

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UNA ENTIDAD BANCARIA

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
BENITO JUAREZ BALDEÓN**

PROMOCIÓN

2006-I

LIMA-PERÚ

2010

AUDITORÍA ENERGÉTICA EN UNA ENTIDAD BANCARIA

Agradezco en primer lugar a mis padres por que me enseñaron lo que son los valores y que nunca debo rendirme ante las adversidades; así como también a mi futura esposa Kathy por acompañarme en los momentos difíciles, mi hijo Ricardo quien es la luz de mis ojos y mis hermanos Richar, Paty y Charo, siempre estaremos unidos a pesar de todo.

SUMARIO

El presente informe de suficiencia trata de cómo iniciar una Auditoría Energética en una Entidad Bancaria, se ha realizado un análisis de las posibles fuentes de ahorro de energía y los procedimientos que se deben de seguir para lograr un ahorro considerable en la facturación mensual.

Hoy en día se está poniendo mucho énfasis en el ahorro de energía y no se necesita herramientas ni maquinarias sofisticadas para lograrlo, estos inician con la recolección de datos sobre el suministro y el consumo de todas las formas de energía, pero para esto los encargados de hacerlo deben estar capacitados y enfocados en que el ahorro de energía es posible con la unión de todo el área de mantenimiento y con el respaldo de la gerencia para que puedan guiarlos y capacitarlos en todas las formas de ahorro posibles.

INDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCION	
1.1 Objetivos	2
1.2 Generalidades	2
1.3 Limitaciones	4
1.4 Alcances	4
CAPÍTULO II	
MARCO TEORICO	
2.1 Definiciones	6
2.2 Termografía	6
2.3 Sistema de Puesta a tierra	7
2.3.1 Conexiones y términos	8
2.3.2 Técnicas de Medición	10
2.4 Calidad de la Energía Eléctrica	12
2.4.1 Perturbaciones	13
2.4.2 Armónicos y Flickers	14
2.4.3 Sag y Swell	15
2.4.4 Notch o Muecas	17
2.4.5 Transitorios	17
2.4.6 Interrupciones	18
2.4.7 Desequilibrios y asimetrías	18
2.4.8 Distorsión de Tensión	18
2.5 Eficiencia Energética	19
2.5.1 En Sistemas de Iluminación	19
2.5.2 En Tarifas Eléctricas	22
2.5.3 En Compensación de la Energía Reactiva	28
2.5.4 En Motores Eléctricos Eficientes	32
2.5.5 En Sistemas de Climatización	37

CAPÍTULO III	
APLICACIONES	
3.1 Cálculo de Ahorro anual y Retorno de la Inversión	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
ANEXOS	
ANEXO A: Certificado de Pozos de Tierra	54
ANEXO B: Recibo de Luz	56
BIBLIOGRAFÍA	57

PRÓLOGO

El propósito de este informe es encontrar una guía para el ahorro de energía en sus diferentes campos realizando una auditoría a detalle y de esta manera mejorar las instalaciones que se encuentran desfavorables. Cuando no existe una conciencia en el ahorro de energía esto se manifiesta en la facturación mensual y por ende son pérdidas efectivas para el empleador que podrían ser utilizados para la capacitación del personal u otras inversiones.

La capacitación del personal es muy importante si se requiere iniciar con una Auditoría Energética ya que si no se tiene los conocimientos necesarios entonces en vez de encontrar un ahorro tal vez se generarían más gastos no solo en la facturación mensual de la energía si no en las horas hombre utilizadas para este fin.

La mejora en la Eficiencia Energética y la disminución de los costos de Energía mensual suponen un aumento significativo en la rentabilidad de la empresa, el cual en este siglo XXI es de vital importancia para que una empresa siga subsistiendo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. Objetivos

Los objetivos de realizar una Auditoría Energética (AE) en una empresa son los siguientes:

- Racionalizar la facturación mensual de recursos energéticos, en este caso disminuir los costos que se consumen por energía eléctrica.
- Tener una base de datos acerca del consumo actual de energía y las posibilidades de fuentes de ahorro.
- Aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico con estudios que sustenten lo indicado.
- Optimizar las políticas de mantenimiento de las instalaciones para que éste sea predictivo y programado mas no curativo.

1.2. Generalidades.

Antes de iniciar y/o analizar un estudio de auditoría energética en la empresa tenemos primero que preguntarnos:

- ¿Por qué el uso racional y eficiente de energía?
- ¿Cómo lograr el uso racional y eficiente de energía?
- ¿Qué son las auditorías energéticas?
- ¿Qué clase de auditorías energéticas existen?

Se va a responder concisamente cada una de las preguntas para que quedé muy en claro el porque realizamos una auditoría energética en la empresa.

- a) ¿Por qué el uso racional y eficiente de energía?

Se pueden obtener muchas respuestas de esta pregunta, una de ellas nos dice que se define como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, promueve el uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. Además se puede definir como el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas desde la selección de la fuente energética hasta su consumo final.

El uso racional y eficiente de energía es sinónimo de ahorro de energía, sustitución de energéticos, generación eficiente de energía, mantenimiento de equipos y todo lo relacionado al beneficio de las personas y a la industria porque les debe permitir reducir el presupuesto de gastos y de esta manera contribuye a liberar recursos financieros para cubrir otras necesidades de las personas, industria y/o de la nación.

Debemos tener en cuenta que usar eficientemente la energía significa evitar desperdiciarla y realizar las actividades con el mínimo de energía posible.

b) ¿Cómo lograr el uso racional y eficiente de energía?

El uso racional de energía causa impactos positivos en los usuarios, empresas y se preservan los recursos de la Nación. Estos impactos se logran al realizar ahorros energéticos en las diferentes clases de usuarios (residenciales, industriales, comerciales) con acciones tan simples como el de sustitución de electrodomésticos, iluminación más eficiente, corrección de fugas en el aire acondicionado, análisis de eficiencia de los equipos instalados, uso de motores de alta eficiencia, etc.

Como elementos para ser considerados en la búsqueda de la eficiencia energética se pueden citar las siguientes acciones:

- Cambio energético.
- Mejoras tecnológicas.
- Optimización de procesos industriales.
- Manejo de temperaturas.
- Climatización o uso de la luz solar.
- Mejora del factor de potencia.

c) ¿Qué son las auditorías energéticas?

La auditoría energética es un proceso mediante el cual se obtiene un conocimiento suficientemente amplio y sobretodo fiable del consumo energético de la empresa para detectar los factores que afectan el consumo de energía e identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro de energía, todo esto en función de su rentabilidad.

Una auditoría energética es un análisis que refleja cómo y dónde se usa la energía de una instalación con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. Ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía en la empresa y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando despilfarros y en dónde es posible hacer mejoras. La auditoría energética incluye la evaluación del uso final y como resultado del estudio se definen medidas correctivas determinando los consumos específicos, balances

energéticos y los costos estimados de ahorro, de inversión y tiempo de retorno de esta

d) ¿Qué clase de auditorías energéticas existen?

Se encuentra que los tipos de auditoría energética se pueden definir por factores como las áreas analizadas, el uso de los diferentes energético y/o procesos estudiados. Entre las áreas tenemos las administrativas y operativas, las cuales hacen uso de la iluminación, climatización, calefacción, etc.

Se puede hablar de dos tipos de auditorías, la auditoría eléctrica en donde se realiza sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transfieren o distribuyen o consumen energía eléctrica, y la otra auditoría térmica en donde se realiza sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transportan o distribuyen fluidos líquidos o gaseosos.

1.3. Limitaciones.

Por un tema de reducción de costos anual y por estar pasando un periodo de crisis mundial muchas empresas, incluido esta entidad Bancaria, han tomado una política momentánea de no invertir en proyectos que signifiquen un costo considerable y peor aún que dichos que sean recuperados en el largo o mediano plazo, quedando por este motivo pendiente algunas pruebas aplicando la auditoría energética orientados a la eficiencia energética y fuentes de ahorro, por tal motivo sólo vamos a quedar supeditados a los resultados mediante simulaciones de software referidos a la iluminación, motores eficientes, compensación de la energía reactiva, mejor opción tarifaria, de auditorías energéticas, etc.

Además por tratarse de un tema muy amplio se va a tratar de describir todos los posibles puntos de ahorro energía de una manera breve y concisa que resuma y explique lo que se quiere obtener, comenzando desde la parte teórica que son las definiciones hasta las aplicaciones y/o simulaciones.

1.4. Alcances.

Las Auditorías Energéticas (AE) tal como describía líneas arriba son una guía para la acción, enfocadas en la búsqueda de racionalizar y optimizar, por un lado, usos y consumos de energéticos, y por otro, procesos y procedimientos tecnológicos que involucren usos y consumos de energéticos. Es por eso que las AE tienen como alcance los siguientes puntos:

- Análisis de los consumos históricos de recursos energéticos.
- Identificación de puntos calientes mediante uso de cámaras Termográficas.
- Análisis del Sistema de Puesta a Tierra.
- Análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica.

- Mejoramiento de la Eficiencia Energética, aquí está incluido el análisis del Sistema Tarifario.

CAPÍTULO II MARCO TEORICO

2.1. Definición

Conociendo los alcances podemos definir este capítulo en 4 partes: Termografía, Puestas a Tierra, Calidad de la Energía Eléctrica y Sistema Tarifario. Ahora detallaremos en que consiste cada una de ellas.

2.2. Termografía.

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar mediante la captación de la radiación infrarroja del objeto, utilizando cámaras termográficas se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

Mediante la termografía podemos localizar áreas con defectos mas conocidos como puntos calientes que es un punto de un material en el que la temperatura es superior a la prevista en sus condiciones de fabricación y de utilización del material.

a) ¿En dónde usamos la termografía?

Para nuestro caso la termografía puede ser usada en subestaciones, fusibles, interruptores, motores, enganches, empalmes, conexiones y otras más; cabe resaltar que también puede ser usada en otras aplicaciones como la meteorología, detección de gases, medicina, etc.

b) ¿Cómo funciona la termográfica?

Todos los materiales que estén a una temperatura por encima del cero absoluto ($>273^{\circ}\text{C}$) emiten energía infrarroja. La energía emitida en la banda infrarroja se convierte en una señal eléctrica por el detector de la cámara, esta señal se convierte en una imagen en blanco y negro o color.

Las cámaras termográficas detectan la radiación infrarroja invisible que emiten los objetos y lo transforma en una imagen dentro del espectro visible en la que la escala de colores (o grises) refleja las distintas intensidades.

La intensidad de la radiación infrarroja es función de la temperatura pero no sólo de ella, influyen también las características superficiales del objeto, el color y el tipo de material.

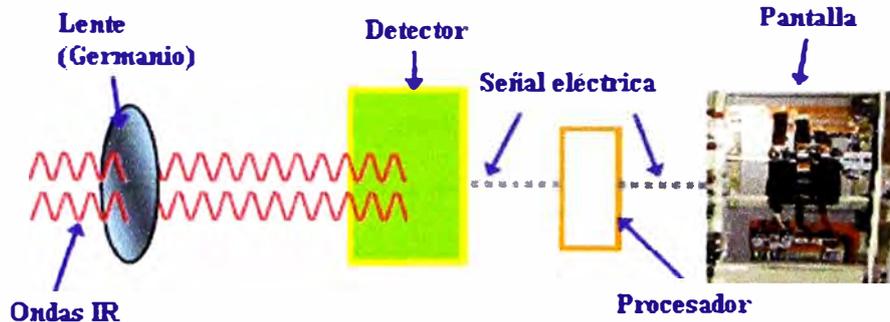


Fig. 2.1 Componentes de una Cámara Termográfica

Básicamente una cámara termográfica consta de:

- Lente: Como en toda cámara, es necesario que la lente enfoque los rayos de radiación IR sobre el detector, en este caso el lente no es de vidrio, pues este material es opaco a la radiación IR. Suelen fabricarse de germanio.
- Detector: Es la pieza fundamental, que detecta la radiación IR y la convierte en una señal eléctrica. Hay diferentes tipos de detectores, los más usados son los de BST y los microbolómetros. Estos sensores son construidos a partir de semiconductores).
- Procesador: Es básicamente una pequeña computadora que interpreta la señal enviada por el detector y la transforma en otra señal apta para ser utilizada en una pantalla.

En resumen los infrarrojos inciden en el detector como onda electromagnética, la temperatura del detector aumenta por la absorción de la energía de la radiación, la resistencia del detector cambia, y finalmente el cambio de resistencia por medio del procesador crea la señal eléctrica.

2.3. Sistemas de Puesta a tierra.

Existen muchas definiciones para un sistema de puesta a tierra, si tomamos como referencia el artículo NEC 250 podemos decir que es:

- Una conexión de baja resistencia con la tierra (suelo).
- Una conexión de baja resistencia entre los objetos eléctricos y electrónicos con las partes metálicas cercanas.
- Una trayectoria conductiva preferencial entre el punto de impacto de un rayo en un objeto expuesto y el suelo.
- Una trayectoria de flujo de la electricidad estática.

- Un plano de referencia común de una impedancia relativamente baja.
- Un plano de referencia para sistemas de antena de onda larga.

Según la IEEE St 142, podemos decir que un sistema de puesta a tierra es una conexión intencional de un conductor de fase o conductor neutro con el terreno, con el propósito de controlar el voltaje a tierra dentro de los límites predecibles.

El Objetivo de los sistemas de puestas a tierra es la de salvaguardar las personas y los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad además de proveer las disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad.

2.3.1. Conexiones y términos.

- a) ¿Por qué aterrizamos o conectamos a tierra el sistema de alimentación eléctrica?

Según la Norma NEC 250-1, FPN No.1 (FPN = Fine Print Note), nos dice que es de utilidad:

- Para limitar las sobretensiones transitorias debidos a descargas atmosféricas, a maniobras con interruptores, etc.
- Para limitar los voltajes en caso de contacto accidental del sistema de alimentación con líneas de tensión superior.
- Para estabilizar la tensión del sistema de alimentación con respecto a tierra.

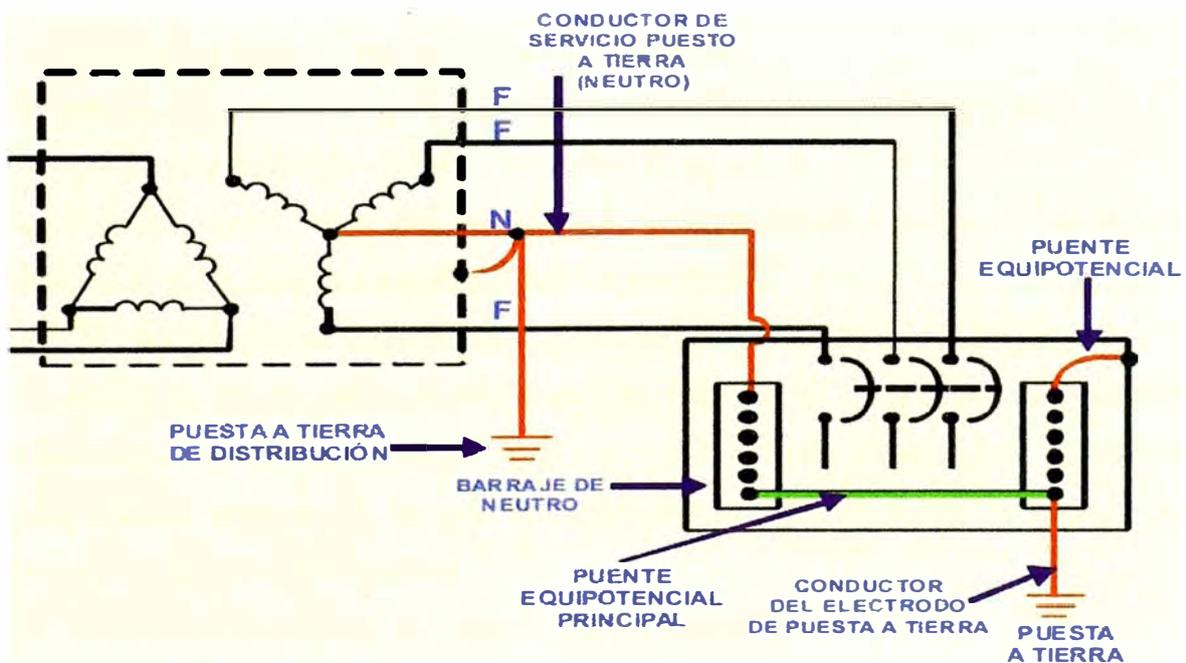


Fig. 2.2 Sistema de Aterramiento.

- b) ¿Por qué requerimos la puesta a tierra de equipos?

Según la Norma NEC 250-1, FPN No.2, que es usada mucho para sacar varias definiciones, nos dice que requerimos para:

- Limitar la tensión de los materiales metálicos no portadores de corriente con respecto a tierra.
- Que en caso de falla a tierra, opere la protección de sobrecorriente.

Ahora detallamos algunos términos que se usan con frecuencia en un sistema de puesta a tierra:

- Sólidamente puesto a tierra (Grounded Effectively),

Es la conexión intencional con el suelo, a través de una conexión conductiva o de conexiones de baja impedancia, con capacidad suficiente de transportar corrientes sin que se generen tensiones que puedan resultar en riesgos peligrosos al contacto con equipos o personas.

- Puente equipotencial principal (Bonding Jumper Main),

Es la conexión entre el conductor de servicio puesto a tierra (neutro) y el conductor de tierra para equipos en el punto de suministro de electricidad del proveedor local.

- Tierra (Ground),

Es una conexión conductiva intencional o accidental entre un circuito eléctrico o equipo y el suelo, o algún cuerpo conductor que sirva en lugar de éste.

Puesto a tierra (Grounded),

Es la conexión al suelo o algún cuerpo conductor que sirva en lugar de éste.

- Conductor puesto a tierra (Grounded Conductor),

Es un conductor de un sistema o circuito que es intencionalmente puesto a tierra.

- Conductor de puesta a tierra (Grounding Conductor),

Es un conductor usado para conectar equipos o circuitos puestos a tierra de un sistema de cableado con el electrodo de puesta a tierra o a electrodos.

- Conductor del electrodo de puesta a tierra (Grounding Electrode Conductor),

Es un conductor usado para conectar el electrodo de puesta a tierra con el conductor de puesta a tierra para equipos o con el conductor puesto a tierra o con ambos; de un circuito en el punto de ingreso del servicio de alimentación eléctrica o en las fuentes de los sistemas derivados independientes.

- Conductor de puesta a tierra para equipos (Grounding Conductor, Equipment),

Es un conductor usado para conectar partes metálicas que no transportan corrientes de equipos, canalizaciones y otros aparatos al conductor de puesta a tierra del sistema, al conductor del electrodo de puesta a tierra o en la fuente de un sistema derivado independiente.

- Circuito interruptor por falla a tierra (Ground-Fault Circuit Interrupter),

Es un dispositivo para la protección de personas, que desenergizan un circuito o una parte de éste, en un periodo de tiempo establecido, cuando una corriente a tierra excede algún valor predeterminado, que es menor que el requerido para operar una protección de sobrecorriente de un circuito de alimentación.

2.3.2. Técnicas de Medición

a). Métodos de Medición de la Resistividad del Terreno:

Existen muchos métodos para medir la resistividad de un terreno, el cual enumeramos algunas:

- Por toma de muestras.
- De cuatro electrodos.
- De Schlumberger o de gradiente.
- De Schlumberger modificado.
- De A.L. Kinyon.
- De Wenner o de Potencial.
- De Palmer.
- De Lee.
- Dipolares (6).
- De dos electrodos.
- Por medida de resistencia.
- Otros

Por la cantidad de métodos que existen sólo se va a definir uno de ellos, el más conocido es el método de Wenner o de Potencial como quieran llamarlo, Frank Wenner encontró que si la distancia enterrada “h” es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos “a”, la siguiente fórmula se puede aplicar para encontrar la resistividad promedio a la profundidad “a” en ohm-m en un punto “x” del terreno:

$$\rho = 2\pi a R$$

Donde:

ρ : Resistividad promedio a la profundidad “a” en ohm-m

π : es la constante 3.141592654

a: la distancia entre electrodos en metros

R: Lectura del telurómetro en ohms, podemos encontrar los telurómetros en varias marcas como Megabass, Kioratsu, etc.

El espesor de la capa a la cual se mide la resistividad es directamente proporcional con la separación de las picas de medición por un factor de $3/4$, esto es:

$$h = \left(\frac{3}{4}\right)a \quad (2.1)$$

Si sustituimos este valor en la primera ecuación, obtenemos que:

$$\rho = \left(\frac{8}{3}\right)\pi h R \quad (2.2)$$

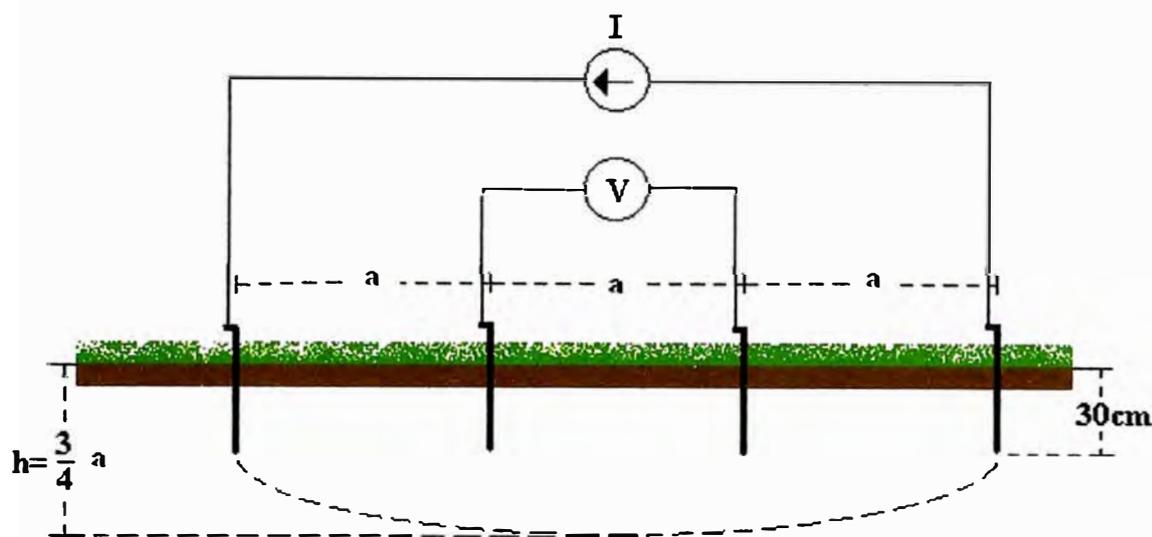


Fig.2.3 Medición de la Resistividad del Terreno con el método Wenner.

b). Métodos de Medición de la Puesta a Tierra:

Al igual que para hallar la resistividad de un terreno también existen muchos métodos para medir la resistencia, e ahí algunas:

- De curva de caída de potencial.
- De la regla del 62% o caída de potencial
- De los cuatro potenciales o de Tagg.
- De la pendiente.
- De intersección de curvas.
- Selectivo.
- De triangulación o de nippold.
- Estrella triángulo.
- Por corriente inyectada.
- Por tensión inducida.
- Con referencia natural. Como se puede observar hay varios métodos a usar, eso queda a sugerencia de cada responsable.

Al igual que en la resistividad, en este caso sólo vamos a hablar de un método para hallar la resistencia de puesta a tierra, el más empleado es el de la regla del 62% o más exacto del 61.8%, en este método los electrodos son dispuestos como lo muestra la figura de abajo, “E” es el electrodo de tierra con resistencia desconocida, “P” y “C” son los electrodos auxiliares colocados a una distancia adecuada. Una corriente “I” conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por el electrodo “E” y saliendo por el electrodo “C”. La medida de potencial entre los electrodos E y P se toma como la tensión V para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación V/I . La resistencia de los electrodos auxiliares se desprecia, porque la resistencia del electrodo C no tiene determinación de la caída de potencial V. La corriente I una vez determinada se comporta como constante. La resistencia del electrodo P, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar. Se van realizando mediciones de resistencias equivalentes mientras el electrodo de potencial se aleja del electrodo de tierra hasta llegar al electrodo de corriente. La medición se tomará como válida si la curva (resistencia vs. distancia) presenta una parte plana, esta parte sucede aproximadamente al 0.618 veces la distancia existente entre el electrodo de tierra y el electrodo de corriente.

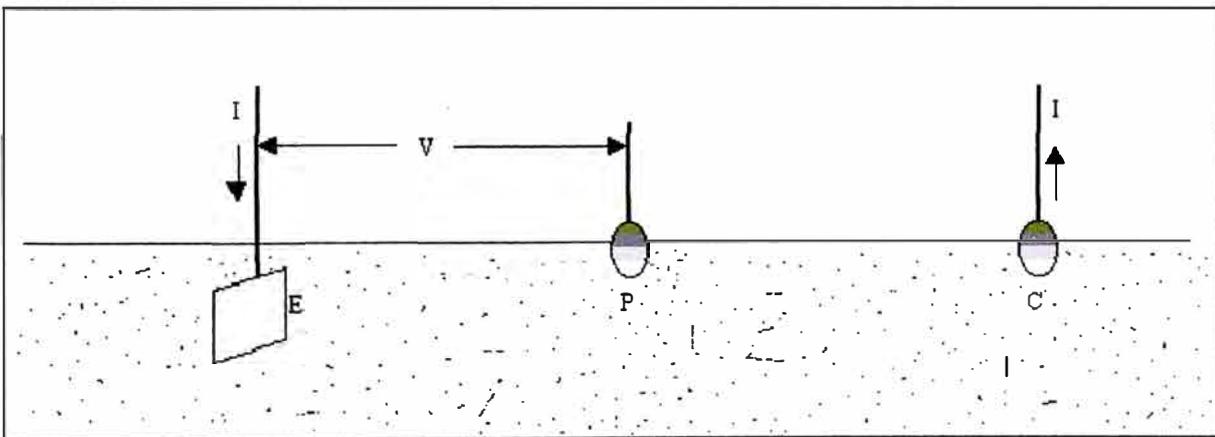


Fig. 2.4 Medición de la Resistencia del Terreno con el método de Caída de Potencial.

2.4. Calidad de la Energía Eléctrica.

La calidad de energía está relacionado con las perturbaciones electromagnéticas y eléctricas que pueden afectar las condiciones eléctricas de un suministro (tensión y/o corriente) y ocasionar el mal funcionamiento o daño a equipos eléctricos y procesos industriales. Las causas que afectan a la calidad de energía son:

- Perturbaciones de origen externo al sistema eléctrico.
- Perturbaciones por fallas en componentes del sistema eléctrico.
- Perturbaciones por maniobras en el suministro de energía al sistema eléctrico.

- Cambios en el estado del funcionamiento del sistema.
- Perturbaciones debido a problemas de puesta a tierra.

El suministro eléctrico ideal es aquel que está relacionado con una forma de onda senoidal con valores constantes de amplitud y frecuencia.

$$v(t) = V_m \cdot \text{sen}(\omega \cdot t) \quad (2.3)$$

$$i(t) = I_m \cdot \text{sen}(\omega \cdot t - \varphi) \quad (2.4)$$

$$\text{Energía} = \int v(t) \cdot i(t) dt \quad (2.5)$$

La compatibilidad Electromagnética es la habilidad de un equipo, unidad de equipos o sistemas para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético sin introducir distorsiones electromagnéticas intolerables a otro equipo dentro de su mismo ambiente electromagnético. El máximo disturbio electromagnético generado por un aparato debe ser tal que no dañe el uso en particular de los siguientes aparatos:

- Televisores y equipos de sonido.
- Equipos industriales.
- Equipos móviles de radio y radioteléfono.
- Aparatos médicos y científicos.
- Equipo de tecnología de información.
- Equipos electrodomésticos.
- Equipos electrónicos.
- Aparatos y redes de telecomunicaciones.
- Luminarias y fluorescentes, etc.

2.4.1. Perturbaciones.

El elevado crecimiento de la economía en los últimos años se ha traducido en una extraordinaria expansión de energía así como el desarrollo tecnológico, esto implica una alta proliferación de controles y dispositivos electrónicos, electrodomésticos, hornos, soldadores de arco, máquinas eléctricas con controles de estado sólido, equipos con núcleos saturables, etc., los cuales han producido una gran cantidad de perturbaciones en las ondas de tensión y corriente del sistema eléctrico nacional, creando un nuevo problema denominado perturbaciones eléctricas.

El concepto "Perturbaciones Eléctricas" en especial, es un tema esencial el cual ha evolucionado en la última década a escala mundial, está relacionada con las perturbaciones eléctricas que pueden afectar a las condiciones eléctricas de suministro y ocasionar el mal

funcionamiento o daño de equipos y procesos. Por tal razón, se requiere un tratamiento integral del problema desde diversos frentes. Estos comprenden, entre otros, investigación básica y aplicada, diseño, selección, operación y mantenimiento de equipos, normalización, regulación, programas de medición y evaluación, capacitación de personal. etc.

Entre los tipos de perturbaciones podemos clasificarlos en:

- Armónicos y Flickers.
- Sag y Swell.
- Notch o Muecas.
- Transitorios.
- Interrupciones.
- Desequilibrios y asimetrías.
- Distorsiones de Tensión.

2.4.2 Armónicos y Flickers

Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal. La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

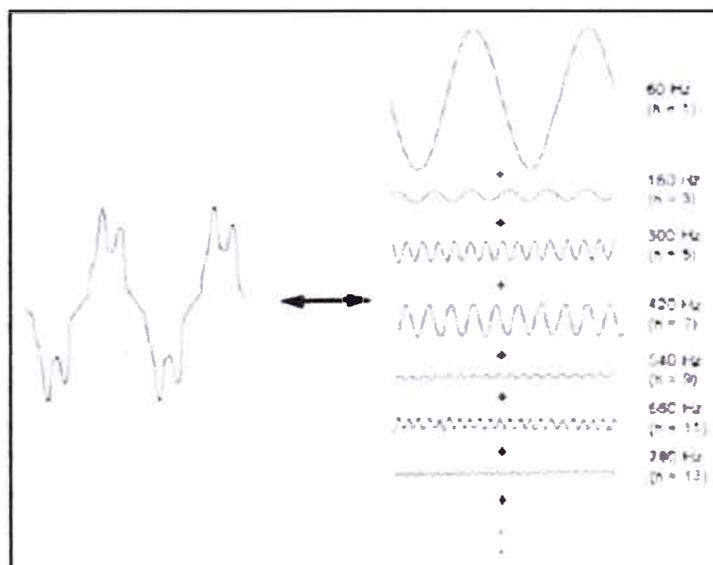


Fig. 2.5 Onda desdoblada en sus diferentes armónicas.

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a 60 ciclos, con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias de 60 ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario. La forma de onda existente está compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental. El término componente armónico o simplemente armónico, se refiere a cualquiera de las componentes sinusoidales la cual es múltiplo de la fundamental. La amplitud de los armónicos es generalmente expresada en por ciento de la fundamental.

a) ¿Cómo disminuimos el problema de las armónicas?

Se puede preparar el circuito para que sea capaz de asimilar el contenido de corrientes armónicas que el equipo instalado va a generar o instalar filtros de armónicas individuales, etc.

El Flicker o parpadeo es el fenómeno de variación de la intensidad luminosa que afecta la visión humana, principalmente en el rango de frecuencias de 0.5 a 30 Hz. Este fenómeno depende de los niveles de percepción de los individuos. Las desviaciones periódicas del voltaje se producen por consumos de naturaleza esencialmente variable como hornos de arco, soldadoras de arco, laminadores siderúrgicos, partidas y paradas de grandes motores, sistemas de tracción eléctrica de corriente alterna, compresores, bombas, grupos elevadores, etc. También la generación de interarmónicas puede provocar una mezcla de frecuencias que contribuyen a variaciones lentas en el rango de 0.5 a 30 Hz. El flicker es adimensional pero se mide de dos maneras:

Pst: que es el flicker de corta duración (10min).

Plt: que es el flicker de larga duración (120min), que se obtiene promediando cúbicamente los 12 Psts que existe en los 120min. El Flicker se mide de acuerdo a la IEC 1000-4-15

b) ¿Cómo disminuimos el problema de los flickers?

Instalando filtros en las cargas generadoras de flicker o instalando delimitadores de sobretensión para protección de áreas claves o aumentando la impedancia de cortocircuito de los transformadores, etc.

2.4.3 Sag y Swell (baja tensión y sobre tensión)

Sag es la disminución o reducción en el valor efectivo de la tensión de alimentación con duraciones que van desde el medio ciclo hasta los 3600 ciclos (de 8.333ms a 60s), cada ciclo equivale a 16.66ms.

El Undervoltage difiere del sag solo en la duración, el primero tiene una duración de más de un minuto.

Las disminuciones de voltajes se presentan cuando hay un corto circuito en el sistema eléctrico o cuando se presentan arranques de grandes cargas.

a) ¿Cómo disminuimos el problema de los sags?

En el caso de caídas de voltaje de baja magnitud se pueden usar estabilizadores de voltaje, pero si la caída fuera de una gran magnitud que representa más del 10% del valor de voltaje efectivo entonces se usarían UPS.

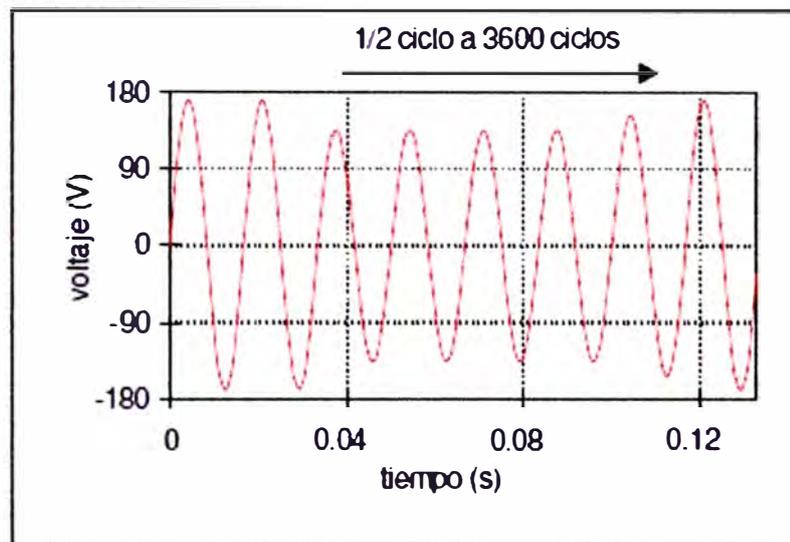


Fig. 2.6 Presencia de un sag

Swell es el aumento efectivo de la tensión de alimentación con duraciones que van desde el medio ciclo hasta los 600 ciclos (de 8.333ms a 10s)

El Overvoltage difiere del swell solo en la duración, el primero tiene una duración de más de diez segundos.

Los swells y las sobretensiones pueden ser causados cuando altas cargas son sacadas de servicio.

b) ¿Cómo solucionamos el problema de los swells?

En el caso de subidas de voltaje de baja magnitud se pueden usar estabilizadores de voltaje, pero si las subidas fueran de una gran magnitud que representa más del 10% del valor de voltaje efectivo entonces se usarían UPS.

Los UPS son sistemas ininterrumpidos de energía que detectan este tipo de distorsiones, es decir actúa como un estabilizador de tensión, además ante un corte de energía los UPS actúan rápidamente lo cual permite dar un tiempo razonable para poder apagar los equipos críticos y encender el grupo electrógeno.

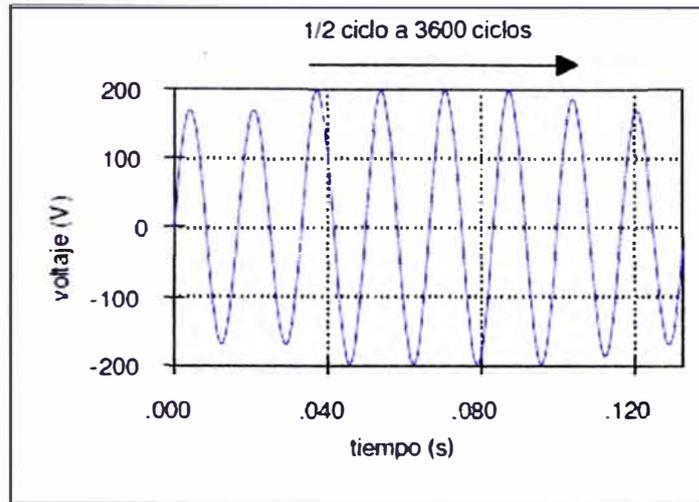


Fig. 2.7 Presencia de un swell

2.4.4 Notch o Muestras

También conocido en español como Hendidura, es el disturbio en el voltaje de alimentación que dura menos de medio ciclo y que inicialmente tiene polaridad opuesta al voltaje normal, de tal manera que en el disturbio se resta a la forma de onda nominal (es un transitorio). Las muescas o notches son ocasionados por cortos entre fases debido a la conmutación de los puentes rectificadores de 6 ó 12 pulsos o de cualquier componente electrónico. Cuando un puente rectificador o componente electrónico se debe encender y el de otra fase se debe apagar hay un corto tiempo en el cual los dos conducen y se ocasiona el corto entre fases.

a) ¿Cómo solucionamos el problema de los notchs o muescas?

Para estos casos se usan filtros notchs que sirven para eliminar los huecos de tensión y de esta manera tener una onda senoidal mejor formada sin desperfectos.

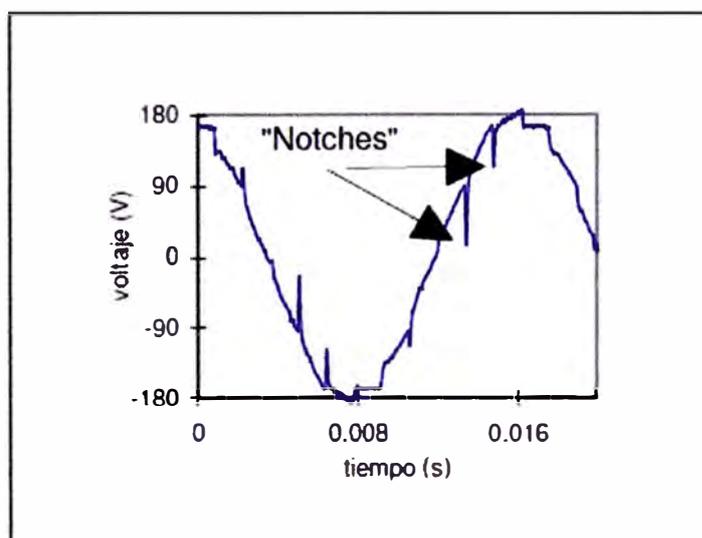


Fig. 2.8 Presencia de un Notch

Este gráfico representa al voltaje de fase a tierra en terminales de un UPS.

2.4.5 Transitorios.

Son disturbios en el voltaje de alimentación que dura menos de medio ciclo y que inicialmente tiene la misma polaridad que el voltaje normal, de tal manera que el disturbio se suma a la forma de onda nominal. Los transitorios son ocasionados por maniobras con interruptores o por descargas atmosféricas.

a) ¿Cómo solucionamos el problema de los transitorios?

Se pueden solucionar de varias maneras, la primera y fundamental es tener un buen sistema de puesta a tierra con una resistencia menor a 5ohm, luego tener un Supresor de Transientes o TVSS en los tableros principales y de distribución, y por último usar equipo de protección como transformadores de aislamiento, UPS, rectificadores, inversores, etc; todos ellos conectados a tierra.

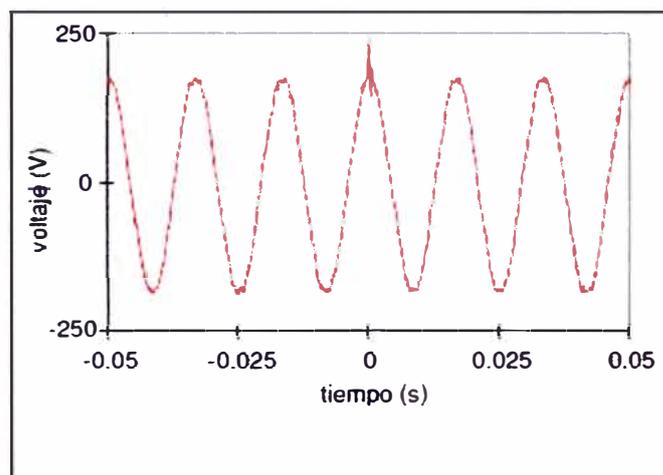


Fig. 2.9 Presencia de un transitorio

2.4.6 Interrupciones.

Son pérdidas total de voltaje durante un período de tiempo. Cuando el voltaje cae un valor entre el 10% y el 90% se trata de una disminución de voltaje; pero si el voltaje cae a un valor inferior al 10% entonces se trata de una interrupción.

a) ¿Cómo solucionamos el problema de las interrupciones?

El único equipo que se puede usar para estos casos es el UPS.

2.4.7 Desequilibrios y asimetrías.

Un desequilibrio es una situación en la cual cualquiera de las fases de un circuito trifásico no son idénticos en magnitud y/o la diferencia entre las 3 fases no es de 120 grados. Son causados por cargas monofásicas y líneas que no se encuentran transpuestas. El desequilibrio es distinto a una asimetría.

Una asimetría es la situación en la cual la onda de tensión no es simétrica respecto a un eje (abcisas, ordenadas o a una pendiente de 45°).

2.4.8 Distorsiones de Tensión.

En la actualidad los equipos electrónicos demandan la corriente en forma discontinua, este tipo de cargas no son lineales o no senusoidales. La caída que esta corriente produce en el sistema de alimentación puede ocasionar que el voltaje se distorsione, la mayoría de los equipos de cómputo toleran una distorsión de hasta 5%.

a) ¿Cómo solucionamos el problema de las distorsiones de tensión?

Usando filtros:

- LC en serie o paralelo.
- RLC en serie o paralelo.

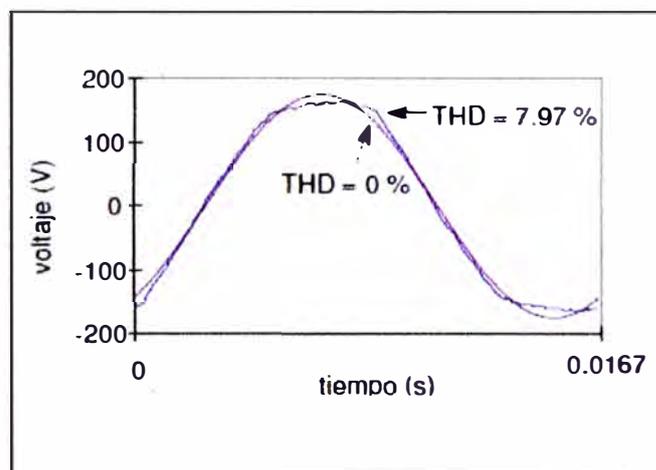


Fig. 2.10 Presencia de una distorsión de voltaje

2.5 Eficiencia Energética.

Se conoce que eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Se puede ser más eficiente mediante la implantación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos de consumo en la sociedad. Entre los más resaltantes podemos señalar seis puntos, estos son:

2.5.1 En Sistemas de Iluminación.

La vida depende de la luz, la visión sólo es posible gracias a la presencia de la luz; mediante ella somos capaces de comprender el medio que nos rodea.

Unidades y Conceptos

a) Flujo Luminoso (Φ)

Estos conceptos debemos manejarlos muy bien si deseamos realizar una auditoría.

Es la cantidad de energía luminosa emitida por un foco luminoso en todas las direcciones en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

Por ejemplo la vela de cera tiene 10 lm, la lámpara de 100W tiene 1380 lm, el tubo fluorescente de 40W tiene 3200 lm, etc.

b) Rendimiento Luminoso

Es el cociente entre el flujo luminoso obtenido y la potencia eléctrica necesaria para generarlo. Para poder valorar la rentabilidad de una fuente luminosa, se debe conocer que proporción de la potencia eléctrica se transforma en potencia luminosa. No toda esta energía se transforma en luz sino que una parte se transforma en calor y otra en energía radiante no visible.

c) Intensidad Luminosa (I)

Es el flujo luminoso emitido por un foco en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Su unidad es la candela (cd).

d) Iluminancia o Iluminación (E)

Mide la luz o flujo luminoso que llega a una determinada superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lm/m^2). El valor de iluminancia es el punto de partida para hacer un proyecto de alumbrado y existe una serie de normas y recomendaciones que establecen los valores adecuados para cada área visual.

Por ejemplo la “La luz en un puesto de trabajo muy bien iluminado” es de 300 y 500 lx, etc.

e) Fuentes luminosas.

Entre las fuentes luminosas tenemos las lámparas y luminarias:

La Lámpara es un dispositivo destinado a transformar la energía eléctrica en luz. Pueden clasificarse en dos grupos primarios: Lámparas incandescentes y lámparas de descarga.

Para las instalaciones interiores pueden usarse los siguientes:

- Lámparas incandescentes.
- Lámparas fluorescentes.
- Lámparas de descarga de alta presión de mercurio, de sodio y de haluros metálicos.
- Lámparas de sodio de baja presión.
- Lámparas de luz mixta.
- Lámparas de inducción.
- Lámparas fluorescentes de alta eficiencia. Como pueden observar existen diferentes tipos de lámparas, queda a criterio de cada uno que lámpara elegir.

La Luminaria es el aparato que distribuye, filtra o transforma la radiación luminosa procedente de una lámpara o lámparas y que incluyen todos los elementos necesarios para fijar y proteger estas lámparas y para conectarlas a la fuente de energía.

f) Uso Eficiente y Evaluación del Ahorro de la Energía en Sistemas de Iluminación.

Usar eficientemente la energía, significa usar toda la energía necesaria para realizar una determinada actividad en óptimas condiciones, pero sin desperdiciar una parte de esta energía.

Uso eficiente de la energía, no significa ahorrar energía a costa de bajar la calidad del servicio, produciendo riesgos a otras áreas como la seguridad, en caso de trabajos peligrosos, o en salud (como problemas a la vista) en el caso de iluminación.

Dentro de las medidas más fácilmente aplicables a la realidad cotidiana, está el reemplazo de luminarias ineficientes por las nuevas luminarias eficientes desarrolladas en los últimos tiempos por las principales empresas fabricantes de luminarias, es útil recordar que la iluminación más eficiente de mas bajo costo y menos agresiva con el medio ambiente es el uso de la luz natural proveniente del sol.

Las lámparas fluorescentes compactas actualmente fabricadas, comparadas con las lámparas incandescentes convencionales, consumen hasta un 80% menos de energía, entregan más luz por vatio, tiene una vida útil superior, pero son más caras, por lo tanto hay que tener presente que es conveniente usar estas lámparas en lugares que requieren permanecer encendidas durante 6 ó más horas al día; de lo contrario el ahorro y el retorno de la inversión se realiza en un período muy largo del tiempo.

En la medida en que el uso de este tipo de lámparas se generalice, los costos tenderán a disminuir y será posible aplicarlas a situaciones en las que hoy no resultan muy rentables. Generalmente las instalaciones de iluminación se caracterizan por la rigidez de su funcionamiento (encendido y apagado).

Una vez que han sido puestas en marcha no es posible adaptar su funcionamiento a los requerimientos de nuevas circunstancias sin tener que modificar su esquema inicial.

El desarrollo de la tecnología electrónica y su aplicación en el campo de la iluminación, han permitido la creación de una serie de sistemas electrónicos de control de luz que dan una solución al comportamiento estático de las instalaciones tradicionales.

Estos sistemas de control van desde el control remoto a la iluminación de una oficina (encendido, apagado, regulación), hasta el control de complejas instalaciones manejadas completamente por computador, permitiendo el mando centralizado de cada ambiente de

acuerdo a sus requerimientos individuales. El uso de los sistemas de control de luz permite a los usuarios una real economía.

La calidad de una instalación de alumbrado no solo consiste en que proporcione una iluminación suficiente sino que también depende de otros factores como:

- El nivel y distribución de luminosidad.
 - Dirección de la luz, formación de sombras y deslumbramiento.
 - El clima del color.
- g) Oportunidades de Ahorro de Energía en Sistemas de Iluminación.

Entre las oportunidades de Ahorro de Energía en Sistemas de Iluminación debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Limpiar periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta un 20%
- Apagar las luces que no se necesita.
- Evaluar la posibilidad de utilizar luz natural.
- Usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- Reemplazar lámparas fluorescentes T-12 convencionales de 40W por fluorescentes delgadas T-8 de 36W porque iluminan igual. Este reemplazo significa un ahorro económico del 10% en la facturación, especialmente en instalaciones comerciales.
- Independizar y sectorizar los circuitos de iluminación, ello ayudará a iluminar sólo los lugares que se necesita.
- Instalar superficies reflectoras porque direcciona e incrementa la iluminación y posibilita la reducción de lámparas en la luminaria.
- Utilizar lámparas de vapor de sodio de alta presión en la iluminación de exteriores.
- Seleccionar las lámparas que suministren los niveles de iluminación requeridos en la norma de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla.
- Utilizar balastos electrónicos, porque permite ahorrar energía hasta un 10% y corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de los fluorescentes.
- Evaluar la posibilidad de instalar sensores de presencia, temporizadores y/o dimmers para el control de los sistemas de iluminación.

2.5.2 En Tarifas Eléctricas.

La energía es usada en todo establecimiento y se ha vuelto de vital importancia en la vida cotidiana.

El costo de la energía eléctrica es un factor importante en la economía de una familia, comercio e industria, de allí la necesidad de tomar medidas para su ahorro y las decisiones apropiadas para lograr la menor facturación.

Las siguientes definiciones son utilizadas únicamente para las opciones tarifarias en el Perú y sirven para entender la metodología de facturación.

a). Usuarios de MT y BT

Son usuarios en MT aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es superior a 1kV y menor a 30kV.

Son usuarios en BT aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es igual o inferior a 1kV.

b). Horas Punta (HP) y Horas Fuera de Punta (HFP).

Las HP es el período comprendido entre las 18:00 y 23:00 horas de cada día de todos los meses del año.

Las HFP es el resto de horas del mes no comprendidas en las HP.

c). Demanda Máxima.

Se entiende por demanda máxima mensual al más alto valor de las demandas integradas en períodos sucesivos de 15 minutos, en el período de un mes. La demanda máxima anual es el mayor valor de las demandas máximas mensuales en el período de 12 meses consecutivos.

d). Período de Facturación

El período de facturación es mensual y no podrá ser inferior a veintiocho (28) días calendarios ni exceder los treinta y tres (33) días calendarios. No deberá haber más de doce (12) facturaciones al año.

e). Potencia Contratada.

Cada cliente puede solicitar a la empresa distribuidora que le garantice un nivel de potencia contratada máximo durante el año de vigencia de cada opción tarifaria. La responsabilidad de las empresas distribuidoras se limita a este nivel máximo contratado. El nivel de potencia contratada se factura en forma constante para todos los meses.

f). Potencia Variable.

Según esta modalidad la potencia por facturar se determina como el promedio de las dos mayores demandas de los últimos seis meses. Así, con este criterio se intenta representar aquella potencia promedio que la distribuidora pone a disposición del cliente en un período anual móvil.

g). Calificación Tarifaria (CT)

Tiene por objetivo definir si el cliente es calificado en punta o fuera de punta, para ello se realiza la siguiente relación:

$$CT = \text{Energía activa en HP} / (\text{Demanda Máxima} \times 5 \text{ horas} \times \text{cantidad de días del mes facturado}) \quad (2.6)$$

Si:

$CT > 0.5$, Es considerado como cliente presente en punta.

$CT < 0.5$, Es considerado como cliente fuera de punta.

h). Opciones Tarifarias.

En la siguiente tabla se presenta las opciones tarifarias para usuarios en MT y BT, considerando el tipo de medición y los cargos para su facturación:

TABLA N° 2.1 Diferentes Opciones Tarifarias que rigen en el Perú

Opción	Medición de suministro	Cargos de facturación
MT2	Medición de dos energías activas y dos potencias activas: 2E2P Energía: Punta y fuera de punta. Potencia: Punta y fuera de punta	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en punta. c) Cargo por energía activa fuera de punta. d) Cargo por potencia activa de generación en horas punta. e) Cargo por potencia activa de distribución en horas punta. f) Cargo por exceso de potencia activa de distribución fuera de punta. g) Cargo por energía reactiva.
MT3	Medición de dos energías activas y una potencia activa: 2E1P Energía: Punta y fuera de punta. Potencia: Máxima al mes. Calificación de potencia: HP: Cliente presente en punta. FP: Cliente presente en fuera de punta.	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en punta. c) Cargo por energía activa fuera de punta. d) Cargo por potencia activa de generación para usuarios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en punta. ▪ Fuera de punta. e) Cargo por potencia activa de redes de distribución para usuarios:

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentes en punta. ▪ Fuera de punta. <p>f) Cargo por energía reactiva.</p>
MT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa: 1E1P</p> <p>Energía: Total del mes.</p> <p>Potencia: Máxima del mes.</p> <p>Calificación de potencia:</p> <p>HP: Cliente presente en punta.</p> <p>FP: Cliente presente en fuera de punta.</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa.</p> <p>c) Cargo por potencia activa de generación para usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en punta. ▪ Fuera de punta. <p>d) Cargo por potencia activa de redes de distribución para usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en punta. ▪ Fuera de punta. <p>e) Carga por energía reactiva.</p>
BT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas: 2E2P</p> <p>Energía: Punta y fuera de punta.</p> <p>Potencia: Punta y fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación en horas punta.</p> <p>e) Cargo por potencia activa de distribución en horas punta.</p> <p>f) Cargo por exceso de potencia activa de distribución fuera de punta.</p> <p>g) Cargo por energía reactiva.</p>
BT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa: 2E1P</p> <p>Energía: Punta y fuera de punta.</p> <p>Potencia: Máxima al mes.</p> <p>Calificación de potencia:</p> <p>HP: Cliente presente en punta.</p> <p>FP: Cliente presente en fuera de</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación para usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en punta. ▪ Fuera de punta. <p>e) Cargo por potencia activa de redes de</p>

	punta.	distribución para usuarios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentes en punta. ▪ Fuera de punta. f) Cargo por energía reactiva.
BT4	Medición de una energía activa y una potencia activa: 1E1P Energía: Total del mes. Potencia: Máxima del mes. Calificación de potencia: HP: Cliente presente en punta. FP: Cliente presente en fuera de punta.	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa. c) Cargo por potencia activa de generación para usuarios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en punta. ▪ Fuera de punta. d) Cargo por potencia activa de redes de distribución para usuarios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presente en punta. ▪ Fuera de punta. e) Carga por energía reactiva.
BT5A	Medición de energía activa total: 1E Energía: Punta y fuera de punta.	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa en punta. c) Cargo por energía activa fuera de punta. d) Cargo por exceso de potencia fuera de punta.
BT5B	(No residencial) Medición de energía activa total: 1E	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa.
BT5B	(No residencial) Medición de energía activa total: 1E	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa.
BT5C	(No residencial) Medición de energía activa total: 1E	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa.
BT6	(No residencial) Medición de energía activa total:	a) Cargo fijo mensual. b) Cargo por energía activa.

1E	
----	--

Una posibilidad de obtener un ahorro económico, es a través de la elección de la mejor opción tarifaria con la concesionaria del sector, la que contempla diferentes costos por consumo de electricidad dependiendo de la hora durante el día.

a) Selección de una opción tarifaria

Para la selección de una opción tarifaria, en primer lugar es necesario conocer las demandas de potencia y energía del cliente, así como su distribución dentro de los horarios de punta y fuera de punta. Ello es posible gracias a la Curva de Carga Típica con que cuenta cada cliente. De ella se puede obtener la estadística de cada consumo de potencia (Demanda Máxima) y de energía (energía efectivamente consumida) mensual. La opción a contratar con la empresa distribuidora es aquella que permite minimizar la facturación anual por compra de energía del cliente, a partir del pliego tarifario correspondiente.

Si bien es cierto que las opciones tarifarias están a disposición de cualquier tipo de clientes, el consumo industrial y comercial es el que puede obtener mayores beneficios del uso de estas opciones. En el caso del consumo residencial hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los clientes residenciales requieren invertir en medidores y/o transformadores para acceder a alguna otra opción distinta de la BT5 donde están naturalmente clasificados.
- Las demandas de clientes residenciales son inferiores a los 20kW, por lo que se verá más adelante en un ejemplo no obtendrían ningún beneficio al cambiarse a una opción tarifaria distinta de la BT5.

De esta forma, al tratarse de clientes industriales y/o comerciales es posible establecer diez criterios básicos para la selección de la opción tarifaria más apropiada:

- Conocer el proceso productivo, es decir, determinar cuál es la naturaleza de la actividad del cliente de tal forma de establecer la intensidad de su consumo de electricidad a lo largo del día.
- Programar el funcionamiento de las máquinas y equipos que permita un uso eficaz de la potencia, con el fin de que la contratación de la misma no exceda la capacidad de uso del cliente.
- Programar el proceso productivo de tal forma que el consumo entre las 18:00 y 23:00 horas sea mínimo.
- Verificar que la opción tarifaria seleccionada sea la mas económica.

- La potencia contratada debe corresponder a la potencia máxima simultánea, es decir, a la máxima potencia utilizada por el cliente.
- Evaluar su conexión en media tensión.
- Evaluar la posibilidad de realizar contratos estacionales.
- Evaluar la posibilidad de contar con más de un suministro cuando es posible identificar procesos totalmente independientes.
- Evaluar la estadística de consumos.
- Considerar otras alternativas de suministro para horas punta (grupo térmico).

2.5.3 En Compensación de la Energía Reactiva.

Las empresas crecen y su demanda de energía también. La mayoría de los consumidores eléctricos industriales no solo piden potencia activa sino también potencia reactiva, que por ejemplo en el caso de los motores y transformadores se requiere para la potencia de magnetización. El transporte de potencia reactiva es antieconómico puesto que no puede ser transportada en energía utilizable; entonces podemos ahorrar el pago de esta potencia si utilizamos un banco de condensadores, cuya inversión es recuperada en corto tiempo, con lo que ahorraríamos dinero y energía que actualmente podemos estar gastando inútilmente.

a) Ventajas de la corrección del factor de potencia

Corregir o mejorar el factor de potencia de una instalación tiene las siguientes ventajas:

- Reducción de las caídas de tensión.

La instalación de condensadores permite reducir la energía reactiva transportada disminuyendo las caídas de tensión en la línea.

- Reducción de la sección de los conductores.

Al igual que en el caso anterior la instalación de condensadores permite la reducción de la energía reactiva transportada y en consecuencia es posible, a nivel de proyecto, disminuir la sección de los conductores a instalar.

- Disminución de las pérdidas.

Al igual que en el caso anterior la instalación de condensadores permite reducir las pérdidas por efecto Joule que se produce en los conductores y transformadores.

$$\frac{P_{cu\text{final}}}{P_{cu\text{inicial}}} = \frac{\cos^2 \phi_{\text{inicial}}}{\cos^2 \phi_{\text{final}}} \quad (2.7)$$

Donde: P_{cu} = Pérdidas de potencia activa por Efecto Joule en el cobre del arrollamiento de los transformadores.

- Reducción del costo de electricidad evitando el pago por consumo de energía reactiva.
- Aumento de la capacidad del transformador para entregar potencia activa.

De todas estas ventajas la penúltima es de orden económico y mejora los costos operativos de producción.

La última ventaja es aún más atractiva porque aprovechamos una mayor capacidad de la instalación.

b) Cálculo del Factor de Potencia de una Instalación

Para el cálculo del factor de potencia de una planta o instalación se tienen dos alternativas: o realizar cálculos teóricos o medir directamente el factor de potencia mediante un analizador de redes.

La medición directa es la más cercana a la realidad o al valor real de este factor, teniendo este valor inicial de $\cos \phi_1$ podremos, a través de la fórmula:

$$Q_c = P \times (tg \phi_1 - tg \phi_2) \quad (2.8)$$

Determinar el valor de la potencia reactiva Q_c de nuestro banco de condensadores, para llegar a corregir nuestro factor de potencia a $\cos \phi_2$, este análisis también se realiza observando las curvas de consumo de potencia reactiva proporcionada por el analizador de redes.

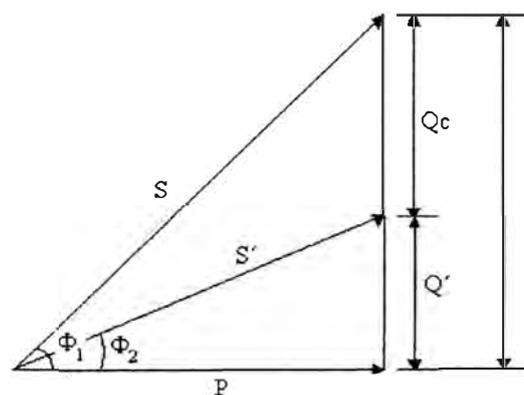


Fig. 2.11 El triángulo de las Potencias

Donde:

Q_c : Potencia reactiva proporcionada por el banco de condensadores en kVAR

P : Potencia activa de la carga en kW

$Tg\Phi$: Valor de la tangente del ángulo que corresponde al factor de potencia del circuito (original y deseado).

S : Potencia aparente original en kVA.

S': Potencia aparente como resultado de la corrección del factor de potencia.

Q: Potencia reactiva original

Q': Potencia reactiva proporcionada por la fuente de suministro, luego de la corrección del factor de potencia.

c) Instalación de Condensadores

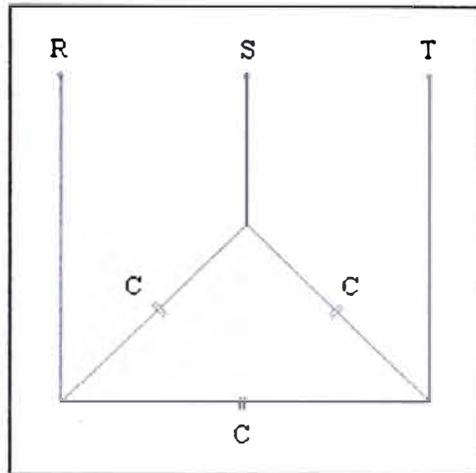


Fig. 2.12 Conexión de un banco de condensadores

Las instalaciones industriales son normalmente trifásicas, por lo que los condensadores a emplearse son también trifásicos, que son tres condensadores monofásicos conectados en triángulo.

Se utiliza esta conexión porque es la más económica, si la comparamos con la conexión estrella. Para la misma potencia reactiva, los condensadores de la conexión triángulo son de menor capacitancia. La potencia del condensador viene dada por:

Monofásica:

$$Q = U^2 \times \omega \times C \quad (2.9)$$

Donde:

Q: Potencia del condensador en Volt-amperios reactivo (VAR)

U: Tensión aplicada al condensador en voltios (V)

ω : Frecuencia angular ($\omega=2\pi f$, donde $f=60\text{Hz}$)

C: Capacidad del condensador en faradios (F)

Por lo general, los condensadores se denominan no por su capacidad sino por su potencia expresada en kVAR,

Trifásica:

$$Q = 3 \times U^2 \times \omega \times C \quad (2.10)$$

Un condensador destinado a la corrección del factor de potencia de una instalación, se conectará en paralelo con el resto de cargas, pues se trata de una carga mas.

El condensador podrá conectarse en diferentes puntos de la instalación, dependiendo de esta ubicación se obtendrá beneficios en mayor o menor grado. Según el tipo de conexión, esta compensación puede clasificarse en tres:

- Compensación individual: Condensador junto a la carga.
- Compensación por grupo: Condensador conectado a un grupo de cargas.
- Compensación global: Condensador conectado en el origen de la instalación (barra principal) para la compensación en conjunto.

d) Elección de un Banco de Condensadores.

Una vez decidida la instalación de un banco de condensadores se debe proceder a la elección y el cálculo de la misma y se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Objetivos de la compensación, es decir, si solamente es para eliminar el recargo en el recibo, optimizar la instalación o ambos, y con ellos decidir el modo de compensación.
- Tipo de compensación: Fija y Automática.
- Factor económico.
- Características de la instalación.
- Variación del factor de potencia de la instalación durante el funcionamiento de la misma.

e) Compensación Individual de los Transformadores.

Para la compensación individual de la potencia inductiva de los transformadores de distribución, se recomienda como guía los valores dados en la tabla siguiente. A la potencia nominal de cada transformador se le ha asignado la correspondiente potencia del condensador necesario, el cual es instalado en el secundario del transformador.

TABLA N° 2.2 Potencia Nominal vs Potencia Reactiva en un Transformador

Potencia nominal del Transformador en kVA	Potencia reactiva del Condensador en kVAr
100	4
160	6
250	15
400	25
630	40

1000	60
1600	100

f) **Compensación Individual para Motores.**

Para compensar un motor trifásico es necesario probar primeramente si el motor es arrancado directamente o si es arrancado por medio de un dispositivo arrancador estrella-delta.

Para un arranque directo, por ejemplo, por medio de un arrancador electromagnético, la compensación individual es sencilla, el condensador se conecta directamente a los terminales de entrada al motor sin necesidad de mas dispositivos (entre la salida del arrancador y la entrada del motor). La potencia reactiva capacitiva necesaria para cada motor está dada en la siguiente tabla:

TABLA N° 2.3 Potencia Nominal vs Potencia Reactiva en un Motor

Potencia nominal del motor en kW	Potencia reactiva del Condensador en kVAr
4	2
5.5	2
7.5	3
11	3
15	4
18.5	7.5
22	7.5
30	10
más de 30	+ó- el 35% de la potencia del motor

2.5.4 En Motores Eléctricos Eficientes.

Los equipos más utilizados en la industria para proporcionar fuerza motriz son los motores eléctricos trifásicos asíncronos, más conocidos como motores de Jaula de Ardilla, por la forma de su rotor. La participación de los motores eléctricos en el consumo de energía del país es significativa, por lo cual debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Los motores constituyen entre el 50% al 70% de la demanda industrial por energía eléctrica.
- Se estima que existen oportunidades de ahorro en el 50% de las aplicaciones industriales.

- La mayor parte de los motores trabajan entre el 50% y 80% de su capacidad nominal.

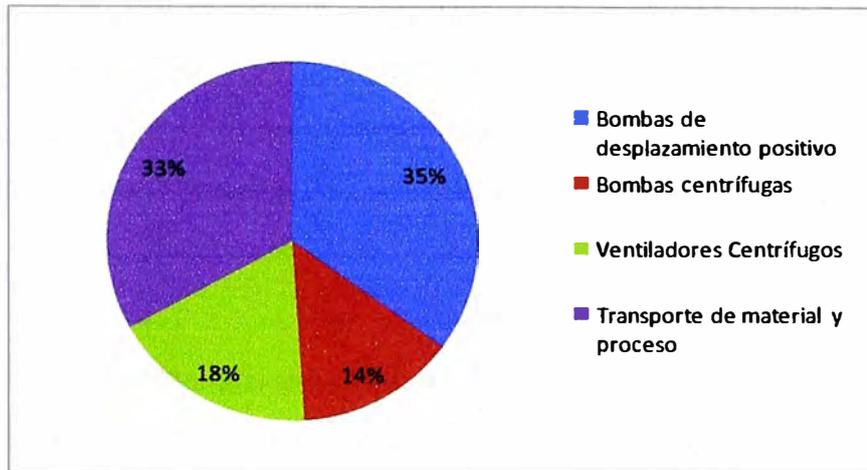


Fig. 2.13 Distribución de los Motores por Aplicaciones

a) Rendimiento de los Motores de Inducción.

El rendimiento de un motor de inducción es el cociente de la potencia aprovechada del motor entre la potencia consumida. Se puede apreciar en la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{P_u}{P_e} \quad (2.11)$$

P_u : Potencia útil entregada por el motor en kW.

P_e : Potencia consumida por el motor de la red eléctrica en kW.

El rendimiento y el factor de potencia de un motor eléctrico varían en función de su carga solicitada por sus características constructivas. Es decir, con su potencia nominal y su velocidad de sincronismo.

b) Evaluación del Dimensionamiento de un Motor de Inducción.

Desde el punto de vista de la conservación de la energía eléctrica, el parámetro principal a examinar es la potencia nominal del motor, la cual debe cumplir con el servicio para el cual se destina el motor. Una potencia nominal muy superior a la requerida da como resultado:

- Desperdicios de energía.
- Elevación de la potencia solicitada a la red.
- Reducción del factor de potencia del motor.
- Mayores pérdidas en las redes de distribución de energía y los transformadores.

Las curvas características de los motores muestran que su rendimiento y el factor de potencia varían de acuerdo a la carga. Cuanto menor sea la potencia solicitada, menor será el rendimiento y el factor de potencia. Su operación se tornará menos eficiente.

No siempre es posible ajustar la potencia del motor con la potencia requerida por la máquina movida, esto se debe a que muchas veces el régimen de funcionamiento y las cargas de las máquinas es variable. Por otro lado, una práctica muy usual en la industria es sobredimensionar los motores, aumentando el consumo de energía eléctrica.

Para evaluar el potencial de economía que puede ser obtenido en los motores eléctricos se requiere primero calcular la potencia consumida del motor que se obtiene de la siguiente expresión:

$$P_e = \sqrt{3}.V.I.\cos\phi \quad (2.12)$$

V: Tensión de operación del motor en Voltios (V)

I: Corriente medida en el motor, en amperios (A)

CosΦ: Factor de potencia del motor.

También se debe verificar el factor de carga (FC) del motor, a través de la siguiente expresión:

$$FC = \frac{P_u}{P_n} \quad (2.13)$$

P_u: Potencia útil entregada por el motor en kW.

P_e: Potencia nominal en kW.

Finalmente, el potencial de economía de energía (ΔE) tomando como base las potencias consumidas por el motor actual y el motor seleccionado para su reemplazo, así como el número de horas de operación del motor, se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta E = (P_e - P_s).t \quad (2.14)$$

P_e: Potencia consumida del motor existente, en kW.

P_s: Potencia consumida del motor a reemplazar, en kW.

t: Tiempo de operación del motor, en horas-año ó horas-mes.

c) Motores de Alta Eficiencia.

El incremento de la eficiencia en los motores asíncronos de jaula de ardilla se logra con la reducción de sus pérdidas, que se pueden clasificar en 5 áreas: pérdidas en el cobre del estator, pérdidas en el cobre del rotor, pérdidas en el núcleo, pérdidas por fricción y ventilación, y finalmente pérdidas adicionales.

Según aumenta la potencia de salida y en consecuencia la eficiencia nominal, se incrementa también el grado de dificultad para mejorar la eficiencia y por lo tanto el costo de mejorar la eficiencia de un motor. Los rendimientos alcanzados para motores de bajas potencias (1 a 5HP) son superiores en un 10% a los rendimientos de los motores

convencionales; y para motores de potencias hasta 200HP son superiores en un 3% a los rendimientos de los motores convencionales. Esta diferencia en los rendimientos permite un potencial de ahorro de energía especialmente cuando el motor trabaja un gran número de horas al año.

Las pérdidas en el motor pueden reducirse hasta alrededor de un 50% a través del uso de mejores materiales, ajustando mejor el motor con la carga y mejorando el proceso de fabricación.

Cuando se intenta maximizar la eficiencia de un motor, debe considerarse que ésta pueda incrementarse por dos métodos diferentes. Una posibilidad es seguir el camino en el cual la mejoría se logra fundamentalmente a base de adicionar materiales y empleando tecnologías más costosas. La otra posibilidad es optimizar el diseño del motor utilizando métodos de optimización. La diferencia entre los dos enfoques es que en el primer caso la mejoría alcanza modificando un diseño existente, mientras que en el segundo caso se obtienen diseños totalmente nuevos.

Las características de diseño de la mayoría de los motores de alta eficiencia son:

- Las pérdidas en los conductores del estator disminuyen aumentando el área disponible para los conductores mediante la colocación en las ranuras de conductores de mas sección o a través de un incremento de las dimensiones de las ranuras. Una variación en la configuración del devanado puede conducir también a una reducción de estas pérdidas, si se logra disminuir con ello la longitud de las cabezas de bobina y por lo tanto la resistencia del bobinado estatórico.
- Las pérdidas en los conductores del rotor pueden reducirse incrementando la cantidad del material conductor (en las barras y en los anillos), utilizando materiales de mayor conductividad, así como aumentando el flujo total que atraviesa el entrehierro. La magnitud de estos cambios está limitada por las siguientes restricciones: momento mínimo de arranque requerido, corriente máxima de arranque permisible y el factor de potencia mínimo aceptable.
- Las pérdidas en el núcleo magnético se reducen haciendo que el motor opere con inducciones mas bajas que las normales y para compensar se incrementa la longitud de la estructura ferromagnética. Esto reduce las pérdidas por unidad de peso, pero debido a que el peso total aumenta, la mejoría en cuanto a pérdidas no es proporcional a la reducción unitaria de estas. La reducción de la carga magnética también reduce la corriente de magnetización y esto influye positivamente en el factor de potencia.

- Las pérdidas por fricción y ventilación están asociadas a los ventiladores y a la cantidad de ventilación requerida para extraer el calor generado por otras pérdidas en el motor, tal como las pérdidas en el cobre, las del núcleo y las adicionales. Según se reducen las pérdidas que generan calor, es posible reducir el volumen de aire requerido para moverlas y de esta manera, se pueden reducir las pérdidas por ventilación. Esto resulta válido especialmente en el caso de motores cerrados con ventilación externa forzada. Otro camino es el logro de un mejor diseño aerodinámico. Uno de los subproductos importantes de la reducción de las pérdidas de ventilación es la disminución de los niveles de ruido.
- Las pérdidas adicionales se pueden reducir mediante un diseño optimizado del motor y mediante un proceso cuidadoso de producción. Como estas pérdidas están asociadas al procesamiento, tal como las condiciones superficiales del rotor, se pueden minimizar a través de un control cuidadoso del proceso de fabricación. Las pérdidas adicionales son las más difíciles de controlar en el motor, debido al gran número de variables que contribuyen a las mismas.

d) Evaluación Económica.

Para evaluar el potencial de economía que se obtiene por el uso de motores eléctricos de alta eficiencia se calcula el ahorro potencial de demanda (ΔP), en donde usamos varios parámetros que lo podemos obtener de la misma placa del motor y en otros casos tenemos que obtenerlos mediante alguna fórmula, donde se obtiene:

$$\Delta P = P_e \cdot FC \cdot \left(\frac{1}{\eta_c} - \frac{1}{\eta_e} \right) \quad (2.15)$$

P_e : Potencia consumida por el motor, en kW.

FC: Factor de carga del motor.

η_c : Rendimiento del motor convencional.

η_e : Rendimiento del motor de alta eficiencia.

y el ahorro potencial de energía (ΔE) se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \Delta P \cdot t \quad (2.16)$$

ΔP : Ahorro de la potencia por cambio de motor, en kW.

t: Tiempo de operación del motor, en horas-año u horas-mes.

Finalmente, para determinar los costos ahorrados (ΔC) por la sustitución de motores de alta eficiencia en lugar de los motores convencionales se aplica la siguiente expresión:

$$\Delta C = \Delta P \cdot C_{DM} + \Delta E \cdot C_{EA} \quad (2.17)$$

ΔP : Ahorro de potencia en kW.

C_{DM} : Costo unitario de la máxima demanda, en US\$/kW

ΔE : Ahorro de energía en kWh

C_{EA} : Costo unitario de la energía activa, en US\$/kWh

e) Selección de Motores Eléctricos.

El rendimiento de un motor y el factor de potencia disminuyen cuando el motor trabaja cargado por debajo del 50% de su potencia nominal. Esto lo apreciamos en la Figura 2.

La relación de la eficiencia y el factor de carga de un motor lo apreciamos en la Figura 3.

La eficiencia (η_0) del motor eléctrico se puede calcular del producto entre la eficiencia máxima ($\eta_{m\acute{a}x}$), y el coeficiente de carga (K) que depende de la carga promedio que tiene el motor, es decir:

$$\eta_0 = K \cdot \eta_{m\acute{a}x} \quad (2.18)$$

El sobredimensionamiento de un motor origina:

- Desperdicio de energía por un aumento de las pérdidas.
- Aumento de la potencia solicitada.
- Reducción del factor de potencia de la instalación eléctrica de la industria.
- Mayores pérdidas en las redes de distribución de energía y en los transformadores.
- La escasez de la información disponible y la dificultad para definir la potencia solicitada al motor es la causa de sobredimensionamiento.

2.5.5 En Sistemas de Climatización.

Existen 03 tipos de sistemas de climatización en la industria, uno es el sistema de refrigeración, el segundo es el sistema de acondicionamiento de aire y el tercero es por ventilación; para nuestro caso solo vamos a definir los dos últimos ya que es lo que se usa frecuentemente en el Banco de Crédito del Perú.

a) Sistemas de Acondicionamiento de Aire.

El acondicionamiento de aire es un proceso necesario para la optimización de algunos procesos industriales y para el bienestar de las personas que se encuentran dentro de un recinto.

Como en el proceso de refrigeración, el acondicionamiento del aire requiere del suministro de energía, alcanzando costos muy significativos. Por esta razón, es de los sistemas que más control y mantenimiento requieren.

El propósito de un sistema de acondicionamiento de aire es tratar el aire para lograr controlar condiciones de humedad, temperatura, pureza y ventilación, con el fin de proporcionar ambiente confortable a las personas y adecuado a máquinas y materiales cuyas condiciones de operación y conservación así lo exijan.

El cumplimiento de este objetivo se lleva a cabo por los procesos de ventilación, calentamiento, enfriamiento, humidificación, deshumidificación, filtrado y refrigeración. Cada uno de los cuales cumple una función específica y diseñada para operar correctamente dentro de los rangos establecidos.

Recomendaciones Generales para el Acondicionamiento del Aire.

- Se debe mantener puertas y ventanas cerradas en los ambientes acondicionados con el fin de evitar la entrada de aire caliente del exterior.
- Apagar los equipos de acondicionamiento de aire en las áreas desocupadas.
- Contemple la posibilidad de apagar los equipos de acondicionamiento de aire en oficinas durante las horas de refrigerio. Una hora o media hora antes de la hora de salida.
- Mantenga en condiciones de correcto funcionamiento los acondicionadores y además, en estado de buena limpieza los filtros, serpentines y ventiladores.
- En los espacios acondicionados disminuya en lo posible la carga de calor introducida por la excesiva iluminación, por maquinarias o equipos que permanezcan encendidos innecesariamente.
- Analice la posibilidad de aislar térmicamente los edificios o instalaciones o al menos secciones de los mismos.
- Por todos los medios posibles favorezca la arborización alrededor de las edificaciones con ellos se consigue disminuir la transferencia de calor hacia el interior de las mismas, el resultad será la reducción sensible de las cargas de los acondicionadores de aire.
- Otra reducción en las cargas de los acondicionadores de aire se logra rediseñando los espacios siguiendo las normas de arquitectura solar pasiva que aconseja, entre otras cosas, favorecer la circulación de aire a través de determinados espacios.
- Mantener en buen estado los sistemas de control como presostatos y termostatos.

b) Ventilación.

Los ventiladores son máquinas muy útiles en la industria, sus campos de aplicación más comunes son: secadores, torres de enfriamiento, hornos rotatorios, acondicionadores de aire y calderas. Se consideran equipos básicos, sin embargo, generalmente son escogidos y

operados sin seguir ninguna metodología aceptada. Como consecuencia, el rendimiento de estos aparatos se ve muy afectado. Incrementando su consumo de energía.

Los ventiladores son construidos en una gran variedad de tipos y tamaños, siendo los de tamaños grandes que trabajan en sistemas conductos los que presentan mejores oportunidades de ahorro.

Elementos Claves para el Uso Racional de Energía.

Aunque la operación de los ventiladores siempre está asociada a unas pérdidas de presión normales, deben evitarse todas aquellas pérdidas innecesarias en presión y consecuentemente de energía.

La causa de pérdidas más común es la pobre adaptación del ventilador con la demanda, es decir, el ventilador entrega un flujo distinto al requerido. Para propósitos tales como ventilación de cuartos, edificios y refrigeración en la etapa de planeación no son conocidas las necesidades reales y se opta por escoger un ventilador sobredimensionado. Esto conlleva a una descarga excesiva. Mientras una descarga deficiente se hace evidente por mal funcionamiento del respectivo sistema, una descarga excesiva no es percibida del todo, o puede adaptarse por medios antieconómicos como una válvula de estrangulamiento.

Otra causa de desperdicio de energía es la instalación de más ventiladores en cuartos donde no existe la vía que permite que el flujo adicional que entra, salga.

Los desperfectos de construcción y las obstrucciones en los ductos aumentan la resistencia al paso del flujo, necesiándose más energía para hacerlo circular: los filtros obstruidos y el material extraño son ejemplos de ello.

Por último el mal funcionamiento del ventilador por defectos mecánicos o del impulsor, estator o incrustaciones y sucio, ocasiona un requerimiento mayor de energía.

Para evitar todas aquellas pérdidas innecesarias de presión y su consecuente desperdicio de energía debe ser aplicado un programa encaminado a reducirlas.

CAPÍTULO III APLICACIONES

3.1. Cálculo de Ahorro anual y Retorno de la Inversión

Partiendo de los alcances de una Auditoría Energética, **primero** debemos realizar un análisis de los consumos históricos referente a los recursos energéticos que se usan en la empresa, por lo que se a diseñado el siguiente cuadro (Véase Tabla N° 3.1) donde se podrá apreciar el tipo de energético y en que es usado, la unidad de medida, y la cantidad usada durante los últimos 12 meses.

Con este cuadro podremos saber cual es el energético el cual debemos apuntar para hacer un estudio de eficiencia energética completo.

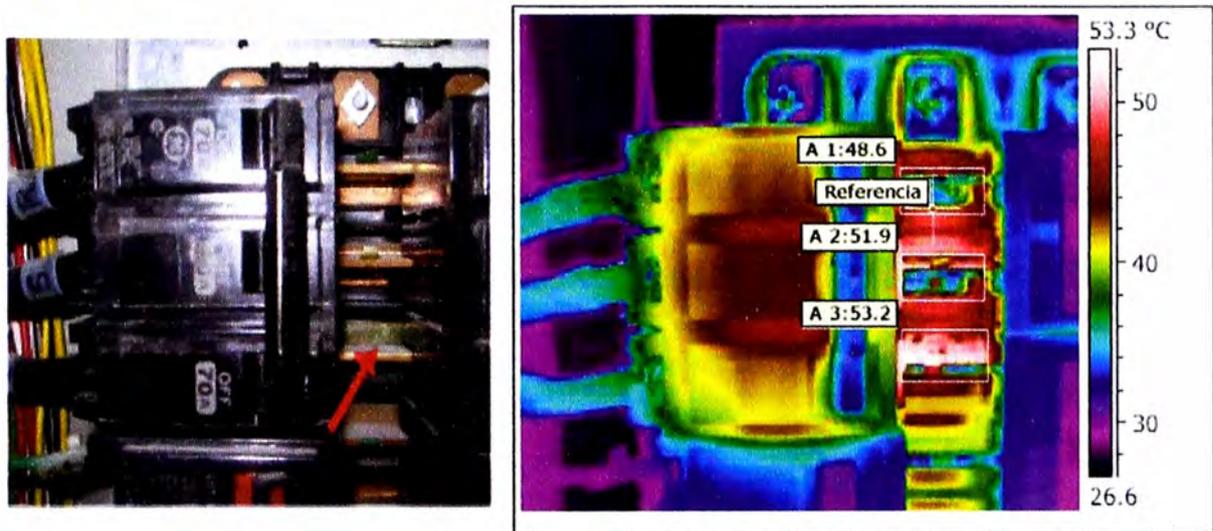
TABLA N° 3.1 Cuadro de Consumos de los Recursos Energéticos

Uso de Energéticos	Tipo de Energéticos*		2009									2010		
	Diesel (Gln)	Elect. (kWh)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Aire Acondicionado	X	X												
Iluminación	X	X												
Fuerza Motriz	X	X												
Actividades Oficina	X	X												
Cocción Alimentos	X	X												
Informática	X	X												
Bombeo	X	X												
Otros Usos														

* : Existen otro tipo de energéticos como la gasolina, el kerosene, gas natural, carbón, eólica, solar, etc; lo cual el BCP no usa.

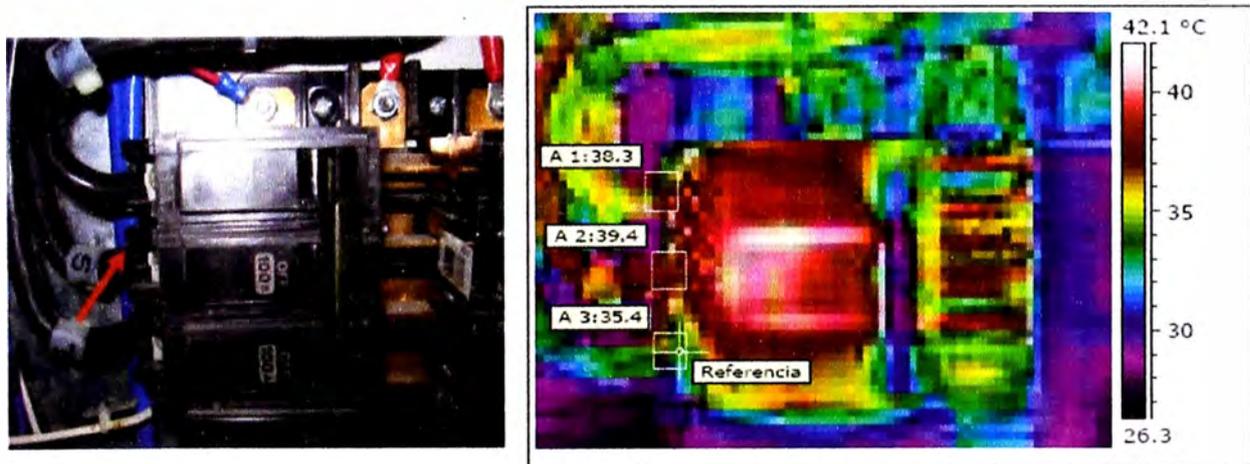
Como se puede notar en el cuadro, el energético más usado es la electricidad, por lo que se tiene que apuntar a disminuir este tipo de gasto. Cabe resaltar que también es usado el Diesel pero solo en caso de cortes de energía y además va de la mano con la electricidad, por lo tanto si disminuimos el gasto por el energético electricidad entonces también se va a disminuir el gasto por el uso del energético diesel. Ahora que ya sabemos cual energético es el más usado entonces seguimos con el **segundo alcance** que es la identificación de puntos calientes mediante uso de cámaras Termográficas.

Se realiza un análisis termográfico para identificar puntos calientes en el tablero principal del Centro de Cómputo con lo cual se pudo observar que existen puntos con temperaturas por arriba de lo normal, ver Fig.3.1, Fig.3.2



Date	25/06/2010
Image Time	10:47:03 a.m.

Fig. 3.1 Análisis Termográfico de un ITM



Date	25/06/2010
Image Time	11:45:54 a.m.

Fig. 3.2 Análisis Termográfico del Interruptor del Aire Acondicionado

Por lo tanto se programó un corte programado para realizar el mantenimiento de los tableros principales así como de algunos transformadores de aislamiento que se energizan de estos tableros.

El mantenimiento de los tableros consiste principalmente en:

- Limpieza interna del tablero con compresora o sopladora con filtro de agua.
- Ajuste de terminales, señalización de cableado con cintillos marcadores y colocación de cinta de colores según fase.
- Medida del nivel de aislamiento del tablero eléctrico.
- Suministro e instalación de diagrama unifilar plastificado al interior del tablero.
- Toma de valores de corriente, voltaje y frecuencia.
- Balance de cargas.

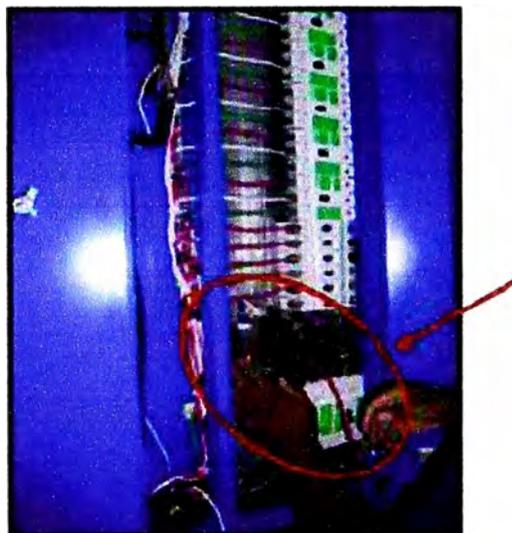


Fig. 3.4 Instalación de terminales en los cables de puesta a tierra

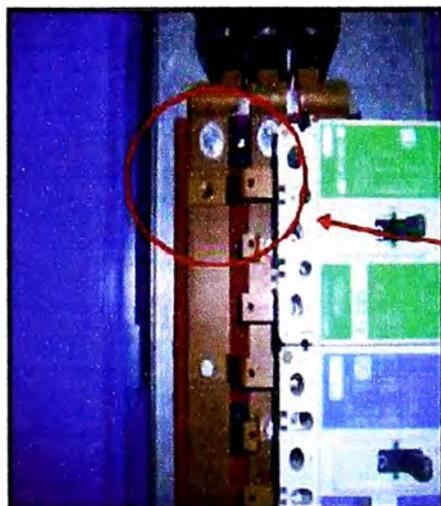


Fig. 3.5 Mantenimiento de ITMs, cambio de pernos robados, ajuste de contactos en barras

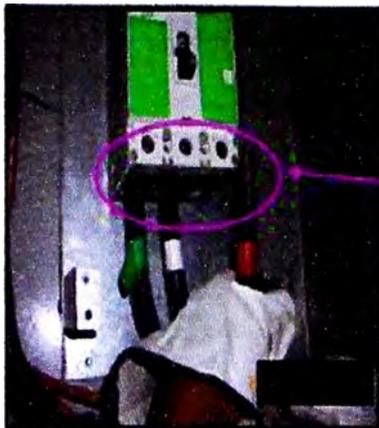


Fig. 3.6 Limpieza y ajuste de cables de los ITMs



Fig. 3.7 Revisión y Limpieza de todos los Sub Tableros

El mantenimiento de los transformadores de aislamiento consiste principalmente en:

- Limpieza interna del transformador con compresora o sopladora con filtro de agua.
- Ajuste de terminales.
- Medida del nivel de aislamiento del tablero eléctrico.
- Toma de valores de corriente, voltaje y frecuencia.
- Balance de cargas.

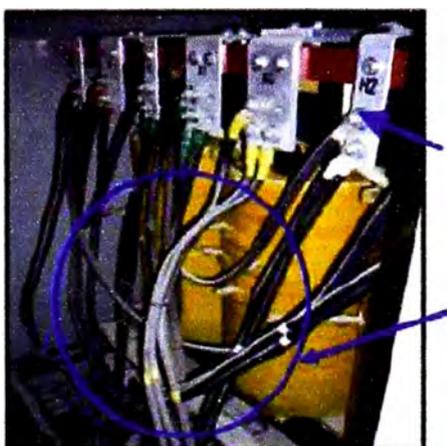


Fig. 3.8 Verificación y Limpieza de las bobinas y parte interna del transformador



Fig. 3.9 Ajuste de terminales y limpieza de transformador

Se realizaron cuadros de consumo antes y después del mantenimiento, el cual observamos a continuación.

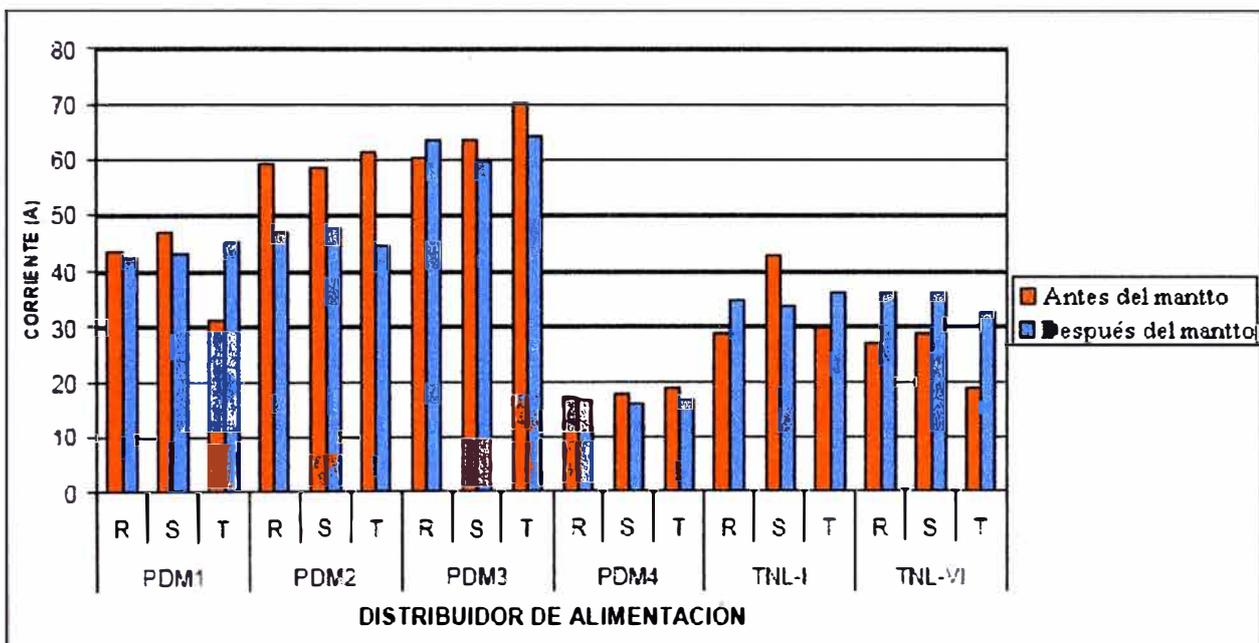


Fig. 3.10 Consumo de Cargas en los Transformadores

Como **tercer alcance** es el análisis del Sistema de Puesta a Tierra, por lo cual se realizó una medición a cada uno de los pozos de nuestra malla y se notó que la mayoría se encontraban por arriba de los 25 ohm, por lo cual se programó un mantenimiento o repotenciación de todos los pozos de tierra el cual consistía en lo siguiente:

- Medición del pozo de tierra antes y después del mantenimiento.
- Lijado de la varilla de cobre, solenoide de cobre y barras de cobre (sólo en lugares que se tenga maniobrar).
- Colocación de terminales y/o cintillos marcadores en aquellos cables de tierra que lo necesiten.

- Ajuste de pernos en las barras de cobre.
- Vaciado de una o dos dosis de thorgel según sea necesario en cada pozo.
- En caso no se pueda llegar a los límites permitidos se procederá con el estudio de la instalación de un nuevo pozo de tierra.

Los valores medidos antes y después del mantenimiento lo encontramos en el cuadro adjunto:

TABLA 3.2 Cuadro de Resistencia Antes y Después del Mantenimiento

Nº pozo	Antes del Mantto	Después del Mantto
1	26	15
2	42	25
3	35	20
4	26	15
5	13	12
6	21	6.5
7	29	18
8	21	15
9	38	24

Para poder corroborar los datos ver el **Anexo A**, Certificado de Pozos de Tierra.

Como **cuarto alcance** es el estudio de la Calidad de la Energía, tal como indicaba en el marco teórico, se va analizar los armónicos, flickers, sag, swell, notches, transitorios, interrupciones, desequilibrios y distorsiones de tensión. Se va analizar estas perturbaciones en el tablero principal del Centro de Cómputo, el mismo donde se realizó el análisis termográfico. Para esto la entidad Bancaria cuenta con un analizador de redes marca Dranetz el cual puede obtener las gráficas para cada una de las perturbaciones.

Se dejó el Dranetz durante 6 días y las gráficas obtenidas fueron las siguientes:

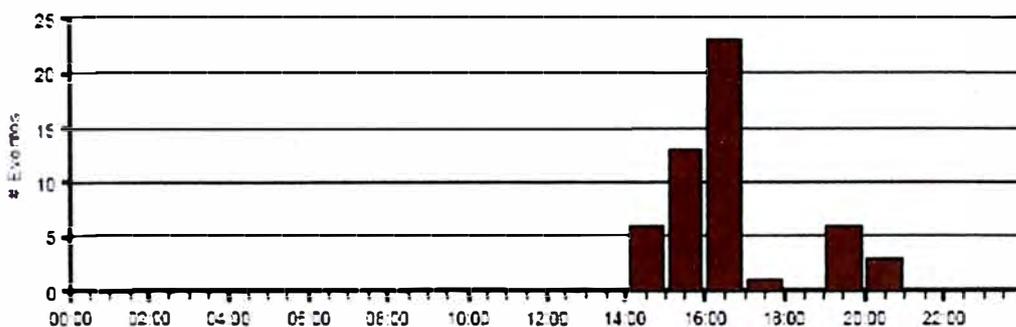


Fig. 3.11 Swells

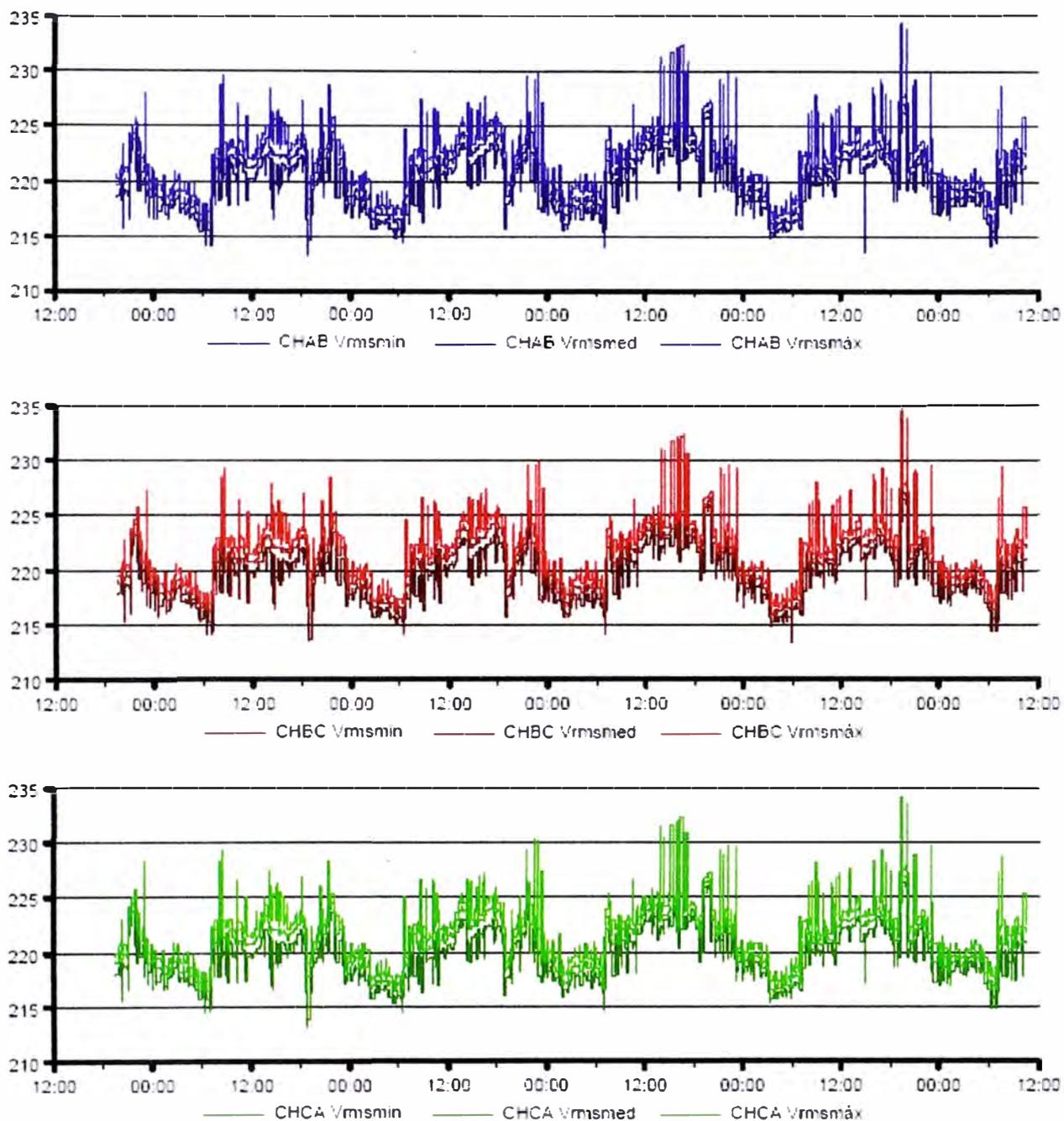


Fig. 3.12 Distorsiones del Tensión en las tres fases

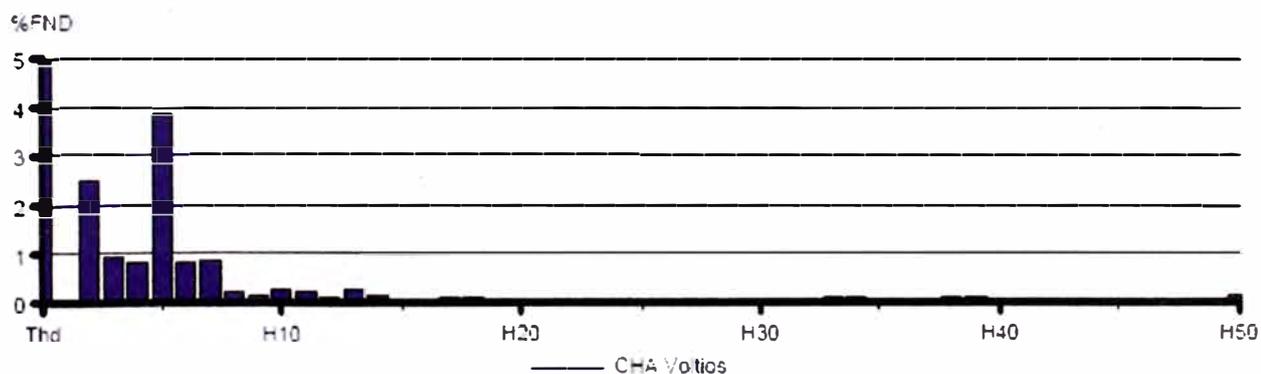


Fig. 3.13 Armónicos de Tensión-Fase R

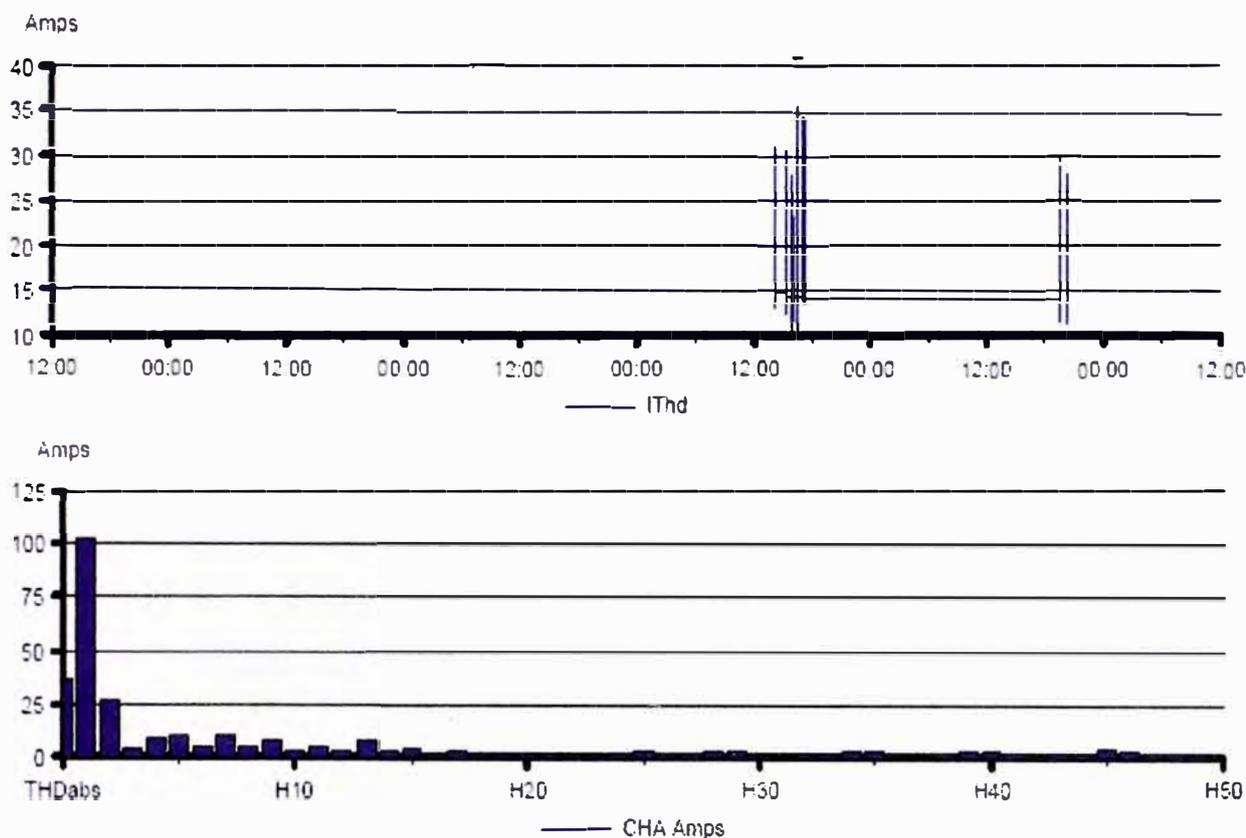


Fig. 3.14 Armónicos de Corriente-Fase R

Y así sucesivamente se obtuvo para las tres fases sus respectivos armónicos de tensión y corriente respectivo. No se encontraron sags, notches ni interrupciones de tensión.

Como **quinto y último alcance** a tratar son las mejoras de la Eficiencia Energética (EE) en Sistemas de Iluminación, en Tarifas Eléctricas, en Compensación de la Energía Reactiva, en Motores Eléctricos Eficientes, en Sistemas de Climatización, etc.

Comenzamos con las mejoras de la EE en Sistemas de Iluminación: en la Oficina Principal del Centro de Lima aún encontramos fluorescentes rectos estándar T-12 que consumen 40Watts (que tienen una apariencia gruesa) los cuales pueden ser cambiados por los fluorescentes rectos estándar T-8 de 36Watts (que tienen apariencia delgada) que iluminan, duran y cuestan aproximadamente igual pero que consumen 10% menos, es decir podemos ahorrar un 10% de la facturación por concepto de iluminación. Ahora tenemos otro tipo de fluorescente más eficiente que el T-8, se trata del TL-5 que físicamente son más delgados, iluminan mejor y consumen menor energía eléctrica, el único inconveniente es su precio que es casi cuatro veces mayor que el TL-8 pero pensando en un periodo al largo plazo resulta más beneficioso si hablamos de cantidades grandes, además obtenemos mayores beneficios si cambiamos el balastro electromecánico por uno del tipo electrónico que consume menos, es más eficiente y produce menos armónicos que el estándar, este balastro

electrónico está en el orden de 3 a 4THD de tensión, estando dentro de lo permitido ya que según norma menor a 5 THD de tensión es un valor óptimo, lo malo en este caso también es su precio elevado pero vamos a verificar en el cuadro, sacando cuentas tenemos:

TABLA 3.3 Facturación de Energía Activa del fluorescente T-8 vs T-12

	Fluorescente T-12	Fluorescente T-8	Fluorescente TL-5
Potencia (Watts)	40	36	28
Tiempo de uso diario fuera de punta (horas)	10	10	10
Tiempo de uso diario en hora punta (horas)	2	2	2
Mes (días)	26	26	26
Consumo al mes fuera de punta (kW.h-días)	10,40	9,36	7,28
Consumo al mes hora punta (kW.h-días)	2,08	1,87	1,46
Cargo x Energía Activa en Punta (S./kW.h)	0,14	0,14	0,14
cargo x Energía Activa Fuera de Punta (S./kW.h)	0,11	0,11	0,11
Monto al mes fuera de punta (S/.)	1,44	1,30	1,01
Monto al mes hora punta (S/.)	0,24	0,21	0,16
Monto al mes por Potencia de Distribución (S./kW-mes)	0,40	0,36	0,028
Monto al mes por Potencia de Generación (S./kW-mes)	0,86	0,78	0,06
Facturación Mensual por Energía Activa x 01 fluorescente	2,94	2,65	1,26
Cantidad de Fluorescentes	2400		
Facturación	7062,76	6356,48	3035,64
Ahorro mensual	0	706,28	4027,12
Ahorro anual	0	8475,31	48325,38
Tiempo de vida del fluorescente (horas)	7500 (2 años)	7500 (2 años)	10000 (2,67 años)
Costo de la inversión	0	10080,00	41328,00
Tiempo de recuperación	0	1,19	0,86
Ahorro x el tiempo de vida del fluorescente	0	6870,62	87700,77

Ahora seguimos con la mejora en Tarifas Eléctricas: En esta oficina se trabaja principalmente en el día y en horas fuera de punta, son pocas las horas que se trabaja en horas punta ya que solo trabaja el Centro de Cómputo, la tarifa que se tiene actualmente es la MT3 y siempre se trata que el Factor de Calificación sea menor a 0.5 pero por las cargas que se tiene del Centro de Cómputo llegar a ese valor es prácticamente imposible, como se puede ver en la TABLA 3.4

TABLA 3.4 Factor de calificación mes a mes

MES	Factor de Calificación (FC)
Octubre 2009	0.83
Noviembre 2009	0.82
Diciembre 2009	0.84
Enero 2010	0.81
Febrero 2010	0.81
Marzo 2010	0.79

Ahora con respecto a las Compensaciones de la Energía Reactiva podemos notar en la facturación mensual (ver **Anexo B**) que se está pagando mucha Energía Reactiva con lo cual podemos notar que no existe un banco de condensadores o el que tiene se encuentra averiado o mal dimensionado. Para este caso notamos que no existe un banco de condensadores por lo que

de acuerdo a la facturación mensual por Energía Reactiva podemos obtener la capacidad del Banco de Condensadores.

Del triángulo de potencia (Fig. 2.11) se obtiene la Energía Reactiva que requerimos (Ecuación 2.8):

$$Q_c = P \times (tg\phi_1 - tg\phi_2)$$

$$Q_c = 1421.60 \times \left(\frac{133695.27}{338424.00} - 0.29 \right)$$

$$Q_c = 149.34 \approx 150kVAR$$

$$Inversión = 150 \times \$30 / kVAR$$

$$Inversión = \$4500.00 \times 2.86 = S / .12870.00$$

$$Pay_back = \frac{Inversión}{Ahorro} = \frac{12870.00}{1154.87} = 11.1 \approx 12meses$$

Nuestro Banco de Condensadores tiene un tiempo de vida de alrededor 10 años por lo que el ahorro durante los otros 09 años restantes sería de:

$$Ahorro = S / .1154.87 * 12 * 9 = S / .124632.00$$

Con respecto a la eficiencia energética de los motores para este caso va de la mano con los Sistemas de Climatización ya que en su gran mayoría los motores que se tiene en esta Sede proviene del Sistema de Climatización. Se elaboró un inventario de los equipos de A/A:

TABLA 3.5 Inventario de Equipos de Aire Acondicionado

Capacidad del A/A (BTU/h)	Cantidad	Potencia del motor ventilador (HP)	Ahorro de Energía por equipo (S/.)
12,000	10	1/2	0
18,000	32	1/2	0
24,000	36	1	93.23
36,000	48	1	93.23
48,000	28	1.5	113.33
60,000	106	2	131.20

Además obtenemos el ahorro total si cambiamos a todos los motores por motores eficientes, con esto obtenemos una mayor ahorro total, esto lo podemos notar en la TABLA 3.6

TABLA 3.6 Cálculo del ahorro por el cambio de motores eficientes.

Capacidad del Equipo de A/A (BTU/h)	12000	18000	24000	36000	48000	60000
Cantidad de equipos	10	32	36	48	28	106
Potencia del motor ventilador (HP)	1/2	1/2	1.0	1.0	1.5	2.0
Ahorro de Energía anual por equipo (S/.)	0	0	93.23	93.23	113.33	131.20
Costo de la Inversión por cada motor	0	0	550	550	700	850
Tiempo de vida del motor (años)	10	10	10	10	10	10
Tiempo de recuperación	0	0	5.90	5.90	6.18	6.48
Ahorro x el tiempo de vida de cada motor	0	0	382.3	382.3	433.3	462
Ahorro total x el cambio de todos los equipos	0	0	13762.8	18350.4	12132.4	48972
TOTAL (S/.)	93217.6					

Ahora resumiendo todos los ahorros que se han encontrado gracias a nuestra Auditoria Energética hallamos para un tiempo total de 10 años que es el tiempo máximo que tenemos para el caso de los motores eficientes y compensación de la Energía Reactiva, todos los ahorros conseguidos se van a ampliar a esta cantidad de años, con respecto al ahorro por iluminación se va a considerar el encontrado por el cambio de fluorescentes T-12 al TL-5, como se ve a continuación:

TABLA 3.7 Cuadro de Ahorros Totales

	Por Iluminación	Por Compensación de la Energía Reactiva	Por Motores Eficientes
Ahorro (S/.)	87700,77	124632,00	93217,60
Tiempo de Ahorro en años	2.67	10	10
Tiempo de Ahorro en 10 años	328467,30	124632,00	93217,60
Ahorro total en 10 años (S/.)	546316,90		
Ahorro anual (S/.)	54631,69		
Ahorro mensual (S/.)	4552,64		

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con respecto a la energía reactiva es de vital importancia corregirlo ya que se está pagando por una energía que no consumimos en su totalidad y genera un gasto importante en la facturación mensual que asciende a casi S/. 14000,00 soles anuales.
 2. El cambio de motores a motores eficientes en este caso genera un ahorro considerable de aproximadamente S/. 10000,00 soles anuales ya que se tiene muchos motores que en su mayoría son antiguos y de poca eficiencia y costosos mantenimientos periódicos.
 3. Como resultado final luego de la Auditoría Energética obtenemos un ahorro mensual muy considerable de aproximadamente S/. 4500,00 soles y que puede ser usado por la Empresa en fines benéficos o en la constante expansión para generar utilidades que pueden ser divididas entre los trabajadores.
 4. Se concluye además que una Auditoría Energética es de vital importancia en la actualidad ya que genera un ahorro considerable para la Empresa y además se deja de consumir electricidad que al final las generadoras dejan de producir, generando menos electricidad y por ende menos emisiones de CO₂ hacia la atmósfera que daña la capa de ozono, la Auditoría Energética al final ayuda a todo el planeta y por ende a nosotros mismos.
1. Antes de iniciar con un estudio de Auditoría Energética se debe estar convencido de que se puede hacer mejoras y tener los conocimientos suficientes para poder lograrlo. El personal que va a conformar el área de Auditoría Energética debe estar bien capacitada para poder llegar a los resultados que se requieren.
 2. Por mas que no generamos un ahorro explícito en lo que es la identificación de puntos calientes, mantenimiento de los pozos de tierra y la calidad de energía, lo que si logramos es que nuestro sistema eléctrico se encuentre en óptimo estado y sin problemas eléctricos que puedan afectar al servicio diario que ofrece el Banco de Crédito del Perú, ya que si ocurriere ahí si hablaríamos de pérdidas económicas muy grandes.
 3. El cambio de los fluorescentes a TL-5 o T-8 no solo se debe ver desde el punto de vista económico si no también desde el punto que los trabajadores van a trabajar con una

mayor claridad y no van a gastar la vista que muchas veces acarrea a problemas en la productividad de cada persona y por ende produce pérdidas en las utilidades finales de la empresa.

4. Con el presente informe se puede demostrar que realizando una auditoría a detalle en cualquier empresa o fábrica se puede obtener resultados beneficiosos no solo en lo económico sino también en las instalaciones del lugar, para esto se necesita las herramientas adecuadas así como el apoyo de la gerencia respectiva. Este informe describe a detalle los pasos que uno debe seguir para poder realizar una auditoría energética.

ANEXOS

ANEXO A: Certificado de Pozos de Tierra



PROTOCOLO DE PRUEBA DE RESISTENCIA DE POZO DE PUESTA A TIERRA

CLIENTE: BANCO DE CREDITO
DIRECCION: BCP SEDE OP LIMA
TRABAJO: Medición de los pozos de Puesta a Tierra
FECHA DE INSPECCION: 08 de Setiembre de 2009.

MEDICION DE POZOS DE PUESTA A TIERRA:

Conste por el Presente documento que el día 08 de Setiembre del 2009, se realizo pruebas de Medición de resistencia de 09 Pozos de puesta a Tierra de Protección del Sistema Eléctrico de las Instalaciones BCP Sede OP Lima. Ubicado en el Jr. Lampa #499 - Cercado de Lima.

OBJETIVO:

La presente Medición tiene como objetivo principal, evaluar en que estado se encuentra el Sistema de Protección a Tierra de las Instalaciones eléctricas y mecánicas del referido local y de sus equipos.

PROCEDIMIENTO DE MEDICION:

Las mediciones fueron realizadas según el PTS enviado a Edificios, con el cual se realizaron las mediciones previas a la reactivación, en el cual se realizaron midiendo uno por uno teniendo la precaución de no dejar la carga sin Protección. Así mismo se realizo en Presencia del Ing. José Tapia encargado dicha Sede.

SOTANO I

Sistema de 04 Pozos de Protección Interconectados mediante una Barra de Tierra Común Ubicado cerca a las Instalaciones del Tablero Eléctrico del Edificio Melchor Malo. Dicho Sistema se encuentra Interconectado a una Barra de Tierra Principal Ubicado cerca al Tablero Eléctrico del UPS el cual consta de un Sistema de 03 Pozos de Protección.

- Pozo 1 15 Ohmios
- Pozo 2 25 Ohmios
- Pozo 3 20 Ohmios
- Pozo 4 15 Ohmios
- Pozo 5 12 Ohmios
- Pozo 6 6.5 Ohmios
- Pozo 7 18 Ohmios



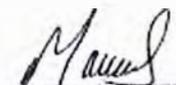
SOTANO 2

Sistema de 02 Pozos de Puesta a Tierra Ubicado cerca al Tablero Eléctrico del Edificio Central, Así mismo Interconectado con el Tablero Eléctrico del edificio San Pedro.

- Pozo 8 15 Ohmios
- Pozo 9 24 Ohmios

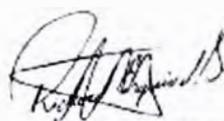
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Realizando las mediciones de los sistemas de tierra, cuyos resultados de medición no exceden los 25 Ohms se puede concluir que **EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN ES ACEPTABLE**, y cumple con lo estipulado por el **CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD**.




JOSÉ HECTOR NAVARRO CEPEDES
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Registro del C.P. N°52970

La Molina, 16 de Setiembre de 2009.




RICHARD ESQUIVEL SEVILLANO
INGENIERO MECÁNICO
Colegio de Ingenieros N°52796

ANEXO B: Recibo de Luz.

edelnor

Sociedad Anónima

Provincia de Lima Avenida Pío XII s/n Lima Norte S.A.S.
Calle Santa Catalina N° 2131 M.D. Miraflores Lima 17
R.U.C. Nº 20299938200

Para consultas al Número de Cliente es:

0183214

DATOS DEL SUMINISTRO

Señales:	BANCO DE CREDITO DEL PERU
Dirección Cliente:	LAMPA EQ. HUANLLAGA S.E. 22 LIMA
Dirección Comercial:	A/2 CENTENARIO 166 USR LAS LADERAS D
R.U.C.:	2010004210
Sistema Electrico:	1.03A

FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO

Nro Recibo:	B-74531920
Mes de Facturación:	JUNIO 2010
Fecha de Lectura Anterior:	26/05/2010
Fecha de Lectura Actual:	24/06/2010
Fecha Posterior Lectura:	23/07/2010
Fecha de Próxima Vencimiento:	10/07/2010

DATOS TÉCNICOS COMERCIALES

Tarifa:	MT3
Potencia Máxima Contratada:	600.000
Modalidad Facturación:	Pública Variable
Aplicación de Opción Tarifaria:	MAVD 2008
Código de Alimentador:	T-19
Cuenta:	08-0011931
Categoría:	08-00A
Medidor:	TRIFASICO No 10016041 - Origen
Tipo Medidor:	Electronico
Tensión:	10 KV MT
Equipo Comercial:	CE-1

CONSUMO DE ENERGÍA

ENERGÍA Y DEMANDA	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMO FACTORADO	CONSUMO A FACTORAR	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Recibo y Mand. de Cierre								14.21
Cargo Fijo								2.00
Energ. Activo Fuera Punta	100%	21463.400	0.000	27400.800	1.00	21463.400	27400.80	589,007.4
Energ. Activo Hora Punta	100%	18468.100	0.000	58368.100	1.00	18468.100	58368.10	1,076,300.00
Energía Reactiva	10000%	103361.210	0.000	793996.210	1.00	103361.210	793996.21	82,144.81
Potencia FP (kW)		100.000	0.000	100.000	1.00	100.000		
Potencia HP (kW)		625.400	0.000	625.400	1.00	625.400		
Por Uso (Recibo Cierre - H)	100%						804.00	4,519.15
Potencia de Generación HP	100%						793.20	17,180.41
Asumido Público								680.00
SUBTOTAL Mes Actual								66,324.16
IGV								10,400.82
TOTAL Mes Actual								76,724.98
Costo Les N° 20101								2,436.68
Impuesto Mes Actual								0.00
Reserva Mes Actual								0.00

James Cruz D.
Sup. Gr. AD - Representación de Intereses
DNI 2104182317 / C.V. 217002
Comité de Administración y Control

FECHA DE EMISIÓN	VENCIMIENTO	TOTAL A PAGAR S/.
25/JUN/2010	10/JUL/2010	*****81,369.00

MENSAJES AL CLIENTE

El total a pagar incluye: Recargo FOSE (Ley 27510) S/ 16.34 71
FACTURAS INFORMATIVA, CARGO EN CLIENTE PLANCHAS
Su Recibo incluye el Aporte Ley 28749.

N° CLIENTE	N° RECIBO	TARIFA	FECHA DE EMISIÓN	VENCIMIENTO	TOTAL A PAGAR S/.
0183214	B-74531920	MT3	25/JUN/2010	10/JUL/2010	*****81,369.00

CREDITO ELECTRICIDAD

00183214600813800010072010024811000000000

BIBLIOGRAFIA

- [1] PROCOBRE – PERU, “Sistemas de iluminación”, “Instalaciones Eléctricas de Interiores”
- [2] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, “Eficiencia Energética”, Proyecto para el Ahorro de Energía-PAE; Perú.
- [3] COMISION DE TARIFAS ELECTRICAS (CTE), “Situación Tarifaria en el Sector Eléctrico Peruano”.
- [4] TECSUP, “Instalaciones Eléctricas Industriales” Campus Virtual.