

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Análisis de Calidad de Energía de la Calidad del Producto de la Zona Urbana de Milagro del Área de Concesión de la Empresa Eléctrica Milagro

Oscar Stalin Castañeda Ordóñez

Resumen

El incremento en la productividad con logros en la industria 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; lo que conlleva que la empresa Distribuidora del Servicio Eléctrico provea una alimentación confiable, ininterrumpida libre de perturbaciones en el suministro eléctrico.

Realizar un estudio de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto comprende el nivel de voltaje, las perturbaciones de voltaje y el factor de potencia; dentro del área de Concesión de la Empresa Eléctrica Milagro. EEMCA de acuerdo a la norma de Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución (Regulación No. CONELEC 004/001).

Analizar los resultados obtenidos de los diversos parámetros dentro de las mediciones realizadas y emitir conclusiones factibles para mantener en todo momento el funcionamiento continuo, seguro y adecuado de los equipos eléctricos y procesos asociados, sin afectar el medio ambiente y el bienestar de las personas.

1. Introducción

El objetivo del presente trabajo de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto, es un medio para que en la parte técnica, el abonado espere obtener del proveedor (Empresa Distribuidora) un suministro con tensiones equilibradas, sinusoidales y de amplitudes y frecuencias constantes.

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 vera 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 servicio que evite el deterioro de las señales de Tensión y conlleva a interrupciones que llevan a la reducción o parada de procesos que ocasionan perjuicios.

Realizar el levantamiento de la información necesaria mediante el elemento de medición (Topas 1000), para determinar los parámetros que se encuentran dentro de la regulación presente para el desarrollo de dicho estudio.

Brindar un estudio de la Calidad del Producto de la Empresa Eléctrica Milagro y desarrollar la aplicación de los conocimientos adquiridos de Ingeniería Eléctrica en lo referente a la Calidad de Energía.

2. El Estado del Arte

Desde los inicios de la electrificación y durante muchos años las cargas de los usuarios eran lineales por naturaleza. De manera que cuando una tensión sinusoidal se aplicaba a las mismas, estas originaban una corriente sinusoidal, ello ocurría típicamente en aplicaciones tales como iluminación, calefacción y en motores.

Esta reacción con la cual se aprendió a convivir se la generalizó empleándose el criterio para todos los ámbitos de la electricidad como protección, generación, distribución, instalación e incluso de la planificación.

Otra característica que cabe mencionar es que en general, las cargas lineales, no eran muy sensibles a las variaciones momentáneas en la tensión de alimentación, tales como sobre-tensiones y baja-tensiones.

Dentro de lo esperado la demanda de energía aumentó los consumidores y sus cargas se multiplicaron. En estos tiempos se conoce que el consumo de energía eléctrica es un buen índice económico del progreso y de la producción de una nación.

Nuevos equipos, nuevas tecnologías que ahora hacen catalogar a la mayoría de las cargas como no lineales, puesto que cuentan con componentes más eficientes que sin pensarlo cambiaron la respuesta anteriormente esperada de una forma sinusoidal en la corriente a otras con nuevas características.

2.1 La Importancia de la Calidad de la Energía Eléctrica

El término Calidad de Energía Eléctrica, nombrado CEE por sus siglas en español, es

utilizado para describir una combinación de características a través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente.

Observando la calidad de energía eléctrica en la parte técnica: el abonado espera obtener del proveedor (empresa distribuidora) un suministro con tensiones equilibradas, sinusoidales y de amplitudes y frecuencias constantes. Esto se traduce para él, en la práctica, como contar con un servicio de buena calidad, costos viables de un funcionamiento adecuado, seguro y confiable de equipos y procesos sin afectar el ambiente o el bienestar de las personas.

La Pérdida de la Calidad de Energía significa: “Deterioro de las señales de Tensión y Corriente en lo que respecta a la forma de onda, frecuencia e interrupciones que llevan a la reducción o parada de procesos que ocasionan perjuicios.

En los últimos años se ha profundizado el problema con la calidad del producto (calidad de la energía). Por este motivo Instituciones especializadas en el tema, como la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), IEC (Internacional Electrotechnical Commission), CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), NEMA (The National Electrical Manufacturers Association), etc. han desarrollado estándares y métodos de medición y construcción de equipos de medición de calidad de energía en los últimos años, perfeccionándolos con el transcurrir del tiempo.

Para la calidad de servicio eléctrico el ente regulador por lo general es uno estatal y el ente regulado es la Empresa de Distribución, la misma que puede ser estatal o privada. Dado que la Empresa de Distribución es la llamada a velar por la calidad del servicio, las regulaciones o recomendaciones establecen que esta debe monitorear y corregir los problemas en la calidad de energía para el bien de los usuarios.

Ecuador tiene pocos años de haber iniciado el proceso de regular a las empresas de distribución. Esta tardanza le ha dado el beneficio de haber recogido la experiencia de países vecinos para regular sus empresas de distribución con mayor criterio.

3. Marco Teórico acerca de Calidad de Energía

Los problemas se presentan al existir disturbios de la calidad de energía eléctrica en el suministro. La mayoría de las veces resultan en una detención temporaria de los

procesos industriales, a esta interrupción están asociados altos costos, una vez que es la causa de pérdidas significativas de producción y descarte de materiales debido a la necesidad de limpiar las máquinas, reiniciar el proceso en la secuencia que se encontraba, y recalibrar las líneas de producción de acuerdo a las especificaciones de proceso requeridas o por concluir con productos defectuosos.

3.1 Cargas Lineales.

Esto ocurre cuando en la carga posee elementos como resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos. Con estas características en el sistema se tiene un voltaje sinusoidal, una corriente también sinusoidal, y por lo general existe un desfase entre ellos.

La iluminación incandescente y las cargas de calefacción son lineales en naturaleza. Esto es, la impedancia de la carga es esencialmente constante independientemente del voltaje aplicado. Como se ve en la figura 1, en los circuitos AC la corriente se incrementa proporcionalmente al incremento del voltaje.

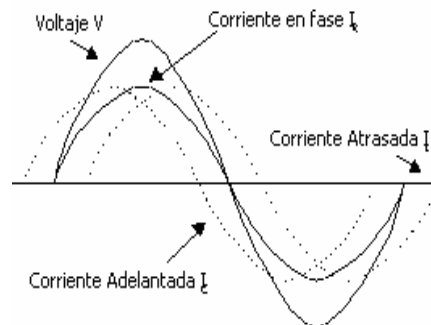


Figura 1. Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal

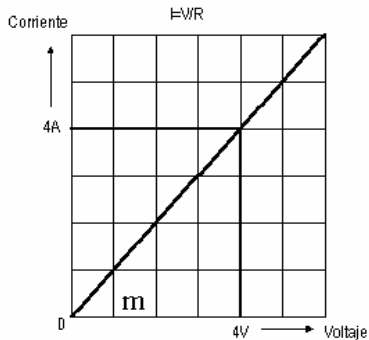
Corrientes lineales: I_R es una corriente pura de circuito resistivo; I_L es una corriente de circuito parcialmente inductiva (atrasada); e I_C es una corriente de circuito parcialmente capacitiva (adelantada).

Una resistencia pura, una inductancia y una capacitancia son todas lineales. Lo que eso significa es que si una onda senoidal de voltaje de una cierta magnitud es puesta en un circuito que contiene una resistencia pura, por ejemplo, la corriente en el circuito obedece a la Ley de Ohm $I=V/R$. Para un valor específico de ohmios, la relación entre los voltios y los amperios es una línea recta.

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Con una carga lineal, la relación entre el voltaje y la corriente es lineal y proporcional. La línea diagonal cuando posee un valor de m representa una resistencia fija de valor m .

Este tipo de cargas no representan un problema de distorsión de la forma de onda por el hecho de comportarse de manera lineal.



$m = \text{Angulo con respecto al eje de voltaje}$

Figura 2. Curva del comportamiento de una carga lineal

3.2 Cargas no Lineales.

Las cargas no lineales demandan una corriente no senoidal, cuyo paso por la impedancia del sistema provoca una caída de voltaje no senoidal, lo cual se traduce en una distorsión de voltaje en terminales de la carga. Entre las cargas no lineales más comunes tenemos los convertidores estáticos, dispositivos magnéticos saturados y hornos de arco.

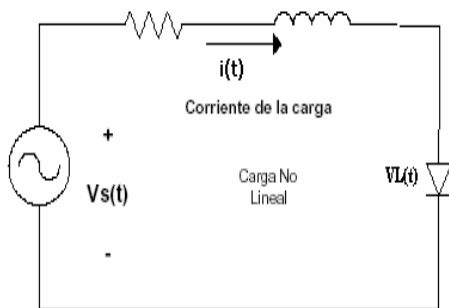


Figura 3. Distorsión de voltaje provocada por carga no lineal

El uso de las cargas no lineales se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Los convertidores estáticos son las cargas

no lineales más utilizadas en la industria donde se las usa para una gran variedad de aplicaciones, tales como fuentes de poder para procesos electroquímicos, variadores de velocidad y fuentes ininterrumpibles de poder (UPS).

Una alta distorsión de corriente provoca calentamiento excesivo en conductores y transformadores así como interferencia en equipos de comunicación mientras que la distorsión del voltaje provoca una operación incorrecta de equipos sensibles (computadoras, microcontroladores).

Con una carga no lineal no se tiene una relación directa entre el voltaje y la corriente.

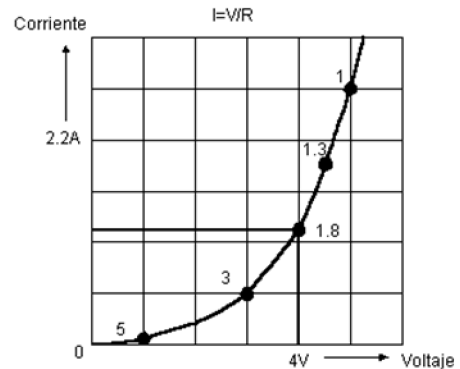


Figura 4. Curva del comportamiento de una carga no lineal

Los efectos de las cargas no lineales en los sistemas eléctricos son:

- ✓ Distorsión de voltaje en el sistema eléctrico.
- ✓ Interrupción de procesos productivos.
- ✓ Excesivas corrientes de retorno en el neutro.
- ✓ Altos niveles de voltaje de neutro a tierra.
- ✓ Sobrecalentamientos en los transformadores y elevados campos electromagnéticos.
- ✓ Disminución en la capacidad de los equipos de distribución.
- ✓ Penalizaciones tarifarias debido al bajo factor de potencia.

4. Regulación en el Ecuador

El CONELEC es el organismo encargado de regular todo lo que concierne al uso de energía eléctrica en ese país, tal como su generación, transmisión, distribución y como en este caso Calidad de Energía a través de la norma No. CONELEC-004/01.

Dentro de la Regulación de la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución se presenta los siguientes parámetros:

- ✓ Calidad del producto
- ✓ Calidad del Servicio Técnico
- ✓ Calidad del Servicio Comercial

Dentro del siguiente estudio se hará énfasis a la Calidad del Producto, dentro del cual se presentan los siguientes puntos:

- ✓ Nivel de voltaje
- ✓ Perturbaciones de voltaje
- ✓ Factor de Potencia

En este estudio en cada una de las mediciones se adquirieron cada uno de los parámetros mencionados.

4.1 Análisis de la Regulación CONELEC No.-004/01

La Regulación de Calidad de Producto de Ecuador tiene sus ventajas porque ha recopilado experiencias de otros países. La regulación ecuatoriana está estructurada por etapas en los niveles de tolerancia para los niveles y rangos de voltajes. Se contemplan además rangos diferentes para zonas rurales y urbanas.

Lo que es una consideración razonable para los sistemas de distribución que tienen muchas zonas rurales en su haber y sería muy difícil y hasta innecesario cumplir regulaciones tan estrictas en la parte técnica, en los niveles de voltaje. Para este punto se establecen que las mediciones sean tomadas en la mayoría de puntos significativos de los sistemas de distribución, tales como; alimentadoras, consumidores de alto y mediano voltajes.

En su etapa final muestra rangos de voltaje de variación de +8% con respecto al nominal en consumidores de medio y bajo voltaje de zonas urbanas y +10% de zonas rurales. Estos límites, sin embargo, son muy estrictos si consideramos que los consumidores de bajo voltaje rurales podrían tener variaciones +15% sin que sus equipos eléctricos sufran daños y la zona urbana podría tolerar sin problemas una fluctuación de +10% del voltaje nominal ya que la gran mayoría de equipos vienen diseñados para soportar estas variaciones.

Los índices de parpadeos y armónicos son considerados de la misma manera que lo estipula

la norma EN50160, al igual que todas las regulaciones. Sin embargo existen ciertos problemas que tienen que resolverse de inmediato.

Otro punto muy importante que no es aceptable en la regulación es que no se toma en cuenta para el monitoreo de estos índices a los consumidores de alto y mediano voltaje. Estos son los consumidores a los que más les afecta dichos fenómenos y a su vez los que más lo producen.

El factor de potencia también está regulado por el CONELEC como índice de calidad. Este punto no está contemplado en la mayoría de regulaciones ni en la EN50160, pero es un buen índice, que serviría para observar la eficiencia del sistema de distribución. Una observación importante que hay que hacerle a este parámetro es que no especifica el método de calcular el factor de potencia.

El hecho de que existan armónicos en la red implica que la lectura de los medidores digitales convencionales no sea la correcta, ya que estos usan el método tradicional para calcularlo y no consideran el efecto de las ondas distorsionadas.

La medición del factor de potencia mejorado lo ofrecen ciertos equipos de calidad de energía. La regulación ecuatoriana no contempla parámetros importantes como desbalances de la fuente de voltaje, y la precisión del equipo de medición (transformadores de corriente, potencial y el medidor mismo).

4.2 El Sistema Eléctrico Milagro.

De acuerdo a datos obtenidos al mes de Noviembre del 2008, la EEMCA sirve a 111179 clientes, y dentro de su área de concesión se tiene que la ciudad de Milagro representa la mayor parte de consumo de energía, pues concentra una mayor cantidad de abonados.

En la tabla I se muestra la distribución de los clientes presentes para el mes de Agosto del 2008 dentro del área de concesión de la EEMCA, con sus consumos:

Tabla 1. Distribución Clientes EEMCA

Zona	Clientes	
	Cantidad	%
Milagro	51142	46
La Troncal	12897	11.6

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

El Triunfo	10117	9.1
Naranjal	11563	10.4
Naranjito	10340	9.3
Bucay	3891	3.5
Yaguachi	4558	4.1
Simón Bolívar	3891	3.5
M. Maridueña	2779	2.5
TOTAL	111179	100

La EEMCA en la actualidad se encuentra en una crisis financiera, resultado de un alto nivel de pérdidas de energía. Este se encuentra alrededor del 32.3%, y se caracteriza por ser una de las empresas distribuidoras con mayor índice de nivel de pérdidas en el país.

Factores como: la falta de recursos para la inversión, el mal estado del sistema de distribución, los problemas de comercialización y las malas administraciones, han contribuido a un deterioro en la calidad del servicio que la empresa brinda a sus clientes, y solo han llevado a incrementar las pérdidas de energía de la empresa.

A pesar de los inconvenientes presentados por parte de la EEMCA los índices de Calidad de Energía no deben perderse debido a que a sus clientes en todo momento deben recibir un funcionamiento continuo, seguro y adecuado de los equipos sus eléctricos y procesos asociados, sin afectar el medio ambiente y el bienestar de las personas, requiriendo de soluciones factibles previo al estudio a desarrollar en este trabajo, en el caso que se presenten valores fuera de los

límites estipulados en la Regulación del CONELEC acerca de la Calidad del Producto para las Empresas Distribuidoras.

	> 40 kV	< 40 kV
THD	3	8

5. Desarrollo y Análisis de Mediciones

Para el estudio de Calidad de Energía en la Empresa Eléctrica Milagro dentro de la Zona Urbana de Milagro acerca de la Calidad del Producto se analizó: nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje (flickers, armónicos de voltaje) y factor de potencia, además se adiciona el análisis de armónicos de corriente para cada una de las mediciones realizadas.

Cabe indicar que el número total de mediciones para cumplir con la Regulación establecida por el ente Regulador en lo referente a Calidad del Producto deben ser las siguientes mediciones por mes:

- 3 Subestaciones
- 5 Transformadores de Distribución
- 10 Usuarios Baja Tensión
- 2 Usuarios de Media y Alta Tensión

El siguiente estudio cumple con los requerimientos para un estudio de Calidad de Energía del Servicio Eléctrico de Distribución acerca de la Calidad del Producto dentro de la Zona Urbana de Milagro.

5.1 Análisis de las mediciones

Se toma en consideración los valores dados en la regulación como valores de seteos en el momento de colocación del equipo de medición, los cuales servirán de valores referenciales incluso para mediciones en las que no se requiere todos los parámetros solicitados por el CONELEC y que en este estudio se ha hecho énfasis, cuyos valores límites se presentan a continuación:

Tabla 2. Límite Nivel de Voltaje

Alto Voltaje	5,00%
Medio Voltaje	8,00%
Bajo Voltaje	8,00%

Perturbaciones de Voltaje:

Flickers: Menor a Pst = 1

Armónicos de Voltaje:

Tabla 3. Límite de THD voltaje

Factor de Potencia: Mínimo 0.92

Para el análisis a armónicos de corriente que permita realizar un control en cada una de las presentes mediciones en este estudio se tomó en consideración la siguiente norma internacional:

IEEE – Standard -519-1992: “Específica valores máximos del THD de corriente, este valor debe ser como máximo de 20% de la fundamental, para considerar afectado el sistema el número de datos que sobrepasan el valor máximo (20 %) deben superar el 5 % de las mediciones tomadas.”

5.2 Resultado de las Mediciones

Subestaciones:

Cumple con la Regulación del CONELEC acerca de la Calidad del Producto en Subestaciones con el nivel de voltaje, estableciendo una variación menor al $\pm 8,0\%$ en su nivel de voltaje

De manera complementaria se muestra que:

Factor de potencia: mayor a 0.92.

Flickers: menor a Pst = 1.

Thd de voltaje: menor a Thd=3.

Adicionalmente cumple con mediciones de Thd de corriente de acuerdo a la norma internacional IEEE–Standard-519-1992 estableciendo una variación menor al THD 20 en relación a la onda de corriente fundamental.

Transformadores de Distribución:

Cumplen con el nivel de voltaje acerca de la Calidad del Producto en transformadores de distribución, estableciendo una variación menor al $\pm 8,0\%$ en su nivel de voltaje

Cumple con el nivel de flickers acerca de la Calidad del Producto de acuerdo a la regulación en transformadores de distribución, estableciendo una medición menor al Pst = 1.

Cumple con el Thd de voltaje acerca de la Calidad del Producto en transformadores de distribución, estableciendo una variación menor al THD 8 en relación a la onda de voltaje fundamental

De manera complementaria se muestra que:

Factor de potencia: menor a 0.92. En el factor de potencia, referencialmente se desea obtener un valor no menor del 0.92, y debido a este bajo factor de potencia incide en lo relacionado al incremento de pérdidas técnicas; considerando que en promedio de las mediciones observadas se cumple con el factor de potencia de 0.92.

Adicionalmente cumple con mediciones de Thd de corriente de acuerdo a la norma internacional IEEE–Standard-519-1992

estableciendo una variación menor al THD 20 en relación a la onda de corriente fundamental.

Consumidores de Bajo Voltaje:

Cumplen con el nivel de voltaje acerca de la Calidad del Producto en consumidores de bajo voltaje estableciendo una variación menor al $\pm 8,0\%$ en su nivel de voltaje.

De manera complementaria se muestra que:

Factor de potencia: menor a 0.92. El factor de potencia referencialmente se desea obtener un valor no menor del 0.92, y debido a este bajo factor de potencia incide en lo relacionado al incremento de pérdidas técnicas; considerando que en promedio de las mediciones observadas se cumple con el factor de potencia de 0.92.

Flickers: menor a Pst = 1.

Thd de voltaje: menor a Thd=8.

No cumple con mediciones de Thd de corriente de acuerdo a la norma internacional IEEE–Standard-519-1992 estableciendo una variación mayor al THD 20 en relación a la onda de corriente fundamental, y se presenta principalmente a:

- ✓ Utilización de focos ahorradores
- ✓ Falta de colocación de puesta a tierra

Cabe indicar que se realizó una Segunda Medición colocando su sistema de puesta a tierra y a la vez cambiando cada uno de sus lámparas fluorescentes por focos incandescentes; para analizar los resultados de las mediciones dado los siguientes cambios dentro de las instalaciones eléctricas internas, obteniendo los siguientes resultados:

Cumplen con el nivel de voltaje acerca de la Calidad del Producto en consumidores de bajo voltaje estableciendo una variación menor al $\pm 8,0\%$ en su nivel de voltaje.

De manera complementaria se muestra que:

Flickers: menor a Pst = 1.

Thd de voltaje: menor a Thd=8.

El factor de potencia: se encuentra es 0.92 y se presenta debido al no uso de lámparas fluorescentes; por el uso de focos incandescentes.

Tabla 4. Comparación de Factor de Potencia

USUARIO	MEDICION1	MEDICION2

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

MEDICIONES	FP FASE	FP FASE
FP MÁXIMO	0,99972	1
FP MÍNIMO	0,50634	0,8975
FP PROMEDIO	0,56	0,99
FP <0.92	799	7
% FP <0.92	79,19	0,69
MEJORA %	99,31%	

Adicionalmente no cumple con mediciones de Thd de corriente de acuerdo a la norma internacional IEEE–Standard-519-1992 estableciendo una variación mayor al THD 20 en relación a la onda de corriente fundamental, cabe indicar que en las actuales mediciones el total de mediciones fuera de límites se redujo en un 64.16% a la anterior medición.

Tabla V. Comparación de THD de corriente

USUARIO	MEDICION1	MEDICION2
MEDICIONES	THD FASE	THD FASE
THD>20	558	200
% THD>20	55,30	19,82
CUMPLE NORMA	NO	NO
MEJORA %	64,16%	

Consumidor Medio Voltaje:

No cumple con la Regulación del CONELEC acerca de la Calidad del Producto en consumidor servido en medio voltaje con relación al factor de potencia, estableciendo mediciones menores que el 0.92 que rige la norma.

Cabe indicar que en promedio el factor de potencia en las mediciones cumple con los valores emitidos por el CONELEC.

De manera complementaria se muestra que:

Cumplen con el nivel de voltaje, estableciendo una variación menor al $\pm 8,0\%$ en su nivel de voltaje

Flickers: menor a Pst = 1.

Thd de voltaje: menor a Thd=8.

No cumple con mediciones de Thd de corriente de acuerdo a la norma internacional IEEE–Standard-519-1992 estableciendo una variación menor al THD 20 en relación a la onda de corriente fundamental, y se presenta principalmente debido a utilización de focos ahorradores y mala regulación en el uso de bancos fijos y regulables de capacitores.

6. Conclusiones

A nivel de subtransmisión en subestaciones de distribución no se presenta problemas de voltaje en lo referente a la Regulación del CONELEC ya que las variaciones se encuentran dentro del $\pm 8,0\%$ que es el rango de la Regulación. En lo referente a perturbaciones de voltaje posee mediciones fuera del límite menores al 5% del total de mediciones y el factor de potencia cumple con la regulación con el valor del 0.92.

En lo relacionado con los transformadores de distribución cumple con el nivel de voltaje con variaciones menores al $\pm 8,0\%$ de acuerdo a lo estipulado por la Regulación del CONELEC, y a su vez con la distorsión de la forma de onda (armónicos de voltaje y flickers) con mediciones fuera del límite menores al 5% del total de mediciones que estipula la Regulación.

En los transformadores de distribución se tiene un factor de potencia aceptable y alcanza un promedio alrededor de 0.92.

Para consumidores de medio y alto voltaje el factor de potencia es 0.75 que es mucho menor que el 0.92 estipulado en la Regulación. Este bajo factor de potencia es posible que se dé por tener un sistema deficiente de puesta a tierra; un mal sistema de puesta a tierra hace que se tenga corrientes armónicas y éstas van a afectar el factor de potencia, disminuyéndolo notoriamente y a su vez presentándose en la mayoría de casos un mala regulación de sus bancos propios de capacitares.

En consumidores de medio y alto voltaje cumple en su totalidad con el nivel de voltaje con variaciones menores al $\pm 8,0\%$ que es rango de la Regulación y a su

vez con la distorsión de la forma de onda (armónicos de voltaje y flickers) con mediciones menores al 5% del total de mediciones.

En usuarios finales de bajo voltaje en lo referente al nivel de voltaje cumple con la Regulación del CONELEC con variaciones menores al $\pm 8,0\%$ que es el rango de la Regulación y no se presentan perturbaciones de voltaje mayores al 5% del total de mediciones.

Cumple con mediciones de perturbaciones de voltaje con mediciones fuera del límite menores al 5% del total de mediciones.

Dado los estudios realizados en usuarios finales de bajo voltaje existe una gran inserción de armónicos de corriente con mediciones fuera del límite en un total del 55% y a la vez se obtuvo un bajo factor de potencia alcanzando valores de 0.55; todo esto debido principalmente a la circulación de armónicos dentro de sus instalaciones dado principalmente por el uso de focos ahorradores y la falta de un buen sistema de puesta a tierra.

Es por ello que se realizó una segunda medición a usuarios finales con las siguientes características:

*Usuario Bajo Voltaje se colocó una varilla puesta a tierra con lo cual se logró en promedio que el total de mediciones se obtenga un factor de potencia de 0.92, logrando a su vez reducción de armónicos de corriente en un total del 8% a la anterior medición en que no se contaba con su sistema de puesta a tierra.

*Usuario Bajo Voltaje se colocó una varilla puesta a tierra y cambio total de focos ahorradores por focos incandescentes, con ello se obtuvo mediciones de factor de potencia fuera de límite en un total de 7, es decir obteniendo valores superiores al 0.92, reducción de armónicos de corriente en un total del 60% a la anterior medición en que no se contaba con su sistema de puesta a tierra.

De esta manera usuarios, a través de este análisis se haga énfasis al estudio y colocación del sistema puesta a Tierra, pues la no colocación de la misma incrementa los armónicos de corriente y a su vez reduce el valor del factor de potencia considerablemente.

Finalmente debido al gran uso de focos ahorradores (utilizados debido a costos menores en pagos de energía eléctrica), se implemente filtros armónicos para evitar los mismos; conociendo que actualmente en el mercado se encuentran disponibles dichos filtros para cada uno de los niveles de carga y para cada aplicación específica.

7. Recomendaciones

Con la aplicación de la regulación del CONELEC No.- 004/01 para nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje (armónicos de voltaje, flickers), factor de potencia y como en este estudio análisis para armónicos de corriente, se hace imprescindible que los usuarios realicen estudios de Calidad de Energía a fin de acondicionar sus instalaciones, evitar penalizaciones y mejorar la vida útil de sus equipos eléctricos.

Siendo la Calidad de Energía un tema muy importante y de especial interés en la actualidad, tanto para las empresas eléctricas como para los usuarios, se deberían profundizar en la investigación para encontrar soluciones para el control de armónicos y flickers, temas que podrían aprovechar estudiantes para tesis de grado.

A fin de obtener datos confiables que permitan realizar análisis simultáneos de armónicos de voltaje, armónicos de corriente y flickers es muy importante utilizar un analizador de redes de alta precisión y confiabilidad.

8. Referencias

- [1] Regulación CONELEC N°-004/01 Calidad de Servicio eléctrico de distribución. Resolución N° 0116/01, 23 mayo 2001.
- [2] Aysen Arsoy, Mark Halpin, Yilu Liu; Modeling and Simulation of Power System Harmonics, CD room 1999.
- [3] Donal g. Fink y H. Wayne Beaty, Manual de Ingeniería Eléctrica, Décima Tercera Edición, Tomos I, II, 1993
- [4] J. Arrigalla, D. Bradley y P. Bodger, Power System Harmonic, U.K., 1979
- [5] Josep Balcells, Calidad De la red eléctrica: ¿Cómo medirla?, Departament d'Enginyeria Electrònica UPC, Sección Terrassa. Montevideo Uruguay, 2003
- [6] Tom Shaunghnessy, Factor de Potencia, Armónicos y Filtros Armónicos, Revista Power Quality. Junio 1999.
- [7] Michael Z. Lowenstein, Harmonic current and voltage distortion, Newspaper PQ CORNER, EC&M, November 2002.
- [8] <http://www.conelec.gov.ec>

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

[9] <http://www.ieee.org>

[10] <http://www.iec.org>

9. BIOGRAFIA:



Oscar Stalin Castañeda Ordóñez nació en Milagro-Guayas en marzo 12 de 1985. Curso sus estudios secundarios en el Instituto José María Velasco Ibarra (Milagro) en donde logró el título de Bachiller Técnico en Polivalente y Administración. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en donde obtuvo el Título de Ingeniero Eléctrico especialización “POTENCIA” el Febrero 3 del 2009 en la ciudad de Guayaquil.

Actualmente se encuentra ejerciendo el cargo de Administrador de Liquidación y Facturación Guayaquil-CENACE. Sus principales intereses son Liquidación y Transacciones Comerciales del Mercado Eléctrico Mayorista, Calidad de Energía en Sistemas en Sistemas Eléctricos.