

## Caracterización de la Calidad de Energía en focos incandescentes, Fluorescentes, Inducción y Led

### *Characterization of Power Quality in incandescent and fluorescent and LED bulbs*

Franklin Hernán Vásquez-Teneda<sup>1</sup>, Dennis Bayardo Vásquez-Barba.<sup>2</sup> Yuly Alejandra Urresty-Noguera.<sup>3</sup>

Recibido 5 de abril de 2022, revisión aceptada 2 de mayo de 2022

#### **RESUMEN:**

El estudio de la calidad de la energía, utilizando diferentes tipos de iluminación como incandescentes, LED, fluorescentes y ahorradores, que generan diferentes distorsiones en la forma de onda tanto de voltaje y corriente a la red, causando un rendimiento negativo en los diferentes tipos de máquinas que se encuentran conectadas a la misma, así como un bajo rendimiento técnico de la calidad de energía suministrada que afectan a los sistemas de iluminación reduciendo su vida útil de estos, producto de parpadeos o flickers eléctricos, apagones entre otro. En la actualidad en nuestro país se está comercializando ampliamente estos tipos de producto, los cuales se caracterizan por el ahorro de energía sin importar el efecto sobre la calidad de la energía y sin cumplir con los requisitos mínimos para garantizar la calidad técnica y constructiva mismos que en muchos casos no cumplen con las normativas vigentes. Es pertinente considerar que el cambio en la Matriz Energética basada tanto en la constitución de la República del Ecuador promulgada en el 2008 garantiza a través de sus artículos 15, 313, 314, 413 el uso eficiente de la energía y establece el estándar de importación de estos equipos de iluminación lo que hace necesario realizar un estudio de calidad de energía y su impacto en la red, especialmente por el bajo factor de potencia y armónicos que se pudieran presentar. en el sistema eléctrico. A través de un estudio técnico, experimental y analítico se establece el comportamiento de los parámetros eléctricos que presentan las diferentes lámparas tanto led, fluorescente como incandescentes que se comercializan actualmente en el mercado ecuatoriano con el fin de establecer el cumplimiento de las especificaciones que avalan como productos eficientes que garantizan eficiencia energética.

**Palabras claves:** Armónicos, eficiencia energética, calidad de energía, matriz energética.

---

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [franklin.vasquez@utc.edu.ec](mailto:franklin.vasquez@utc.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [dennis.bayardo.daps@gmail.com](mailto:dennis.bayardo.daps@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [yuly.urresty7018@utc.edu.ec](mailto:yuly.urresty7018@utc.edu.ec)

**ABSTRACT:**

*The study of energy quality, using different types of lighting such as incandescent, LED, fluorescent and savers, which generate different distortions in the waveform of both voltage and current to the network, causing negative performance in the different types of machines that are connected to it, as well as a low technical performance of the quality of the energy supplied that turns off the lighting systems, reducing their useful life, as a result of electrical flickers or blackouts, among others.*

*Currently, many of these types of products are being marketed in the country, which are characterized by energy savings regardless of the effect on the quality of energy and without meeting the minimum requirements to guarantee technical and constructive quality that in many cases do not comply with current regulations.*

*It is relevant to consider that the change in the Energy Matrix based on both the constitution of the Republic of Ecuador promulgated in 2008 guarantees through its articles 15, 313, 314, 413 the efficient use of energy and establishes the import standard of this lighting equipment, which makes it necessary to carry out a study of energy quality and its impact on the network, especially due to the low power factor and harmonics that could occur. in the electrical system.*

*Through a technical, experimental and analytical study, the behavior of the electrical parameters presented by the different LED, fluorescent and incandescent lamps that are currently marketed in the Ecuadorian market is established in order to establish compliance with the specifications that guarantee as efficient products that guarantee energy efficiency.*

**Keywords:** *Harmonics, energy efficiency, power quality, energy matrix.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los convertidores de potencia eléctrica son las mayores cargas no lineales y son usados para gran variedad de propósitos, tales como: fuentes de alimentación, variadores de velocidad, y de igual manera empleados para el funcionamiento de los focos; etc.

“Las cargas no lineales como los focos ahorradores cambian la naturaleza de la onda sinusoidal de la corriente de alimentación AC, esto produce un flujo de corrientes armónicas que son introducidas al sistema de distribución, lo que puede causar interferencia con circuitos de comunicación y con otros equipos principalmente electrónicos, esta interferencia también se puede producir en las residencias”[1].

En los sistemas de distribución se utiliza comúnmente la compensación de potencia reactiva con capacitores para mejorar el factor de potencia, y existe la probabilidad de la ocurrencia de resonancia con los armónicos que las cargas no lineales introducen al sistema eléctrico, esto produce una gran distorsión de la forma de onda de la tensión y de la corriente.

### **1.1.1 Lámparas Incandescentes**

Se denomina lámpara incandescente, bombilla, lamparita o bombita de luz al dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por Efecto Joule de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica. Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano [2].

### **1.1.2 Características de duración**

La duración de una Lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso [3], pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso.

### **1.1.3 Tiempo de duración y Temperatura**

La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1000 horas para las normales, para las halógenas es de 2000 horas para aplicaciones generales y de 4000 horas para las especiales

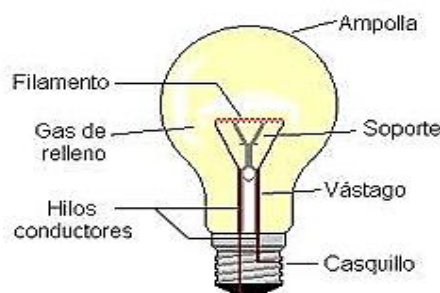
La temperatura ambiente no es un factor que influya demasiado en el funcionamiento de las lámparas incandescentes, pero sí se ha de tener en cuenta para evitar deterioros en los materiales empleados en su fabricación. En las lámparas normales hay que tener cuidado de que la temperatura de funcionamiento no exceda de los 200° C para el casquillo y los 370° C para el bulbo en el alumbrado general.

#### 1.1.4 Variación de la Tensión

Las variaciones de la tensión se producen cuando aplicamos a la lámpara una tensión diferente de la tensión nominal para la que ha sido diseñada. Cuando aumentamos la tensión aplicada se produce un incremento de la potencia consumida y del flujo emitido por la lámpara, pero se reduce la duración de la lámpara [4].

#### 1.1.5 La incandescencia y luz incandescente

Todos los cuerpos calientes emiten energía en forma de radiación electromagnética. Mientras más alta sea su temperatura mayor será la energía emitida y la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas.



**Figura. 1.** Partes de la bombilla incandescente.

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de wolframio que se calienta por efecto Joule alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible. Para evitar que el filamento se quemara en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas.

## 1.2 Lámpara LED

El costo de implementación de una radio base se considera uniforme con valor CBS. Para la ubicación de radio bases se tiene un conjunto de sitios candidatos  $S$ , los mismos que están predefinidos considerando las limitaciones geográficas de la zona de implementación de la red.

Los leds básicamente son lámparas de estado sólido, o sea sin filamento ni gas inerte que lo rodee, ni cápsula de vidrio que lo recubra. El led es un semiconductor unido a dos terminales cátodo y ánodo (negativo y positivo respectivamente) recubierto por una resina epoxi transparente.

Cuando una corriente circula por el led se produce un efecto llamado electroluminiscencia o sea el led emite luz monocromática en frecuencias que van desde el infrarrojo pasando por todo el espectro de luz visible y llega hasta el ultravioleta [4].



**Figura. 2.** Lámpara LED.

### **1.2.1 Control del led**

El control de los LED es otro de los factores importantes. Dada su naturaleza son fácilmente controlables, pudiendo producir efectos y permitiendo controles de energía que con otros dispositivos es más difícil y caro de obtener.

### **1.2.2 Ventajas**

Pequeño tamaño: Un LED puede ser sumamente pequeño y proporcionar un haz de luz de altas prestaciones lumínicas.

Consumo de electricidad bajo: Los LED tienen un consumo de electricidad muy bajo. Generalmente, un LED está diseñado para funcionar en la corriente 2-3.6V, 0.02-0.03A, esto significa que no necesita más de 0.1w para funcionar.

Vida larga: Con funcionamiento a una tensión nominal, la corriente y el ambiente adecuado, los LED disfrutan de una larga vida aproximadamente 100,000 horas.

Alta eficacia luminosa y baja emisión de calor: Los LED puede convertir casi toda la energía usada en luz, y por lo tanto el rendimiento de los mismos se traduce en una muy alta eficacia luminosa y baja emisión de calor. Uno de los mejores LED en el mercado actual emite 321lm/w, que es casi dos veces tan eficiente como una bombilla de filamento de tungsteno equivalente.

Protección de medio ambiente: Los LED están fabricados con materiales no tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes con el mercurio que contienen y que plantean un peligro de contaminación. Los LED pueden ser totalmente reciclados [5].

Irrompible: El dispositivo electroluminiscente de los LED está completamente encajado en un recinto de resina epoxi, lo hace mucho más robusto que la lámpara de filamentos convencional y el tubo fluorescente; no hay ninguna parte móvil dentro del recinto de epoxi sólido, es más resistente a vibraciones o impactos.

### 1.2.3 Desventajas

Los LEDs son caros. Ésta es sin duda su principal desventaja y aunque han experimentado una bajada de precios en los últimos años, la relación del precio por lumen sigue siendo alta y el coste de fabricación también

El diodo LED depende en gran parte de la temperatura ambiental. La temperatura de referencia es la temperatura del punto de unión y de ella depende la eficacia lumínica del mismo. Una temperatura del punto de unión elevada ( $>65^{\circ}\text{C}$ ) anula el valor de su vida útil, por ello la refrigeración y su asociación con la luminaria han de diseñarse para mantener las condiciones de funcionamiento adecuadas (de ahí la importancia de adquirir una lámpara LED de calidad).

Sensibilidad de voltaje. Para obtener buena intensidad luminosa hay que tener en cuenta el voltaje del LED que va entre 1,8 hasta 3,8 voltios aproximadamente (según sea el material de fabricación y el color de la luz que emite).

Su potencia de iluminación es baja, haciéndola casi invisible bajo una fuente de luz brillante como por ejemplo la luz solar [5].

### 1.3 Lámparas de inducción Magnética

Estructura en forma de bulbo, aporta una proyección regular de la luz, fácil de instalar.

La superficie emisora es más grande que la de otras luminarias de igual eficiencia, por eso se genera una luz más suave y confortable.

Con el diseño especial de anillo magnético en forma de aro, se evita la fuga del núcleo magnético y su desgaste de potencia, disipando el calor con mucha rapidez.

Con su particular núcleo magnético de ferrita, mantiene la inductancia en un rango amplio de temperaturas; con la especial curva B-H, se reduce la histéresis magnética y el desgaste del núcleo magnético.

Fabricada con amalgama sólida de mercurio, recuperable y reciclable fácilmente, la fórmula de la amalgama, cumple las exigencias de encendido instantáneo y de potencia constante, por su tecnología, la potencia es proyectada con mayor rapidez y con más estabilidad.

La fórmula desarrollada de gas inerte, asegura la unanimidad de la eficiencia luminosa y de la potencia, amplia gama de temperaturas de color, y varias opciones de potencia, balastro electrónico integrado, tecnología que aumenta el factor de potencia, la tecnología de bobinado mejora el rendimiento en baja temperatura, se pueden configurar más modelos de potencia según las necesidades de los clientes.



**Figura. 3.** Lámpara de inducción Magnética.

#### **1.4 Principio de funcionamiento de los focos Ahorradores**

El algoritmo planteado permite optimizar el número de

Los focos ahorradores están conformados por cinco partes principales, las cuales se definen a continuación:

- Casquillos con rosca: sirve para acoplar al foco ahorrador en la boquilla convencional.
- Base para balasto: es un compartimento donde se sujeta el balasto electrónico.
- Filamentos: producen el calor necesario para ionizar el gas inerte dentro del tubo fluorescente.
- Tubo fluorescente: contiene el gas inerte que da la característica del color de la luz emitida.



**Figura. 4.** Foco Ahorrador.

#### **Principio de Funcionamiento**

El principio de funcionamiento de una lámpara fluorescente ahorradora de energía CFL es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manuable.

Al encender la lámpara la corriente fluye hacia el balasto electrónico, la misma que es rectificadora para posteriormente convertirla en corriente DC, a continuación, pasa por un circuito oscilador, que en este caso es hecho a base de transistores, una inductancia y un capacitor, la frecuencia que puede alcanzar el mismo está entre 20 y 60 kHz, dependiendo del fabricante.

La elevada frecuencia sirve para eliminar el efecto estroboscópico

Cuando los filamentos de la CFL se encienden, producen calor, el mismo que ioniza el gas inerte que se encuentra dentro, y se crea un puente de plasma entre los dos filamentos, por el cual circulan electrones, bajo estas circunstancias, el balasto genera una chispa y se enciende un arco entre los filamentos, entonces los filamentos se apagan y se convierten en electrodos para mantener el arco eléctrico mientras la lámpara permanece encendida; el arco eléctrico no produce la luz, pero es necesario para la producción de luz.

El arco eléctrico sirve para mantener el proceso de ionización del gas inerte. Así los iones desprendidos del gas inerte chocan contra los átomos de vapor de mercurio que también se encuentran en el tubo, de esta manera los átomos de vapor de mercurio se excitan y empiezan a emitir fotones de luz ultravioleta, los mismos que chocan contra las paredes de la lámpara que está recubierta con una capa fluorescente, este choque hace que los átomos de flúor se exciten y produzcan fotones de luz blanca visible por el ojo humano.

## **2. ARMÓNICOS**

“La distorsión armónica es una forma de ruido eléctrico. Es la sobre posición de señales en múltiplos de la frecuencia fundamental de la potencia sobre la onda sinodal de la misma”.

Los principales equipos electrónicos generadores de armónicos son los que emplean circuitos de rectificación o fuentes de poder para su funcionamiento como computadores, televisores, equipos de sonido [6].

### **2.1 Armónico Cartesiano**

“Aquellos armónicos producidos por equipos convertidores semiconductores en el curso de la operación normal.”

Por ejemplo, un convertidor de seis pulsos tiene como armónicos característicos los impares diferentes a los múltiplos de tres, por ejemplo, los 5th, 7th, 11th, 13th, etc.

### **2.2 Armónicos no Cartesianos**

“Los armónicos no característicos son producidos por equipos convertidores semiconductores en el curso de la operación normal”

Este tipo de armónicos son producidos por:

Caracterización de la Calidad de Energía en focos incandescentes, Fluorescentes, Inducción y Led



- Frecuencias oscilatorias.
- Demodulaciones del armónico característico.
- Demodulaciones de la fundamental.
- Desbalance en los sistemas de potencia AC, el ángulo de retardo asimétrico,
- Funcionamiento del ciclo-convertidores.

### 2.3 C. Distorsión Armónica Total (THD)

Es la relación entre el valor eficaz del total de las componentes armónicas y el valor eficaz correspondiente a la componente fundamental.

“La distorsión armónica total, es una medida de la coincidencia de formas entre una onda y su componente fundamental.”

Para el cálculo de este factor se aplica la siguiente fórmula:

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} I_i^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} V_i^2}}{V_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

Dónde:

i = número de armónica

I1 = valor eficaz de la onda fundamental de la corriente

V1 = valor eficaz de la onda fundamental del voltaje.

Ii = valor eficaz de la corriente del armónico k

Vi = valor eficaz del voltaje del armónico k

Como se puede observar este factor es aplicable tanto para corriente como para tensión.

Para la normalización sobre la distorsión armónica total el CONELEC se basa en recomendaciones de la norma IEEE 519.

### 3. CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La calidad de energía eléctrica se refiere a los requerimientos que debe tener el sistema para brindar una energía eléctrica confiable.

En el Ecuador la entidad encargada de controlar los índices de calidad de energía eléctrica es el CONELEC, estos índices son: nivel de voltaje, perturbaciones.

Las fórmulas utilizadas por el CONELEC para calcular los índices de calidad de la energía eléctrica son las siguientes:

$$THD = \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Dónde:

$V_i$ : 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  $i = 2 \dots 40$ ) expresado en voltios.

$V_n$ : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios. Como se puede observar para efectos de esta regulación, el CONELEC considera desde las armónicas 2 hasta la 40.

#### 3.1 Límites establecidos por el CONELEC

El CONELEC establece que los valores (rms) de los voltajes individuales ( $V_i$ ) y los THD que deben ser expresados como porcentaje, no deben sobrepasar los límites que se tabulan a continuación:

**Tabla 1.** Límites establecidos por el CONELEC de THD y o  $V_i$

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i $ o $THD$	
	(% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	$V > 40$ kV (otros puntos)	$V \leq 40$ kV
		(trafos de distribución)
<i>Impares no múltiplos de 3</i>		
5	2	6
7	2	5
11	1.5	3.5
13	1.5	3
17	1	2
19	1	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5

> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
<i>Impares múltiplos de tres</i>		
3	1.5	5
9	1	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
<i>Mayores de 21</i>	0.2	0.2
<i>Pares</i>		
2	1.5	2
4	1	1
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
<i>Mayores a 12</i>	0.2	0.5
<i>THD</i>	3	8

Los materiales cerámicos son típicamente duros y frágiles con baja tenacidad y ductilidad, normalmente poseen temperaturas de fusión relativamente altas, debido a estas propiedades los materiales cerámicos son indispensables para muchos diseños en ingeniería [1], [2].

#### 4 OBJETIVO

Caracterizar los parámetros eléctricos de los diferentes tipos de iluminación que permita establecer la calidad de energía de estos equipos a través de un estudio de la distorsión armónica generada y estableciendo lineamientos para mejorar su eficiencia dentro de un sistema de iluminación.

#### 5 METODOLOGÍA

##### 5.1 Ensayo de parámetros eléctricos producidos por cada tipo de lámpara

Para realizar el ensayo de cada una de las lámparas incandescentes, LED, fluorescentes y ahorradores, se procura la utilización de un analizador de parámetros eléctricos a través del cual se pueda obtener y analizar los valores de voltaje, corriente, potencia y principalmente los armónicos generados tanto de corriente como de voltaje [6].

##### 5.1.1 Levantamiento de Resultados del Comportamiento Eléctrico

El consumo de la energía eléctrica crece considerablemente 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

energía eléctrica, siendo cada vez más alto el porcentaje de uso del consumo de energía eléctrica.

Dentro del concepto de calidad la alteración en la forma de onda tiene lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así como en la utilización de determinados receptores que generan perturbaciones que a pesar de que son inevitables se los puede minimizar.

En la actualidad las empresas tienen que afrontar algunos retos como:

- Modificar los diferentes circuitos debido al incremento de carga considerando la capacidad máxima de la red de alimentación.
- Considerar la calidad de energía eléctrica recibida o generada con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los diferentes equipos conectados a la misma, al mismo tiempo que las empresas contribuyen al desarrollo tecnológico.
- Concienciar a todos los sectores sobre el uso racional de la energía eléctrica [7].

Es necesario conocer que la calidad del suministro de la energía eléctrica es la combinación de la calidad de la tensión y del corriente considerando que cualquier desviación se puede considerar como una perturbación o como una pérdida en su calidad. Esta particularidad puede provocar daños o averías en los elementos que componen el sistema tanto de generación como de distribución de la energía eléctrica.

Uno de los aspectos importantes en la pérdida de la calidad de la energía eléctrica es el mal funcionamiento o averías de los equipos conectados a la red de distribución como computadores, equipos de iluminación, equipos de electrónica de consumo, cocinas de inducción entre otros, estos equipos pueden funcionar de forma incorrecta si la energía eléctrica suministrada se interrumpe solamente una milésima de segundo generando problemas importantes en cualquier entorno ya sea residencial, comercial e industrial generando en muchos casos importantes problemas económicos.

Es conveniente que para aumentar la competitividad principalmente en las empresas se pueda optimizar el proceso productivo a través de:

- La utilización de equipos de alta eficiencia como motores sincrónicos o servomotores.
- Automatización de sus procesos mediante dispositivos electrónicos de última generación.
- Reducción de costos con la continuidad del servicio y la calidad de energía.
- Reducción de las pérdidas de energía.

Caracterización de la Calidad de Energía en focos incandescentes, Fluorescentes, Inducción y Led

- Evitar costos por sobredimensionamiento y tarifas
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos.

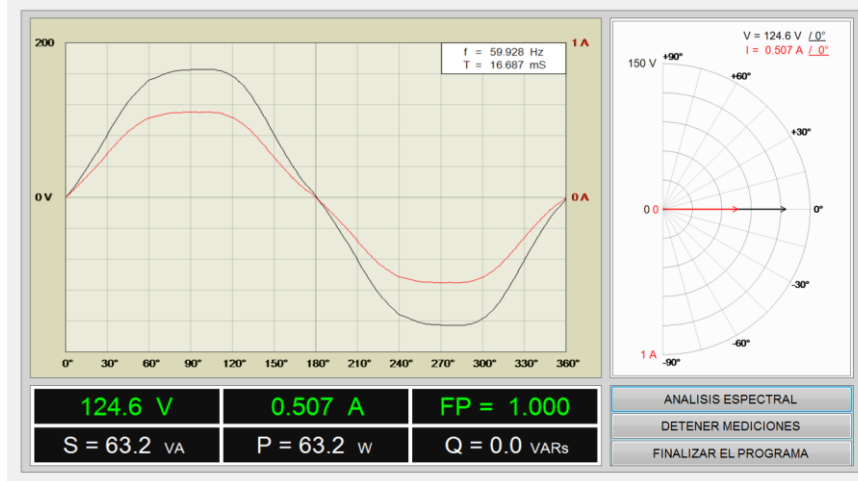
La calidad del servicio debe entenderse en este contexto como la continuidad de la señal de la tensión y la afectación mínima por parte de la carga hacia el sistema, en este sentido se realiza el análisis de la calidad de energía en el funcionamiento en los sistemas de iluminación con la ayuda de equipos analizadores que a través de la toma de varias mediciones de las diferentes luminarias se obtuvo resultados que ayudan a comprender el comportamiento de las mismas y su eficiencia a nivel industrial [8],[9].

Para el análisis de calidad de energía se utilizará las siguientes luminarias como:

- Lámpara incandescente.
- Lámpara led
- Lámpara fluorescente (ahorradores)
- Lámparas de inducción

## 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 Caracterización de la lámpara incandescente



**Figura 5.** Voltaje y corriente foco incandescente.

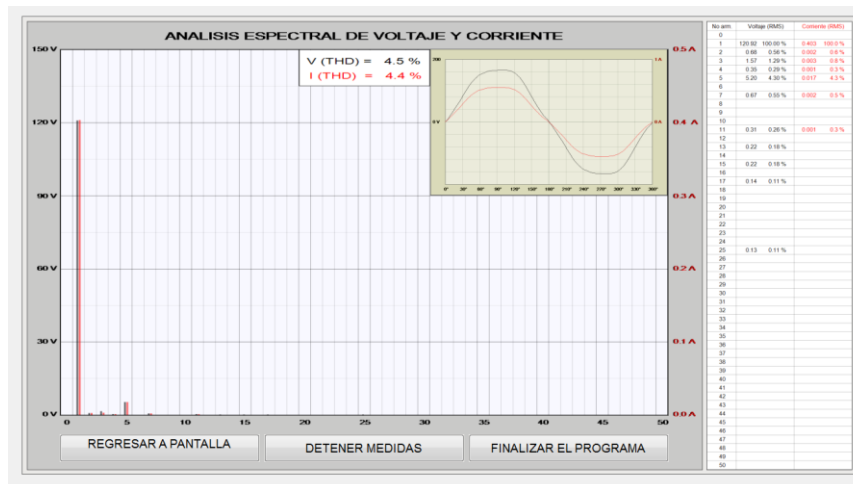


Figura 6. Armónicos de lámpara incandescentes.

### 6.2 Caracterización de la lámpara Led

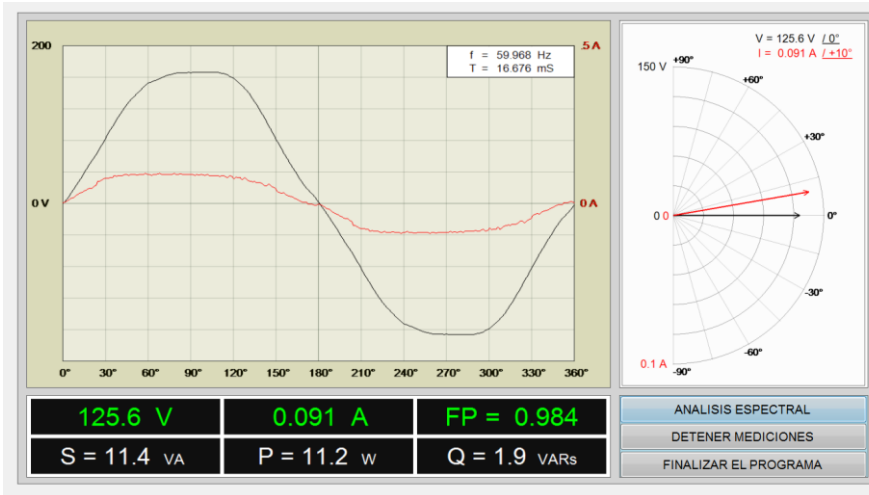


Figura 7. Voltaje y corriente Led.



Figura 8. Armónicos de lámpara Led.

### 6.3 Caracterización de la lámpara de Inducción



Figura 9: Voltaje y corriente Lámpara de Inducción



Figura 10: Armónicos de lámpara Inducción

### 6.4 Caracterización del foco ahorrador

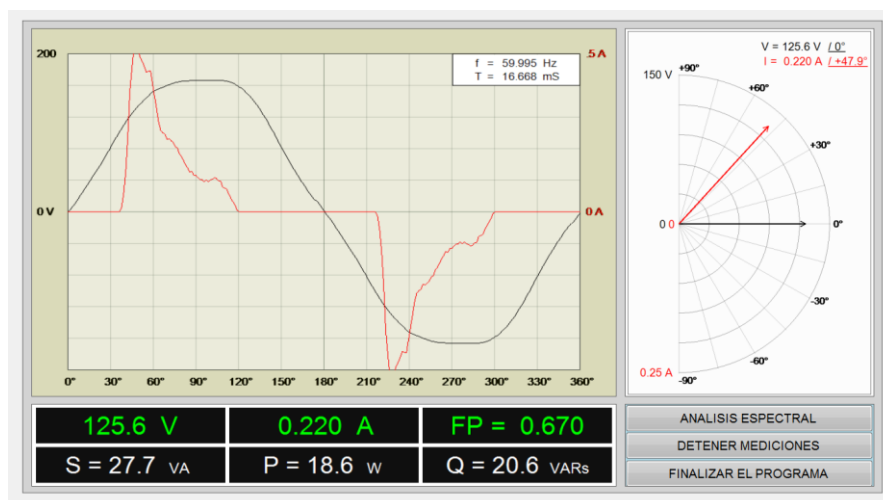


Figura 11. Voltaje y corriente foco ahorrador.

Caracterización de la Calidad de Energía en focos incandescentes, Fluorescentes, Inducción y Led



**Figura 12.** Armónicos de foco ahorrador.

## 7 CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del diagnóstico energético a las diferentes lámparas de iluminación bajo estudio, se determinaron características comportamiento de sus parámetros que podrían generar oportunidades en materia de ahorro de energía a través del control y filtros que sin afectar su correcto funcionamiento.

Para el estudio de la calidad de energía de las diferentes lámparas de iluminación se utilizó la norma IEC61000-430, la norma UNE-EN 50160:2011, y la normativa emitida por el CONELEC mediante la resolución 004, donde se establece los límites aceptables para: niveles de tensión, frecuencia, armónicos y factores de potencia.

De los datos obtenidos permite determinar que los armónicos de voltaje de las diferentes lámparas analizadas cumplen las normas y que los armónicos de corriente corresponden tercero, quinto, séptimo, noveno y onceavo armónico, al combinar los sistemas de iluminación se determinó que la presencia de armónicos disminuyó.

Un factor importante en la calidad de energía es la distorsión armónica total TDH analizado con referencia de la norma UNE-EN 50160:2011 se determinó que los THD de corriente las lámparas e inducción, fluorescentes no cumplen puesto que su valor es de 115% y de 80% respectivamente lo que puede causar la saturación del transformado, calentamiento de los conductores, sobre corriente en el conductor del neutro, disparo de protecciones entre otras fallas.

El bajo factor de potencia en los sistemas de iluminación con lámparas de inducción, led y fluorescentes generan un fajo factor de potencia ubicado bajo 0,7 generando reactivos en el sistema de iluminación y cuya solución no corresponde exclusivamente a la ubicación de un banco de condensadores.



## 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Orejuela, Víctor, “Identificación del nivel óptimo del empleo de focos ahorradores en las instalaciones domésticas de abonados residenciales”, XXIV Seminario Nacional Del Sector Eléctrico, Santo Domingo 22, 23 y junio de 2009.
- [2] INEN, norma 036:2008, Eficiencia energética. lámparas fluorescentes compactas. rangos de desempeño energético y etiquetado, Quito, primera edición, 16 y 22 de febrero y el 5 de marzo de 2008, p.17
- [3] Empresa Eléctrica Quito, Normas para sistemas de distribución parte A guía para diseño, Quito 31 de marzo de 2009, p.152
- [4] Sanz Serrano, José Luis y otros, Técnicas y procesos en las instalaciones eléctricas de media y baja tensión, 5ta edición, editorial Paraninfo, 2006
- [5] Rosas, Mujal, Tecnología eléctrica, 1era edición, Editorial UPC, ISBN: 8483017164, 2009
- [6] Westinghouse Electric Corporation, Manual de alumbrado, 1era edición, editorial PUA, Argentina, 1962.
- [7] Hofman Harald y Ganslast Rüdiger, Cómo planificar con luz, 1era edición, editorial Bertelsmann International, España.
- [8] Harper Enríquez, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, 2da edición, México, 2006.
- [9] OSRAM, Guía técnica Economical long-life light sources with plug-in bases, 1era edición.