevitables pero si se pueden minimizar.

Actualmente las empresas de generación y distribución de energía eléctrica, tienen que afrontar dos importantes retos:

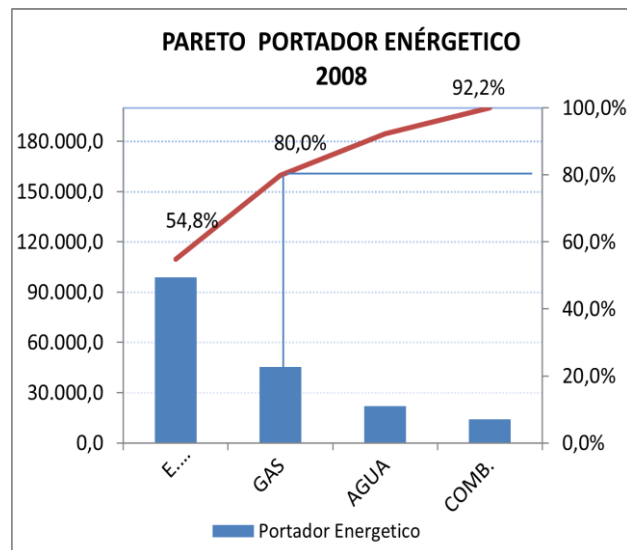
1. Aumentar la capacidad de generación y distribución de energía eléctrica, para responder a la demanda creciente, debido a que los sistemas de generación y distribución están funcionando muy cerca del límite de su capacidad máxima.
2. Asegurar la calidad de la energía eléctrica suministrada, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos conectados a las redes de distribución, considerando también que la calidad de la energía eléctrica es de gran importancia para contribuir con el desarrollo tecnológico.

En el desarrollo tecnológico que continuamente vivimos ha hecho la utilización de equipos electrónicos sea inevitable e indispensable, ya que nos ayudan a mejorar los procesos y así optimizar los recursos pero cada vez son más susceptibles a

perturbaciones. En el mundo actual incluyendo nuestro país se ha visto en la necesidad de reglamentar los parámetros y los niveles que deberían cumplir para tener calidad de energía. En el Ecuador el organismo que planifica, regula, controla al sector eléctrico, y otorga concesiones, permisos y licencias previstos en la ley es el CONELEC, que para cumplir su objetivo de Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:

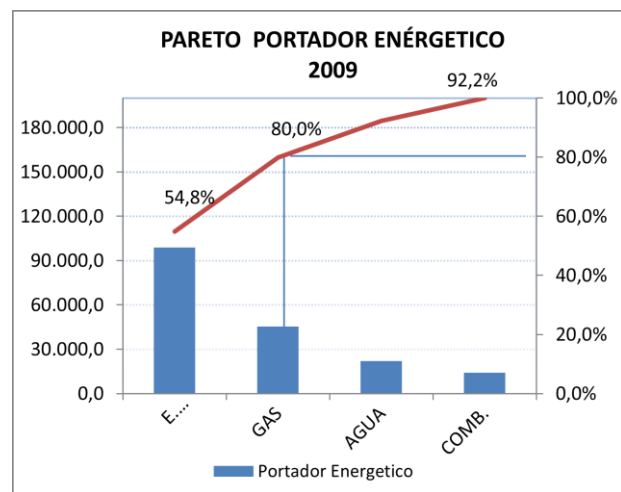
- Calidad del Servicio Técnico
- Calidad del Servicio Comercial
- Calidad del Producto.

La Industria Lojana de Especerías "ILE", es una empresa dedicada desde hace 35 años al procesamiento de condimentos naturales, para lo cual utiliza maquinaria altamente automatizada las cuales contiene varios equipos electrónicos, también es necesario señalar los portadores energéticos más utilizados.



AÑO: 2008

Portador Energético	VALOR \$	Valor Acumulado	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
E. ELÉCTRICA	98.729,0	98.729,00	54,8%	54,8%
GAS	45.230,0	143.959,00	25,1%	80,0%
AGUA	22.096,0	166.055,00	12,3%	92,2%
COMB.	13.986,8	180.041,83	7,8%	100,0%
TOTAL:	180.041,8		100%	



AÑO: 2009

Portador Energético	VALOR \$	Valor Acumulado	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
E. ELÉCTRICA	98.239,0	98.239,00	56,0%	56,0%
GAS	42.531,0	140.770,00	24,2%	80,2%
AGUA	26.256,0	167.026,00	15,0%	95,2%
COMB.	8.477,0	175.503,00	4,8%	100,0%
TOTAL:	175.503,00		100%	

Como se puede observar en los diagramas de pareto en mayor portador energético es la energía eléctrica por lo que en este se enfoca nuestro trabajo.

La Industria Lojana de Especerías "ILE" actualmente llega a registrar un factor de potencia mínimo hasta 0,64, lo que produce que sea penalizada mensualmente por la empresa distribuidora del servicio eléctrico en concordancia con la aplicación de la Regulación Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) Nro. 004/2001 art. Literal 2.3.3 que establece valor límite 0,92.

Además en el sistema eléctrico de la industria, presenta fluctuaciones de Voltaje que afectan la vida útil de los equipos y maquinaria instalados e interfiere en el proceso de producción continua produciendo pérdidas en la elaboración de los productos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- I. REALIZAR LA VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INDUSTRIA LOJANA DE ESPECERÍAS.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el levantamiento del estado del arte.
- Realizar un levantamiento de la carga instalada.
- Elaborar y analizar los índices de consumo.
- Realizar mediciones en el sistema eléctrico de ILE.
- Conocer los niveles de perturbaciones.
- Conocer niveles del factor de potencia.
- Determinar las causas de las fluctuaciones de tensión distinguiendo su origen y tipo, así como los efectos que provocan en ciertas máquinas, equipos e instalaciones.
- Analizar la deformación de la forma de onda por presencia de armónicos.
- Aportar soluciones para mejorar la confiabilidad del sistema, disminuir la emisión de las perturbaciones, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA

2.1.1 Definición.

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Se puede definir como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de una atención continua. En años recientes, esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las cuales, por sí solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica.

2.1.2 Importancia de la calidad de energía

El crecimiento en la fabricación y en la utilización de dispositivos electrónicos sensibles en las industrias, así como el aumento de cargas no lineales en las mismas, ha traído consigo una serie de nuevos retos tanto para las empresas proveedoras de servicios eléctricos como para los consumidores finales de la energía eléctrica.

Estos retos, entendidos como una gama de problemas que afectan el funcionamiento del equipo eléctrico instalado en el cliente final de una empresa eléctrica, se resumen en un solo término: la calidad de energía. Este tema se ha convertido en toda un área de estudio dentro de la ingeniería eléctrica, debido a que la evaluación de los sistemas eléctricos y su calidad de energía resulta importante tanto por factores técnicos como económicos entre los cuales se pueden mencionar:

- Aumento en la vida útil de los equipos.
- Funcionamiento eficiente de los mismos.
- Menor riesgo de fallas, con esto se aumenta la confiabilidad de operación.
- Disminución de costos por mantenimiento.

- Reducción de costos de operación ante una menor compra de dispositivos de protección y sistemas de respaldo.
- Menor inversión en seguros ante un mejor desempeño de los equipos.
- Se reduce el riesgo de demandas y su consecuente costo.
- Se evitan pérdidas en las líneas de producción.

En general se puede afirmar que la calidad de energía garantiza al usuario final, sea este residencial, comercial o industrial que los niveles de potencia, entendiéndose tensión, corriente y frecuencia, van a estar dentro de los valores adecuados para que los dispositivos funcionen de la mejor manera posible, logrando cumplir sus labores de manera satisfactoria.

2.1.3. Consumos lineales.

Para estudiar las características de los sistemas eléctricos es usual considerarlos como resultado de la interconexión de diferentes bloques básicos:

- a) La fuente de alimentación, usualmente un voltaje sinusoidal.
- b) El consumo, usualmente constituido por resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos.

Así, cuando el consumo es un calefactor eléctrico de 1000 W y el voltaje es 220 V efectivos, el voltaje y la corriente tendrán la forma de la Fig 1. Si el consumo es un motor de 1/6 HP, rendimiento 80%, factor de potencia 0,85, el voltaje y la corriente tendrán la forma de la Fig 2.

En resumen, si el voltaje es sinusoidal la corriente también lo es y, en general, existe un desfase entre ellos.

2.1.4. Consumos no lineales.

La electrónica de potencia puso a disposición de los hogares y las empresas productivas diversos equipos capaces de controlar el producto final: iluminación variable, velocidad ajustable, etc. Así, aproximadamente un 50% de la energía eléctrica pasa por un dispositivo de electrónica de potencia antes que ésta sea finalmente aprovechada. La electrónica de potencia hace uso de diodos, transistores y tiristores, y prácticamente todos ellos trabajan en el modo de interrupción («switching»). Esto significa que trabajan esencialmente en 2 estados:

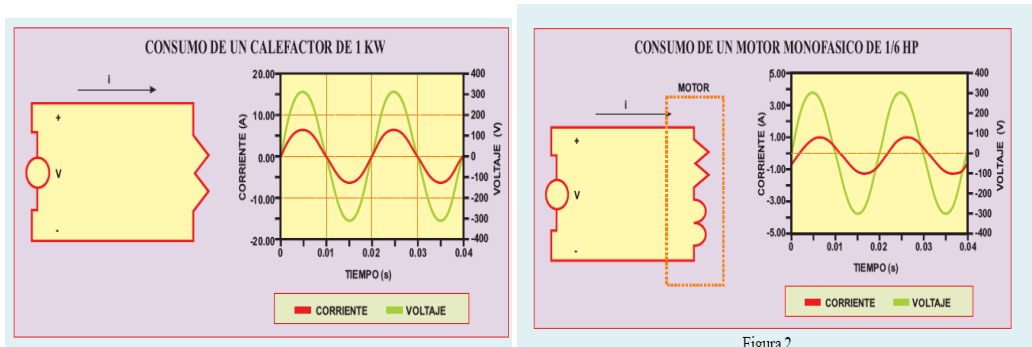


Fig. 1 Consumo de un calefactor de 1 Kw

Fig. 2 Consumo de un motor monofásico de 1/6 HP

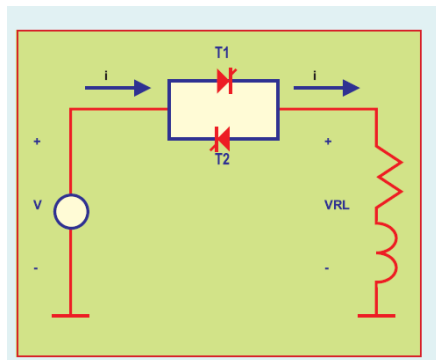


Fig. 3 Dispositivo lineal, inductancia y resistencia.

- Estado de conducción.

Corresponde a un interruptor cerrado. La corriente por el dispositivo puede alcanzar valores elevados, pero el voltaje es nulo y, por tanto, la disipación de potencia en él es muy pequeña.

- Estado de bloqueo.

Corresponde a un interruptor abierto. La corriente por el dispositivo es muy pequeña y el voltaje es elevado; así, la disipación de potencia en el dispositivo es también pequeña en este estado.

Todos los semiconductores de potencia pasan rápidamente de un estado a otro, mediante circuitos que consumen usualmente menos de 5 W se realiza el control de estos dispositivos. La Fig. 3 muestra un dispositivo para controlar la corriente en un consumo lineal constituido por una inductancia y una resistencia. El voltaje es interrumpido por los semiconductores y deja de ser sinusoidal; la corriente es nula en determinados intervalos de tiempo. El usuario puede controlar los instantes de conducción y por tanto variar el

voltaje y la corriente. Al resultar corrientes no sinusoidales se habla de distorsión armónica y de consumos no-lineales.

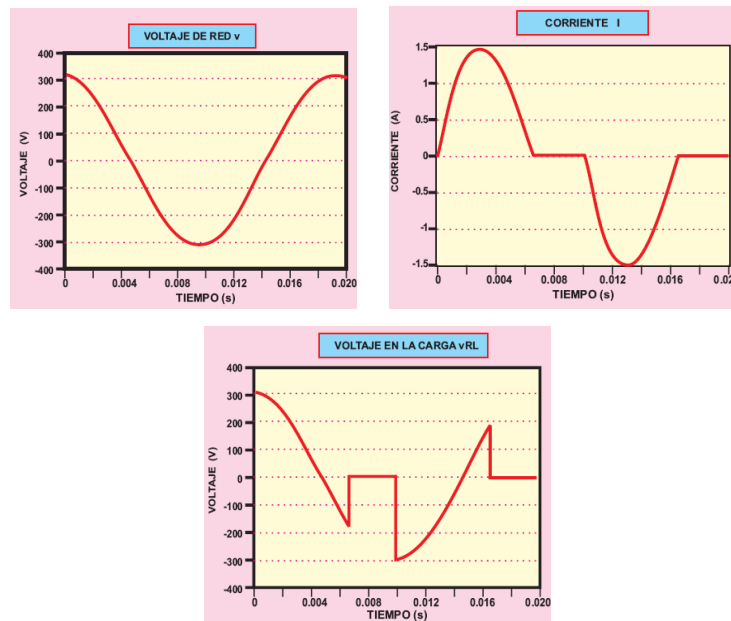


Fig. 4 Dispositivo de control de corriente, voltaje

2.1.5. Factores que afectan la calidad de energía en sistemas de potencia

Existen tres formas básicas en las que se puede presentar un problema de calidad de energía en un sistema eléctrico:

- Desviaciones en la tensión.
- Desviaciones en la corriente.
- Desviaciones en la frecuencia.

Dichos fenómenos pueden ser ocasionados por mala operación de los equipos, mal diseño del sistema de protecciones, exceso de cargas no lineales, errores en la maniobra de las subestaciones, puesta en marcha de nuevos equipos, cableado inapropiado, malas técnicas de diseño de sistemas de puesta a tierra, corrientes de corto circuito, descargas atmosféricas, conmutación de bancos de capacitores, balastos electrónicos, efecto de los variadores de frecuencia, funcionamiento de sistemas de potencia ininterrumpida (UPS), convertidores CA-CC, entre otros.

Para entender mejor las causas de algunos de estos fenómenos en la siguiente sección se describen algunos fenómenos electromagnéticos, que explican porque se producen los problemas de calidad de energía.

2.1.5.1 Eventos electromagnéticos

En un sistema de potencia es muy común que se presenten eventos o fenómenos electromagnéticos que se deben a una serie de factores, como los mencionados en la sección anterior, y que se traducen en variaciones o fluctuaciones en la tensión, corriente o frecuencia del sistema de potencia. Es debido a estas variaciones que los usuarios detectan los mencionados problemas de calidad de energía responsables de causar malos funcionamientos de equipos y en algunos casos interrupción de procesos.

En la tabla No. 1 se resumen los fenómenos electromagnéticos que se han estudiado debido a su presencia en los sistemas de potencia y algunas de sus características.

Categorías		Duración típica	Magnitud típica de voltaje	
TRANSITORIOS	Impulsivos	Nanosegundo	< 50 ns	
		Microsegundo	50 ns - 1 ms	
		Milisegundo	> 1 ms	
	Oscilatorios	Baja frecuencia	0,3 - 50 ms	0 - 4 pu
		Media frecuencia	20 μ s	0 - 8 pu
Alta frecuencia		5 μ s	0 - 4 pu	
VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN	Instantáneas	Interrupciones	0,5 - 30 ciclos	< 0,1 pu
		<i>Sag</i>	0,5 - 30 ciclos	0,1 - 0,9 pu
		<i>Swell</i>	0,5 - 30 ciclos	1,1 - 1,8 pu
	Momentáneas	Interrupciones	30 ciclos - 3 s	< 0,1 pu
		<i>Sag</i>	30 ciclos - 3 s	0,1 - 0,9 pu
		<i>Swell</i>	30 ciclos - 3 s	1,1 - 1,4 pu
	Temporales	Interrupciones	3 s - 1 min	< 0,1 pu
		<i>Sag</i>	3 s - 1 min	0,1 - 0,9 pu
		<i>Swell</i>	3 s - 1 min	1,1 - 1,2 pu
VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN	Interrupciones, sostenidas	> 1 min	0,0 pu	
	Bajas tensiones	> 1 min	0,8 - 0,9 pu	
	Sobre tensiones	> 1 min	1,1 - 1,2 pu	
DESBALANCE DE VOLTAJE		Estado estable	0,5 - 2%	
DISTRORCIÓN EN LA FORMA DE ONDA	<i>DC offset</i>	Estado estable	0 - 0,1%	
	Armónicas	Estado estable	0 - 20%	
	Interarmónicas	Estado estable	0 - 2%	
	<i>Notching</i>	Estado estable		
	Ruido	Estado estable	0 - 1%	
FLUCTUACIONES DE VOLTAJE		intermitente	0,1 - 7%	
			0,2 - 2 Pst	
VARIACIONES EN LA FRECUENCIA		< 10 s		

Tabla 1. Fenómenos electromagnéticos

2.1.5.2 Actores relacionados en la Compatibilidad Electromagnética

Emisor: Dispositivos, equipos o sistemas que emiten o generan perturbaciones electromagnéticas (cambios en la tensión, la corriente, la frecuencia, la potencia, entre otras)

Camino de acoplamiento: Es el medio por donde se propagan las emisiones de perturbaciones.

Receptor: Dispositivos, equipos o sistemas cuyo funcionamiento es afectado o degradado por la perturbaciones existentes.

En los sistemas eléctricos, algunas cargas como rectificadoras son los emisores, otras cargas como motores, lámparas, consumidores electrónicos sensibles son los receptores y el propio sistema es el camino de acoplamiento.

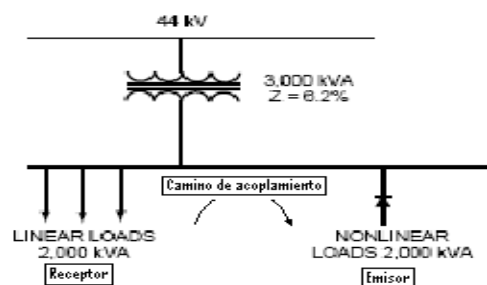


Fig. 5 Actores Compatibilidad Electromagnética

Ambiente Electromagnético: Es el conjunto de fenómenos electromagnéticos existentes en una ubicación dada. Los ambientes electromagnéticos no son estáticos cambian con el tiempo y con la ubicación.

Perturbaciones Electromagnéticas: Son el conjunto de fenómenos que pueden afectar el funcionamiento de cualquier dispositivo, equipo o sistema e incluso a animales y personas. Por ejemplo, campos magnéticos de las líneas, ruidos electromagnéticos, armónicos, entre otras.

- Interferencia Electromagnética:
- Degradación del funcionamiento de un dispositivo, equipos, sistema o cosa en general debida a una o varias perturbaciones electromagnéticas.
- Compatibilidad Electromagnética:

- Es la capacidad de un equipo o sistema de funcionar correctamente en un Ambiente Electromagnético sin introducir ni afectarse sensiblemente por perturbaciones electromagnéticas existentes en el ambiente.

Inmunidad a la perturbación: Capacidad de los dispositivos, equipos o sistemas de operar adecuadamente sin que se afecte su funcionamiento con la presencia de perturbaciones.

Susceptibilidad Electromagnética: Incapacidad de los dispositivos, equipos o sistemas de operar adecuadamente con la presencia de perturbaciones.

Nivel de Emisión: Nivel de una perturbación electromagnética emitida por un dispositivo en un ambiente electromagnético.

Límite de Emisión: Máximo nivel permitido para una emisión dada.

Nivel de Inmunidad: Es el máximo nivel de inmunidad que presenta un dispositivo, equipo o sistema, a una perturbación sin que se afecte su funcionamiento.

Límite de Inmunidad: Máximo nivel de inmunidad requerida para un ambiente electromagnético dado.

2.1.6 Perturbaciones en los sistemas de potencia

- Huecos de tensión e interrupciones.
- Armónicos e inter-armónicos
- Sobretensiones
- Fluctuaciones de la tensión
- Muecas de tensión
- Desequilibrios de la tensión
- Variaciones de la frecuencia de alimentación

2.1.6.1 Huecos y Cortes de tensión

Los huecos (dips) constituyen una disminución temporal de la tensión y los cortes (drops) son interrupciones totales de la misma. Se clasifican según su profundidad y duración. Pueden ser extremadamente perjudiciales,

provocando desconexiones en el sistema de potencia que duren varios minutos.

2.1.6.1.1 Huecos de tensiones

- Se considera un hueco de tensión a una bajada de tensión de corta duración entre el 90 % y 1 % .
- Las bajas tensiones pueden estar producidas por averías en otros consumidores.
- Pueden ser temporales o de mayor duración.
- Estas pueden provocar incrementos de corrientes en otros consumidores, así como el re-arraque de motores y el mal funcionamiento de algunos equipos más exigentes.
- Las bajas tensiones pueden ser intermitentes, oscilatorias o permanentes, dependiendo del origen de las mismas.

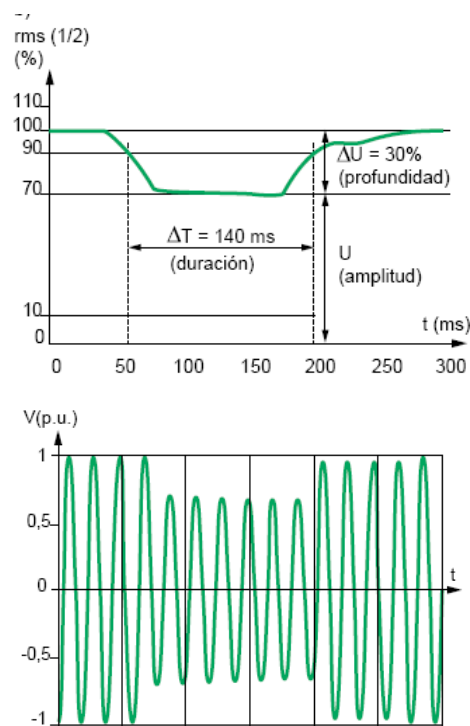


Fig. 6 Huecos de tensiones

- Los huecos se caracterizan por dos parámetros:
 - Profundidad ΔU

- Duración Δt
- Si la tensión desaparece esto es conocido como un corte.
- En dependencia de sus ciclos de duración se clasifican en:
 - Instantáneos:
 - Momentáneos:
 - Temporal:
 - Mantenido

2.1.6.1.2 Orígenes

- Averías y disparos de protecciones
- Re-conexiones provocadas por averías transitorias
- Conexiones de capacitores
- Conmutaciones de las válvulas en los convertidores polifásicos

2.1.6.1.3 Consecuencias

- Apagado de lámparas
- Funcionamiento incorrecto de dispositivos de control
- Variación de velocidad o parada de motores
- Disparo de contactores magnéticos
- Fallas en computadoras o instrumentos de medición digitales
- Pérdida de sincronismo en motores y generadores sincrónicos
- Constituyen las causas más frecuentes de los problemas de calidad de la energía en las industrias y sistemas de potencia. Un hueco o corte de unos pocos ciclos puede generar graves consecuencias por varias horas.
- Las consecuencias más graves se presentan en líneas de producción continua que no permitan ninguna interrupción.
- Mal funcionamiento de sistemas informáticos, de seguridad y alumbrado de grandes instalaciones.

- Si el par disminuye por debajo del par mecánico de la carga el motor se irá parando paulatinamente.
- Una vez recuperada la tensión, los motores pueden re-arrancar y por tanto provocar un incremento de la corriente por encima de la nominal. Si son muchos motores estos provocarán una caída de tensión en la barra de la subestación.

Los re-arranques repetitivos de los motores provocan sobre calentamientos en los motores, esfuerzos electrodinámicos adicionales, vibraciones en los rodamientos y por tanto reducción de la vida útil de los mismos.

2.1.6.2 Armónicas

Las señales de corrientes y tensiones que tienen formas de ondas diferentes a una senoide son señales contaminadas o sucias y están compuestas por armónicas o inter-armónicas. Estas armónicas no son más que ondas sinusoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental.

Materiales	Efectos	Límites
Condensadores de potencia	Calentamiento, envejecimiento prematuro (perforación), resonancia.	$I < 1,3 I_n$ (THD < 83%), ó $U < 1,1 U_n$ para 12 h/d en MT u 8 h/d en BT
Motores	Pérdidas y calentamientos suplementarios. Reducción de las posibilidades de utilización a plena carga. Par pulsante (vibraciones, fatiga mecánica). Molestias sonoras.	FVH ≤ 2% para los motores asíncronos habituales
Transformadores	Pérdidas (en el hierro y en el cobre) y calentamientos suplementarios. Vibraciones mecánicas. Molestias sonoras.	
Interruptores automáticos	Disparos intempestivos (sobrepasar los valores de la tensión de cresta...).	$U_H/U_1 \leq 6$ a 12%
Cables	Pérdidas dieléctricas y óhmicas suplementarias (particularmente en el neutro en caso de presencia del tercer armónico).	THD ≤ 10% $U_H/U_1 \leq 7\%$
Ordenadores	Transtornos funcionales.	$U_H/U_1 \leq 5\%$
Electrónica de potencia	Transtornos debidos a la forma de onda (conmutación, sincronización).	

$$FVH = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} U_h^2 / h}$$

(Factor de variación armónica, según CEI 892)

Tabla 3. Efecto de los armónicos

2.1.6.2.1 Distorsión armónica

Cuando el voltaje o la corriente de un sistema eléctrico tienen deformaciones con respecto a la forma de onda senoidal, se dice que la señal está distorsionada.

La distorsión puede deberse a:

Fenómenos transitorios tales como arranque de motores, conmutación de capacitores, efectos de tormentas o fallas por cortocircuito entre otras.

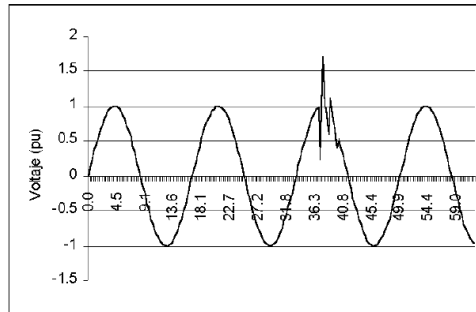


Fig. 7 Efectos en el voltaje por la conmutación de capacitores

Condiciones permanentes que están relacionadas con armónicas de estado estable. En los sistemas eléctricos es común encontrar que las señales tendrán una cierta distorsión que cuando es baja, no ocasiona problemas en la operación de equipos y dispositivos. Existen normas que establecen los límites permisibles de distorsión, dependiendo de la tensión de operación y de su influencia en el sistema.

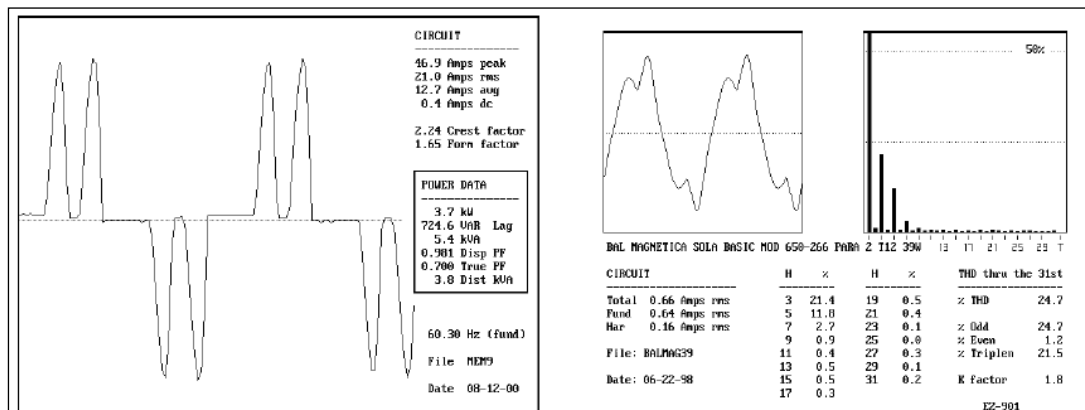


Fig. 8 Efectos en el voltaje por la conmutación de capacitores

2.1.6.2.2 Definición de armónicas

Este concepto proviene del teorema de Fourier y define que, bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones senoidales, incluyendo un término constante en caso de asimetría respecto al eje de las abscisas, siendo la primera armónica, denominada también señal fundamental, del mismo período y frecuencia que la función original y el resto serán funciones

senoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental. Estas componentes son denominadas armónicas de la función periódica original.

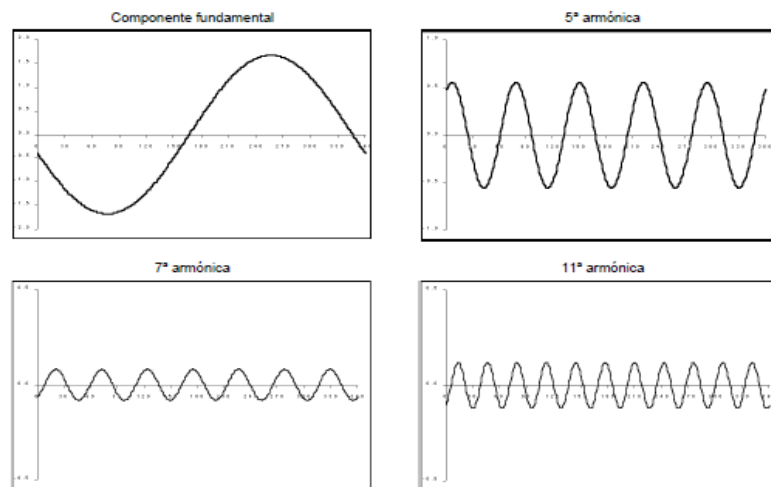


Fig. 9 Forma de onda original y sus componentes armónicos

Las ondas simétricas contienen únicamente armónicas impares, mientras que para ondas asimétricas existirán tanto armónicas pares como impares.

Cuando se hacen mediciones de las ondas de corriente o voltaje utilizando analizadores de armónicas, el equipo efectúa integraciones mediante la técnica de la transformada rápida de Fourier, dando como resultado la serie de coeficientes A_h que expresadas con relación a la amplitud A_1 de la fundamental, constituye el espectro de corrientes armónicas relativo a la onda medida.

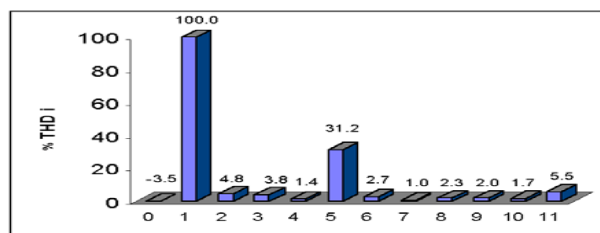


Fig. 10 Componentes armónicas relativas a la fundamental

2.1.6.2.3 Características de la distorsión armónica

Cuando la onda de corriente o de tensión medida en cualquier punto de un sistema eléctrico se encuentra distorsionada, con relación a la onda sinusoidal que idealmente deberíamos encontrar, se dice que se trata de una onda contaminada con componentes armónicas.

Para que se considere como distorsión armónica las deformaciones en una señal, se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- Que la señal tenga valores definidos dentro del intervalo, lo que implica que la energía contenida es finita
- Que la señal sea periódica, teniendo la misma forma de onda en cada ciclo de la señal de corriente o voltaje.
- Permanente.- Cuando la distorsión armónica se presenta en cualquier instante de tiempo, es decir, que no es pasajera.

2.1.6.2.4 Medidas de la distorsión en voltaje y corriente

Para cuantificar la distorsión existente en una señal, es preciso definir parámetros que determinen su magnitud y contar con equipos de medición adecuados. A continuación se presentan las expresiones necesarias para efectuar los cálculos relacionados con la distorsión armónica.

- **Valor eficaz (rms)** Cuando se suman señales de voltaje o corriente de diferentes frecuencias para obtener su resultante

Corriente eficaz (rms)

Voltaje eficaz (rms)

- **Cofactor de distorsión (Cd)**

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y su valor eficaz (rms). Su valor se ubica entre 0% y 100%. También se conoce como thd y es el índice más ampliamente usado en Europa. Con una distorsión baja, Cd cambia notoriamente, por eso se recomienda su uso cuando se desea conocer el contenido armónico de una señal. Cd: Cofactor de distorsión

$$C_d = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_{rms}} \times 100\%$$

2.1.6.2.5 Distorsión armónica total (THD)

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y la primera armónica o fundamental. Su valor se ubica entre 0% e infinito.

Es el parámetro de medición de distorsión más conocido, por lo que es recomendable para medir la distorsión en parámetros individuales (I y V). Al igual

que el Cd es útil cuando se trabaja con equipos que deben responder sólo a la señal fundamental.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100\% \quad I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \quad V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2}$$

2.1.6.2.6 Distorsión de demanda total

Es la relación entre la corriente armónica y la demanda máxima de la corriente de carga. Cuando se efectúan mediciones relacionadas con armónicas en los sistemas eléctricos, es común encontrar niveles de THD altos en condiciones de baja carga que no afectan la operación de los equipos ya que la energía distorsionante que fluye es también baja. Para evaluar adecuadamente estas condiciones se define el TDD que es el parámetro de referencia que establece los límites de distorsión en corriente en la norma IEEE 519

TDD: Distorsión de demanda total

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100\%$$

Donde:

I_h = Magnitud de la armónica individual h = orden armónico I_L = demanda máxima de la corriente fundamental de carga, que se calcula como el promedio máximo mensual de demanda de corriente de los 12 últimos meses o puede estimarse.

2.1.6.3 Sobretensiones en los sistemas de potencia

Una sobretensión es un incremento de la amplitud de la tensión por encima de los valores nominales del circuito o del sistema de potencia y estas se clasifican por la duración y el origen de la misma.

- Las sobretensiones inherentes al sistema tienden de menor magnitud que las provocadas por las descargas atmosféricas.
- Valores de 1.1 y 1.8 pu con una duración desde un ciclo a 1 minuto.

2.1.6.3.1 Incrementos breves de tensión (swells)

- Son aumentos breves del valor eficaz de la tensión que puede o no estar acompañados de una disminución de la tensión.
- Se caracterizan por su magnitud y duración. Típicamente las magnitudes oscilan entre 1.1 y 1.8 pu y la duración entre medio ciclo a 1 minuto.

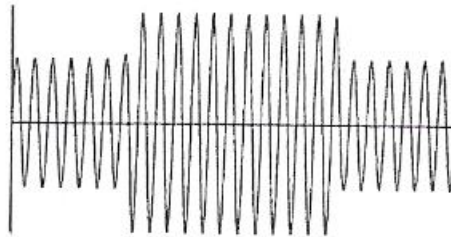


Fig. 11 Incrementos de tensión

Variaciones de la tensión de larga duración pueden ser sobre o baja tensiones, la duración es siempre mayor que 1 minuto.

2.1.6.3.2 Origen de las Sobretensiones (over voltaje):

- Desconexiones de grandes cargas
- Variaciones de compensación de potencia reactiva debido a la conexión de bancos de capacitores
- Posicionamiento incorrecto del TAP de transformadores
- Oscilan entre 1.1 y 1.2 pu
- Origen de las Bajas tensiones (under voltage):
- Conexión de grandes cargas
- Desconexión de bancos de condensadores
- Oscilan entre 0.8 y 0.9pu

2.1.6.3.3 Consecuencias de las sobretensiones

Son diversas en dependencia de la duración, la repetitividad, la amplitud, la forma del frente de subida, la frecuencia, entre otros factores.

- Perforación del dieléctrico de componentes electrónicos.

- Degradación de materiales por envejecimiento (esto es para sobretensiones repetitivas)
- Cortes largos por destrucción de materiales en las empresas eléctricas produce pérdidas en la facturación en los consumidores.
- Perturbación en los circuitos de control y mando, así como en circuitos de comunicaciones con corrientes débiles.
- Sobreesfuerzos electrodinámicos y térmicos causados por las descargas atmosféricas en las redes aéreas de las compañías eléctricas.
- Las sobretensiones de maniobra que son más probables y repetitivas que los propios rayos, aunque sean menores, pueden llegar a producir defectos tan graves como los del rayo.

2.1.6.3.4 Transitorios en los sistemas de potencia

Los transitorios constituyen los cambios muy rápidos que ocurren en las señales de tensión y de corriente y se clasifican en dos tipos: impulsivos y oscilatorios. Algunos equipos como los electrónicos tales como televisores, computadoras, y otros suelen tener un bajo nivel de inmunidad a los transitorios.

- **Transitorios (transient) Impulsivos**

Son cambios repentinos de la tensión, la corriente o ambos a la vez, tienen característica unidireccional en polaridad positiva o negativa.

Son descritos por tiempos de crecimiento y decaimiento. Pueden desencadenar posibles resonancia y ocasionar transitorios oscilatorios.

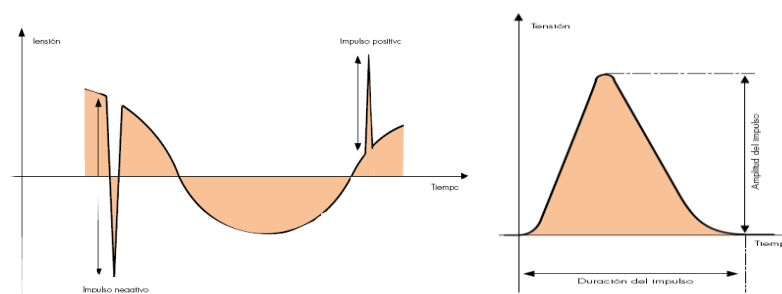


Fig. 12 Transitorios

- **Transitorios Oscilatorios**

Consisten en variaciones muy rápidas de la polaridad de los valores instantáneos de las señales.

- **Transitorios de baja frecuencia:**

Ocurren generalmente en la distribución y la sub-transmisión.

Se producen por energización de bancos de capacitores, condiciones de ferro-resonancia, y energización de transformadores.

- **Transitorios de media frecuencia**

La energización de un banco de capacitores en unión de otros bancos que está en funcionamiento, provocando una corriente oscilante entre ellos.

- **Transitorios de alta frecuencia:**

Son provocados por algún evento de conmutación.

Se pueden producir por la respuesta del sistema a transitorios impulsivos.

Los circuitos amortiguadores o filtros RLC asociados a convertidores de potencia, pueden generar estos transitorios.

2.1.6.3.5 Consecuencias de los transitorios

- Cualquiera sea su categoría, los impulsivos y los oscilatorios pueden ser perjudiciales para los sistemas y circuitos eléctricos, en dependencia de la amplitud, la velocidad de variación y la duración.
- Los transitorios oscilatorios duran más tiempo y por tanto resultan perjudiciales para los circuitos de control y mando, equipos de TV y computadoras.
- Los transitorios impulsivos pueden deteriorar los materiales aislantes de equipos electrónicos, electrodomésticos, computadoras, etc.

2.1.6.3.6 Clasificación de las sobretensiones

2.1.6.3.6.1 Sobretensiones temporales

- Tienen la misma frecuencia de la red

Orígenes:

- Pérdidas de aislamiento que producen averías a tierra en sistemas con neutro aislados

- Ferro-resonancias
- Rotura del neutro en sistemas de cuatro hilos
- Defecto de los reguladores de tensión en generadores
- Defecto en los cambia TAP automáticos de transformadores
- Sobre compensación de potencia reactiva

2.1.6.3.6.2 Sobretensiones de maniobra

Orígenes:

- Maniobras de circuitos
- Conexión o Desconexión de cargas inductivas
- Maniobras de circuitos capacitivos

2.1.6.3.6.3 Sobretensiones de origen atmosféricas

- Son extremadamente peligrosas y no existe un protección totalmente eficaz contra este fenómeno
- Son de características electrostáticas y pueden tener diferentes signos o polaridad, tanto positivos como negativas
- Viajan a alta velocidad por las redes 600 km/s

2.1.6.4 Fluctuaciones de la tensión

Son cambios o variaciones del valor eficaz o el valor de cresta de las señales en una amplitud que alcanza un valor inferior al 10% comparándola con la tensión nominal.

2.1.6.4.1 Formas de onda de las fluctuaciones

- Las fluctuaciones se diferencian de las variaciones lentas de la tensión, de los huecos y cortes porque son variaciones leves de la tensión que no superan el 10% de valor nominal de la tensión.

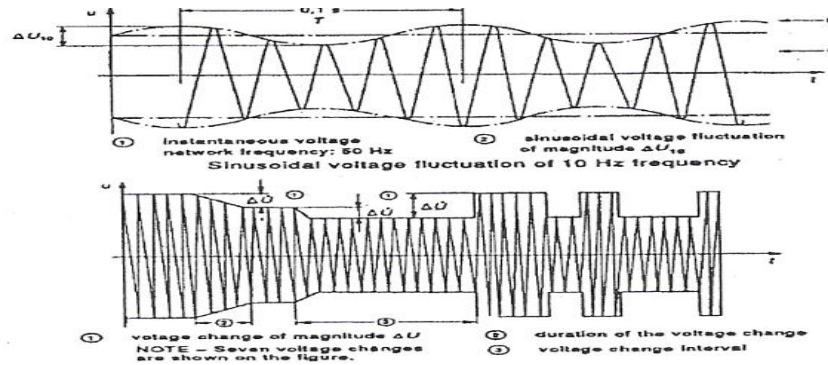


Fig. 13 Formas de fluctuaciones

- Se clasifican según el tipo de variación del valor eficaz de la tensión en tipo A, B, C y D.

	<p>TIPO A: Serie Periódica de Cambios rectangulares de tensión (escalones). Ej. Conmutación de cargas resistivas monofásicas</p>
	<p>TIPO B: Serie de cambios rectangulares de tensión, en tiempos irregulares (escalones de magnitudes iguales o no y en sentido positivo y negativo). Ej. Conmutación de múltiples cargas.</p>
	<p>TIPO C: Serie de cambios de tensión que pueden o no incluir cambios rectangulares. Las magnitudes pueden o no ser iguales y en ambos sentidos. Ej. Conmutación de cargas no resistivas.</p>
	<p>TIPO D: Serie de cambios de tensión compuesta por fluctuaciones aleatorias y continuas.</p>

Tabla 4. Tipo de ondas de fluctuaciones

2.1.6.4.2 Fuentes que originan las fluctuaciones

- Los equipos electrodomésticos
- En redes industriales:
 - Máquinas de soldadura por punto
 - Arranque de motores
 - Energización de transformadores y bancos de capacitores
 - Operación del cambia taps de transformadores
 - Operación de prensas
 - Hornos de arcos
 - Plantas de soldar

2.1.6.4.3 Consecuencias de las fluctuaciones

- Si las fluctuaciones de tensión no exceden del $\pm 10\%$, la mayoría de los equipos no son afectados.
- Equipos que utilizan elementos de calefacción con grandes constantes de tiempo no son casi afectados.
- El efecto más notable de las fluctuaciones de tensión es el “**flicker**”
- Los equipos como televisores, dispositivos de control electrónico y computadoras son sensibles a las fluctuaciones.
- Degradación de equipos que emplean capacitores.
- Pérdida de sincronismo en equipos de regulación y variación de torque.

2.1.6.5 Muestras de la tensión

Son perturbaciones periódicas de la tensión que ocurren en cada ciclo debido al cortocircuito entre fases durante proceso de conmutación en rectificadores.

2.1.6.5.1 Forma de onda de las muescas

Las muescas son por lo general periódicas y se clasifican según su profundidad, área de calado y nivel de distorsión máxima. Pueden tener dirección negativa o positiva.

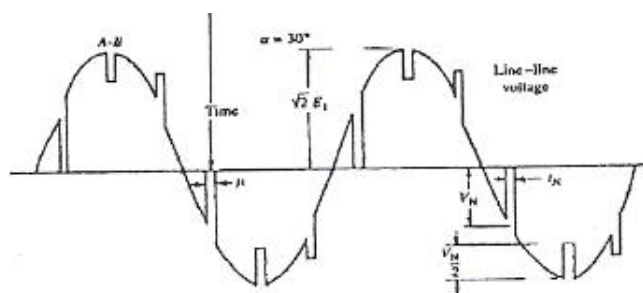


Fig. 14 Formas de fluctuaciones

2.1.6.5.2 Característica de las muescas (Notches)

- Pueden perturbar equipos electrónicos y dañar componentes inductivos por el crecimiento de la velocidad de variación de la tensión en el tiempo.

- La mayor parte de las muestas son atenuadas por los transformadores y no se propagan a líneas de media o alta tensión.
- Estos problemas normalmente no se propagan por la red y se originan en la misma industria

2.1.6.5.3 Normativas para las muestas (notches)

- El área de calado, la profundidad y el THD de las muestas se limitan a valores máximos posibles y son empleados en la baja tensión.

	Aplicaciones Especiales (*)	Sistema General	Sistemas Dedicados (**)
Profundidad del calado	10%	20%	50%
THD (tensión)	3%	5%	10%
Área del calado (A_N) - (***)	16400	22800	36500

* : Las aplicaciones especiales incluyen hospitales y aeropuertos.

** : Sistemas dedicados exclusivamente a la conversión de carga.

*** : En Volt - microsegundos para tensión y corriente nominal.

Tabla 5. Normativa de muestas

2.1.6.5.4 Consecuencias de las muestas

- Pueden afectar el funcionamiento de otros equipos electrónicos.
- Pueden dañar o degradar los componentes inductivos por la elevada velocidad de variación de la tensión en el tiempo.
- Las muestas no se propagan por los transformadores, es decir, una vez que se produzcan en el lado de baja no pasan hacia el lado de alta tensión.

2.1.6.6 Desbalance de la tensión

Es la pérdida de la simetría en las señales de tensión de fases en un sistema trifásico, puede ser una variación en la amplitud de una o más fases o en los ángulos de desfase de las señales diferentes a 120°.

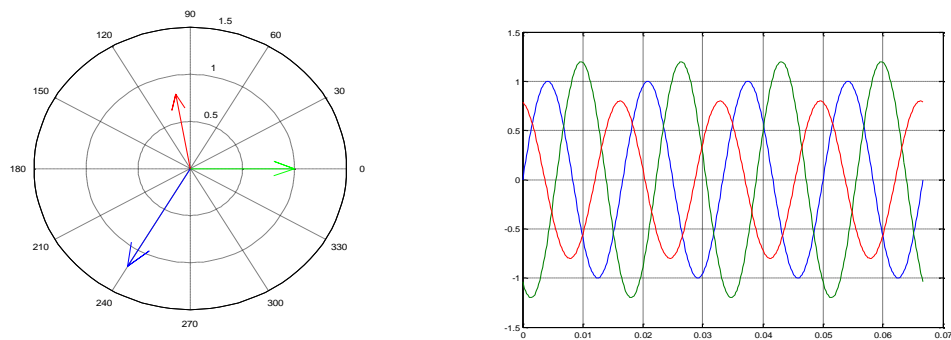


Fig. 15 Desbalance de tensión

- Las asimetrías de corrientes y tensión pueden ser perjudiciales para las máquinas rotatorias y otros consumidores.
- Los diagramas fasoriales son unas herramientas imprescindibles para el análisis y evaluación de las asimetrías.
- Se aplica el método de las componentes simétricas

2.1.6.6.1 Sistemas de tensión desequilibrados

Se considera un sistema equilibrado cuando las magnitudes de las señales en las tres fases son iguales y están desfasas a 120° entre ellas.

- **Orígenes:**
 - Las corrientes desequilibradas son las principales causantes de las tensiones desequilibradas
 - Cargas monofásicas mal distribuidas entre las fases
 - Desigualdad en las capacidades de fase a tierra en líneas de transporte

2.1.6.6.2 Cálculo de los desbalances de tensión

- Mediante el método de las componentes simétricas:

$$\Delta U_2 \% = \frac{U_{A2}}{U_{A1}} 100 \quad \Delta U_0 \% = \frac{U_{A0}}{U_{A1}} 100$$

- Puede estar compuesta por componentes de secuencia negativa (U_{A2}) o cero (U_{A0}) y se expresa en relación a la componente de secuencia positiva (U_{A1}).
- También se puede calcular mediante métodos aproximados utilizando la tensión de fase medida (V_i) y la tensión media (V_{med}):

$$\Delta U \% = \max \left| \frac{V_i - V_{med}}{V_{med}} \right| \quad V_{med} = \frac{(U_a + U_b + U_c)}{3}$$

2.1.6.6.3 Consecuencias del desbalance de tensión

- Los motores de inducción que se alimenten con tensiones desbalanceadas producen grandes corrientes desequilibradas que aumentan la temperatura de la máquina fundamentalmente desde el rotor.
- Las protecciones de secuencia negativa y secuencia cero de los grandes generadores y los motores pueden operar.
- Aumenta la contaminación armónica de los convertidores polifásicos de potencia.
- Son tolerables por un corto período de tiempo de pocos segundos a un minuto, pero no más.

2.1.6.7 Variación de la frecuencia

Es la variación de la frecuencia de la señal de tensión que está ocasionada fundamentalmente por un desbalance entre la capacidad de generación del sistema y la demanda de la carga.

2.1.6.7.1 Variaciones de la frecuencia de alimentación

- La frecuencia del sistema depende del balance entre la capacidad de generación y la demanda de la carga.
- La salida o entrada inesperada de grandes grupos de generación o cargas provoca disminución o aumentos de la frecuencia.

- El tamaño y la duración de las perturbaciones que provocan cambios de frecuencia dependen de las características de la carga y de las respuestas de los reguladores de las unidades de generación.

2.1.6.7.2 Consecuencias de la variación de frecuencia

- Variaciones de la velocidad de las máquinas eléctricas.
- Atraso o adelanto de los relojes que emplean la frecuencia de la red para sincronizarse.
- Variación velocidad/torque en motores.
- Los filtros activos y pasivos contra armónicos se pueden desintonizar.
- Los dispositivos electrónicos que empleen la frecuencia de la red como señal de referencia estarán afectados.
- Roturas de los álabes en las turbinas en generadores.

2.1.7 Soluciones para los armónicos

La solución para los armónicos pasa por conocer a fondo sus orígenes y las consecuencias que estos producen en los sistemas, existen numerosas formas, pero estas formas son las más generalizadas:

- Reducción de las corrientes armónicas producidas por algunos consumidores
- Modificación de la instalación, empleo de Filtros
- Sustituir dispositivos que contaminan por otros que no lo hacen, quizás menos ahorradores.
- Instalar reactancias en la entrada de los convertidores de potencia para reducir la contaminación de los mismos.
- Cambiar los convertidores de 6 pulsos por otro de 12 pulsos.

2.1.7.1 Sustituir los equipos contaminantes

- Un ejemplo de esta medida es el hecho de utilizar lámparas incandescentes en lugar de lámparas ahorradoras.
- Las lámparas ahorradoras son muy económicas en cuanto a su consumo, pero son altas contaminadoras.
- Las lámparas fluorescentes de balastos magnéticos “no electrónicos” también son económicas y mucho menos contaminantes.
- Otro ejemplo es el empleo de convertidores limpios que utilizan la técnica de PWM luego de una etapa de rectificación.

2.1.7.2 Convertidores limpios

- Existen actualmente convertidores de potencia que fuerzan a que la corriente que se consume sea sinusoidal.
- Estos convertidores pueden ser entre otros: Rectificadores, Cargadores de baterías, Variadores de velocidad
- En todos se emplea la técnica de Modulación de ancho de pulso.
- Existen dos grandes familias:
 - Que el rectificador actúe como fuente de tensión
 - Que el rectificador actúe como fuente de corriente

2.1.7.3 Instalar reactancias en los convertidores

- Las reactancias o los inductores no permiten la variación brusca de la corriente y por tanto, es un filtro natural de las contaminaciones armónicas.
- Se emplean reactancias en la alimentación de los convertidores para así reducir el grado de contaminación de los mismos, pero no lo eliminan en su totalidad e incluso la incrementa en el propio convertidor.

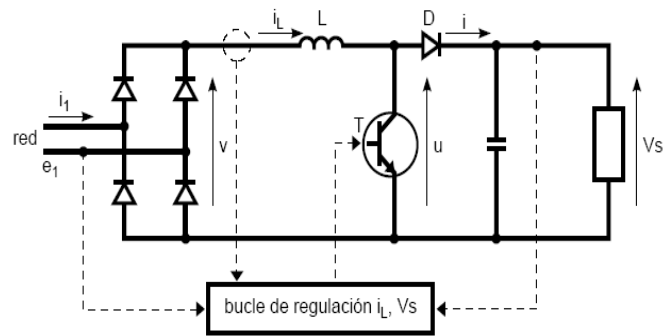


Fig. 16 Instalación de reactancias

2.1.7.4 Cambiar los rectificadores de 6 pulsos por de 12 pulsos

- Los rectificadores de 6 pulsos normalmente generan una corriente armónica caracterizada por armónicos que cumplen la relación $6h \pm 1$.
- Los rectificadores de 12 pulsos normalmente generan una corriente armónica caracterizada por armónicos que cumplen la relación $12h \pm 1$.

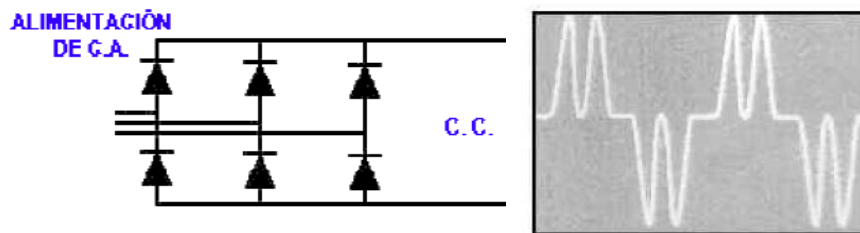


Fig. 17 Rectificador de 6 pulsos

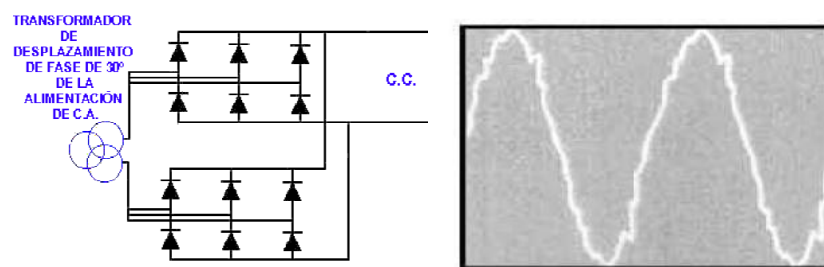


Fig.18 Rectificador de 12 pulsos

2.1.7.5 Modificación del sistema de potencia

- Estas medidas normalmente son costosas.

- Se pueden identificar las cargas contaminantes y dedicarle un transformador específico, separándola de la carga sensible.
- Acercar las cargas sensibles a la fuente de alimentación, mientras más cerca se conectan menores afectaciones de contaminación de la tensión.
- Si la red es muy contaminada hay que dimensionar adecuadamente a los capacitores y sus accesorios.
- Muchas veces se colocan bobinas anti-armónicas en serie con los condensadores, alejándolo de la frecuencia las corrientes contaminantes.
- Se cambian las configuraciones del neutro del sistema de potencia. Ejemplo, si se eliminan los neutros se eliminan los 3ros, 6to, 9no y otros.

2.1.7.6 Instalación de filtros

Existen tres tipos de clasificaciones de filtros, pero en todo en caso su instalación debe ser cuidadosa y es más recomendable cuando la potencia de la carga contaminante con respecto a la potencia de cortocircuito del sistema es mayor que un 60%.

2.1.7.6.1 Filtros Pasivos: Sintonizado simple y Pasa altas

- Se pueden instalar varios filtros para atacar una carga contaminadora.
- Estos cambian la impedancia equivalente del sistema de potencia y por tanto pueden ser peligrosos.
- Compensan la potencia reactiva en el sistema.

2.1.7.6.2 Filtros Activos

- Se construye la misma corriente de contaminación que consume la carga y se inyecta a la red pero con signo contrario, por tanto se eliminan todos los armónicos sin influencia en la impedancia del sistema.

2.1.7.6.3 Filtros híbridos

Es la combinación de los anteriores métodos de filtrado tomando las ventajas de cada uno.

2.1.7.6.4 Resumen del filtrado de armónicas

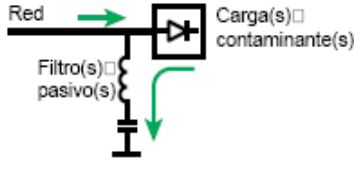
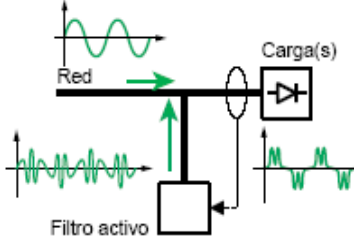
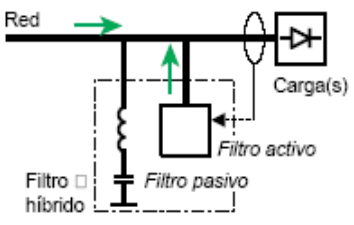
Filtro	Principio	Características
Pasivo	<p>Derivación mediante un circuito LC sintonizado a cada una de las frecuencias del armónico a eliminar.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sin límites en corriente armónica. ■ Se asegura la compensación de energía reactiva. ■ Eliminación de uno o varios órdenes de armónicos (normalmente: 5, 7, 11). Un filtro para uno o dos de los rangos a compensar. ■ Riesgo de amplificación de los armónicos en caso de modificación de la red. ■ Riesgo de sobrecarga por perturbación exterior. ■ Filtro «de red» (global). ■ Estudio caso por caso.
Activo	<p>Generación de una corriente que anula todos los armónicos creados por la carga.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Solución que se adapta bien para el filtrado de «una máquina» (local). ■ Filtrado de una gran banda de frecuencias (eliminación de los armónicos desde el rango 2 al 25). ■ Se autoadapta: <ul style="list-style-type: none"> □ modificación de la red sin influencia, □ se adapta a todas las variaciones de la carga y del espectro armónico, □ solución evolutiva y flexible en función de cada tipo de carga. ■ Estudio simplificado.
Híbrido		<p>Abarca las ventajas de las soluciones de filtrado pasivo y activo y cubre un amplio margen de potencias y prestaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Filtrado de un ancho margen de frecuencias (eliminación de armónicos del 2º al 25º). ■ Compensación de energía reactiva. ■ Gran capacidad de filtrado en corriente. ■ Buena solución técnico-económica para un filtrado «de red».

Tabla 6. Resumen del filtrado de armónicas

2.1.8 FACTOR DE POTENCIA

2.1.8.1 Definición

Es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA).

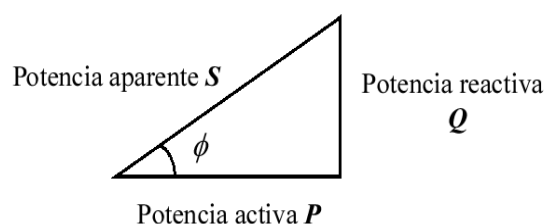


Fig.19 Triangulo de potencia

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias.

Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución.

Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

2.1.8.2 Factor de potencia bajo

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución del exagerado del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores, presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria y mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos.
- Cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva.

2.1.8.3 Consecuencias de mantener un bajo factor de Potencia

Un bajo factor de potencia produce los siguientes inconvenientes:

- Aumento de la intensidad de corriente, pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión, Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores. La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.
- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva.
- Mayor capacidad en líneas de transmisión, distribución y transformador para transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.
- Para que las empresas de electricidad puedan controlar a las industrias sobre el control de consumo de energía reactiva es a través de un cargo por demanda, facturando por capacidad suministrada en KVA.

2.1.8.4 Cómo puedo mejorar el Factor de Potencia

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores eléctricos estáticos, o utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria (algo menos económico).

2.1.8.5 Potencia fundamental y armónica

Para definir la relación de potencias en sistemas eléctricos se utiliza ampliamente la relación:

$S = P + j Q$ (1.7.1), donde:

S: Potencia aparente

P: Potencia activa

Q: Potencia reactiva

Su representación fasorial es el triángulo de potencias y muestra que P se ubica en el eje real, mientras Q esta en el imaginario, estando ambos en cuadratura y S es la resultante. Con esta expresión pero utilizando las energías medidas, se calcula el factor de potencia para efectos de facturación. Estos conceptos son válidos mientras el sistema sea lineal, es decir no exista distorsión armónica. Las cargas no lineales son las que generan la distorsión armónica en corriente.

Para aquellos sistemas en los que la distorsión en voltaje es nula o mínima y existe distorsión armónica en corriente, se utiliza la pirámide de potencias para considerar tanto los valores fundamentales como los armónicos.

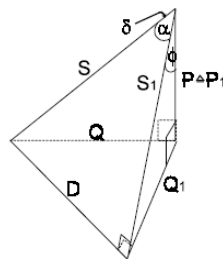


Fig.20 Pirámide de potencia

Expresiones aplicadas, voltaje senoidal y corriente distorsionada:

Potencia aparente	$S = V I_{rms} = V \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$
Potencia eficaz	$P = P_1 = V I_1 \cos(\phi_1)$
Potencia reactiva	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$
Potencia reactiva fundamental	$Q_1 = V I_1 \sin(\phi_1)$
Potencia distorsionante	$D = V \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$
Factor de potencia fundamental:	$FP_1 = P/S_1 = \cos(\phi_1)$
Factor de potencia:	$FP = \cos(\alpha) * \cos(\phi_1) = \cos(\delta) = P/S$

Relación entre Potencias

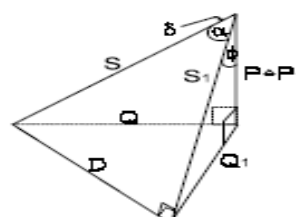
$$S^2 = P^2 + Q^2$$

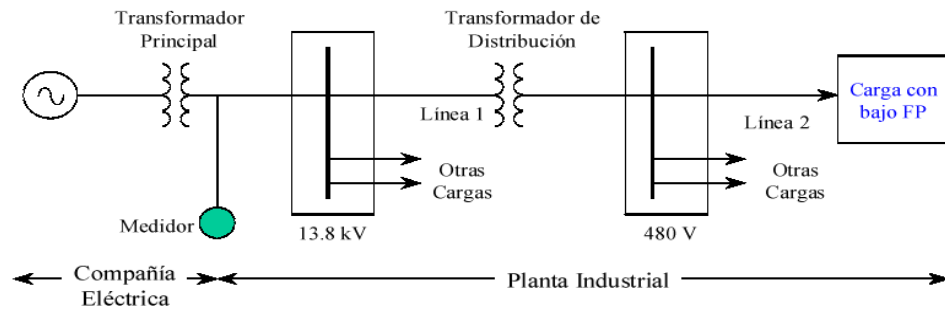
$$S_1^2 = P^2 + Q_1^2$$

$$Q^2 = Q_1^2 + D^2$$

$$S^2 = S_1^2 + D^2$$

$$S^2 = P^2 + Q_1^2 + D^2$$





Problemas Presentes

- Penalización por bajo FP
- Mala utilización de la capacidad instalada (transformadores y líneas)
- Pérdidas de potencia
- Regulación de Voltaje

Fig.20 Sistema de potencia con cargas que tienen bajo FP

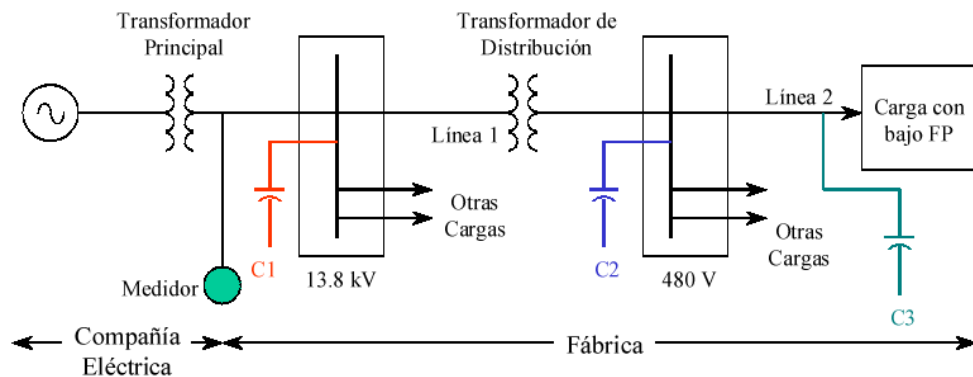


Fig.21 Localización de capacitores

	Eliminación de Penalización o Bonificación	Recuperación de Capacidad Instalada del Transformador Principal	Recuperación de Capacidad Instalada del Transformador de Distribución	Reducción de Pérdidas en Línea 1	Reducción de Pérdidas en Línea 2
C1	Si	Si			
C2	Si	Si	Si	Si	
C3	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 7. Beneficios al corregir el factor de potencia

2.1.8.6 Mejoramiento de la regulación con condensadores de compensación de factor de potencia

En un sistema que se caracteriza por un consumo de potencia activa y reactiva, es decir, en el que existen motores de inducción u otras cargas similares, se debe usar condensadores de compensación de factor de potencia. Ello permite mejorar la regulación de voltaje, disminuyendo la caída de tensión en el transformador; además, disminuyen las pérdidas en el transformador. Las ecuaciones descritas se mantienen, con la salvedad de

que la potencia reactiva de la carga se debe disminuir según la cantidad de reactivos capacitivos compensados. La Figura 3 muestra claramente el efecto logrado al conectar condensadores. Se la compara con un sistema en que no se emplean condensadores.

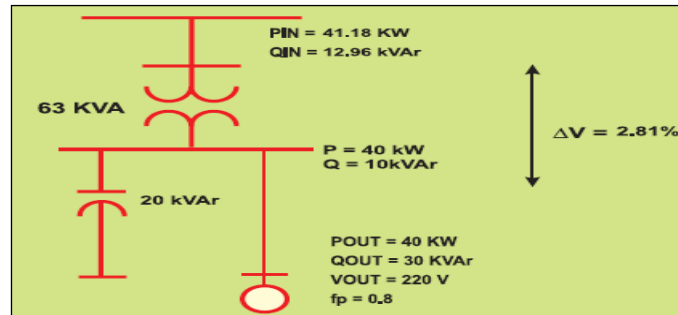


Fig. 21 Mejoramiento de la regulación de voltaje mediante el empleo de condensadores.

2.1.9 NORMAS CALIDAD DE ENERGÍA.

Las normas más importantes emitidas referentes a la Calidad de Energía Eléctrica son:

EC 61000
IEEE 519

IEEE1159
EN 50160

La norma IEC (61000-2-2/4) y la norma CONELEC (50160) definen la Calidad de la Energía Eléctrica como: "Una característica física del suministro de electricidad, la cual debe llegar al cliente en condiciones normales, sin producir perturbaciones ni interrupciones en los procesos del mismo".

2.1.9.1 NORMA IEEE-519

Las Normas definen para establecer sus límites los factores siguientes:

THV: distorsión total de voltaje.

$$THV = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_h^2}}{V_1} \cdot 100\%$$

THI: distorsión total de corriente.

$$THI = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2}}{I_1} \cdot 100\%$$

La norma IEC define en forma levemente diferente estos factores:

$$DHV = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_h^2}}{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_h^2}} \cdot 100\%$$

$$DHI = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2}}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2}} \cdot 100\%$$

2.1.9.1.1 Límite de la distorsión de voltaje

La Norma IEEE establece los límites de distorsión de voltaje indicados en la Tabla 8.

Límites de Distorsión de Voltaje.		
VOLTAJE NOMINAL	$V_h/V_1 * 100$ [%]?	THV [%]?
$V_{NOM} \leq 69$ KV	3,0	5,0
69 KV < $V_{NOM} \leq 161$ KV	1,5	2,5
$V_{NOM} > 161$ KV	1,0?	1,5

Tabla 8. Límites de distorsión de voltaje

2.1.9.1.2 Límite de la distorsión de corriente

La Norma IEEE-519 establece una Tabla límite para las corrientes armónicas inyectadas por un usuario. Para establecer este límite se debe conocer:

- El valor de la corriente de cortocircuito ISC en el empalme del usuario, es decir, en el lugar donde se medirá la inyección de armónicas. Este valor debe ser entregado por la compañía distribuidora de electricidad ya que depende del valor de sus transformadores de distribución.
- La demanda media $1L$ del usuario, calculada como el valor medio de las demandas máximas leídas durante los 12 meses precedentes a la medición. Con estos valores se determinan los valores máximos permitidos de distorsión de corriente de cada usuario en particular (Tabla 9).

Límites de Distorsión de Corriente (Válidos para redes de 120 V a 69 KV)						
Distorsión Armónica en % de I_L (h impar)						
ISC/ I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 27$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	THI
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Tabla 9. Límites de distorsión de corriente

El límite de las armónicas pares es un 25% del valor indicado.

Para sistemas de más de 69 kV los límites son un 50% de los indicados

2.1.9.2 Norma Europea EN-50160

Establece la forma en que se debe llevar a cabo la medición de la calidad de voltaje. La manera en como lo establece se enuncia a continuación:

Magnitud de la fuente de voltaje:

- Cada medición el voltaje promedio RMS por cada fase sobre un determinado intervalo de 10 min.
- Periodo de observación: 1 semana con pasos fijos de 10 minutos
- N: numero de intervalos de 10 minutos en los cuales el voltaje esta dentro del +/-15% del nominal 35
- 1.3.4.6 N1: numero de intervalos en los cuales el voltaje difiere mas del 10% del nominal y esta dentro del +/-15% del nominal.

2.1.9.3 Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en el Ecuador

Para garantizar a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las empresas distribuidoras del servicio eléctrico, los mismos que fueron emitidos y aprobados por el CONELEC, nos referimos a la Regulación 004/01. Por lo tanto el CONELEC con esta regulación, controla y vigila a las empresas eléctricas del Ecuador, la calidad de Servicio eléctrico, que ofrecen, y se medirán considerando los siguientes aspectos:

2.1.9.3.1 Calidad del Producto:

La calidad del producto técnico que se controlaran son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

2.1.9.3.2 Nivel de voltaje

$$\text{Índice de calidad } \Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

Donde:

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

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

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición.

- **Mediciones**

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

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

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

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.

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

- **Límites**

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. Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

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

Tabla 10. Límites variación de voltaje

2.1.9.3.3 Perturbaciones

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

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

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

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

- **Mediciones**

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema.

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

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto "Flicker" para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.

- **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.

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

2.1.9.3.4 Armónicos

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \qquad \text{THD} = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100$$

Donde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

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

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

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

- **Mediciones**

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos.

En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos. Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.

- **Límites**

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

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA [THD'] (% respecto voltaje nominal punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Tabla 11. % respecto voltaje nominal punto de medición

2.1.9.3.4 Factor de potencia

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

- **Medición**

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

- **Límite**

El valor mínimo es de 0,92.

2.1.9.3.5 Calidad del servicio técnico

La calidad del servicio técnico prestado se evaluará sobre la base de la frecuencia y la duración total de Interrupción.

Identificación de las interrupciones

Se identificará de la siguiente manera:

- Fecha y hora de inicio de cada interrupción.
- Identificación del origen de las interrupciones: internas o externas
- Ubicación e identificación de la parte del sistema eléctrico afectado por cada interrupción: circuito de bajo voltaje (BV), centro de transformación de medio voltaje a bajo voltaje (MV/BV), circuito de medio voltaje (MV), subestación de distribución (AV/MV), red de alto voltaje (AV).
- Identificación de la causa de cada interrupción.
- Relación de equipos que han quedado fuera de servicio por cada interrupción, señalando su respectiva potencia nominal.
- Número de Consumidores afectados por cada interrupción.
- Número total de Consumidores de la parte del sistema en análisis.
- Energía no suministrada.
- Fecha y hora de finalización de cada interrupción.

Registro y clasificación de las interrupciones

El Distribuidor debe llevar, mediante un sistema informático, el registro histórico de las interrupciones correspondientes, por lo menos de los tres últimos años.

En el registro, las interrupciones se pueden clasificar de acuerdo a los parámetros que se indican a continuación, los que deberán tener un código para efectos de agrupamiento y de cálculos:

- Por su duración
- Por su origen
- Por su causa
- No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).
- Por el voltaje nominal

Interrupciones a ser consideradas

Para el cálculo de los índices de calidad que se indican en detalle más adelante, se considerarán todas las interrupciones del sistema con duración mayor a tres (3) minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión. No serán consideradas las interrupciones con duración igual o menor a tres (3) minutos.

No se considerarán las interrupciones de un Consumidor en particular, causadas por falla de sus instalaciones, siempre que ellas no afecten a otros Consumidores.

Tampoco se considerarán para el cálculo de los índices, pero sí se registrarán, las interrupciones debidas a suspensiones generales del servicio, racionamientos, desconexiones de carga por baja frecuencia establecidas por el CENACE; En el caso en que las suspensiones generales del servicio sean producidas por la Empresa Distribuidora, estos si serán registrados.

Índice	Lim FAIc	Lim DAIc
Consumidores en AV	6.0	4.0
Consumidores en MV Urbano	8.0	12.0
Consumidores en MV Rural	10.0	24.0
Consumidores en BV Urbano	10.0	16.0
Consumidores en BV Rural	12.0	36.0

Tabla 12. % Limites interrupciones

CAPÍTULO III

MATERIALES, METODOLOGIA Y LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILE

3.1 MATERIALES

3.1.1 Equipo utilizados para el monitoreo de la calidad de la energía eléctrica.

Para lograr este fin nos valemos de algunos equipos o analizadores eléctricos, los cuales nos sirven para realizar un monitoreo y también llevar un registro de la calidad de la energía; un analizador eléctrico de calidad de suministro, debe ser capaz de analizar por si mismo todos los fenómenos eléctricos no deseados que podrían afectar a la carga y/o a la fuente suministradora de la energía eléctrica.

En el caso de sistemas de corriente alterna, estos equipos deberán ser capaces de mostrar en pantalla en tiempo real a la onda variable en el tiempo (voltaje o corriente) con todas las perturbaciones asociadas a esta, con un muestreo superior a las 128 muestras por ciclo eléctrico (1 Hz) y por canal de medida, sin multiplexación de ningún tipo de los muestreos de los diversos canales, analizando los ciclos pre y post evento. También es necesario que los eventos sean categorizados, para su análisis independiente e interpretación correcta de resultados.

Se describe a continuación los equipos utilizados en las mediciones.

3.1.1.2 Analizador de Energía Topas 1000

El analizador de energía Topas 1000 puede ser utilizado para determinar la calidad de energía en conformidad con los estándares aplicables del CONELEC.

La construcción mecánica extremadamente rugosa es altamente estimada especialmente bajo condiciones ásperas o mojadas y registra variables relacionadas de manera simultánea en bajo voltaje (hasta 1000 Voltios).

Posee 8 canales de entrada, 4 de corriente y 4 de voltaje aunque se pueden utilizar todas para medición de voltajes. Cada una de estos canales posee una velocidad de hasta 10 Mhz.

Las partes constitutivas del equipo se muestran con un grafico entre las cuales podemos apreciar:

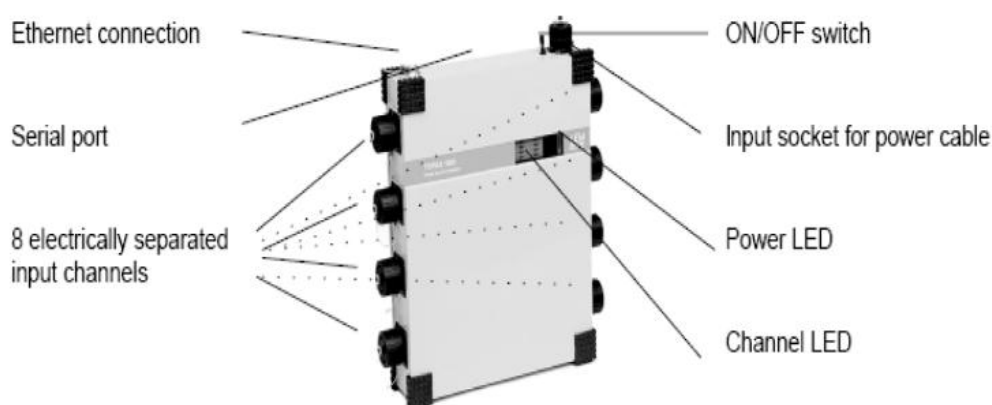


Figura 3.1.- Partes constitutivas del Analizador de Energía Topas 1000

Para colocar el equipo Topas 1000 en cada uno de los puntos de medición y registrar sus mediciones cada 10 minutos durante 7 días, primero conectamos el cable de poder hacia la respectiva entrada (socket) localizada en lo alto del analizador de energía, luego se conecta el cable de poder hacia la fuente.

Luego conectamos las puntas de prueba hacia los respectivos canales que se encuentran a los lados del equipo, (un máximo de 8 sensores pueden ser conectados). Este equipo puede hacer mediciones efectivas en redes de baja tensión con la adquisición de datos cada 10 minutos de los siguientes parámetros:

- Voltaje y Corrientes de Fase y Línea a Neutro.
- Armónicos; Flickers; Factor de Potencia
- Desbalance y Frecuencia; Variaciones de Voltaje
- Energía; Potencia Activa Reactiva y Aparente
- Analiza disturbios y sus causas.
- Determina reserva de capacidad en los transformadores o sus salidas.
- Adquiere y analiza eventos transitorios.
- Monitorea calidad de voltaje de acuerdo con la norma EN 50160
- Detecta principales interferencias de retroalimentación y extensos picos de Energía.
- Realiza comprobaciones de función y análisis de señales eléctricas de control
- Obtiene valores de límites diarios y crea informes fácilmente.

Con cada uno de los parámetros mencionados permite utilizar al Analizador de Redes Topas 1000 como el equipo que cumple con los requerimientos básicos emitidos por el CONELEC para un estudio de Calidad de Energía acerca de Calidad del Producto.

A continuación se muestra un diagrama de conexión Monofásica se utilizan dos entradas una de corriente y una de voltaje:

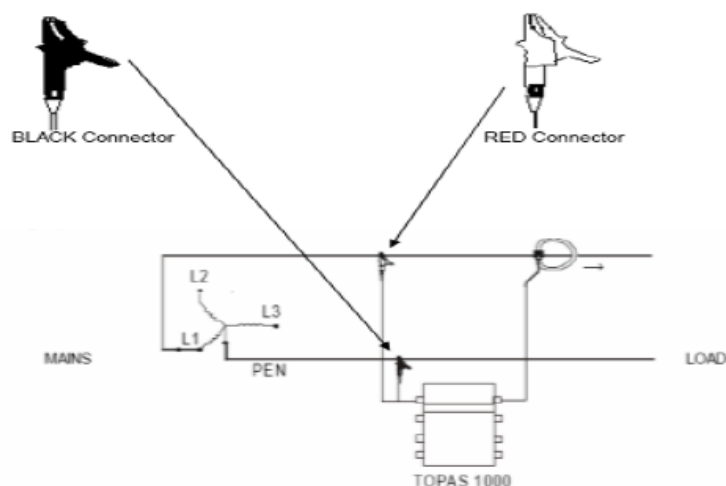


Figura 3.2.- Conexión Monofásica del Analizador de Energía Topas 1000

A continuación se muestra un diagrama de conexión Trifásica se utilizan tres entradas de corriente y tres de voltaje:

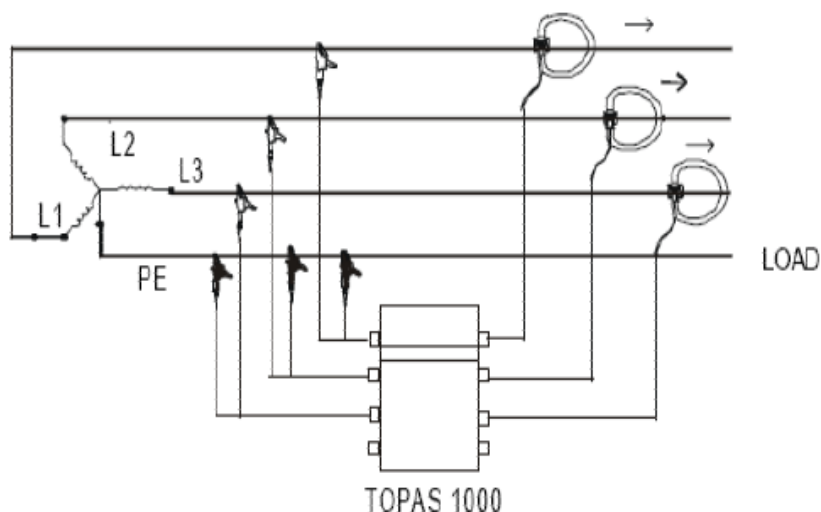


Figura 3.3.- Conexión Trifásica del Analizador de Energía Topas 1000

3.1.1.3 Equipo analizador de energía fluke 1744



El registrador monitoriza la calidad de la potencia y localiza perturbaciones en redes de distribución de tensión baja y media. Mide máximo 3 tensiones y 4 corrientes. Los valores registrados se guardan en los períodos secuenciales de promediación elegidos.

Los valores medidos pueden evaluarse gráficamente o numéricamente con el software PQ Log.

Los parámetros y funciones de registro son las siguientes:

- Tensión eficaz de cada fase (media, mín, máx)
- Corriente eficaz de cada fase y neutra (media, mín, máx)
- Eventos de tensión (caídas, subidas, interrupciones)
- Potencia (kW, kVA, kVAR, factor de potencia PF, tangente de potencia)
- Energía, Flicker (Pst, Plt), THD de la tensión, THD de la corriente
- Armónicos de tensión hasta el 50 orden, Interarmónicos de tensión
- Desequilibrio, Frecuencia

La siguiente figura muestra las conexiones para sistemas de registro trifásicos de 4 hilos (en estrella).

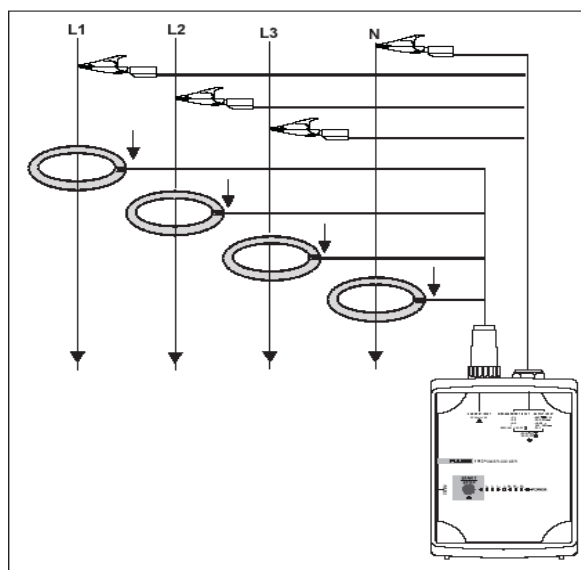


Figura 3.4.- Conexión para sistemas trifásicos de 4 hilos en estrella.

3.1.1.4 Registradores trifásicos de calidad eléctrica Memobox

Los registradores trifásicos de calidad eléctrica de la Serie 1740 de Fluke son instrumentos diseñados para el uso diario por parte de los técnicos encargados de analizar y solucionar los problemas relacionados con la calidad del suministro eléctrico. Capaces de registrar de forma simultánea hasta 500 parámetros durante 85 días y capturar eventos. El Memobox dispone del software PQ Log, que se incluye con el Kit del equipo, este evaluará rápidamente la calidad eléctrica de las acometidas de servicio, subestaciones o directamente en la carga.



Figura 3.5 FLukeMemobox serie 1740 6

Aplicaciones

- Analisis de perturbaciones
- Verificación de la calidad del servicio conforme a las normas aplicables
- Estudios de calidad de la energía eléctrica
- Estudios de carga
- Evaluación de la potencia y calidad de la energía eléctrica

3.1.1.5 Pinza amperimétrica fluke

La pinza amperimétrica Fluke ofrece un rendimiento mejorado perfecto para cualquier situación en las que hay que medir la corriente CA/CC. Tiene además dos cables con puntas de prueba (una roja y otra negra) de cómodo agarre con aislamiento de PVC y conectores banana de ángulo recto recubierto.

Ofrece medidas de los siguientes parámetros:

Medida de tensión CA 0 - 1000 V

Medida de corriente CA 0 - 1000 A

Medida de tensión CC 0 - 1000 V



Figura 3.6 Pinza amperimétrica Fluke

Medida de corriente CC 0 - 1000 A

Medida de continuidad $\leq 30 \Omega$

Medida de resistencia 60k Ω

Medida de frecuencia 5 - 500 Hz

3.1.1.6 Pinza amperimétrica B & K precisión

B&K Precisión ofrece una gran variedad de pinzas de corriente para medir corriente hasta 200 A. Estos instrumentos son confiables, robustos. Consta de dos cables con puntas de prueba (una roja y otra negra) de cómodo agarre con aislamiento de PVC y conectores banana de ángulo recto recubiertos. Ofrece medidas de los siguientes parámetros:

Medida de tensión CA 0 - 750 V

Medida de corriente CA 0 - 1000 A

Medida de tensión CC 0 - 1000 V

Medida de corriente CC 0 - 1000 A

Medida de continuidad $\leq 40 \Omega$

Medida de resistencia 40M Ω

Medida de frecuencia 0 - 400 Hz



Figura 3.7 Pinza amperimétrica B/K Precisión

3.1.17 Medidor electrónico ALPHA A3

Para medición de energía activa en kWh, energía reactiva en kVARh. Demanda máxima en kW, kVAR, hasta 4 tarifas, pantalla LCD de 6 dígitos programables, valores instantáneos de corriente, tensión, factor de potencia, etc, puerto óptico frontal y memoria de 128kb.



Figura 3.8 medidor electrónico ALPHA A3

3.2 METODOLOGÍA

La adecuada y correcta utilización de métodos, procedimientos, conceptos, variables contribuyen a la solución del problema de investigación.

3.2.1 Método de la observación científica

Servirá para realizar observaciones en el campo personalmente, para escribir las percepciones del personal que labora en planta, con la finalidad de establecer una tendencia y desarrollo de los fenómenos.

La observación científica debe ser:

Cuidadosamente planificada donde se tiene en cuenta además de los objetivos, el objeto y sujeto de la observación, los medios con que se realiza y las condiciones o contexto natural o artificial donde se produce el fenómeno, así como las propiedades y cualidades del objeto a observar.

La observación científica debe ser:

Objetiva, ella debe estar despojada lo más posible de todo elemento de subjetividad, evitando que sus juicios valorativos puedan verse reflejados en la información registrada. Para esto hay que garantizar.

Mediante la observación:

Se recoge la información de cada uno de los conceptos o variables definidas en la hipótesis de trabajo, en el modelo. Cuando esto se cumple decimos que existe validez en la observación.

El documento guía de la observación debe ser:

Lo suficientemente preciso y claro para garantizar que diferentes observadores al aplicar éste, en un momento dado, lo entiendan y apliquen de la misma manera. Cuando este requisito se cumple decimos que la observación es confiable.

La observación como método científico hace posible:

Investigar el fenómeno directamente, en su manifestación más externa, en su desarrollo, sin que llegue a la esencia del mismo, a sus causas, de ahí que, en la

práctica, junto con la observación, se trabaje sistemáticamente con otros métodos o procedimientos como son: la medición y el experimento.

Por supuesto, para llegar a la esencia profunda del objeto se hace necesario el uso de los métodos teóricos.

3.2.2 El Fichaje

El fichaje es una técnica auxiliar de todas las demás técnicas empleada en investigación científica; consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales, debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación por lo cual constituye un valioso auxiliar en esa tarea, al ahorra mucho tiempo, espacio y dinero.

3.2.3 Método de la medición

Se aplicará con la finalidad de tener valores numéricos para poder evaluar y representar adecuadamente el comportamiento. Se instalara el analizador al lado de baja en el transformador y en el tablero general principal durante 7 días consecutivos. También se utilizaran los datos registrados por el medidor electrónico instalado en el lado de 13.8 por parte de la EERSSA.

3.3 LEVANTAMIENTO DE ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILE

Para empezar el levantamiento del sistema eléctrico de ILE, se inicio desde la casa de transformador donde está instalado un transformador de 250KVA.

En la ficha técnica que se muestran a continuación se especifica las características del transformador.

FICHA DEL TRANSFORMADOR

FICHA TRANSFORMADOR				
NUMERO 1157		P	PROPIETARIO ILE	
MARCA ECUATRAN		POTENCIA (KVA) 250	SERIE 153	
No. FASES 3		FRECUENCIA (Hz) 60	IMPEDANCIA 3,90%	
BIL			Primario	Secundario
Alta Tensión 95		Voltaje (KV/V) Corriente (KA/A)	13200	220
Baja Tensión 30			10,93	656,1
Peso Aceite 270 Kg		Peso Total 1227 kg	Conexión DY5	

La fábrica en mención se divide en diferentes áreas productivas, totalmente independientes, entre las que podemos anotar el área administrativa, área de envasado, área de molinos, área de secado de granos, sector de tolvas de alimentación, bodegas, casa de guardia, mecánica y AGROILE; por tal motivo cada área tiene una alimentación independiente, distribuida desde el tablero principal. Cada área tiene una alimentación independiente, distribuida desde el tablero principal. Cada área cuenta con tableros de distribución secundarios

ubicados estratégicamente que permiten alimentar a todos los circuitos de iluminación, fuerza y salidas especiales instalados.

Bajo sistemas de cargas ideales, las formas de onda de voltaje y corriente son sinusoidales perfectas. Sin embargo, debido a la gran utilización de cargas eléctricas no lineales, de dispositivos electrónicos y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal, estas formas de onda a menudo llegan a deformarse, perdiendo su características de ser ondas de voltaje y corriente perfectas.

Como podemos observar los distintos tipos de carga instalados en cada sección son muy variados, estos van desde una simple lámpara de incandescencia, la misma que al ser una carga lineal y de poca potencia su efecto en la calidad del suministro de energía eléctrica es imperceptible, hasta cargas o equipos más complejos los cuales no presentan una linealidad en su funcionamiento, tales equipos son variadores de frecuencia, autómatas programables, computadoras, entre otros, que al sumarse en gran mayoría tiene un efecto perceptible en la forma de onda del voltaje, afectando de esta manera la calidad de energía eléctrica y por ende a todos los elementos que forman parte de la instalación.

3.3.1 Potencia eléctrica instalada en la fabrica ile

Ubicaciòn	Potencia Unitaria	Servicio	Carga Total Instala. (w)	Factor de Utilidad	Carga Diversif. (w)	Fase	Voltaje (Voltios)	Corriente (Amp x F)
ADMINISTRAC.	27 X 23	Iluminaciòn	621	0,7	435	A	127	3,42
	4 X 40	Iluminaciòn	160	0,7	112	A	127	0,88
	1 X 80	Iluminaciòn	80	0,7	56	A - B	220	0,25
	9 X 150	Iluminaciòn	1.44	0,7	1.008	A - B	220	4,58
	32 COMPUTADO.	Tomacorriente	9.6	0,8	7.68	B	127	60,47
VESTI. BAÑOS Y COMEDOR	33 X 23	Iluminaciòn	621	0,7	435	A	127	3.42
	2 X 100	Iluminaciòn	160	0,7	112	A	127	0,88
ENVASADO GRANOS	7 X 23	Iluminaciòn	161	0,7	113	A	127	0,89
	2 X 80	Iluminaciòn	160	0,7	112	A - B	220	0,51
	Màquina N° 2	Tomacorriente	1.87	0,8	1.496	A - B - C	220	6,80
	Màquina N° 750	Tomacorriente	390	0,8	312	A - B - C	220	1,42
ENVASADO HIERVAS	2 X 23	Iluminaciòn	46	0,8	37	A	127	0,29
	4 X 80	Iluminaciòn	320	0,8	256	A - B - C	220	1,16
	Màquina N° 543	Tomacorriente	760	0,8	608	A - B - C	220	2,76
	Màquina N° 912	Tomacorriente	440	0,8	352	A - B - C	220	1,60
	Màquina N° 926	Tomacorriente	120	0,8	96	A - B - C	220	0,44
	Màquina N° 344	Tomacorriente	960	0,8	768	A - B - C	220	3,49
	Màquina N° 605	Tomacorriente	760	0,8	608	A - B - C	220	2,76
	Màquina N° 808	Tomacorriente	770	0,8	616	A - B - C	220	2,80
	Màquina N° 223	Tomacorriente	44	0,8	352	A - B - C	220	1,60
BODEGA M/P	4 X 250	Iluminaciòn	1	0,7	700	A - B	220	3,18
	COMPUTADORA	Tomacorriente	300	0,8	240	B	127	1,89
MOLINOS POLVOS	7 X 250	Iluminaciòn	1.75	0,7	1.225	A - B	220	5,57
	1 X 80	Iluminaciòn	80	0,7	56	A - B	220	0,25
	Máquina N° 72	Tomacorriente	2.54	0,8	2.032	A - B - C	220	9,24
	Máquina N° 73	Tomacorriente	1.32	0,8	1.056	A - B - C	220	4,80
	Máquina N° 71	Tomacorriente	748	0,8	598	A - B - C	220	2,72
	Máquina N° 74	Tomacorriente	2.288	0,8	1.83	A - B - C	220	8,32
	Máquina N° 75	Tomacorriente	792	0,8	634	A - B - C	220	2,88
	Máquina N° 76	Tomacorriente	3.3	0,8	2.64	A - B - C	220	12,00
	Máquina N° 77	Tomacorriente	1.87	0,8	1.496	A - B - C	220	6,80
	Máquina N° 78	Tomacorriente	2.75	0,8	2.2	A - B - C	220	10,00
	Máquina N° 70	Tomacorriente	748	0,8	598	A - B - C	220	2,72
	Máquina N° 79	Tomacorriente	2.596	0,8	2.077	A - B - C	220	9,44
	Máquina N° 80	Tomacorriente	2.238	0,8	1.79	A - B - C	220	8,14
	Máquina N° 87	Tomacorriente	3.08	0,8	2.464	A - B - C	220	11,20

Ubicaciòn	Potencia Unitaria	Servicio	Carga Total Instala. (w)	Factor de Unidad	Carga Diversif. (w)	Fase	Voltaje (Voltios)	Corriente (Amp x Fase)
MOLINOS POLVOS	Máquina Nº 86	Tomacorriente	3.08	0,8	2.464	A - B - C	220	11,20
	Máquina Nº 85	Tomacorriente	2.596	0,8	2.077	A - B - C	220	9,44
	Máquina Nº 84	Tomacorriente	3.718	0,8	2.974	A - B - C	220	13,52
	Máquina Nº 82	Tomacorriente	3.036	0,8	2.429	A - B - C	220	11,04
	Máquina Nº 264	Tomacorriente	2.2	0,8	1.76	A - B - C	220	8,00
	Máquina Nº 92	Tomacorriente	2.86	0,8	2.288	A - B - C	220	10,40
	Máquina Nº 93	Tomacorriente	880	0,8	704	A - B - C	220	3,20
	Máquina Nº 81	Tomacorriente	2.25	0,8	1.8	A - B - C	220	8,18
	Máquina Nº 88	Tomacorriente	3.52	0,8	2.816	A - B - C	220	12,80
	Máquina Nº 83	Tomacorriente	4.64	0,8	3.712	A - B - C	220	16,87
	Máquina Nº 110	Tomacorriente	6.98	0,8	5.584	A - B - C	220	25,38
	Máquina Nº 108	Tomacorriente	4.2	0,8	3.36	A - B - C	220	15,27
ENVASADO POLVOS	7 X 250	Iluminaciòn	1.75	0,7	1.225	A - B	220	5,57
	1 X 80	Iluminaciòn	80	0,7	56	A - B	220	0,25
	Máquina Nº 28	Tomacorriente	450	0,8	360	A - B - C	220	1,64
	Máquina Nº 222	Tomacorriente	5.5	0,8	4.4	A - B - C	220	20,00
	Máquina Nº 743	Tomacorriente	638	0,8	510	A - B - C	220	2,32
	Máquina Nº 8	Tomacorriente	2.2	0,8	1.76	A - B - C	220	8,00
	Máquina Nº 10	Tomacorriente	2.2	0,8	1.76	A - B - C	220	8,00
	Máquina Nº 21	Tomacorriente	1.515	0,8	1.212	A - B - C	220	5,51
	Máquina Nº 333	Tomacorriente	960	0,8	768	A - B - C	220	3,49
	Máquina Nº 7	Tomacorriente	2.2	0,8	1.76	A - B - C	220	8,00
	Máquina Nº 166	Tomacorriente	2.2	0,8	1.76	A - B - C	220	8,00
	Máquina Nº 12	Tomacorriente	4.4	0,8	3.52	A - B - C	220	16,00
	Máquina Nº 16	Tomacorriente	450	0,8	360	A - B - C	220	1,64
	Máquina Nº 3	Tomacorriente	4.4	0,8	3.52	A - B - C	220	16,00
	Máquina Nº 871	Tomacorriente	244	0,8	195	A - B - C	220	0,89
	Máquina Nº 15	Tomacorriente	3.3	0,8	2.64	A - B - C	220	12,00
	Máquina Nº 4	Tomacorriente	2.2	0,8	1.76	A - B - C	220	8,00
	Máquina Nº 31	Tomacorriente	450	0,8	360	A - B - C	220	1,64
	Máquina Nº 1	Tomacorriente	4.4	0,8	3.52	A - B - C	220	16,00
	Máquina Nº 18	Tomacorriente	692	0,8	554	A - B - C	220	2,52
SECADO DE GRANOS	2 X 250	Iluminaciòn	500	0,7	350	A - B	220	1,59
	Máquina Nº 550	Tomacorriente	3.32	0,8	2.656	A - B - C	220	12,07
	Ventilador	Tomacorriente	792	0,8	634	A - B - C	220	2,88
	Ventilador	Tomacorriente	796	0,8	637	A - B - C	220	2,89

Ubicación	Potencia Unitaria	Servicio	Carga Total Instala. (w)	Factor de Unidad	Carga Diversif. (w)	Fase	Voltaje (Voltios)	Corriente (Amp x Fase)
MOLINOS PASTAS	1 X 250	Iluminación	250	0.7	175	A-B	220	0.8
	Máquina N° 172	Tomacorriente	1540	0.8	1232	A-B-C	220	5.6
	Máquina N° 171	Tomacorriente	440	0.8	352	A-B-C	220	1.6
	Máquina N° 428	Tomacorriente	1100	0.8	880	A-B-C	220	4
	Máquina N° 589	Tomacorriente	12200	0.8	9760	A-B-C	220	44.36
	Máquina N° 41	Tomacorriente	8800	0.8	7040	A-B-C	220	32
	Máquina N° 42	Tomacorriente	9900	0.8	7920	A-B-C	220	36
	Máquina N° 44	Tomacorriente	8600	0.8	6880	A-B-C	220	31.27
	Máquina N° 163	Tomacorriente	11000	0.8	8800	A-B-C	220	40
	Máquina N° 164	Tomacorriente	13200	0.8	10560	A-B-C	220	48
TOLVAS DE ALIM.	Máquina N° 761	Tomacorriente	1100	0.8	880	A-B-C	220	4
	Máquina N° 210	Tomacorriente	11000	0.8	8800	A-B-C	220	40
	Máquina N° 209	Tomacorriente	11000	0.8	8800	A-B-C	220	40
	Máquina N° 46	Tomacorriente	11000	0.8	8800	A-B-C	220	40
	Máquina N° 37	Tomacorriente	1122	0.8	897.6	A-B-C	220	4.08
	Máquina N° 541	Tomacorriente	2596	0.8	2076.8	A-B-C	220	9.44
	Máquina N° 935	Tomacorriente	1166	0.8	932.8	A-B-C	220	4.24
	Máquina N° 547	Tomacorriente	1166	0.8	932.8	A-B-C	220	4.24
	Máquina N° 829	Tomacorriente	3300	0.8	2640	A-B-C	220	12
	Máquina N° 429	Tomacorriente	1122	0.8	897.6	A-B-C	220	4.08
	Máquina N° 411	Tomacorriente	1760	0.8	1408	A-B-C	220	6.4
	Máquina N° 723	Tomacorriente	3300	0.8	2640	A-B-C	220	12
	Máquina N° 768	Tomacorriente	1408	0.8	1126.4	A-B-C	220	5.12
	Máquina N° 1037	Tomacorriente	1386	0.8	1108.8	A-B-C	220	5.04
	Máquina N° 733	Tomacorriente	3300	0.8	2640	A-B-C	220	12
	Máquina N° 934	Tomacorriente	1386	0.8	1108.8	A-B-C	220	5.04
	Máquina N° 689	Tomacorriente	3300	0.8	2640	A-B-C	220	12
	Máquina N° 211	Tomacorriente	1782	0.8	1425.6	A-B-C	220	6.48
	Máquina N° 45	Tomacorriente	11000	0.8	8800	A-B-C	220	40
	Máquina N° 234	Tomacorriente	2596	0.8	2076.8	A-B-C	220	9.44
	Máquina N° 251	Tomacorriente	2596	0.8	2076.8	A-B-C	220	9.44
	Máquina N° 181	Tomacorriente	506	0.8	404.8	A-B-C	220	1.84
	Máquina N° 38	Tomacorriente	1122	0.8	897.6	A-B-C	220	4.08
	Máquina N° 35	Tomacorriente	1122	0.8	897.6	A-B-C	220	4.08
	Máquina N° 33	Tomacorriente	2992	0.8	2393.6	A-B-C	220	10.88
	Máquina N° 39	Tomacorriente	1364	0.8	1091.2	A-B-C	220	4.96
	Máquina N° 43	Tomacorriente	8140	0.8	6512	A-B-C	220	29.6
	Máquina N° 207	Tomacorriente	1364	0.8	1091.2	A-B-C	220	4.96
	Máquina N° 830	Tomacorriente	1232	0.8	985.6	A-B-C	220	4.48
	Máquina N° 173	Tomacorriente	792	0.8	633.6	A-B-C	220	2.88
	Máquina N° 831	Tomacorriente	1232	0.8	985.6	A-B-C	220	4.48
	Máquina N° 208	Tomacorriente	1364	0.8	1091.2	A-B-C	220	4.96
	Máquina N° 40	Tomacorriente	924	0.8	739.2	A-B-C	220	3.36
	Máquina N° 38	Tomacorriente	792	0.8	633.6	A-B-C	220	2.88
	Máquina N° 727	Tomacorriente	2948	0.8	2358.4	A-B-C	220	10.72
	Máquina N° 927	Tomacorriente	7920	0.8	6336	A-B-C	220	28.8

Ubicación	Potencia Unitaria	Servicio	Carga Total Instala. (w)	Factor de Unidad	Carga Diversif.(w)	Fase	Voltaje (Voltios)	Corriente (Amp x Fase)
ENVASADO PASTAS	12X250	Iluminación	3000	0.7	2100	A-B	220	9.55
	1X23	Iluminación	23	0.7	16.1	A	127	0.13
	3X80	Iluminación	240	0.7	168	A-B	220	0.76
	Máquina Nº 765	Tomacorriente	4400	0.8	3520	A-B-C	220	16
	Máquina Nº 380	Tomacorriente	4400	0.8	3520	A-B-C	220	16
	Máquina Nº 16	Tomacorriente	120	0.8	96	A-B-C	220	0.44
	Máquina Nº 744	Tomacorriente	374	0.8	299.2	A-B-C	220	1.36
	Máquina Nº 813	Tomacorriente	390	0.8	312	A-B-C	220	1.42
	Máquina Nº 857	Tomacorriente	2200	0.8	1760	A-B-C	220	8
	Máquina Nº 32	Tomacorriente	4400	0.8	3520	A-B-C	220	16
	Máquina Nº 201	Tomacorriente	3520	0.8	2816	A-B-C	220	12.8
	Máquina Nº 219	Tomacorriente	2200	0.8	1760	A-B-C	220	8
	Máquina Nº 469	Tomacorriente	450	0.8	360	A-B-C	220	1.64
	Máquina Nº 26	Tomacorriente	3520	0.8	2816	A-B-C	220	12.8
	Máquina Nº 748	Tomacorriente	2200	0.8	1760	A-B-C	220	8
	Máquina Nº 560	Tomacorriente	960	0.8	768	A-B-C	220	3.49
	Máquina Nº 304	Tomacorriente	3520	0.8	2816	A-B-C	220	12.8
	Máquina Nº 911	Tomacorriente	390	0.8	312	A-B-C	220	1.42
	Máquina Nº 476	Tomacorriente	3520	0.8	2816	A-B-C	220	12.8
	Máquina Nº 25	Tomacorriente	3520	0.8	2816	A-B-C	220	12.8
	Máquina Nº 641	Tomacorriente	220	0.8	176	A-B-C	220	0.8
	Máquina Nº 30	Tomacorriente	286	0.8	228.8	A-B-C	220	1.04
	Máquina Nº 260	Tomacorriente	510	0.8	408	A-B-C	220	1.85
	Máquina Nº 639	Tomacorriente	4400	0.8	3520	A-B-C	220	16
	Máquina Nº 304	Tomacorriente	4400	0.8	3520	A-B-C	220	16
	Máquina Nº 505	Tomacorriente	2200	0.8	1760	A-B-C	220	8
	Máquina Nº 9	Tomacorriente	3300	0.8	2640	A-B-C	220	12
	Máquina Nº 10	Tomacorriente	3300	0.8	2640	A-B-C	220	12
MOLINAS HIERVAS	1X80	ILUMINACION	80	0.7	56	A-B	220	0.25
	1X23	ILUMINACION	23	0.7	16	A	127	0.13
	Maquina N.- 115	Tomacorriente	3.476	0.8	2.781	A-B-C	220	12.64
	Maquina N.- 113	Tomacorriente	3.476	0.8	2.781	A-B-C	220	12.64
	Maquina N.-112	Tomacorriente	2.992	0.8	2.394	A-B-C	220	10.88
	Maquina N.-981	Tomacorriente	220	0.8	176	A-B-C	220	0.80
MEZANINE DE BODEGA M/P	3 X 23	ILUMINACION	69	0.7	48	A	127	0.38
	Maquina N.-369	Tomacorriente	250	0.8	200	A-B-C	220	0.91
	Maquina N.-135	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00
	BLOWER	Tomacorriente	330	0.8	264	A-B-C	220	1.20
LAVADO M/P	1X250	ILUMINACION	250	0.7	175	A-B	220	0.80
	Maquina N.-876	Tomacorriente	1.1	0.8	880	A-B-C	220	4.00
	Maquina N.- 808	Tomacorriente	990	0.8	792	A-B-C	220	3.60
	Maquina 148	Tomacorriente	3.740	0.8	2.992	A-B-C	220	13.60

Ubicación	Potencia Unitaria	Servicio	Carga Total Instala. (w)	Factor de Unidad	Carga Diversif (w)	Fase	Voltaje (Voltios)	Corriente (Amp x F)	
BODEGA INSUMO	7 X 250	ILUMINACION	1.750	0.7	1.225	A-B	220	5.57	
	1 X 100	ILUMINACION	100	0.7	70	A-B	220	0.32	
	Mini componente	Tomacorriente	300	0.5	150	B	127	1.18	
	Radio	Tomacorriente	150	0.5	75	B	127	0.59	
BODEGA P/T	6 X 250	ILUMINACION	1.500	0.7	1.050	A-B	220	4.77	
	1 X 80	ILUMINACION	80	0.7	56	A-B	220	0.25	
	Máquina 838	Tomacorriente	1.100	0.8	880	A-B-C	220	4.00	
	Computadora	Tomacorriente	300	0.7	210	A	127	1.65	
CUARTO COMPRESORES	1 X 100	ILUMINACION	100.000	0.7	70	A-B	220	0.32	
	Máquina 203	Tomacorriente	672	0.8	538	A-B-C	220	2.44	
	Máquina 51	Tomacorriente	3.740	0.8	2.992	A-B-C	220	13.60	
	Máquina 52	Tomacorriente	3.740	0.8	2.992	A-B-C	220	3.81	
	Máquina 202	Tomacorriente	1.047	0.8	838	A-B-C	220	1.39	
CASA GUARDIA	11x23	ILUMINACION	253	0.7	177	A	127	1.38	
	Televisor	Tomacorriente	250	0.7	175	B	127	1.42	
	Licuadaora	Tomacorriente	360	0.5	180	B	127	1.59	
SECADORES PARTE ALTA	2X250	ILUMINACION	500	0.7	350	A-B	220	3.12	
	Maquina 785	Tomacorriente	858	0.8	686	A-B-C	220	3.12	
	Maquina 786	Tomacorriente	858	0.8	686	A-B-C	220	2.00	
	Maquina 787	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	0.00	
	Maquina 788	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00	
	Maquina 789	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00	
	Maquina 790	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00	
	Maquina 791	Tomacorriente	440	0.8	352	A-B-C	220	1.60	
	MECANICA	4X250	ILUMINACION	1.000	0.7	700	A-B	220	3.18
		8X23	ILUMINACION	184	0.7	129	A	127	1.01
2X100		ILUMINACION	200	0.7	140	A-B	220	0.64	
5X80		ILUMINACION	400	0.7	280	A-B	220	1.27	
6 COMPUT.		Tomacorriente	1.800	0.8	1.440	B	127	11.34	
Máquina Nº 168		Tomacorriente	770	0.8	616	A-B-C	220	2.80	
Máquina Nº 277		Tomacorriente	880	0.8	704	A-B-C	220	3.20	
Máquina Nº 280		Tomacorriente	748	0.8	598	A-B-C	220	2.72	
Máquina Nº 283		Tomacorriente	506	0.8	405	A-B-C	220	1.84	
Máquina Nº 281		Tomacorriente	616	0.8	493	A-B-C	220	2.24	
Máquina Nº 278		Tomacorriente	3.74	0.8	2.992	A-B-C	220	13.60	
Máquina Nº 279		Tomacorriente	2.200	0.8	1.760	A-B-C	220	8.00	
Máquina Nº 253		Tomacorriente	600	0.8	480	A-B-C	220	2.18	
Máquina Nº 248		Tomacorriente	440	0.8	352	A-B-C	220	1.60	
Máquina Nº 182		Tomacorriente	1.320	0.8	1.056	A-B-C	220	4.80	
Máquina Nº 205		Tomacorriente	960	0.8	768	A-B-C	220	3.49	
Máquina Nº 243		Tomacorriente	286	0.8	229	A-B-C	220	1.04	
Máquina Nº 282		Tomacorriente	3.200	0.8	2.560	A-B-C	220	11.64	
Máquina Nº 285		Tomacorriente	1.320	0.8	1.056	A-B-C	220	4.80	
Máquina Nº 497		Tomacorriente	2.200	0.8	1.760	A-B-C	220	8.00	
Máquina Nº 588	Tomacorriente	960	0.8	768	A-B-C	220	3.49		
Máquina Nº 291	Tomacorriente	1.650	0.8	1.320	A-B-C	220	6.00		
Máquina Nº 286	Tomacorriente	6.600	0.8	5.280	A-B-C	220	24.00		
Máquina Nº 498	Tomacorriente	4.301	0.8	3.441	A-B-C	220	15.64		

Ubicación	Potencia Unitaria	Servicio	Carga Total Instala. (w)	Factor de Unidad	Carga Diversif. (w)	Fase	Voltaje (Volt)	Corriente (Amp x F)
AGROILE	15X100	ILUMINACION	1.500	0.7	1.050	A-B	220	4.77
	1 COMPUT.	Tomacorriente	300	0.8	240	B	127	1.89
	Máquina Nº 1065.15	Tomacorriente	880	0.8	704	A-B-C	220	3.20
	Máquina Nº 1065.14	Tomacorriente	440	0.8	352	A-B-C	220	1.60
	Máquina Nº 1065.16	Tomacorriente	1.540	0.8	1.232	A-B-C	220	5.60
	Máquina Nº 1038	Tomacorriente	3.740	0.8	2.992	A-B-C	220	13.60
	Máquina Nº 963	Tomacorriente	1.760	0.8	1.408	A-B-C	220	6.40
	Máquina Nº 962	Tomacorriente	1.760	0.8	1.408	A-B-C	220	6.40
	Máquina Nº 793	Tomacorriente	660	0.8	528	A-B-C	220	2.40
	Máquina Nº 792	Tomacorriente	660	0.8	528	A-B-C	220	2.40
	Máquina Nº 794	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00
	Máquina Nº 795	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00
	Máquina Nº 796	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00
	Máquina Nº 797	Tomacorriente	550	0.8	440	A-B-C	220	2.00
LABORATORIO	34X23	ILUMINACION	782	0.7	547	A	127	4.31
	5X80	ILUMINACION	400	0.7	280	A-B	220	1.27
	4 OMPUT.	Tomacorriente	1.200	0.8	960	B	127	7.56
	Máquina Nº 1107.15	Tomacorriente	780	0.8	624	A-B-C	220	2.84
	Máquina Nº 672	Tomacorriente	1.560	0.8	1.248	A-B-C	220	5.67
	Máquina Nº 759	Tomacorriente	380	0.8	304	A-B-C	220	1.38
	Máquina Nº 940	Tomacorriente	880	0.8	704	A-B-C	220	3.2
	Máquina Nº 268	Tomacorriente	440	0.8	352	A-B-C	220	1.6
	OTRO EQUIP.	Tomacorriente	6.120	0.8	4.896	A-B-C	220	22.25
OTROS SECTORES	6X250	ILUMINACION	1.500	0.7	1.050	A-B	220	4.77
	8X100	ILUMINACION	800	0.7	560	A-B	220	2.55
	4X23	ILUMINACION	92	0.7	64	A	127	0.51
	Máquina Nº 142	Tomacorriente	1.309	0.8	1.047	A-B-C	220	4.76
	Máquina Nº 822	Tomacorriente	1272	0.8	1.18	A-B-C	220	4.63
	Máquina Nº 921	Tomacorriente	1.047	0.8	838	A-B-C	220	3.81
	Máquina Nº 821	Tomacorriente	1.272	0.8	1.018	A-B-C	220	4.63
		Total Fase A	162401		128551.4	Fase A	127	592.47
		Total Fase B	173166		137240.3	Fase B	127	660.9
		Total Fase C	148501		118800.8	Fase C	127	540.01

RESUMEN	
CARGA TOTAL INSTALADA	484.07 kW
CARGA TOTAL DIVERSIFICADA	384.59 kW
FACTOR DE CONCIENCIA	0.8
DEMANDA TOTAL DIVERSIFICADA	307.67 kW
FACTOR DE POTENCIA	0.95
DEMANDA REQUERIDA EN KVA	323.87KVA

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGIA

Con la finalidad de tener valores numéricos para poder evaluar y representar adecuadamente el comportamiento de la onda, se procede a instalar el equipo analizador de redes en el lado de baja tensión de la cámara de transformación, como también en el tablero principal de distribución durante siete días, tomando muestras cada diez minutos, conforme lo establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC; que nos permitirá obtener una curva de carga durante este periodo.

También se utilizará el historial de datos registrados por el medidor electrónico instalado en el sector de 13.8 KV, propiedad de la EERSSA.

4.1 Análisis

A continuación se describen los resultados obtenidos de las mediciones y el análisis correspondiente de las mismas, para el efecto, los equipos guardan registros durante siete días, con intervalos de 10 minutos, obteniendo al final de cada medición, 1008 muestras. Los indicadores de calidad de energía son comparados con límites normalizados, tal como se muestra en la siguiente tabla:

INDICADORES	PERTURBACIONES	LÍMITES
N.T	Nivel de Tensión	(+10% Vn)
N.T	Nivel de Tensión	(-10% Vn)
Pst	Flicker	1 en el 5% de tiempo de muestreo
F.P	Factor de potencia	0.92
THDv	Distorsión armónica de tensión	8%

Tabla. 1. Resumen de los indicadores de calidad y sus límites

Con la finalidad de obtener mejores resultados, se procedió a monitorear al transformador con los equipos de calidad Topas 1000 y FLUKE 1744.

4.2 RESULTADOS OBTENIDOS CON TRAFIO DE 250kVA

Niveles de Tensión:

Se admite el $\pm 10\%$ de la tensión nominal (está alimentado en baja tensión trifásico de 127V fase-neutro) durante el 95% del periodo de medición conforme la Regulación No. 004/01 - CONELEC.

De un total de 1008 muestras se obtuvo un cumplimiento del 100%, en vista que todas las mediciones se encuentran dentro del margen permitido como límite según la regulación vigente, como se puede observar en el siguiente cuadro.

NIVELES DE TENSIÓN FASE A			
Limites:			
-10% < 114,30	+10% > 139,70	124,79 V valor medido	
Mínimo 119.81 17/04/2009 18:30	Máximo 129.41 19/04/2009 22:30		
# muestras mayores al límite			
0	0		
Cumplimiento con la regulación			
SI X	NO	SI X	NO
Porcentaje			
100,00%	0,00%	100,00%	0,00%

NIVELES DE TENSIÓN FASE B			
Limites:			
-10% < 114,30	+10% > 139,70	125,79 V valor medido	
Mínimo 120.92 17/04/2009 11:50	Máximo 130,30 19/04/2009 22:30		
# muestras mayores al límite			
0	0		
Cumplimiento con la regulación			
SI X	NO	SI X	NO
Porcentaje			
100,00%	0,00%	100,00%	0,00%

NIVELES DE TENSIÓN FASE C			
Limites:			
-10% < 114,30	+10% > 139,70	125,27 V valor medido	
Mínimo 120.27 16/04/2009 08:20	Máximo 130,03 20/04/2009 0:40		
# muestras mayores al límite			
0	0		
Cumplimiento con la regulación			
SI X	NO	SI X	NO
Porcentaje			
100,00%	0,00%	100,00%	0,00%

Tabla. 2. Resumen de Niveles de Tensión

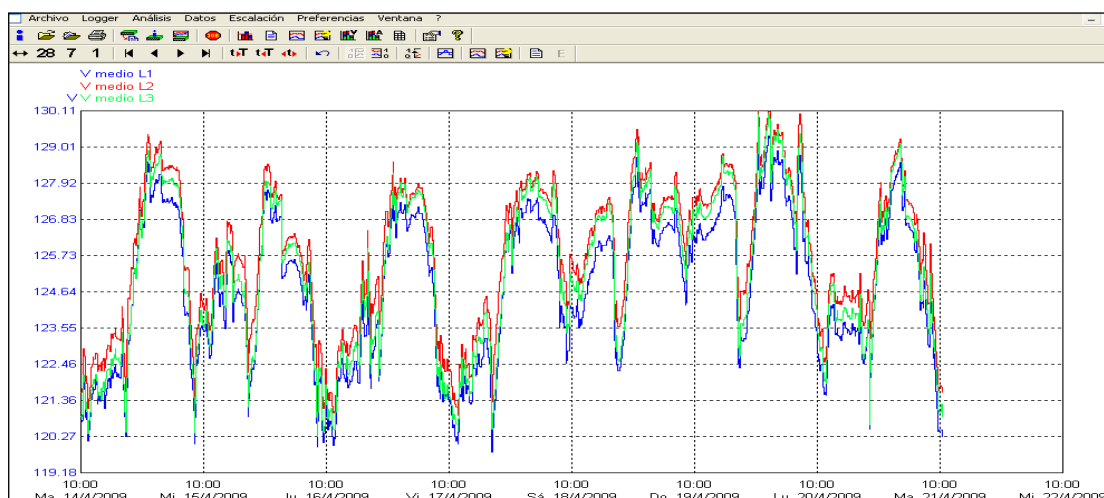


Fig.1 Medición de voltajes

De las mediciones obtenidas podemos deducir que no existe una amplia variación de voltaje, se encuentra dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC.

4.2.1 Perturbaciones

4.2.1.1 Parpadeo (Flicker)

El índice de severidad flicker de corta duración (P_{st}), definido de acuerdo a las normas IEC 60868, medida en intervalos de 10 minutos.

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, se admite cumplimiento si durante el período de medición nos encontramos dentro del límite admisible durante al menos el 95% (conforme la Regulación No. 004/01 - CONELEC).

Resultado: Del total de 1012 muestras por fase, el cumplimiento es del 99.8%, y 99.7% para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, lo cual muestra que el cumplimiento de la regulación es total, y se demuestra que ninguno de los porcentajes se acerca al límite establecido, es decir al 5%.

Las magnitudes registradas del flicker durante el periodo de medición se observa en la siguiente tabla.

FLICKER FASE A			FLICKER FASE B			FLICKER FASE C		
Límite P_{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 2		Límite P_{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 2		Límite P_{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 3	
Cumplimiento con la regulación			Cumplimiento con la regulación			Cumplimiento con la regulación		
SI X	99,8%	NO 0,20%	SI X	99,80%	NO 0,20%	SI X	99,70%	NO 0,30%
Máximo 1,37	Promedio 0,002	Mínimo 0,00	Máximo 3,05	Promedio 0,003	Mínimo 0,00	Máximo 4,42	Promedio 0,004	Mínimo 0,00

Tabla. 3 Resumen de los indicadores de Flicker

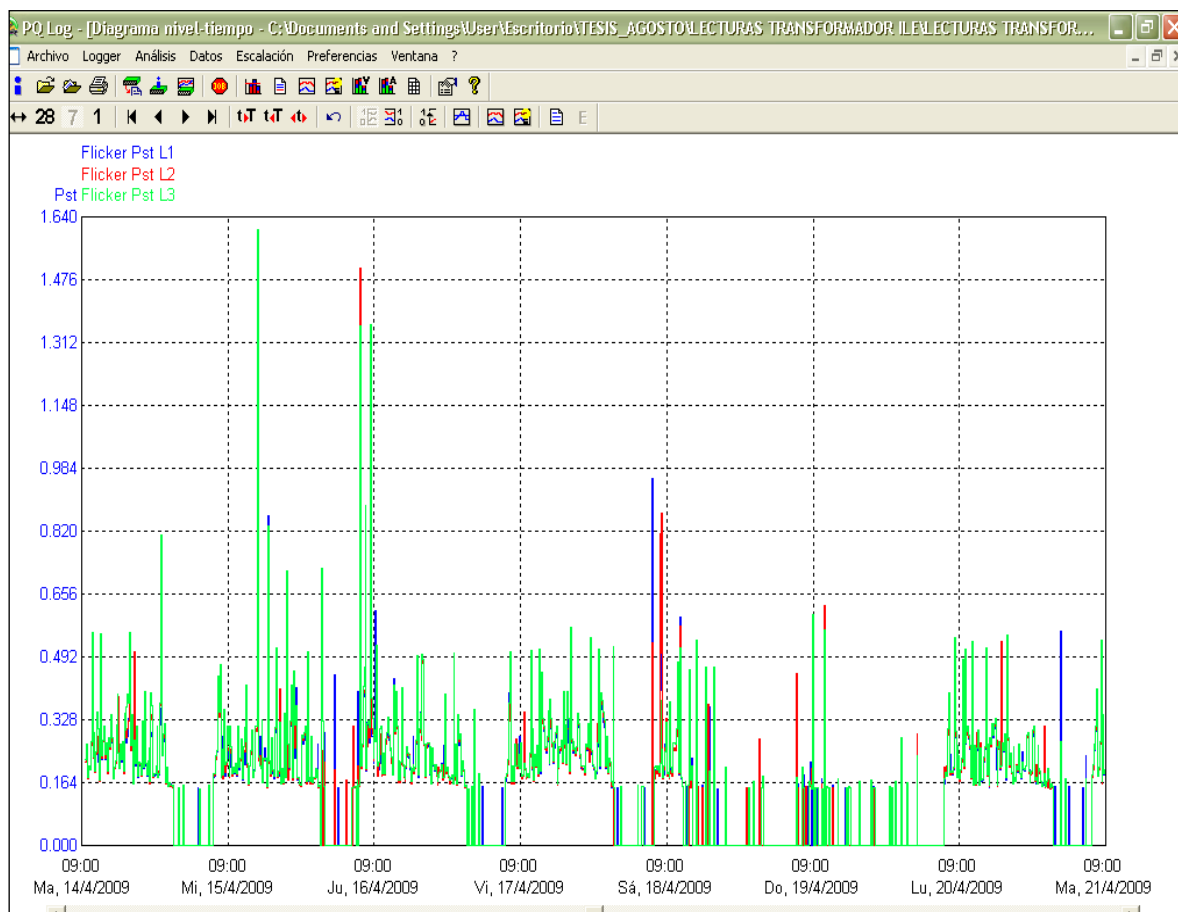


FIG. 2 Medición de flicker

4.2.2 Armónicos

La distorsión armónica total de tensión THD se mide de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7 en intervalos de medición de 10 minutos.

Límites: La distorsión armónica total debe ser menor o igual al 8% y las armónicas individuales su cumplimiento debe estar en función de los parámetros que se indican en la tabla 1 (Regulación No. 004/01 - CONELEC).

ARMÓNICAS FASE A							
Limite THDv 8%	Mínimo 0,72	THDv 1,81	Máximo 3,20	Número de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación	SI	X	100,00%	NO	0,00%		
Armónicas Individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	
Valor medido	0,88	0,49	0,10	0,13	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Orden Armónica	23	25	29	31	35	37	
Límite	1,5	1,5	1,32	1,25	1,13	1,08	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor medido	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pares							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24	26	28
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	30	32	34	36	38	40	
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabla. 4 Indicadores de Armónicos fase A

ARMÓNICAS FASE B							
Limite THDv 8%	Mínimo 0,61	THDv 1,85	Máximo 3,13	Número de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con laregulación	SI	X	100,00%	NO	0,00%		
Armónicas Individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	
Valor medido	0,87	0,53	0,08	0,07	0,00	0,01	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Orden Armónica	23	25	29	31	35	37	
Límite	1,5	1,5	1,32	1,25	1,13	1,08	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor medido	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pares							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24	26	28
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	30	32	34	36	38	40	
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabla. 5 Indicadores de Armónicos fase B

ARMÓNICAS FASE C							
Limite THDv 8%	Mínimo 0,58	THDv 1,68	Máximo 2,95	Número de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación	SI	X	100,00%	NO	0,00%		
Armónicas Individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	
Valor medido	0,83	0,42	0,08	0,06	0,00	0,01	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Orden Armónica	23	25	29	31	35	37	
Límite	1,5	1,5	1,32	1,25	1,13	1,08	
Valor medido	0,00SXZ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor medido	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pares							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24	26	28
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	30	32	34	36	38	40	
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabla. 6 Indicadores de Armónicos fase C

4.2.3 Factor de potencia

Referencia y Límites: Para efectos de la evaluación de la calidad, el factor de potencia debe ser superior a 0.92 durante el 95% del periodo de medición conforme la Regulación No. 004/01 - CONELEC, cabe indicarse que éste es un efecto de la carga, por lo que no se atribuye como consecuencia del servicio otorgado por la EERSSA, sin embargo, es responsabilidad de la misma el controlar que se cumpla con las condiciones establecidas.

Resultados: De un total de 1008 muestras por fase, se obtuvo que existe incumplimiento en la una fase (fase 2), pues superan el 5% tolerable del límite establecido, siendo los porcentajes de incumplimiento del 99.1%, 61.41% y 51.59%, para las fase 1, 2 y 3 respectivamente (ver tabla 7).

FACTOR DE POTENCIA FASE A			FACTOR DE POTENCIA FASE B			FACTOR DE POTENCIA FASE C		
Límite P _{st} p.u.	# de muestras mayores al límite 999		Límite P _{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 619		Límite P _{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 520	
Cumplimiento con la regulación			Cumplimiento con la regulación			Cumplimiento con la regulación		
SI	0,89%	NO X 99,1%	SI	38,59%	NO X 61,41%	SI	48,41%	NO X 51,59%
Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
0,924	0,71	0,41	1,00	0,89	0,68	1,00	0,89	0,00

Tabla. 7 Indicadores de Factor de Potencia

Armónicos

Referencia: La distorsión armónica total de corriente THD se mide de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7 en intervalos de medición de 10 minutos la cual se detalla a continuación.

THD (I) FASE A			THD (I) FASE B			THD (I) FASE C		
Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
1,54	6,30	1,54	15,40	6,30	0,00	38,20	9,56	0,00

Tabla.8 Indicadores THD (I)

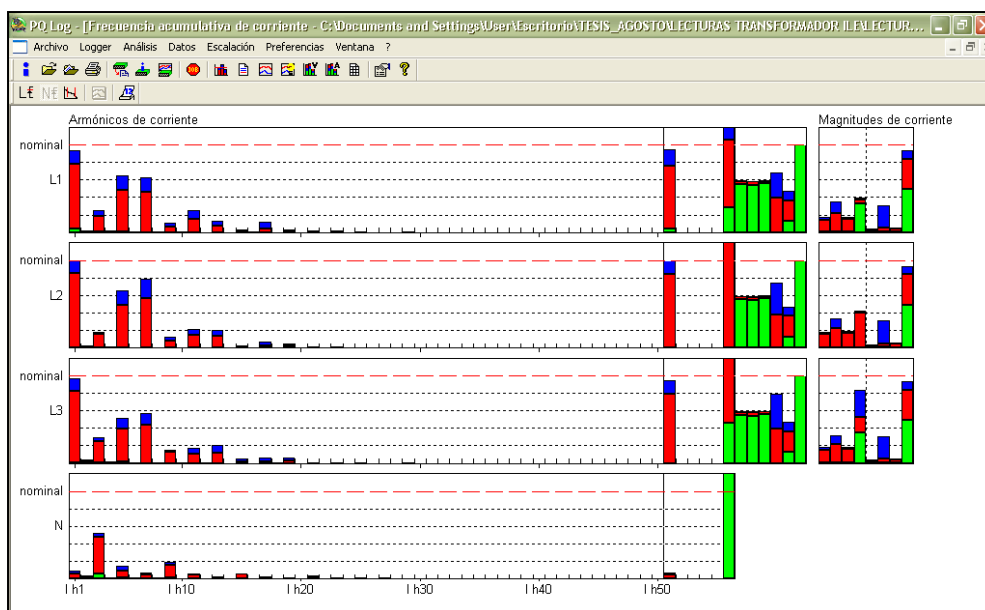


Fig. 3 EspectrosArmonico THD V – THD I

4.3 RESULTADOS OBTENIDOS TRAF0 DE 350 kVA

Con los primeros resultados obtenidos, y con el levantamiento actual de la carga instalada pudimos verificar que el transformador se encontraba sobrecargado, y se recomendó que se cambie por uno de 350 kVA.

Niveles de Tensión:

NIVELES DE TENSÓN FASE A				NIVELES DE TENSÓN FASE B				NIVELES DE TENSÓN FASE C			
Limites:				Limites:				Limites:			
-10% < 114,30		+10% > 139,70		-10% < 114,30		+10% > 139,70		-10% < 114,30		+10% > 139,70	
124,40 V valor medido				124,09 V valor medido				126,92 V valor medido			
Mínimo 0.00 20/03/2010 14:30		Máximo 129,23 23/03/2010 01:00		Mínimo 0.00 19/03/2010 12:40		Máximo 129,04 23/03/2010 01:00		Mínimo 0.00 19/03/2010 12:40		Máximo 131,82 23/03/2010 01:00	
# muestras mayores al límite				# muestras mayores al límite				# muestras mayores al límite			
0		0		0		0		0		0	
Cumplimiento con la regulación				Cumplimiento con la regulación				Cumplimiento con la regulación			
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
X		X		X		X		X		X	
Porcentaje				Porcentaje				Porcentaje			
100,00%		0,00%		100,00%		0,00%		100,00%		0,00%	

Tabla.9 Niveles de Tensión Trafo 350 kVA

4.3.1 Perturbaciones

4.3.1.1 Parpadeo (Flicker)

FLICKER FASE A			FLICKER FASE B			FLICKER FASE C		
Límite P_{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 4		Límite P_{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 4		Límite P_{st} 1 p.u.	# de muestras mayores al límite 5	
Cumplimiento con la regulación			Cumplimiento con la regulación			Cumplimiento con la regulación		
SI X	99,6%	NO 0,40%	SI X	99,6%	NO 0,40%	SI X	99,50%	NO 0,50%
Máximo	Promedi	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
5,56	0,18	0,00	5,32	0,19	0,00	5,40	0,18	0,00

Tabla.10 Indicadores Flicker trafo 350 kVA

4.3.2 Armónicos

La distorsión armónica total de tensión THD se mide de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7 en intervalos de medición de 10 minutos.

Límites: La distorsión armónica total debe ser menor o igual al 8% y las armónicas individuales su cumplimiento debe estar en función de los parámetros que se indican en la tabla 1 (Regulación No. 004/01 - CONELEC).

ARMÓNICAS FASE A							
Límite THDv 8%	Mínimo 0,00	THDv 1,66	Máximo 3,06	Número de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación		SI	X	100,00%	NO	0,00%	
Armónicas Individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	
Valor medido	1,39	0,71	0,27	0,17	0,07	0,06	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Orden Armónica	23	25	29	31	35	37	
Límite	1,5	1,5	1,32	1,25	1,13	1,08	
Valor medido	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor medido	0,24	0,09	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pares							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24	26	28
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	30	32	34	36	38	40	
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabla.11 Indicadores Armónicos Fase A

ARMÓNICAS FASE B							
Límite THDv 8%	Mínimo 0,00	THDv 1,95	Máximo 3,48	Número de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación		SI	X	100,00%	NO	0,00%	
Armónicas Individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	
Valor medido	1,64	0,83	0,28	0,27	0,08	0,06	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Orden Armónica	23	25	29	31	35	37	
Límite	1,5	1,5	1,32	1,25	1,13	1,08	
Valor medido	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor medido	0,34	0,14	0,09	0,04	0,02	0,01	0,01
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pares							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24	26	28
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	30	32	34	36	38	40	
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabla.12 Indicadores Armónicos Fase B

ARMÓNICAS FASE C							
Límite THDv 8%	Mínimo 0,00	THDv 1,87	Máximo 3,53	Número de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación		SI	X	100,00%	NO	0,00%	
Armónicas Individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden Armónica	5	7	11	13	17	19	
Límite	6	5	3,5	3	2	1,5	
Valor medido	1,63	0,72	0,32	0,23	0,07	0,05	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Orden Armónica	23	25	29	31	35	37	
Límite	1,5	1,5	1,32	1,25	1,13	1,08	
Valor medido	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor medido	0,21	0,15	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pares							
Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	16	18	20	22	24	26	28
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor medido	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Orden Armónica	30	32	34	36	38	40	
Límite	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Tabla.13 Indicadores Armónicos Fase C

4.3.3 Factor de Potencia

Referencia y Límites: Para efectos de la evaluación de la calidad, el factor de potencia debe ser superior a 0.92 durante el 95% del periodo de medición conforme la Regulación No. 004/01 - CONELEC, cabe indicarse que éste es un efecto de la carga, por lo que no se atribuye como consecuencia del servicio otorgado por la EERSSA, sin embargo, es responsabilidad de la misma el controlar que se cumpla con las condiciones establecidas.

Resultados: De un total de 1008 muestras por fase, se obtuvo el cumplimiento del 100% como se muestra en la siguiente tabla.

FACTOR DE POTENCIA FASE A			
# de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación			
SI	100,0%	NO	X 0,0%
Maximo	Promedio	Minimo	
0,924	0,71	0,41	

FACTOR DE POTENCIA FASE B			
# de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación			
SI	100,0%	NO	X 0,0%
Maximo	Promedio	Minimo	
1,00	0,89	0,68	

FACTOR DE POTENCIA FASE C			
# de muestras mayores al límite 0			
Cumplimiento con la regulación			
SI	100,0%	NO	X 0,0%
Maximo	Promedio	Minimo	
1,00	0,89	0,00	

Tabla.14 Indicadoresde Factor de Potencia

Armónicos

Referencia: La distorsión armónica total de corriente THD se mide de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7 en intervalos de medición de 10 minutos la cual se detalla a continuación.

THD (I) FASE A		
Máximo	Promedio	Mínimo
3,06	1,66	0,00

THD (I) FASE B		
Máximo	Promedio	Mínimo
3,48	1,95	0,00

THD (I) FASE C		
Máximo	Promedio	Mínimo
3,53	1,87	0,00

Tabla.15 IndicadoresTHID (I)

4.3.4 Análisis de la fase A, mediciones con el equipo topas 1000

- Nivel de tensión.- el valor medido es de 124.40 V encontrándose entre los valores límites de + 10% y -10%, el valor máximo registrado es de 129.23V, se representa un nivel de cumplimiento del 100%
- Flicker.- El valor promedio es de 0.18, siendo menor del valor límite de 1 p.u. del Pst., se presenta un número de cuatro muestras mayores al límite, con un nivel de cumplimiento de 99,6%.
- Factor de Potencia.- El factor de potencia medido es de 1, superior al límite mínimo establecido de 0,92, se presenta un número de cero muestras al límite, con un nivel de cumplimiento de 100%.
- Armónicos Impares no Múltiplos de tres.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 11.
- Armónicos Impares Múltiplos de tres.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 11.
- Armónicos pares.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 11.

4.3.5 Análisis de la fase B mediciones con el equipo topas 1000

- Nivel de tensión.- el valor medido es de 124.09 V encontrándose entre los valores límites de + 10% y -10%, el valor máximo registrado es de 129.04V, se representa un nivel de cumplimiento del 100%
- Flicker.- El valor promedio es de 0.19, siendo menor del valor límite de 1 p.u. del Pst., se presenta un número de cuatro muestras mayores al límite, con un nivel de cumplimiento de 99,6%.
- Factor de Potencia.- El factor de potencia medido es de 1, superior al límite mínimo establecido de 0,92, se presenta un número de cero muestras al límite, con un nivel de cumplimiento de 100%.
- Armónicos Impares no Múltiplos de tres.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 12.

- Armónicos Impares Múltiplos de tres.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 12.
- Armónicos pares.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 12.

4.3.6 Análisis de la fase C mediciones con el equipo topas 1000

- Nivel de tensión.- el valor medido es de 126.92 V encontrándose entre los valores límites de + 10% y -10%, el valor máximo registrado es de 131.82 V, se representa un nivel de cumplimiento del 100%
- Flicker.- El valor promedio es de 0.18, siendo menor del valor límite de 1 p.u. del Pst., se presenta un número de cuatro muestras mayores al límite, con un nivel de cumplimiento de 99,5%.
- Factor de Potencia.- El factor de potencia medido es de 1, superior al límite mínimo establecido de 0,92, se presenta un número de cero muestras al límite, con un nivel de cumplimiento de 100%.
- Armónicos Impares no Múltiplos de tres.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 13.
- Armónicos Impares Múltiplos de tres.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 13.
- Armónicos pares.- Ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en cada uno de los armónicos mostrados en la tabla 13.

Como se puede observar los resultados del análisis de los datos adquiridos través del analizador de calidad de energía TOPAS 1000, se concluye que existe cumplimiento de los parámetros de calidad de producto dictado por la regulación CONELEC 004/01. El contraste de los datos obtenidos del medidor de energía instalado difieren en la valoración del cumplimiento del factor de potencia, este análisis se lo expone a continuación.

4.4 ANÁLISIS DE MEDICIONES CON EL MEDIDOR ELECTRÓNICO

De la evaluación de los datos obtenidos del medidor de energía eléctrica y del analizador de calidad de energía TOPAS 100, se observa que los índices de calidad cumplen para los parámetros de voltaje y perturbaciones, muestra una diferencia en el índice del factor de potencia.

De este análisis se determina que esta diferencia se debe a:

El analizador de energía es instalado en baja tensión (120/208 V) por razones de aislamiento del equipo. Se verifica que en la industria ILE, en circuito de baja tensión tiene instalado un banco compensador de factor de potencia para una capacidad de 200 kVAR, programado con un setpoint de 0.96 inductivo. Eso prevé una compensación de bajo factor de potencia de la carga instalada en el secundario del transformador.

El medidor electrónico, a diferencia del equipo analizador TOPAS, toma las señales en media tensión (13800 V) a través de los transformadores de potencial y de corriente que además miden el comportamiento de la carga adicionando las pérdidas ocasionadas en el transformador, esto debido a que el medidor no diferencia y considera al transformador como una carga instalada.

El transformador instalado representa el consumo mayor de energía reactiva (kVAR), ocasionando la disminución del factor de potencia.

Este factor de potencia es penalizado y facturado por la Empresa Eléctrica Regional del Sur al cliente por un valor promedio de 140 dólares.

En el gráfico 4. se puede observar la facturación de este rubro, este valor marcado como "Penalización por bajo factor de potencia", es aplicado de acuerdo a lo que determina el Pliego Tarifario Ecuatoriano de forma mensual.

WTRXC Consulta de transacciones 11/04/03
 JOSE NAGUA 09:49:53

Servicio: 33117-3 INDUSTRIA LOJANA DE ESPECERIAS Fecha emisión: / /
 Cliente: 112237-3 INDUSTRIA LOJANA DE ESPECERIAS (G) Fecha cierre: / /
 Facturac: 0 Consultar

Cls.Trx	Concepto	Concepto de la Transacción	Fecha	Mes	Acumulado
F	11002	VALOR DE COMERCIALIZACION	09/08/19		1.41
F	11003	VALOR POR DEMANDA	09/08/19		683.01
F	11004	PENALIZACION BAJO FACTOR DE POTENCIA	09/08/19		143.25
F	11005	VALOR POR CONSUMO HORA BASE	09/08/19		611.91
F	11006	VALOR POR CONSUMO HORA MEDIA	09/08/19		2,300.48
F	11007	VALOR POR CONSUMO HORA PUNTA	09/08/19		616.35
F	12001	ALUMBRADO PUBLICO LOJA	09/08/19		718.81
F	13001	CONTRIBUCION BOMBEROS LOJA	09/08/19		12.00

F1=Ayuda F3=Cerrar F5=Renovar

Fig. 4 Facturación de energía a ILE

De acuerdo a lo anotado en el numeral anterior, se determina la necesidad de instalación de un banco de capacitores fijo para la compensación de bajo factor de potencia, el mismo que debe estar instalado en el secundario del transformador y antes del tablero principal, con el fin de compensar las pérdidas del transformador, que ocasionan el fenómeno de un bajo factor de potencia general a un valor promedio de 0,84, a una demanda de 240 kW. Con estos valores se calcula un banco de capacitores de 85kVAR para lograr la compensación deseada a un factor de 0,96.

4.4.1 Cálculo del Banco Fijo de Capacitores para compensar el Bajo Factor de Potencia

Con los registros de Demanda promedio, se obtiene la potencia de compensación con el siguiente procedimiento.

Datos:

Factor de potencia actual promedio 0.84

Factor de potencia proyectado promedio 0.96

Potencia activa actual 240 kW.

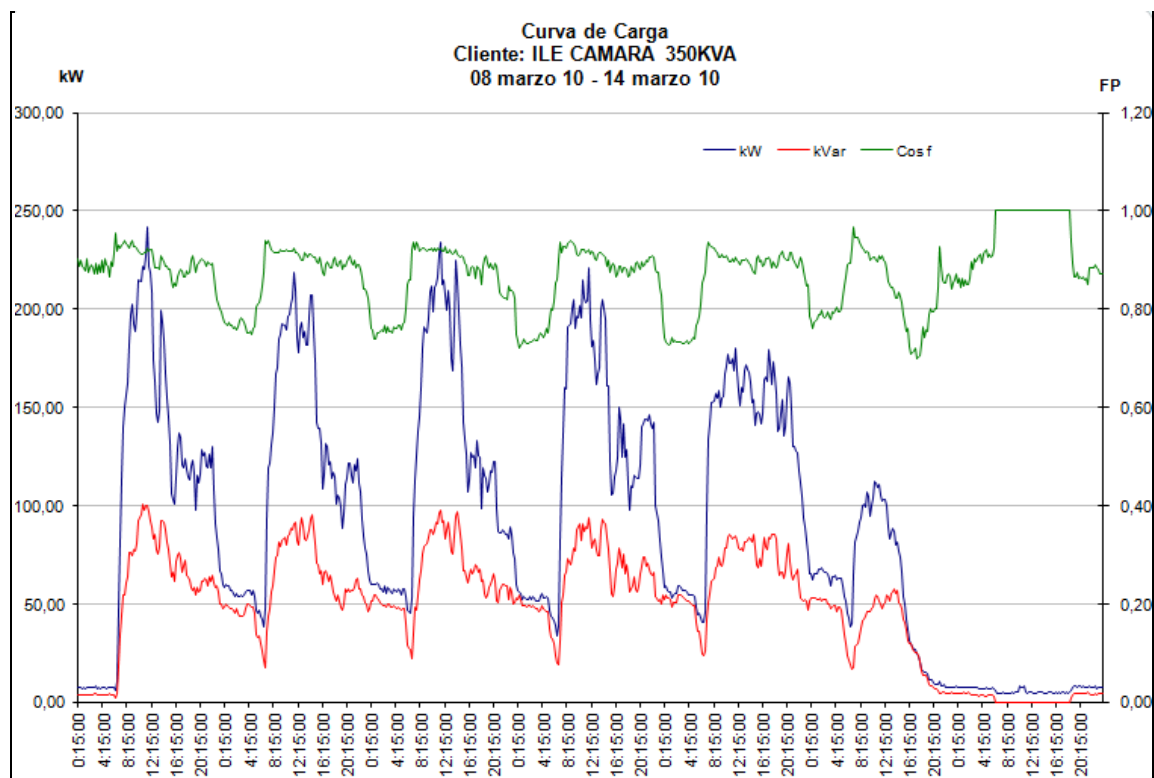


Fig. 5 Curva de carga

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{actual}} &= P \times \tan \theta \\
 &= 240 \times \tan (32.86^\circ) \\
 &= 155.03\text{kVAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{proyectado}} &= P \times \tan \theta \\
 &= 240 \times \tan (16.26^\circ) \\
 &= 69.99\text{kVAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{necesarios}} &= Q_{\text{actual}} - Q_{\text{proyectado}} \\
 &= 155.03 - 69.99 \\
 &= 85.04\text{kVAR}
 \end{aligned}$$

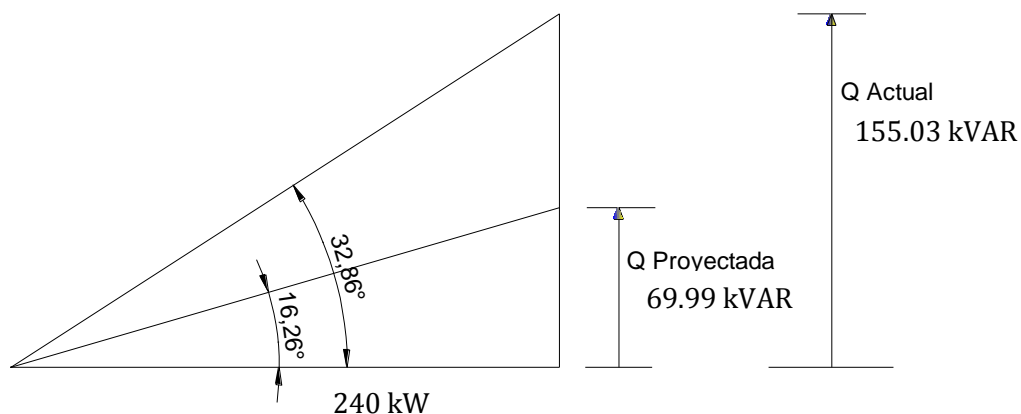


Fig.6 Triángulo de Potencias

La Industria Lojana de Especerías "ILE", tiene la necesidad de compensar 85 kVAR, para evitar ser penalizado por el bajo factor de potencia.

4.4.2 Evaluación Económica del Sistema de Compensación

A continuación exponemos los diferentes costos del proyecto.

La EERSSA, penalizó mensualmente por bajo factor de potencia a la Industria Lojana de Especerías, como se ilustra en el siguiente cuadro.

Año	Penalización Mes	Penalización Anual
2010	129,82	1557,84
2011	143,25	1719,00

Costo de banco de capacitores

Costo de equipo	Mano de Obra	Total
2050,00	700,00	2750,00

También se analizó, la compensación por medio de un banco automático ya que la función de estos, es regular la potencia reactiva de acuerdo a las variaciones del estado de carga de la instalación, estos bancos están formados por varios pasos de capacitores conectados en paralelo y el control de estos pasos es realizado por un regulador electrónico incorporado en el banco.

Estos bancos son usados generalmente en los siguientes casos:

- Instalaciones que presentan variabilidad en su estado de carga
- Compensación de tableros generales de distribución en bajatensión.

Para nuestra necesidad se ha seleccionado un banco de 87,5 kVAR con las siguientes características:

Numero de pasos: 7

kVAR por paso: 12.5

Secuencia: 1:2:2:2

Al aumentar excesivamente el número de pasos puede generar inconvenientes por el elevado número de maniobras que debe efectuar el banco de compensación, esto provoca el envejecimiento de los contactores.

Características y especificaciones técnicas del banco en el siguiente detalle:

Códigos en negritas: producto nuevo

6.3.1 Banco Automático de Capacitores en Baja Tensión SIN Interruptor Temomagnético: Tipo APC

Código	Potencia (kVAR)	Número de Pasos	kVAR * PASO	Secuencia	Dimensiones del Gabinete IS2 (mm) Alto x Ancho x Profundidad			
					Alto "H"	Alto Zoclo "A"	Ancho "B"	Profundidad "P"
Con Controlador RVC a 240 V ca								
A24G060B05APC	50	5	10	1:2:2	1,250			
A24G075B06APC	75	6	12.5	1:1:2:2				
A24G087.5B07APC	87.5	7	12.5	1:2:2:2				
A24G100B08APC	100	8	12.5	1:1:2:2:2		100	600	400
A24G112.5B09APC	112.5	9	12.5	1:2:2:2:2	1,850			
A24G125B10APC	125	10	12.5	1:1:2:2:2:2				
A24G150B12APC	150	12	12.5	1:1:2:2:2:2:2				
Con Controlador RVC a 480 V ca								
A48G060B05APC	50	5	10	1:2:2	1,250			
A48G070B07APC	70	7	10	1:2:4				
A48G100B05APC	100	5	20	1:2:2				
A48G125B05APC	125	5	25	1:2:2				
A48G150B06APC	150	6	25	1:1:2:2		100	600	400
A48G175B07APC	175	7	25	1:2:2:2				
A48G200B08APC	200	8	25	1:1:2:2:2				
A48G225B09APC	225	9	25	1:2:2:2:2	1,850			
A48G250B10APC	250	10	25	1:1:2:2:2:2				
A48G300B12APC	300	12	25	1:1:2:2:2:2:2				

Fig. 7 Selección Banco automático

Especificaciones técnicas

<p>Tensión nominal: 240v y 440v</p> <p>Frecuencia: 60Hz.</p> <p>Conexión: Trifásica.</p> <p>Ajuste del factor de potencia : De 0,7 inductivo a 0,7 capacitivo.</p> <p>Ajuste de C/k: De 0.05 A a 1 A con el regulador RVC. De 0.01 A a 5 A con el regulado RVT (opcional para la APCM-1 y 2).</p> <p>Funcionamiento: Ajuste automático o manual del regulador con indicación de : - Número de salidas activas. - Factor de potencia inductivo o capacitivo. - Condiciones de alarma. - Sobretemperatura. - Una demanda para conectar/desconectar un escalón de condensador</p> <p>Pérdidas: Pérdidas dieléctricas: menos de 0,2 W/kvar. Pérdidas totales de condensadores: menos de 0.5 W/kvar. (Resistencias de descarga internas incluidas). Pérdidas totales de la batería automática: menos de 1,5 W/kvar (incluyendo las Pérdidas debidas a los accesorios)</p> <p>Condensadores: Secos con dieléctrico autorregenerable según norma CEI 60831-1 y 2. Test de tensión: 2.15 Un entre bornes después de 10 segundos a la frecuencia nominal (superior a CEI 60831-1 Y 2). Sobrecargas admisibles: -Sobretensión aceptable: 10% máx. ocasionalmente. - Sobrecarga de intensidad aceptable 30% permanentemente.</p>	<p>La batería automática de condensadores responde a la norma CEI 60439</p> <p>Ensayos en la batería automática de condensadores: - Prueba de funcionamiento. - Prueba de aislamiento.</p> <p>Marcado CE.</p> <p>Protección : IP 23 D con la puerta cerrada. Protección contra cortados directos y accidentales con la puerta abierta.</p> <p>Ejecución: Interior.</p> <p>Color: Beige RAL 7032.</p> <p>Temperatura ambiente: -5°C/+40°C según la norma CEI 60831-1 y 2</p> <p>Ventilación : - Natural para APCL-1. - forzada para APCL-2 y APCM-1 y 2</p> <p>Instalación : Caja: - Fijación mural (kit de fijación suministrado). - Entrada de cables por la parte inferior. Armario: - Fijación al suelo. - Montado sobre zócalo respeta una distancia de 5cm entre la pared y la parte trasera del APCM). - Cáncamos para elevación suministrados. - Entrada de cables por la parte inferior. - Entrada de cables por la parte superior (opción en APCM-1 y 2)</p> <p>Importante : La instalación de condensadores en redes distorsionadas por armónicos puede requerir precauciones especiales, sobre todo si existe riesgo de resonancia.</p>
---	---

Fig. 8Especificaciones Técnicas Banco Automático

Bancos Automáticos Tipo APC



Sin Interruptor Termomagnético

Potencia (kVAR)	Nº de Pasos	kVA * Paso	Secuencia	Con Controlador RVC		Con Controlador RVT		Dimensiones (mm) Alto x Ancho x Profund.
				240 V ca	480 V ca	240 V ca	480 V ca	
50	5	10	1:2:2	A24G050B05APC	A48G050B05APC	A24G050B05APCT	A48G050B05APCT	1,250
70	7	10	1:2:4		A48G070B07APC		A48G070B07APCT	
75	6	12.5	1:1:2:2	A24G075B06APC		A24G075B06APCT		1,850
87.5	7	12.5	1:2:2:2	A24G087.5B07APC		A24G087.5B07APCT		
100	8	12.5	1:1:2:2:2	A24G100B08APC		A24G100B08APCT		1,250
100	5	20	1:2:2		A48G100B05APC		A48G100B05APCT	
112.5	9	12.5	1:2:2:2:2	A24G112.5B09APC		A24G112.5B09APCT		1,850
125	10	12.5	1:1:2:2:2:2	A24G125B10APC		A24G125B10APCT		

600

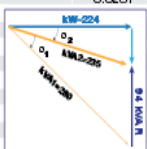
Nettplus-
Arrezo a

Fig. 9Banco Automático

Otra de las maneras de seleccionar la capacidad del banco es utilizando la siguiente tabla para determinar el factor K.

2 Determinación del Factor "K" para la corrección del Factor de Potencia a 0.95 ($\phi_2= 0.95$)

Factor de Potencia Actual	Factor de Potencia Requerido										
	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.70	0.5359	0.5646	0.5942	0.625	0.6573	0.6915	0.7285	0.7695	0.8171	0.8777	1.0002
0.71	0.5075	0.5362	0.5658	0.5965	0.6299	0.6631	0.7002	0.7412	0.7885	0.8493	0.9918
0.72	0.4795	0.5082	0.5379	0.5686	0.6009	0.6332	0.6722	0.7132	0.7608	0.8214	0.9639
0.73	0.4519	0.4806	0.5102	0.5410	0.5733	0.6075	0.6446	0.6836	0.7332	0.7937	0.9362
0.74	0.4246	0.4533	0.4829	0.5137	0.546	0.5802	0.6173	0.6563	0.7059	0.7664	0.9089
0.75	0.3976	0.4263	0.4559	0.4867	0.5190	0.5532	0.5903	0.6313	0.6789	0.7394	0.8819
0.76	0.3708	0.3995	0.4292	0.4599	0.4922	0.5265	0.5635	0.6045	0.6521	0.7127	0.8552
0.77	0.3443	0.373	0.4026	0.4334	0.4657	0.4999	0.5370	0.5780	0.6255	0.6861	0.8286
0.78	0.3180	0.3467	0.3763	0.4071	0.4393	0.4735	0.5106	0.5517	0.5992	0.6598	0.8023
0.79	0.2918	0.3205	0.3501	0.3809	0.4131	0.4474	0.4844	0.5255	0.5730	0.6335	0.7761
0.80	0.2657	0.2944	0.3240	0.3548	0.3870	0.4213	0.4583	0.4994	0.5469	0.6075	0.7500
0.81	0.2397	0.2684	0.2980	0.3288	0.3610	0.3953	0.4323	0.4734	0.5209	0.5815	0.7240
0.82	0.2137	0.2424	0.2720	0.3028	0.3351	0.3693	0.4063	0.4474	0.4949	0.5555	0.6980
0.83	0.1877	0.2164	0.2460	0.2768	0.3091	0.3433	0.3803	0.4214	0.4689	0.5295	0.6720
0.84	0.1616	0.1903	0.2199	0.2507	0.2830	0.3173	0.3543	0.3953	0.4429	0.5034	0.6459
0.85	0.1354	0.1641	0.1937	0.2245	0.2568	0.2911	0.3281	0.3691	0.4167	0.4773	0.6197
0.86	0.1090	0.1378	0.1674	0.1981	0.2304	0.2647	0.3017	0.3427	0.3903	0.4509	0.5934
0.87	0.0824	0.1111	0.1407	0.1715	0.2038	0.2380	0.2751	0.3161	0.3637	0.4242	0.5667
0.88	0.0554	0.0841	0.1137	0.1445	0.1768	0.2111	0.2481	0.2891	0.3367	0.3973	0.5397
0.89	0.0280	0.0567	0.0853	0.1171	0.1494	0.1836	0.2206	0.2617	0.3093	0.3698	0.5123
0.90		0.0287	0.0583	0.0891	0.1214	0.1556	0.1927	0.2337	0.2813	0.3418	0.4843
0.91			0.0296	0.0604	0.0927	0.1269	0.1639	0.2050	0.2526	0.3131	0.4556
0.92				0.0308	0.0630	0.0973	0.1343	0.1754	0.2229	0.2835	0.4260
0.93					0.0323	0.0665	0.1036	0.1446	0.1922	0.2527	0.3952
0.94						0.0343	0.0713	0.1123	0.1599	0.2205	0.3630
0.95							0.0370	0.0781	0.1256	0.1862	0.3287
0.96								0.0410	0.0886	0.1492	0.2917
0.97									0.0476	0.1051	0.2506
0.98										0.0606	0.2031
0.99											0.1425



Factor de Potencia deseado: 0.95 ➡ Factor K= 0.4213 ➡ kVAR = 0.4213 x 224 kW = 94 kVAR

3 Selección de la Capacidad del Banco

Para llegar a 0.95 de Factor de Potencia: **100 kVAR**

Tabla.16 Determinación Factor K

5. CONCLUSIONES

En términos generales luego de realizar el monitoreo de los principales parámetros eléctricos de la Industria Lojana de Especerías, se concluye:

- Con la elaboración del estado del arte, la información fue utilizada para actualizar el sistema eléctrico de la Industria Lojana de Especerías, y se evidenció que la carga instalada es 484.07 kW.
- Con el análisis realizado se obtiene que la Demanda Total Diversificada es de 307,67 kW y la Demanda requerida en kVA es 323,87, por lo que se sugirió reemplazar el transformador de 250 kVA por uno de 350 kVA.
- Los niveles de tensión medidos se encuentran entre los valores límites de + 10% y -10%, de acuerdo con la Regulación No. 004/01 - CONELEC que representa un nivel de cumplimiento del 100%
- El valor promedio de Flicker es de 0.18, siendo menor del valor límite de 1 p.u. del Pst., se presenta un número de cuatro muestras mayores al límite, con un nivel de cumplimiento de 99,6%.
- En el monitoreo realizado para Armónicos Impares no Múltiplos de tres, Armónicos Impares Múltiplos de tres, y Armónicos pares, ningún valor medido sobrepasa al límite establecido en la Regulación No. 004/01 - CONELEC.
- El Factor de potencia está por debajo de los límites permitidos y en consecuencia la EERSSA, factura un valor adicional en las planillas por penalización, con un promedio de \$140,00 mensuales.
- Es necesario compensar 85 kVAR, el mismo que debe estar instalado en el secundario del transformador y antes del tablero principal, con el fin de compensar las pérdidas del transformador.
- La Industria Lojana de Especerías recupera la inversión del banco de capacitores en 19 meses, heahí la importancia para evitar la penalización y mejorar la calidad de la energía.
- A fin de obtener datos confiables que permitan realizar análisis simultáneos de armónicos de voltaje, armónicos de corriente y flickerses muy importante utilizar un analizador de redes de alta precisión y confiabilidad.
- La calidad de energía en el sector productivo público o privado beneficia el ahorro energético disminuyendo pérdidas en el proceso productivo.

- La secuencia de fases durante el montaje del sistema de medición es importante para evitar errores en los registros de datos.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar chequeos rutinarios en forma física a los circuitos eléctricos de la Industria Lojana de Especerías, tanto en el de iluminación, tomacorrientes, equipos como motores, tableros de control de la maquinaria, de tal manera evitar daños y monitorear su desgaste por su uso.
- Realizar un control periódico y análisis de mediciones del sistema eléctrico de ILE, con finalidad de controlar, observar el comportamiento de las cargas actuales y de las nuevas que se incrementan.
- Realizar el montaje de un banco de capacitores, ya que en las facturas de consumo mensual de energía se incluyen por el rubro de penalización por bajo factor de potencia.
- Adquirir un equipo de monitoreo de la calidad de la energía eléctrica para realizar análisis permanentes y de esta manera monitorear el sistema eléctrico de la Industria Lojana de Especerías.

7. ANEXOS

ANEXO 1.

Registro de características técnicas del producto en transformadores de distribución.



Formulario No. DSC-1C-03

**CALIDAD DEL PRODUCTO.
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN
EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A**

No.	DIRECCIÓN	Ciudad	Cantón	Parroquia	Sector	ZONA (1)	S/E (2)	Alimentador (3)	FECHA INICIAL Medición dd-mmm-aa (4)	FECHA FINAL Medición dd-mmm-aa (5)	VOLTAJE NOMINAL Punto de medición kV	VOLTAJE EFICAZ Punto de medición pu (6)	VOLTAJE MÍNIMO Punto de medición pu (7)	HORA Registro Vmin hh:mm	VOLTAJE MÁXIMO Punto de medición pu (8)
010_T1a	ILE	LOJA	LOJA	BI VALLE	CONSACOLA	2	1_OBRA P.	0115	19/03/2010	26/03/2010	0,127	0,98	0,00	14:30	1,02
010_T1b	ILE	LOJA	LOJA	BI VALLE	CONSACOLA	2	1_OBRA P.	0115	19/03/2010	26/03/2010	0,127	0,98	0,00	12:40	1,02
010_T1c	ILE	LOJA	LOJA	BI VALLE	CONSACOLA	2	1_OBRA P.	0115	19/03/2010	26/03/2010	0,127	1,00	0,00	12:40	1,04

Notas:

- 1 Localización de la zona en donde se realiza la medición: Urbana - Rural
- 2 S/E de la que se recibe el servicio.
- 3 Alimentador del que se recibe el servicio
- 4 Fecha de inicio de la medición.
- 5 Fecha de finalización de la medición.
- 6 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor eficaz promedio medido.
- 7 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor mínimo de voltaje medido.

ANEXO 2.

Registro de características técnicas del producto en transformadores de distribución.

Formulario No. DSC-IC-03

CALIDAD DEL PRODUCTO. REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.														
HORA Registro Vmax h:mm	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos	fp inductivo MINIMO	HORA Registro fp h:mm (9)	fp inductivo MAXIMO	HORA Registro fp h:mm (10)	fp capacitivo MINIMO	HORA Registro fp h:mm (11)	fp capacitivo MAXIMO	HORA Registro fp h:mm (12)	fp promedio	Porcentaje de mediciones de fp fuera de límites permitidos	ENERGÍA kWh (13)	PST (14)	THD (15)
1:00	0,00%				1,000	12:40	1,000	12:40	1,000	1,000	0,00%	3692,30	0,18	1,66
1:00	0,00%				1,000	12:50	1,000	12:50	1,000	1,000	0,00%	3685,30	0,19	1,95
1:00	0,00%				1,000	12:50	1,000	12:50	1,000	1,000	1,19%	3967,90	0,18	1,87

Notas:

- 8 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor máximo de voltaje medido.
- 9 Hora en la que se registró el fp inductivo mínimo
- 10 Hora en la que se registró el fp inductivo máximo
- 11 Hora en la que se registró el fp capacitivo mínimo
- 12 Hora en la que se registró el fp capacitivo máximo
- 13 Energía registrada en el periodo de medición.
- 14 Índice de severidad del Flicker

ANEXO 3.

Formulario No. DSC-IC-03

CALIDAD DEL PRODUCTO. REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A																			
V2	V4	V6	V8	V10	V12	V14	V16	V18	V20	V22	V24	V26	V28	V30	V32	V34	V36	V38	V40

Formulario No. DSC-IC-03

CALIDAD DEL PRODUCTO. REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.																			
V5 (16)	V7	V11	V13	V17	V19	V23	V25	V29	V31	V35	V37	V3	V9	V15	V21	V27	V33	V39	

Notes:

15 Factor de distorsión total por armónicas

16 Factores de distorsión armónica: Estas celdas deberán ser llenadas siempre y cuando el THD supere el límite permitido

ANEXO 4.

Registro de características técnicas del producto de consumidores en media tensión



Formulario No. DSC-1C-04

CALIDAD DEL PRODUCTO. REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO DE CONSUMIDORES EN MEDIA TENSION EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A														
Tipo de No. CONSUMIDOR (1)	DIRECCIÓN	Ciudad	Cantón	Parroquia	Sector	ZONA (2)	S/ E (3)	Alimentador (4)	Transformador (5)	No. Medidor	No. Suministro (6)	FECHA INICIAL Medición dd-mm-aa (7)	FECHA FINAL Medición dd-mm-aa (8)	
1	AIRIQU	15-78 y 18 de No	Loja	Loja	-	Centro	Urbana	01_OBRA FIA	0113	12211P	31946	-	08/03/2010	15/03/2010

Notas:

- 1 La clasificación debe estar acorde con la codificación que se presenta en el comentario de la misma celda
- 2 Localización de la zona en donde se realiza la medición: Urbana - Rural
- 3 S/E de la que se recibe el servicio.
- 4 Alimentador del que se recibe el servicio
- 5 Transformador del que se recibe el servicio
- 6 Número a ser registrado en el caso de que la empresa maneje este tipo de codificación para los usuarios
- 7 Fecha de inicio de la medición.

ANEXO 5.

Registro de características técnicas del producto de consumidores en media tensión



Formulario No. DSC-IC-04

**CALIDAD DEL PRODUCTO.
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO DE CONSUMIDORES EN MEDIA TENSIÓN
EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.**

VOLTAJE NOMINAL Punto de medición kV	VOLTAJE EFICAZ Punto de medición pu (9)	VOLTAJE MÍNIMO Punto de medición pu (10)	HORA Registro Vmin hh:mm	VOLTAJE MÁXIMO Punto de medición pu (11)	HORA Registro Vmax hh:mm	Porcentaje de mediciones de voltaje fuera de límites permitidos	fp Inductivo MINIMO	HORA Registro fp hh:mm (12)	fp Inductivo MAXIMO	HORA Registro fp hh:mm (13)	fp capacitivo MINIMO	HORA Registro fp hh:mm (14)	fp capacitivo MAXIMO	HORA Registro fp hh:mm (15)	fp promedio
13,8							0,6442	17:30	1,0000	6:45	---	--	--	---	0,83959

Notas:

- 8 Fecha de finalización de la medición.
- 9 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor eficaz promedio medido.
- 10 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor mínimo de voltaje medido.
- 11 Valor expresado en por unidad y corresponde al valor máximo de voltaje medido.
- 12 Hora en la que se registró el fp inductivo mínimo
- 13 Hora en la que se registró el fp inductivo máximo
- 14 Hora en la que se registró el fp capacitivo mínimo
- 15 Hora en la que se registró el fp capacitivo máximo

ANEXO 6.



Formulario No. DSC-1C-04

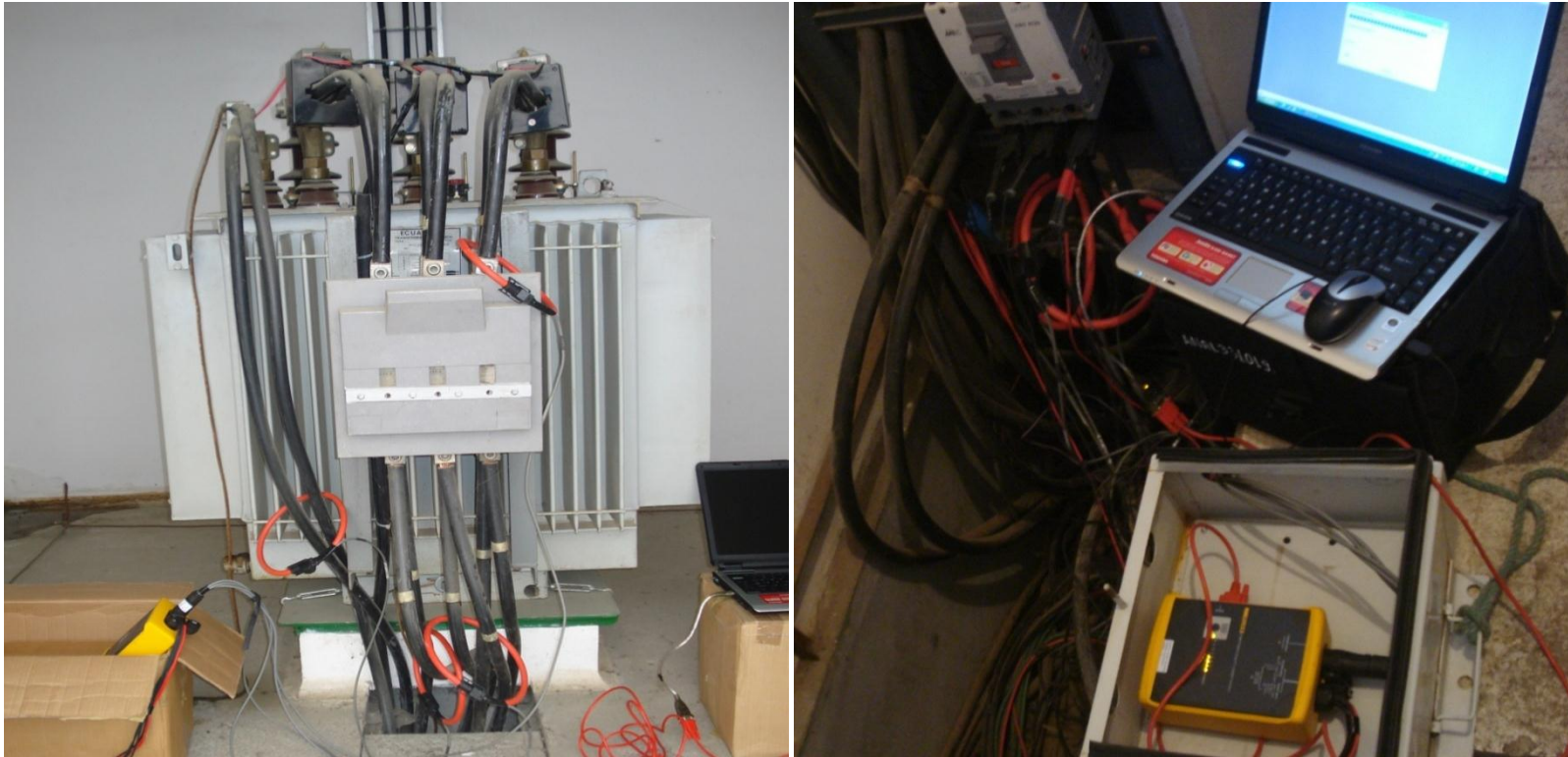
**CALIDAD DEL PRODUCTO.
REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO DE CONSUMIDORES EN MEDIA TENSION
EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.**

Porcentaje de mediciones de fp fuera de límites permitidos	ENERGÍA kWh (16)	PST (17)	THD (18)	V5 (19)	V7	V11	V13	V17	V19	V23	V25	V>25	V3	V9	V15	V21	V>21	V2	V4	V6	V8	V10	V12	V>12
91,52%	13270,27																							

Notas:

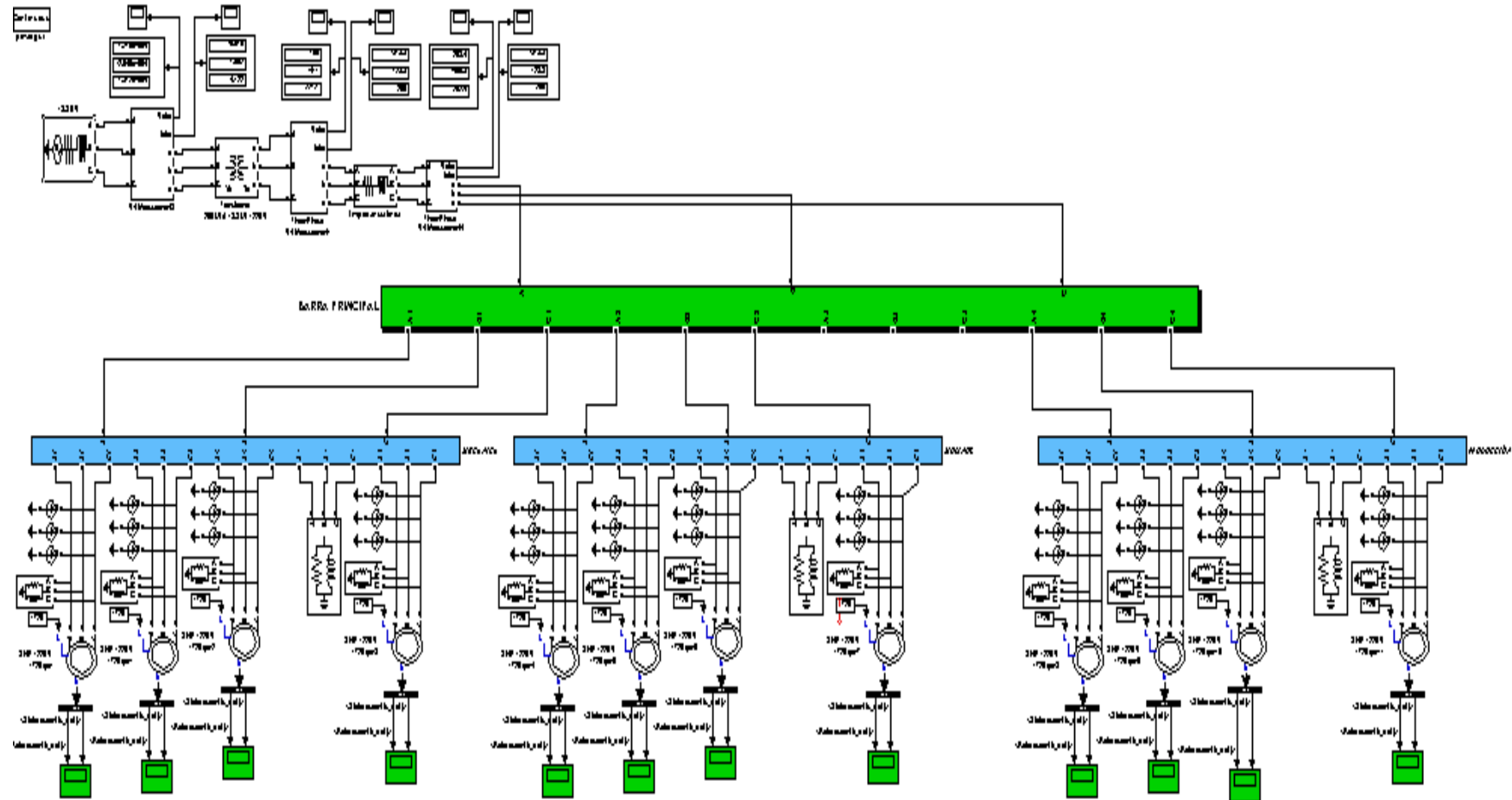
- 16 Energía registrada en el período de medición.
- 17 Índice de severidad del Flicker
- 18 Factor de distorsión total por armónicos
- 19 Factores de distorsión armónica: Estas celdas deberán ser llenadas siempre y cuando el THD supere el límite permitido

ANEXO 7.



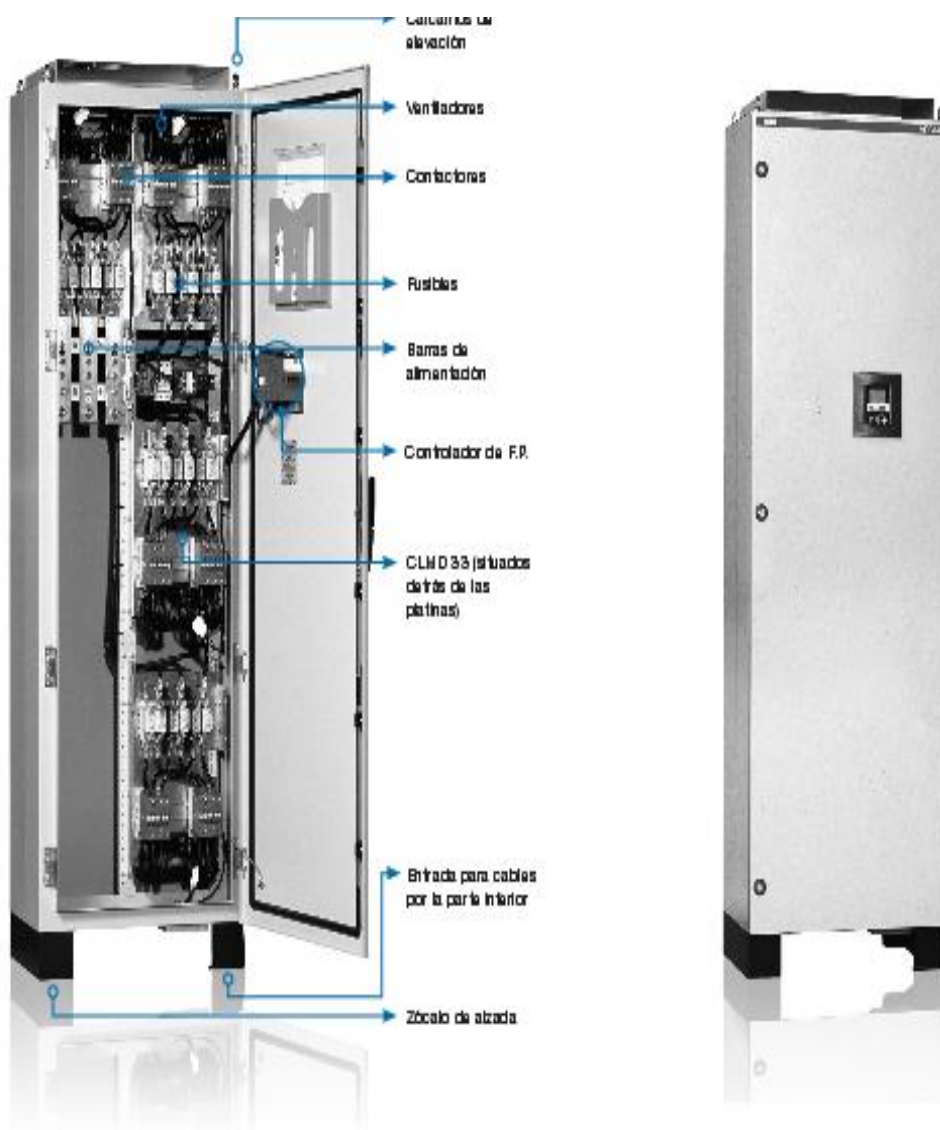
ANEXO 8.

Esquema realizado en Elsyspower



ANEXO 9.

Banco de capacitores y controlador



El APC es un banco automático potente y compacto. Su instalación es de una gran simplicidad. El APC ofrece un nivel superior de fiabilidad y seguridad.

Potente y compacto

La combinación de los capacitores CLMD tamaño 33 con un sistema de ventilación especialmente pensado permite al APC hacer frente a una potencia reactiva máxima con un espacio mínimo.

Fácil de elegir

- El APC está disponible en dos tipos de gabinetes (APCM-1 y APCM-2).
- El APC ofrece una gama de potencias que va desde 60 a 150 KVAR en 240v y 70 a 300 KVAR en 480v.

Fácil de instalar

- El APC es una unidad completa, probada en fábrica y preparada para conectarse.
- El espacio de cableado es amplio.
- Los gabinetes APCM están equipados con un zócalo, así como de carcassas de elevación que permiten un mantenimiento sin dificultad.
- Existen versión con y sin Interruptor Térmico Magnético.

Fácil de utilizar

Las múltiples funciones automáticas del RVC, así como su interfaz de fácil manejo hacen que el APC sea de una utilización extremadamente simple.

ANEXO 10.

Controlador Banco Automático

Tipo RVT

Mediciones y control:

Potencia activa (kW).
 Potencia aparente (kVA).
 Potencia reactiva (kvar).
 Potencia reactiva (kvar) para alcanzar el cos φ objetivo.
 Tensión (V).
 Corriente (A).
 Temperatura (°C ó °F).
 Distorsión total armónica de corriente: THD I (%).
 Distorsión total armónica de voltaje: THD V (%).
 Frecuencia (Hz).

Mediciones:

Cos φ.
 Armónicos de corriente: de I2 a I49 (espectro en %).
 Armónicos de voltaje: de V2 a V49 (espectro en %).
 Número de pasos necesarios para alcanzar el cos φ objetivo.
 Número de conmutaciones por salida.

Parámetros programables

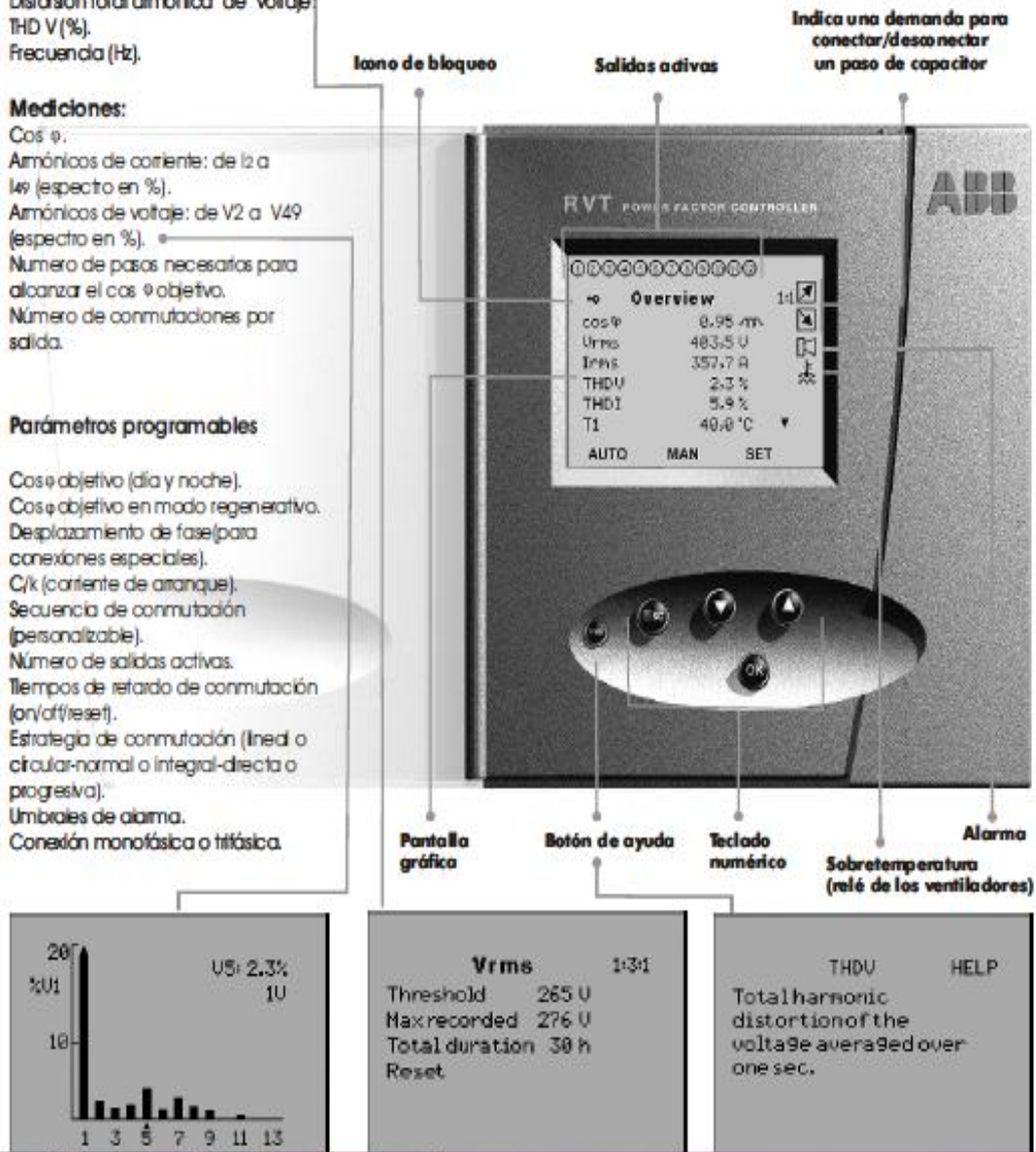
Cos φ objetivo (día y noche).
 Cos φ objetivo en modo regenerativo.
 Desplazamiento de fase (para conexiones especiales).
 C/k (corriente de arranque).
 Secuencia de conmutación (personalizable).
 Número de salidas activas.
 Tiempos de retardo de conmutación (on/off/reset).
 Estrategia de conmutación (lineal o circular-normal o integral-directa o progresiva).
 Umbrales de alarma.
 Conexión monofásica o trifásica.

Puesta en servicio fácil Con ajuste automático de:

Desplazamiento de fase (para conexiones especiales)
 C/k (corriente de arranque)
 Número de salidas
 Secuencia de conmutación

Comunicación:

Conexión de la impresora
 Adaptador Fieldbus
 Entrada: cos φ día y noche
 Entrada: alarma externa
 Salida: relé de la alarma
 Salida relé de los ventiladores



8. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- [1] Aysen Arsoy, Mark Halpin, Yilu Liu; Modeling and Simulation of Power System Harmonics, CD room 1999.
- [2] Donal g. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería Eléctrica, décima Tercera Edición, Tomos I, II, 1993
- [3] Electrical Power Systems Quality, Roger C, Dugan, Mark F, McGranaghan. Surya Santoso.H. Wayne Beaty.Ed. McGraw-Hill. Estados Unidos. 1996
- [4] J. Arrigalla, D. Bradley y P. Bodger, Power System Harmonic, U.K., 1979
- [5] Josep Balcells, Calidad De la red eléctrica: ¿Cómo medirla?,
- [6] Michael Z. Lowenstein, Harmonic current and voltage distortion, Newspaper PQ CORNER, EC&M, November 2002.
- [7] Regulación CONELEC N° 004/01 Calidad de Servicio eléctrico de distribución Resolución N° 0116/01, 23 mayo 2001.
- [8] Reglamento Sustitutivo del Reglamento de Suministro de Electricidad, Quito, Ecuador, 23 de mayo de 2005
- [9] TORRES SANCHEZ Horacio, ACERO G, Gloria María, VILLAMIL Jairo Flechas, SAUCEDO B, Juan Vicente, QUINTANA G Carlos Ariel/Calidad de la Energía Eléctrica CEL, Primera edición. Editorial Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM, Cundinamarca, 2001
- [10] TORRES, Orly. Armónicas en los Sistemas Eléctricos de Potencia [Diapositivas], Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Diplomado en Gestión Energética, 12 de enero de 2009, 76 diapositivas

SITIOS WEB:

- [11] <http://www.conelec.gob.ec>
- [12] http://es.wikipedia.org/wiki/calidad_de_suministro
- [13] http://www.fluke.nl/comx/manuals.aspx_locale
- [14] <http://www.schneiderelectric.es>