



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
**PIRHUA**

# PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR AUDITORIAS ELÉCTRICAS, CASO: ONG PLANINTERNACIONAL - PIURA

Jorge Luis Ramírez Izaga

Piura, 24 de Agosto de 2005

FACULTAD DE INGENIERÍA

Programa Académico de Ingeniería Mecánico - Eléctrica



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica**



**“Procedimientos para realizar auditorias eléctricas, Caso: ONG Plan  
Internacional - Piura”**

**Informe Descriptivo Profesional para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico - Eléctrico**

**Jorge Luis Ramírez Izaga**

**Piura, agosto 2005**

**A mi esposa Ana y mis hijos  
Carolina, Stefany, Jorge y Dante**

# Prologo

Una auditoria eléctrica consiste en la realización de mediciones, diagnósticos del sistema eléctrico y un análisis de los equipos que se encuentran conectados a la red. El análisis de los principales consumos nos lleva a determinar el uso no óptimo de la energía eléctrica, que posteriormente nos permitirá formular e implementar soluciones de tipo correctivo, de sustitución de equipo o de educación.

La mayor parte de cargas industriales como: motores, transformadores, alumbrado con fluorescentes y otras cargas demandan potencia activa y reactiva (generalmente de tipo inductivo); esto implica, un consumo de corriente total mayor que el estrictamente necesario para obtener el trabajo útil, produciendo pérdidas innecesarias en la instalación.

Otros factores que contribuyen de forma importante a las pérdidas en los circuitos de alterna son los armónicos, producidos por cargas no lineales (rectificadores u onduladores de potencia, reguladores, hornos, variadores de frecuencia, etc.) absorben de la red corrientes periódicas no senoidales. Estas corrientes están formadas por un componente fundamental de frecuencia 60 Hz en el sistema peruano, más una serie de corrientes superpuestas, de frecuencias múltiplos de la fundamental, que denominamos ARMONICOS.

La presencia de dichos armónicos en una red ocasiona una serie de inconvenientes, tales como: Sobrecarga en baterías de condensadores, mal aprovechamiento de la instalación y aumento de pérdidas en la misma, disparo intempestivo de algunos elementos de protección, parpadeo del alumbrado y sobre todo averías frecuentes y mal funcionamiento de equipos electrónicos disminuyéndole tiempo de vida de los equipos.

## **Resumen**

Ramírez Izaga, Jorge Luis. “Procedimientos para realizar auditorias eléctricas, Caso: ONG Plan Internacional – Piura”.

Año 2005. 29 páginas (2 tomos), 4 anexos, 3 planos, 1 CD.

El presente informe nos muestra la metodología a tener en cuenta en el desarrollo de una auditoría eléctrica tanto para una empresa de servicios como para una empresa industrial.

El caso mostrado en el desarrollo del presente trabajo tiene como objetivo inicial proponer acciones correctivas técnicas que económicamente permitan ser implementadas para lograr un funcionamiento óptimo y una confiabilidad del sistema eléctrico. Se busca eliminar las perturbaciones o interferencias que ocasionan pérdidas en el sistema eléctrico y que además, ponen en peligro el funcionamiento de una serie de equipos electrónicos, de cómputo y de comunicaciones.

Para la evaluación de parámetros de calidad de energía eléctrica se realizó según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), que sirvieron de base para el análisis del sistema eléctrico.

En la ejecución del proyecto de rehabilitación del sistema eléctrico mostrado en el capítulo 3, se ha cumplido con las especificaciones técnicas y de montaje electromecánico. Estos detalles permiten garantizar un sistema eléctrico sin interferencias y que además busca obtener un máximo rendimiento de la energía que se consume.

## Introducción

Los procedimientos para realizar auditorías eléctricas se basan en mediciones y diagnósticos que busca lograr un uso eficiente de la energía eléctrica. Estos procedimientos difieren en algunos detalles si se trata de sectores residencial, comercial e industrial, pero su objetivo final es el mismo, pues se busca encontrar oportunidades de manejo de la demanda y apoyar la implementación de medidas que beneficien el uso de la energía.

La energía eléctrica es sin lugar a dudas una de las formas de energía de mayor consumo, que representan para la economía nacional un costo importante, pero a su vez estos costos gravan a todos y cada uno de los sectores de la industria, servicios y a la propia economía doméstica.

El uso racional de energía eléctrica tiene como fin obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte, distribución y utilización; garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red.

La energía eléctrica tiene un grave inconveniente con respecto a otros tipos de energía y es que no permite su almacenamiento en cantidades significativas, lo cual implica que hay que generarla y transportarla en el preciso momento de su utilización.

Otro aspecto a considerar es el de la distorsión en las redes de alimentación causados por algunos equipos con componentes no lineales con uso de electrónica de potencia (convertidores con tiristores o transistores de potencia, hornos de arco y otros).

Dichas perturbaciones ocasionan una pérdida de rendimiento en la mayoría de cargas convencionales, sobrecargan innecesariamente las redes eléctricas y ponen en peligro el

buen funcionamiento de una serie de equipos electrónicos, informáticos y de comunicaciones.

Los Analizadores de Redes Eléctricas constituyen una herramienta para obtener estos datos en una instalación (tensión, corriente potencia activa, potencia reactiva, etc.), además es indispensable contar con software y equipos de cómputo adecuados para el tratamiento y análisis de la información de campo.

El desarrollo de este informe descriptivo profesional está dividido en tres capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el capítulo 1 se presenta en detalle los procedimientos a seguir para realizar una auditoria eléctrica. El capítulo 2 presenta la descripción de una auditoria eléctrica realizada en la ciudad de Piura a una ONG Plan Internacional- Piura, en donde se aplica los procedimientos descritos anteriormente.

El capítulo 3 incluye una descripción del proyecto de rehabilitación de las instalaciones eléctricas en las Oficinas de la ONG Plan Internacional – Piura..

Finalmente se presentan las conclusiones más importantes que se han obtenido en este trabajo. Asimismo los anexos respectivos que incluyen diagramas unifilares del sistema eléctrico, planos, etc.

# **Capítulo 1**

## **Procedimientos para realizar auditorías eléctricas**

Los procedimientos consisten en: identificar y cuantificar el potencial de ahorro de energía eléctrica en las instalaciones y equipamiento eléctrico de una empresa industrial o de servicios, analizar las condiciones reales de funcionamiento de los principales equipos a través de los resultados que se obtendrán por la aplicación de un programa de monitoreo en tiempo real lo que conlleva a lo siguiente:

- a) Definir un programa de acciones correctivas, lo cual supone, en primer lugar, la identificación y evaluación de alternativas viables técnica y económicamente que redundarán en beneficio económico directo del usuario.
- b) Proponer alternativas que previamente han sido sometidas a comprobación y verificación de las variables más importantes, las que aprobadas serán implementadas de acuerdo al nivel de inversión.
- c) Siempre debe ser posible implementar mejoras que son básicamente operativas y que no requieren inversión, sino, cambio en los hábitos de los operarios y educación en técnicas de ahorro de energía, del personal involucrado con la operación y programación de los equipos .

En consecuencia, en el desarrollo de los procedimientos de trabajo para auditorías eléctricas se pueden identificar las siguientes etapas:

## 1.1 Recolección de información preliminar

En esta etapa del trabajo se realiza una investigación preliminar de las instalaciones y equipos en general, con la finalidad de "ubicarse" dentro de la Empresa, evaluar el tamaño absoluto y relativo de los problemas eléctricos, lo cual permitirá especificar los alcances del trabajo en forma integral; es decir conocer los procesos que realiza la empresa y el problema del sistema eléctrico.

Para poder conocer la situación eléctrica actual e histórica, se requiere de una colección de datos de la empresa lo que nos permitirá realizar lo siguiente:

- a) Reconocimiento preliminar de las instalaciones de la empresa para poder seleccionar y formular hipótesis de trabajo y especificar las actividades a realizar de acuerdo a un cronograma de actividades que será propuesto al dueño de la empresa.
- b) Los datos necesarios para esta etapa son:
  - Diagramas unifilares y esquemas de principio de las instalaciones eléctricas.
  - Copias de facturas eléctricas de las empresas distribuidoras de energía eléctrica para 1 ó 2 años, mes a mes o récord de consumo. Esta información es indispensable cuando se analiza las tarifas eléctricas del cliente.
  - Relación de equipos eléctricos más importantes, por área de producción, las características técnicas de diseño y las horas de operación al año.
  - Régimen de actividad de la empresa y horas de funcionamiento de las distintas áreas productivas.
  - Fuentes de suministro de energía eléctrica.
  - Del mismo modo será necesario conocer los equipos de medida instalados en la empresa, como puede ser una subestación principal de la planta y la ubicación dentro el sistema eléctrico (AT, MT y BT).

Esta información servirá para prefijar los puntos para la instalación de los equipos analizadores de redes, los cuales se conectarán en paralelo con los equipos de medida (si los hubiera) ubicados en la tensión correspondiente.

## 1.2 Análisis del sistema eléctrico integral

Durante el desarrollo de esta etapa se realizarán las siguientes actividades:

### 1.2.1 Revisión de los datos históricos e información técnica disponible

Consiste en una revisión, selección y análisis exhaustivo y detallado de toda la información que dispone la empresa, a fin de ajustar, corregir y poner a punto el cronograma de trabajo para determinar los requerimientos de horas hombre y equipos que serán necesarios emplear para el desarrollo de los trabajos de auditoría eléctrica.

En esta etapa del trabajo se identifican los puntos de medida en el lugar correspondiente para la instalación de los equipos analizadores de redes, a fin de obtener las variables necesarias para el diagnóstico operativo de la empresa.

### **1.2.2 Levantamiento de información del sistema eléctrico actual.**

Como parte del trabajo de campo se revisarán los diagramas unifilares, lo cual incluirá:

- Actualización de los diagramas unifilares del sistema eléctrico de la empresa.
- Lista de receptores o usuarios principales por área productiva, talleres auxiliares y áreas administrativas, en los que se incluyen las características técnicas del equipamiento eléctrico de la empresa. Se determinará la carga conectada a la industria si la hubiera (carga total o por áreas).
- Plano general de la empresa y planos de ubicación de los receptores o usuarios (incluyendo la iluminación).
- Análisis del estado actual de las instalaciones (Circuitos, protecciones, adecuación del sistema de distribución, tipos de lámparas y luminarias, mantenimiento, etc).

### **1.2.3 Programa de mediciones.**

La fijación y procedimiento para la toma de datos seguirá los siguientes pasos:

#### **a) Mediciones en paralelo con los equipos de medida existentes en la empresa.**

Para esto se tendrá en cuenta el nivel de tensión, si es media tensión (MT) o baja tensión (BT).

Ubicación de los equipos de medida (dentro de la empresa o fuera de la empresa, es decir en las puntos de medición y entrega de las empresas distribuidoras).

Tipo de instalación, si es monofásica, trifásica de 3 conductores o trifásico con neutro corrido 4 conductores.

Tipo de variable que se desea medir ( kW, kVAR, kVA ,  $\cos \varphi$  , V, I, etc).

El periodo debe ser cada 15 minutos y el tiempo de registro mínimo 24 horas. Normalmente el tiempo de registro depende del tipo de programación diaria de la empresa y la complejidad de la misma. Con estos datos se busca obtener el Diagrama de carga activa y reactiva, así como, el consumo de energía total diario de la industria de acuerdo al nivel de producción.

Para medir en Alta Tensión (AT), el equipo usará el kit de tensión y los transformadores de corriente propios de equipo, con rango de 10 amperios.

**b) Mediciones en subestaciones internas menores a 600 V (Lado de BT).**

Normalmente estas mediciones se hacen en los secundarios de los transformadores de potencia dentro de la empresa, cuya finalidad será conocer la carga que toman los transformadores, o del conjunto de cargas conectados a ellos.

El objetivo de estas mediciones será conocer en algunos casos la demanda total de la empresa (cuando la planta dispone de un solo transformador), o en todo caso se puede conocer el consumo por áreas específicas relacionadas con la producción y se determinará las condiciones operativas de cada transformador, también se estudiará la posibilidad de disminuir las pérdidas en los alimentadores, motores y en el propio transformador.

**c) Mediciones en motores trifásicos de C.A.**

Este tipo de mediciones se realiza normalmente en empresas industriales de gran magnitud. Previamente se realizará una preselección de los motores en cada área o línea de producción sobre todo, aquellos motores cuya potencia nominal sea mayor a 20 HP. Seguidamente se procederá a realizar las pruebas que consistirán en lo siguiente:

- Pruebas de corriente por fase (R, S, T. ).
- Potencia eléctrica que toma el motor de la red.
- Factor de potencia de operación, será importante aquí tener presente el lugar donde se mide, puede ser antes o después del condensador. De preferencia se elige después del condensador, para ver la corriente total que toma el motor; y si se quiere saber el nivel de compensación que tiene dicho motor, será antes de los puntos de conexión de los condensadores.
- Medida de los RPM de trabajo. Para compararlo con el nominal y calcular el deslizamiento del motor.
- Pruebas de fugas a tierra.
- Temperatura de la carcasa del motor y temperatura ambiente.
- Condiciones de trabajo (humedad, tóxico, corroídos, etc.)

**d) Determinación de diagramas de carga activa y reactiva.**

Para la determinación de los diagramas de carga, es necesario la selección de los puntos adecuados de medición que, dependiendo del nivel de tensión se elegirá el sistema adecuado para la instalación de los equipos analizadores de redes, los cuales pueden ser: un medidor de energía instalado en el lado de AT, tableros generales de distribución de subestaciones, tableros de fuerza o centro de control de motores, equipos o conjunto de equipos que por su capacidad e incidencia en el proceso tengan un peso preponderante tanto en el consumo como en la producción; instalaciones auxiliares del proceso tecnológico, Áreas Administrativas.

Las mediciones han de realizarse en los días donde se programa el cumplimiento de un plan adecuado de producción, para el caso de una empresa

industrial, tomándose las mediciones en los días cuyo consumo es considerado el más representativo para la semana o mes de acuerdo a los turnos de trabajo.

De los diagramas de carga han de determinarse Cargas Activas y Reactivas medios, máximos, mínimos, Factores de carga característicos por horarios dependiendo del tipo de tarifa, factor de potencia y consumo de energía diario (total, por línea o área de producción).

**e) Medición y análisis de la calidad de energía eléctrica.**

Los parámetros manejados por la normativa internacional para establecer los límites de perturbación por armónico son:

**Orden de un armónico ( $n$ ):** Relación entre la frecuencia del armónico y la frecuencia fundamental ( $f_1$ ).

$$n = \frac{f_n}{f_1}$$

**Tasa de distorsión individual:** Relación expresada en tanto por ciento entre el valor eficaz de la tensión o corriente armónica ( $V_n$  ó  $I_n$ ) el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental.

$$V_n \% = \frac{V_n}{V_1} \cdot 100 \qquad I_n \% = \frac{I_n}{I_1} \cdot 100$$

**Residuo armónico:** Diferencia entre la tensión o corriente total y el correspondiente valor fundamental.

**Tasa Total de Distorsión THD%:** Relación en tanto por ciento, entre el valor eficaz del residuo armónico en tensión o corriente y el correspondiente componente fundamental (norma IEEE-519).

**Límites:** De forma muy simplista podemos indicar que los límites recomendados por la norma americana IEEE-519 es de un **5% THD en tensión, para redes industriales y sistemas de potencia de media tensión.**

En cuanto al THD en intensidad y el contenido individual de cada armónico, dependen del tipo de instalación (industrial o doméstica) y de la impedancia de cortocircuito en el punto de conexión a la red.

## 1.3 Problemas que se presentan en el sistema eléctrico

### a) Pérdidas por calentamiento.

Las pérdidas en la forma de calor son disipadas en los equipos eléctricos, y se debe principalmente a los armónicos presentes en la red. Estas pérdidas son pérdidas de potencia (kW).

Las corrientes armónicas pueden causar sobrecalentamientos en los conductores y materiales aislantes. Está relacionada al incremento en la resistencia en corriente AC de un conductor como incremento de la frecuencia. En los transformadores, este incremento de potencia da como resultado pérdidas adicionales en las bobinas por histéresis y por corrientes parásitas..

### b) Reducción de la capacidad de los equipos.

Un método generalmente aceptado de operación con armónicos es la reducción de la capacidad de ciertos equipos eléctricos para compensar el calentamiento adicional resultante. Un factor de reducción de 20 a 25% para transformadores y generadores es típicamente recomendado.

Fabricantes de generadores están recomendando la reducción de sus unidades por lo menos en 50 %, dependiendo de la magnitud de las corrientes armónicas presentes en la carga.

## 1.3 Soluciones a tomar en cuenta en el sistema eléctrico

### a) Configuración de la Instalación

Es necesario tener el conocimiento de la configuración y potencias de cortocircuito en determinados puntos de la instalación a corregir.

Como medida previa a la propuesta de cualquier solución debe conocerse, por tanto, un esquema unifilar de la instalación, separando las cargas en las siguientes categorías: Perturbadoras, susceptibles, baterías de condensadores y otras no afectadas.

Para el caso de instalaciones industriales, es necesario tener el dato de la potencia de cortocircuito en el punto de acometida ( $P_{CC}$ ) y este puede ser calculado a través de un estudio de fallas del sistema eléctrico.

Como criterio de tipo práctico podríamos decir que cuanto mayor sea la potencia de cortocircuito en el punto de conexión de un receptor, menores serán los efectos perturbadores que éste provocará sobre el resto de dispositivos conectados a la red.

**b) Filtros.**

Muchos de los problemas de perturbaciones pueden ser corregidos mediante filtros. En concreto se han desarrollado filtros de potencia para corregir los siguientes problemas:

- Corrección de resonancias.
- Rechazo de armónicos en ciertas partes de la instalación.
- Absorción de armónicos para reducir el THD de la instalación.
- Limitación de potencia de cortocircuito en determinados puntos de la instalación.
- Filtrado de convertidores estáticos, en el lado de alterna o de continua.

**c) Balance eléctrico de la empresa.**

El balance eléctrico se realiza normalmente cuando la empresa es muy grande y permite determinar dónde, cómo, cuánta y con que eficiencia se consume o gasta la energía eléctrica.

En resumen, el balance eléctrico posibilitará la separación de los gastos de energía eléctrica o estructura del consumo de la forma siguiente:

- Gastos directos de energía eléctrica en el proceso tecnológico (compresores, bombas, etc).
- Gastos debido a necesidades auxiliares de la producción (alumbrado, talleres de reparación, ventilación, equipos de refrigeración, almacenes, etc).
- Gastos de energía de consumidores anexos (oficinas, corredores, etc).
- El balance permite realizar el análisis de las diferentes partidas de gastos de energía en función del peso (%) que representa con respecto al consumo total de la instalación y a las causas que lo provocan, facilitando de esta forma la toma de medidas tecnológicas como técnicas de ahorro de energía. Por otra parte permite determinar los consumos específicos de energía eléctrica actuales ( kwh/ unidad de producción).

**d) Administración de la máxima demanda.**

El estudio detallado del diagrama de carga permite conocer el comportamiento de la carga conectada, su régimen de trabajo en función del proceso tecnológico, la coincidencia de las diferentes cargas en el tiempo y las características del flujo de producción.

El estudio cuidadoso del diagrama de carga, del régimen de producción y del resto de instalaciones, posibilitará la toma de medidas de acomodo y regulación del diagrama de carga, los cuales deben proveer la racionalización del consumo de energía desde el punto de vista técnico-económico.

Dentro de las medidas de regulación y acomodo del diagrama de carga podemos enumerar las siguientes:

- Posibilidad técnica de reorganizar el flujo de producción que garantice el aumento de la productividad y disminución de la demanda ya sea en horas punta como en horas fuera de punta (para las industrias con tarifa con horario diferenciado), del mismo modo para las industrias en general o empresas de servicios.
- Remodelaciones del sistema de distribución de fuerza que conlleva a una mejor distribución de energía y operación del sistema.
- Mejoramiento del sistema de iluminación (niveles de iluminación, lámparas y luminarias, aprovechamiento de la luz solar, explotación y mantenimiento de las instalaciones, uso de cogeneración.).
- Control automático de la Máxima Demanda mediante equipos electrónicos que permitan desconectar y reponer cargas de acuerdo a un punto de consigna prefijado.
- Seleccionar cargas que no afecten el proceso productivo, para un posible desplazamiento de carga a horas de menor demanda.

#### **e) Evaluación de modos operativos**

Para el caso de empresas industriales, se analiza los modos de operación de los operarios, a fin de corregir defectos y optimizar arranques y paradas de máquinas, así como, operación en vacío de motores.

Esto permitirá identificar si el equipo evaluado ha sido correctamente seleccionado para desarrollar el trabajo que se requiere, caso contrario, evaluar la posibilidad de su reemplazo.

#### **f) Cálculo pérdidas en los equipos eléctricos.**

##### **Motores eléctricos**

Los motores consumen entre el 65 y 70 por ciento de la electricidad industrial y entre el 20 y 30 % del total de energía generada en el Perú.

La electricidad que consume un motor industrial convencional de gran tamaño cuesta entre 10 a 20 veces más que su valor de capital por año: el costo de capital varía entre el 1 y 3% de su costo total a lo largo de toda su vida. A lo largo de la vida de un motor, una ganancia del orden del 1% en el rendimiento representa un ahorro superior de 10 dólares en los gastos de inversión por caballo de potencia. Si multiplicamos los muchos puntos de porcentaje de ahorro posible por los cientos o miles de caballos de potencia que poseen los

grandes motores, encontraremos que las cifras resultantes son muy elevadas. Finalmente debemos tener en cuenta que una gran planta industrial puede tener centenares de estos motores.

La nueva generación de motores de elevado rendimiento representa otro avance principal. Mejor diseñados y mejor construidos con material de mayor calidad que los motores convencionales, éstos reducen sus pérdidas magnéticas, resistivas y mecánicas a menos de la mitad de los niveles corrientes hace una década.

Los ahorros obtenidos por implementación de reguladores de velocidad y motores de alta eficiencia, solo representan la mitad del ahorro potencial total de electricidad en los sistemas de motores. El otro 50% se refiere a otras mejoras diferentes relacionadas con la elección, mantenimiento y tamaño de los motores, tres nuevos tipos de controles y la eficiencia con que la electricidad se suministra a los motores y el par mecánico se transmite a la correspondiente máquina. Los nuevos sistemas de motores consumen aproximadamente la mitad de electricidad.

### **Otros equipos eléctricos.**

Entre los métodos que permiten disminuir las pérdidas en los diferentes equipos eléctricos se tiene:

a) Examinar las secciones y longitudes de los cables en el sistema de distribución dentro de la Planta Industrial, para los niveles de voltaje correspondientes.

Según las normas internacionales un alimentador no debe tener más de 5% de caída de voltaje ( B.T). Sin embargo, los nuevos factores económicos recomendados como una práctica usual es que este porcentaje de caída de tensión no debe ser mayor a 2.5% del voltaje nominal.

b) Optimizar el consumo energético en transformadores, hornos eléctricos, molinos, compresores, ventiladores, sistemas de refrigeración, etc.

c) Reducir la cargas actuales de iluminación usando lámparas y luminarias más eficientes de acuerdo al tipo de ambiente a iluminar.

d) Usar bancos de condensadores para corregir el factor de potencia y reducir las pérdidas del sistema.

Normalmente se piensa que los bancos de condensadores son instalados para mejorar el factor de potencia y estabilizar la tensión en el sistema y aumentar la capacidad de transporte de potencia activa. Sin embargo, también permiten reducir las pérdidas de energía en el sistema.

Los resultados son muy importantes, puesto que mejorar el factor de potencia puede resultar una disminución importante de los gastos por facturación anual; mientras que la inversión en estos equipos se recupera en menos de un año .

## **1.5 Elaboración del informe técnico**

Después de los trabajos de campo se procederá a los trabajos de gabinete en donde cada especialista se abocará a interpretar, elaborar curvas, simular cálculos, obtener resultados de ahorro para los motores, y equipos seleccionados en la auditoría, conocer las condiciones operativas actuales, calcular el nivel actual de pérdidas y recomendar acciones para disminuirlas o en caso contrario evaluar la factibilidad técnica-económica de reemplazar dichos equipos por otros más eficientes a corto plazo.

Como resultados finales, se clasificarán las mejoras de acuerdo a los requerimientos de inversión, se darán recomendaciones para la implementación de las mejoras y se establecerá un sistema de organización energética dentro de la empresa con personal idóneo y con capacidad de decisión, para poder implementar y supervisar las recomendaciones. También es importante implementar un sistema de contabilidad energética, que permita tomar acciones correctivas, ante variaciones de consumo superiores a los establecidos.

## **1.6 Implementación de las mejoras monitoreo y seguimiento.**

Una vez concluida la auditoría eléctrica de la empresa e identificado los cambios a realizar, se procederá a la implementación de las mejoras identificadas de acuerdo al orden de prioridad desde el punto de vista de inversiones y beneficio - costo de las mismas.

## **Capítulo 2**

### **Caso: ONG Plan Internacional - Piura**

En el presente trabajo se muestra el estudio y diseño de un nuevo sistema eléctrico en las oficinas de la ONG Plan Internacional Piura, realizado en el mes de mayo del 2004. Las oficinas de Plan Internacional - Piura, se encuentran ubicadas en Av. Los Cocos N° 483, Urb Grau, Piura.

Se presenta una descripción general de la composición arquitectónica como base para la descripción de las instalaciones eléctricas que satisfacen de energía a las diferentes áreas que conforman las oficinas. Se presenta el estado actual, así como las consideraciones que se deberán tomar en cuenta en procesos de expansión o crecimiento con respecto a nuevos equipamientos.

El objetivo final del presente estudio, será determinar algunas características propias de la instalación, para que de acuerdo al análisis correspondiente se expongan las medidas correctivas a nivel de ingeniería, que lleven a la implementación o realización de actividades que conduzcan a un mejor funcionamiento del sistema eléctrico actual.

#### **2.1 Conformación arquitectónica**

La disposición arquitectónica de las Oficinas de Plan-Piura, está conformado por 2 niveles, en los cuales están distribuidos los diferentes ambientes de oficinas y equipos.

Se pueden distinguir los siguientes ambientes:

- **1 Piso:** Hall de Ingreso, Pasillo, Oficina de Asistente, Sala de Reuniones1, Cochera, FDCs-PU-LCC, Oficina Gerente PU-LCC, SS.HH.1, sala de Reuniones2, Oficina Asistente Patrocinio, Oficina Coordinador Local, Asesores Locales PU-LCC SS.HH.2, Almacén1, SS.HH.3, Patio Almacén2.
- **2 Piso:** FDCs, PU Piura, Gerencia PU-Piura, Almacén1, Asesores Locales PU-Piura Pasillos, Almacén2, Sala de Reuniones, SS.HH., Contabilidad Logística, Computo, Gerente Unidad de Soporte, Sistemas, SS.HH2, Almacén3, SS.HH3. Oficinas, acceso a equipos de aire acondicionado.

## 2.2 Suministro de energía eléctrica

Las instalaciones de Plan Internacional reciben energía de la red pública del concesionario de electricidad (Electronoroeste S.A.).

El concesionario de electricidad Electronoroeste S.A., brinda el servicio de abastecimiento de energía eléctrica, en Baja Tensión con dos conexiones monofásicas de 220 voltios, que alimentan a cada uno de los pisos respectivamente.

Las características de cada suministro son los siguientes:

Medidor 01: Alimentación de 1er piso:

- Código : 05084095
- Tarifa : BT5B Residencial
- Tensión : 220V

Medidor 02: Alimentación de 2do piso:

- Código : 05084101
- Tarifa : BT5B Residencial
- Tensión : 220V

## 2.3 Carga instalada y demanda de potencia

Un resumen de las cargas instaladas por tipo de cargas (kW) y la Demanda de Potencia Total registrada en los analizadores de redes se presenta a continuación:

### a) Carga instalada actual

Las cargas instaladas en las oficinas están conformadas por:

- Cargas de 01 aire acondicionado y ventiladores (pie, techo)
- Cargas de iluminación
- Cargas de computadoras y equipos de comunicación y red.

- Otras cargas (Electrobombas, fotocopiadoras, televisor, grabadoras, etc.)

### RESUMEN POR CARGAS

IT.	TIPO DE CARGA	C.I. (kW)	(%)
1	Aire Acondicionado y Ventiladores	3,815	15,74
2	Iluminación	3,832	15,80
3	Cómputo (UPS – Baterías)	7,59	31,30
4	Otros	9,01	37,16
	<b>TOTAL:</b>	24,246	100.0

En Anexo N° 1 se presenta el detalle de cargas instaladas en cada uno de los pisos de Plan Piura.

#### b) Demanda de potencia eléctrica

Según los registros efectuados, por el Analizador de Redes AR5 del 13/05/04 al 21/05/04, el consumo de potencia activa no excede los 2 kW en el primer piso y los 4,2 kW en el segundo piso. Sumados los consumos de potencia, se obtiene una máxima demanda de 6 kW. La mayor cantidad de potencia es consumida en horas cercanas al mediodía.

El mayor consumo se da fuera de hora punta (6pm –11pm), debido al régimen laboral. Cuando empieza la hora punta (6pm) la potencia total consumida se reduce a la mitad de la potencia máxima (aproximadamente 3 kW) y es descendente.

## 2.4 Descripción general de las instalaciones de baja tensión

La siguiente es una descripción general de las instalaciones eléctricas en baja tensión, en lo referente a la disposición y ubicación de los tableros tanto principales como de distribución, considerando el recorrido de los alimentadores.

#### a) Tablero General

El Tablero General (TG) en baja tensión (220 V) que controla la distribución de la energía a todas las oficinas de Plan NO EXISTE.

#### b) Tablero de Distribución

Se encuentran ubicados en el 1er Piso y 2do Piso respectivamente, estos son alimentados por cada uno de los medidores monofásicos que controlan cada una de los diferentes ambientes de las Oficinas de Plan. Sus alimentadores cumplen en su mayoría un esquema radial, pero no tienen la seguridad y confiabilidad de la instalación, debido que los circuitos tanto de iluminación como de

tomacorrientes no son independientes. La ubicación de tableros existentes y sus recorrido de los diferentes circuitos se muestran en el Plano N° IE-01.

c) **Puesta a Tierra**

Para la determinación de la resistencia del Dispersor de Tierra, se utilizó un Telurómetro Analógico con las siguientes características:

Marca	: SAMAR
Clase	: 0.5
Proveedor	: ELECTRONIC – Milano – Italia

El valor de resistencia del dispersor que se obtuvo es de 27 ohms, y según las recomendaciones del Código Nacional de Electricidad, la puesta a tierra no deberá exceder su valor de resistencia en 25 ohms. En la práctica se considera que cuando se tiene equipos de precisión y de cómputo los valores de resistencia del dispersor no deben exceder de 5 ohms.

d) **Estado general de los conductores alimentadores y de la red general eléctrica**

Una apreciación general de la instalación, nos muestra conductores de distinta marca y tipo. Por otra parte, actualmente se encuentran instalados en los distintos ambientes del edificio interruptores de diferentes marcas, capacidades y de mediana antigüedad.

## 2.5 Determinación de perturbaciones

Para la determinación de perturbaciones en el suministro de electricidad, se ha instalado el respectivo equipo analizador, el cual ha registrado los niveles de armónicos en la red.

- **Registro de parámetros eléctricos**

En el periodo comprendido entre el 13 y el 21 de mayo del presente año, se realizaron registros de parámetros eléctricos, utilizando un equipo con las siguientes características:

Marca	: AR5
Parámetros registrados	: Tensión, Intensidad de corriente, Potencia, Factor de Potencia, Armónicos, Flickers

En Anexo N° 2 se muestra los gráficos obtenidos de los registros realizados.

En el Anexo N° 2 se realiza un diagnóstico de la instalación en lo que respecta a las perturbaciones (distorsión de la tensión y corriente por armónicos) para luego realizar las recomendaciones pertinentes y el cálculo de las compensaciones donde

pueda aplicarse, todo esto en el contexto de la Norma Técnica de Calidad del Servicio de Electricidad según DS N° 020-97-EM.

## 2.6 Análisis del sistema eléctrico actual

### a) Estado general de las instalaciones eléctricas

#### - Tableros eléctricos y conductores de los circuitos derivados

Los criterios de apreciación general, se rigen por el aspecto físico exterior (Tipo de tablero, seguridad, etc.), estado de las barras, estado de los interruptores, estado de los bornes de conexión, aplicación del concepto de la protección en cascada y los modos de designación.

Los tableros eléctricos en su totalidad no son los adecuados, puesto que son cajas de madera que no reúnen la confiabilidad y seguridad requerida, además se ha encontrado las siguientes irregularidades:

- En los tableros de distribución (cajas de madera) un mismo circuito alimenta cargas de iluminación como de tomacorrientes y hasta ventiladores de techo.
- El Tablero General NO EXISTE, y los tableros de distribución no reúnen la confiabilidad y seguridad adecuada ante situaciones de sobrecarga, su valor es de los interruptores es de 30 A y 20 A, mientras que algunos interruptores automáticos no indica su valor de corriente máxima.
- El no tener los tableros adecuados puede ser motivo que terceras personas tengan acceso fácil a ellos, con las consecuencias del caso.
- Bornes de conexión en algunos interruptores, sin el ajuste correcto, que pueden provocar falsos contactos y oscilaciones de la corriente eléctrica.
- Los interruptores automáticos que controlan los circuitos en algunos casos no cumple con lo que indica en su designación, que dan lugar a dificultades en identificación de las cargas que alimentan por no existir un orden e independencia adecuada.
- Interruptores con mayor capacidad de corriente que la de los conductores que derivan, esto trae como consecuencia el deterioro inmediato del aislamiento, cuando la corriente consumida por la carga que alimenta, excede la capacidad de corriente de dichos conductores, al no actuar el interruptor como limitador.

#### - Conductores alimentadores

Se han encontrado las siguientes irregularidades:

- Algunos conductores alimentadores están expuestos directamente al ambiente, sin ninguna protección mecánica, lo cual puede llevar al deterioro prematuro del aislamiento.
- Algunos alimentadores de los tableros de distribución (alumbrado y tomacorrientes de uso general), parten desde el tablero de distribución, inicialmente con una determinada sección y tipo de cable, para luego empalmar con un cable de otra sección u otras características, para finalmente conectar con la carga en mención. Es recomendable la utilización de un solo tipo de cable (sección y aislamiento), y si es posible en tramos continuos es decir sin empalmes, para así evitar confusiones al momento de realizar renovaciones o ampliaciones.

#### - **Electroductos**

Las canalizaciones eléctricas exteriores e interiores existentes en las oficinas, se encuentran generalmente en buen estado. Es importante mencionar que en algunos circuitos el número de conductores que atraviesan las canalizaciones interiores supera el límite permitido y además en la mayoría de las cajas de paso los empalmes no está bien realizados, presumimos que se deben al proceso de renovación de la red eléctrica que se haya realizado anteriormente. En todo caso, es preciso indicar que una vez concluido este proceso, las mencionadas canalizaciones deberán quedar completamente limpias de elementos extraños y con sus respectivas cubiertas de protección.

#### - **Iluminación interior y exterior**

Se han encontrado algunas irregularidades:

- Artefactos fluorescentes sin lámparas o con lámparas quemadas.
- Artefactos fluorescentes con la pantalla sucia, lo cual disminuye notablemente el flujo luminoso, dificultando las labores cotidianas en las oficinas u otros ambientes que requieran una iluminación aceptable.
- Existen aproximadamente 32 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo éstas de bajo rendimiento en comparación a las lámparas de 36 W que existen actualmente en el mercado. Se recomienda el reemplazo de las mencionadas lámparas, lo cual daría como resultado un ahorro de consumo de electricidad. Se recomienda además el reemplazo de la pantalla acrílica por una luminaria con rejilla, para mejorar los niveles de iluminación de los ambientes.
- En la iluminación también se utiliza lámparas incandescentes en algunos puntos y se recomienda el cambio por lámparas fluorescentes compactas ahorradoras de 15 W con base rosca de 27.

- **Sistema de aire acondicionado**

El equipo de aire acondicionado se encuentran aparentemente en buen estado. El ambiente en donde se encuentra ubicado debe permanecer cerrado para un mejor aprovechamiento.

Por otra parte, el mantenimiento periódico del sistema de refrigeración del compresor de AA, es un aspecto muy importante para la operación eficiente de aquellos equipos.

**b) Perturbaciones eléctricas en la instalación en el contexto de la Norma Técnica de la Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE)**

El informe de perturbaciones tanto de tensiones como de corrientes se muestra en el ANEXO 2 con sus respectivos gráficos.

## 2.7 Recomendaciones

**a) Baja Tensión**

- Según los resultados obtenidos por el analizador de redes AR5, la demanda de potencia máxima es de 6 kW, con lo cual se recomienda cambiar las dos conexiones monofásicas que existen actualmente por una sola conexión trifásica que debe ser alimentada por un solo conductor conectado directamente a la Sub-Estación de Transformación. (Ver Plano en anexo 2). Lo cual debe ser solicitado por el interesado a la empresa de distribución eléctrica (ENOSA).
- Deberá existir un solo tablero General que será instalado en la Oficina de Computo del 2do Piso, que incluya un interruptor general trifásico y además los interruptores independientes para cada circuito necesario en las oficinas como: equipos de computo y comunicaciones, iluminación, tomacorrientes y aire acondicionado. (Ver diagramas unifilares de plano IE-02)
- Se deberá rediseñar todas las instalaciones eléctricas que van desde el tablero general hasta las cargas, evitando el uso de conductores de diferente calibre en un solo circuito así como evitar usar el conductor tipo mellizo (Tipo SPT-2). Ver Plano N° IE-02.
- Para el rediseño se han considerado un tablero de distribución en el primer piso para los circuitos de iluminación, tomacorrientes de uso general y electrobomba, ubicado en uno de los almacenes, tal como lo indica el plano IE-02.
- Para la alimentación de los equipos de computo y comunicaciones se recomienda utilizar una tensión estabilizada por medio de un UPS trifásico de

10 KVA, éste deberá alimentar a un tablero de distribución exclusivo para los circuitos antes indicados. Estará ubicado en el 2do piso, oficina de computo.

- Instalar nuevos interruptores que reemplazarán a todos aquellos que están mal dimensionados, de acuerdo a los esquemas de que se muestra en los cuadros correspondientes a los diagramas unifilares.
- Es importante la evaluación de aislamiento de los conductores, previo al montaje del nuevo tablero general.
- Los de tableros de distribución actual (cajas de madera) se podrán usar como cajas de paso para el nuevo rediseño y se tomarán las acciones necesarias para su correcta designación.
- En el sistema de puesta a tierra, varios de los tomacorrientes no están conectados a la puesta a tierra y en el rediseño de las instalaciones se ha considerado una barra colectora de Tierra a la cual deberá conectarse el conductor de tierra hacia el dispensor y al cual deberán converger los conductores de protección.
- El valor de la resistencia del dispensor de tierra es actualmente 27 ohms, lo cual es un valor no permisible para el caso que exista equipos de computo y comunicaciones, este valor no debe superar los 5 ohms, por lo que se recomienda hacer un mantenimiento o un nuevo diseño del dispensor. Esta sería otra causa por la cual se provoca fallas en los equipos de computo.

#### **b) Iluminación interior y exterior**

- De los artefactos de iluminación interior de los ambientes del edificio existen aproximadamente 80 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo éstas de bajo rendimiento en comparación a las lámparas de 36 W que existen actualmente en el mercado. Se recomienda el reemplazo de las mencionadas lámparas, lo cual daría como resultado un ahorro de consumo de electricidad. Se recomienda además el reemplazo de la pantalla acrílica por una luminaria con rejilla, para mejorar los niveles de iluminación de los ambientes.
- En la iluminación también se utiliza lámparas incandescentes en algunos puntos, se recomienda el cambio por lámparas fluorescentes compactas ahorradoras de 15 W con base rosca de 27.

#### **c) Distorsiones armónicas en la instalación**

En cuanto a perturbaciones de tensión, no se excede la tolerancia de 8% recomendado por la NTCSE para el indicador THD. (Ver ANEXO 2)

En cuanto a perturbaciones de corriente, se llega a niveles de más de 60% de distorsión total, afectando de manera inmediata a los conductores pues lleva a

sobrecalentamiento y pérdida de vida útil. Asimismo esta distorsión de corriente al propagarse en la red interna produce distorsión armónica de corriente. Se debe principalmente a la presencia de estabilizadores monofásico para la regulación de tensión de los equipos de cómputo.

#### **d) Puesta a Tierra**

Se recomienda realizar un mantenimiento al pozo de tierra, por tener un valor que excede al límite permisible, además deberá conectarse el dispersor de puesta a tierra a la barra colectora del Tablero General y esta a todo el sistema eléctrico excepto circuito de iluminación y ventiladores.

Si después del mantenimiento del pozo a tierra no se obtiene un valor de resistencia permisible, será necesario el diseño de un nuevo dispersor a tierra. Se recomienda utilizar como cable de protección un conductor aislado de  $6 \text{ mm}^2$ .

## **Capítulo 3**

### **Proyecto de rehabilitación de las instalaciones eléctricas en ONG Plan Internacional – Piura**

#### **3.1 Memoria descriptiva**

##### **Introducción**

El presente informe se refiere a la rehabilitación de las instalaciones eléctricas del Local de la ONG Plan Internacional – Piura, el cual se encuentra ubicado en Av. Los Cocos N° 483, Urb Grau, Piura.

La rehabilitación de las instalaciones se hizo en el mes de octubre del 2004, teniendo en cuenta las recomendaciones del capítulo anterior, que son referidas a un estudio eléctrico realizado en mayo del 2004 y mostrado en el capítulo 2.

##### **Alcances**

El proyecto de rehabilitación se basa en las recomendaciones destinadas a mejorar las instalaciones de baja tensión y el sistema de puesta a tierra. No abarca el rediseño luminotécnico ni cambio de luminarias pues los encargados de la ONG Plan Internacional, consideraron prioridad ejecutar la parte del sistema eléctrico referente a tomacorrientes e independizar los circuitos de iluminación. Deberá estar claramente definido un circuito de tomacorrientes de uso general y también un

tablero que alimenta a circuitos de tensión estabilizada para los equipos de cómputo y comunicaciones del primer y segundo piso.

### **Descripción del proyecto de rehabilitación**

Se solicitó a la empresa distribuidora Electronoroeste S.A., una conexión trifásica a 220 voltios con una cometa conectada directamente desde la Sub-Estación de Transformación 10 KV/220 V, hasta un interruptor trifásico ubicado dentro de las instalaciones del local y luego a partir de ese interruptor alimentar un Tablero General TG ubicado en el segundo piso del local.

El proyecto de rehabilitación comprende:

- a) Ubicación de un tablero general (TG) alimentado con una conexión trifásica desde donde se controla al tablero de distribución del primer piso (TD), iluminación del segundo piso, tomacorrientes de uso general, aire acondicionado y alimenta al UPS trifásico que controla los circuitos de tensión estabilizada. Los interruptores termomagnéticos han sido seleccionados de acuerdo a las necesidades particulares de carga. (ver diagrama unifilar en anexo 3)
- b) Ubicación de un tablero distribución (TD) ubicado en el primer piso, donde se controla la iluminación, tomacorrientes de uso general, y electrobomba. (ver diagrama unifilar en anexo 3)
- c) Ubicación de un tablero de tensión estabilizada (TE) ubicado en el segundo piso, este tablero se encuentra alimentado por el UPS trifásico de 10 KVA, que asegura una tensión estabilizada, tanto al primer piso como al segundo piso a todos los equipos de cómputo y comunicaciones. (Ver diagrama unifilar)
- d) El cableado de los diferentes circuitos que componen el sistema eléctrico de rehabilitación. Estos trabajos se realizan, teniendo en cuenta las normas de seguridad establecidas y además se realizaron las pruebas eléctricas de aislamiento y continuidad al término del trabajo.
- e) Sistema de puesta a tierra : Debido al elevado número de equipos de cómputo se hizo necesario diseñar un dispersor a tierra con un valor de resistencia menor a 5 ohm. Después de realizar la medición de la resistividad del terreno en el edificio, se ha considerado la construcción del sistema de puesta a tierra utilizando dos varillas de cobre de 5/8" x 2.4m conectadas en serie unidas por conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup>. (ver detalle de puesta a tierra en plano)

### **Anexos y Planos adjuntos**

Se anexa el presupuesto y los planos con la propuesta de rehabilitación de las instalaciones eléctricas del edificio, detalles de los diagramas unifilares de los tableros TG, TE y TD así como el detalle del sistema de puesta a tierra. Asimismo la carga instalada y la evaluación de los niveles de armónicos según el contexto de la Norma Técnica de Calidad de Servicios de Electricidad.

### 3.2 Memoria de cálculos para el sistema de baja tensión

#### 1) Dimensionamiento de la sección de los conductores :

-) Caída de tensión.

$$\Delta V = \frac{\rho}{S} \sum_{i=1}^n (I_i l_i) \quad \cos(\varphi) = 0.85$$

donde:

$\rho$  :resistividad del conductor.

$S$  :Sección del conductor.

$I_i$  :corriente de empleo en el punto “i”

$l_i$  :distancia entre el origen del conductor y la carga “i”.

$i$  :punto de conexión

$\cos(\varphi)$ :factor de potencia de la carga en el punto de conexión.

-) Ley del equilibrio térmico :

$$I_z = \pi \sqrt{\frac{2hr^3}{\rho} (\theta_z - \theta_a)} \quad \text{: corriente admisible por el conductor.}$$

donde:

$h$  :coeficiente de conductibilidad térmica entre el conductor y el ambiente.

$r$  :radio del conductor.

$\rho$  :resistividad del conductor.

$\theta_z$  :Temperatura admisible del aislante del conductor.

$\theta_a$  :Temperatura ambiente.

#### 2) Protección contra las sobrecorrientes :

-) Sobrecargas:

$$I_B \leq I_N \leq I_f$$

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

donde:

$I_B$  :corriente de empleo, corriente demandada por la carga.

$I_N$  :corriente nominal del dispositivo de protección contra sobrecargas.

$I_f$  :corriente de segura intervención del dispositivo de protección contra sobrecarga.

$I_z$  :corriente admisible por el conductor.

-) Cortocircuitos :

$$\int_0^{t_i} (i^2 dt) \leq K^2 S^2$$

$$K^2 = \frac{c}{\alpha \rho_o} \ln \left( \frac{1 + \alpha \theta_f}{1 + \alpha \theta_o} \right)$$

donde:

$i$  :corriente instantánea de cortocircuito.

$t_i$  :tiempo de intervención del dispositivo de protección contra cortocircuitos.

$\int_0^{t_i} (i^2 dt)$ :energía específica que el dispositivo de protección deja pasar.

$K^2 S^2$  :energía específica tolerable, por el conductor, para proceso adiabático.

$S$  :sección del conductor.

$c$  :calor específico medio por unidad de volumen.

$\alpha$  :coeficiente de temperatura.

$\rho_o$  :resistividad a cero grados centígrados.

$\theta_f$  :máxima temperatura de corto circuito establecida por la norma para la buena conservación del aislante del conductor.

$\theta_o$  :temperatura inicial.

Además los dispositivos deberán tener un poder de un interrupción superior a 20KA , en 220 V.

### 3.3 Especificaciones técnicas de materiales

#### Generalidades

Estas especificaciones se refieren a las instalaciones eléctricas interiores. Con éstas se estipulan los materiales que deberán emplearse para la ejecución de los trabajos, todo material no cubierto por estas especificaciones deberá sujetarse a las normas de instalación y deberán cumplir estrictamente lo establecido por el Código Nacional de Electricidad - Sistema de Utilización - Tomo V parte 1-Ed. 1985-1986 y Reglamento General de Construcciones.

## **ALIMENTADORES A LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION**

### **Conductores**

Serán de cobre blando de 99.9% de conductibilidad con aislamiento tipo THW para 600 V. de sección indicada en los diagramas, cableado y sólido, fabricado según Normas ITINTEC.

### **Electroductos**

Serán tuberías de cloruro de Polivinilo Standard americano pesado de 25, 20 mm Ø nominal, dependiendo de los calibres y la cantidad de conductores.

### **Tableros de distribución**

Los tableros será del tipo para empotrar, con gabinete metálico, puerta y cerradura tipo YALE, con barras tripolares, con interruptores termomagnéticos.

### **Gabinete**

El gabinete de los tableros serán lo suficientemente amplios para ofrecer un espacio libre para el alojamiento de los conductores é interruptores y demás elementos por los menos 10 cm. en cada lado para facilidad de maniobra del montaje y cableado. Sus superficies deberán recibir un tratamiento de arenado, pintura anticorrosiva y acabado con esmalte epóxico.

Las cajas se fabricarán con planchas de fierro galvanizado con 1/16" de espesor mínimo, en sus cuatro costados tendrán aberturas circulares de diferentes diámetros como para la entrada de la tubería PVC-SAP de alimentación y circuitos alimentados.

La plancha frontal tendrá un acabado de laca color plomo martillado. Por cada interruptor se colocará una pequeña tarjeta en la que se indicará el N° del circuito.

Se tendrá además una tarjeta directorio detrás de la puerta en la que se indicará por cada circuito su correspondiente asignación.

La cubierta será NEMA tipo 4 y serán iguales o similares a las fabricadas por WESTINGHOUSE tipo NLC aptas para la conexión trifásicas.

Las barras serán de cobre electrolítico de sección rectangular, cuya capacidad sea por lo menos 1.5 veces más que la capacidad indicada en el interruptor principal de protección del cable alimentador al tablero de distribución.

### **Interruptores**

Se consideran interruptores termomagnéticos bi o tripolares, según el caso.

Los diagramas unifilares correspondientes se anexan al plano.

Se descarta la posibilidad de empleo de interruptores enchufables a presión, recomendándose los atornillables del tipo modular o sobre riel DIN.

Los interruptores principales serán regulables tanto en su parte térmica como magnética.

## **MATERIALES**

### **Electroductos**

Estarán constituidos por tubería de material plástico pesado y liviano con calibres europeos mínimos establecidos en el Art. 4.5.16 del Código Nacional de Electricidad Tomo V así como la Tablas 4-XXX IX y 4-XL y características mecánicas y eléctricas que satisfacen las Normas de ITINTEC.

### **Cajas**

Las cajas serán fabricadas por estampados de plancha de fierro galvanizado de 1/32" de espesor (mínimo).

Las orejas para la fijación de los accesorios estarán mecánicamente aseguradas a las mismas o mejor aún serán de una sola pieza con el cuerpo de la caja. No se aceptarán orejas soldadas.

Deberán además cumplir lo indicado en el capítulo 4.6. del Código Nacional de Electricidad Tomo V Parte I.

### **Conductores**

Los conductores tendrán aislamiento termoplástico THW para 600 voltios y serán de cobre blando de 99.9% de conductibilidad fabricados de acuerdo a la Norma ITINTEC N° 370.048 y que cumplan con las últimas recomendaciones del Código Nacional de Electricidad Art. 4.2.2. y Tabla 4-III; 4-IV; 4-V; 4-VI; 4-VIII; 4-VII y 4-IX.

El calibre, tipo de aislamiento y nombre del fabricante estarán marcados en forma permanente a intervalos regulares en toda la longitud del conductor.

### **Interruptores**

Los interruptores serán de palanca del tipo de empotrar y tendrán el mecanismo encerrado por una cubierta fenólica de composición estable, con terminales de tornillo para conexión lateral. La capacidad nominal será de 10 Amp. - 250 voltios.

Similares o iguales al tipo Ticino

### **Tomacorrientes**

Serán dobles del tipo para empotrar moldeados en plástico fenólico de simple contacto metálico para espiga plana y circular (universal) con capacidad de 15 A - 250 V. Con conexión a tierra.

Similares o iguales al tipo Ticino serie Magic N° 5024.

Placas. Se emplearán placas de aluminio anodizado con tornillos, similares al tipo Ticino números 503/1 y 503/2.

## **3.4 Especificaciones técnicas de montaje electromecánico**

### **Preparación para el entubado y colocación de cajas en las instalaciones empotradas**

Las tuberías y cajas que irán empotradas en elementos de concreto armado o albañilería se instalarán después de haber sido armado los paneles en el techo, pared o columnas, los tubos serán asegurados con amarras de alambre; las cajas serán taponeadas con papel y fijadas. Para introducir el papel acuñado dentro de la caja se deberá mojar, las tuberías empotradas en los muros de albañilería se colocarán en canales expresamente hechos para tal fin. Las cajas en que se instalan directamente los accesorios (interruptor, tomacorrientes, etc.) deberán quedar al ras del acabado o tarrajeo de la pared para lo cual se procederá a su colocación cuando se hayan colocado las reglas para el tarrajeo de los muros de albañilería; de tal forma que cuando se tarrajee el muro la caja se halle al ras.

### **Preparación del alambrado y colocación de accesorios**

Las tuberías, cajas y bandejas serán limpiadas y secadas previamente y luego se pintarán interiormente con barniz aislante negro. Una vez realizada esta preparación se procederá sucesivamente al alambrado y colocación de accesorios (interruptores, tomacorrientes, etc.) después de terminados los retoques y pintura del ambiente,

### **Preparación para la colocación de tableros**

La caja metálica se colocará en el espacio previsto al levantar los muros o paneles, a fin de evitar roturas posteriores. Esta caja también quedará al ras del panel o tarrajeo para lo que seguirá el mismo proceso de instalación que se ha tomado para las cajas rectangulares de los interruptores y tomacorrientes.

## Conclusiones

- La energía eléctrica tiene un grave inconveniente con respecto a otros tipos de energía y es que no permite su almacenamiento en cantidades significativas, lo cual implica que hay que generarla y transportarla en el preciso momento de su utilización. El uso racional de la energía eléctrica debe tender por tanto a repartir los consumos en el tiempo, evitando puntas innecesarias y aprovechando las instalaciones en el periodo de menor demanda.
- La realización de una auditoría eléctrica tiene como objetivo obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte, distribución y utilización; garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red eléctrica.
- Para lograr optimizar un sistema eléctrico se requiere conocer como están repartidos los consumos a lo largo del tiempo, cuales son las cargas con factor de potencia más desfavorable y cual es la causa en definitiva del bajo rendimiento de la instalación. Todo ello requiere fundamentalmente de instrumentación adecuada para la medida, registro y tratamiento de datos.
- Normalmente las distorsiones en las redes eléctricas son causadas por algunos equipos con componentes no lineales con uso de electrónica de potencia. Dichas perturbaciones ocasionan una pérdida de rendimiento en la mayoría de las cargas convencionales y ponen en peligro el buen funcionamiento de una serie de equipos electrónicos, informáticos y de comunicaciones.
- Para el desarrollo del presente trabajo, el uso del analizador de redes constituyó una herramienta indispensable para el tratamiento y análisis de la información, que permitió tomar decisiones inmediatas para un mejor rendimiento del sistema eléctrico.

# EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OFICINAS DE PLAN – PIURA

## I. GENERALIDADES

Se tomaron mediciones de tensiones en los puntos de conexión de la red eléctrica (internamente en el edificio). Las mediciones se realizaron en las cajas de distribución correspondientes a cada uno de los dos suministros. En el suministro 05084495, que alimenta a los circuitos del primer piso, se realizó mediciones desde el día viernes 14 de mayo hasta el día martes 18 de mayo, y en el suministro 05084101 que alimenta a los circuitos del segundo piso, se realizó mediciones desde el día miércoles 19 de mayo hasta el día viernes 21 de mayo. Para las mediciones realizadas en el primer piso se tomó como día típico el 19 de mayo y para el segundo piso se tomó como día típico el día 17 de mayo de 2004, ambos días de semana entre el lunes y el viernes. Los días sábado y domingo son no laborables, por lo cual no se toman en cuenta. En base a las mediciones de estos dos días se realizará el presente análisis.

## II. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS

### 1. TENSIONES

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) considera mediciones de tensión rms promedio en intervalos de 15 min. durante 7 días consecutivos. Los límites son el  $\pm 5\%$  del valor de la tensión nominal ( $N$ ). Si un en un intervalo ( $k$ ) se exceden los límites, se considera a ese intervalo como de mala calidad. Si más del 5 % de los intervalos resultaran con mala calidad entonces se considera que hay mala calidad de tensión. El indicador se calcula según:

$$\Delta V_k (\%) = (V_k - V_N) / V_N \cdot 100\%$$

En el este caso, la tensión nominal es de 220 V con lo cual el límite inferior es de 209 V (subtensión) y el superior de 231 V (sobretensión).

Para el primer piso, el perfil de tensiones se muestra en la Fig. 1, se puede apreciar que no hay problemas de subtensión o de sobretensión.

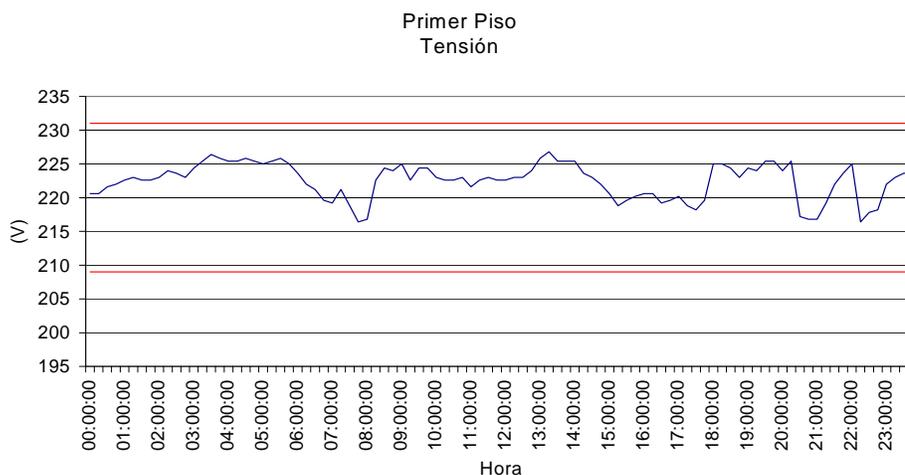


Fig. 1: Tensión en el primer piso

Para el segundo piso, el perfil de tensiones se muestra en la Fig. 2, se puede apreciar que no hay problema de sobretensión, se presenta una pequeña subtensión en el momento que se exige la mayor potencia, alrededor del mediodía.

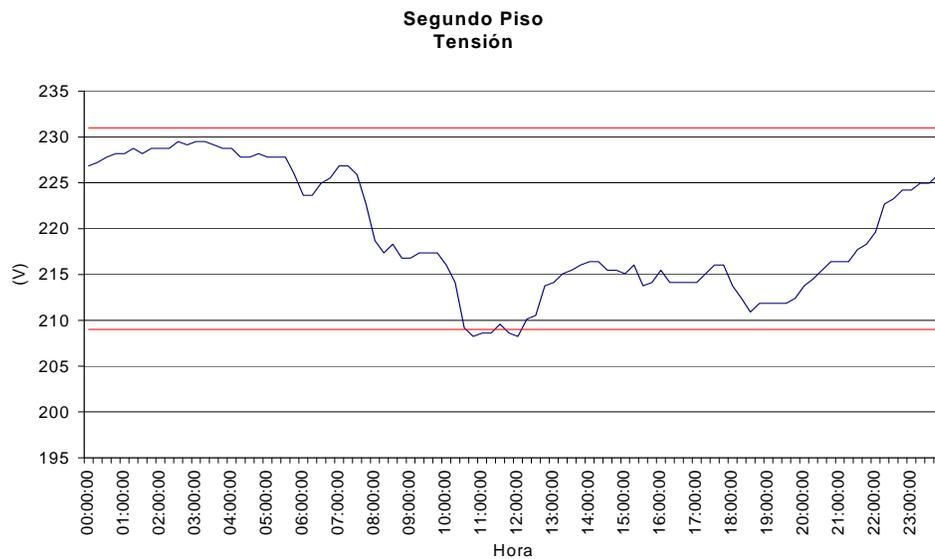


Fig. 2: Tensión en el segundo piso

## 2. CORRIENTES

Para el primer piso, obtenemos el resultado mostrado en la Fig.3, el mayor consumo de corriente se ha realizado alrededor del medio día y en horas de la tarde, con pico de hasta 11 A.

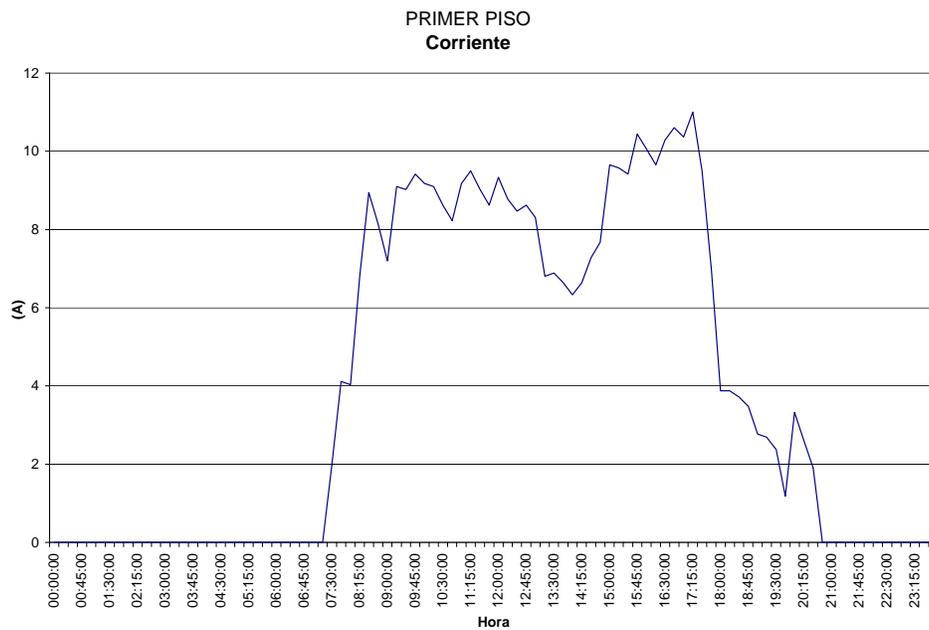


Fig. 3: Corriente en el primer piso

Para el segundo piso, obtenemos el resultado mostrado en la Fig. 4, el mayor consumo de corriente se ha realizado alrededor del medio día con un pico de hasta 21 A.

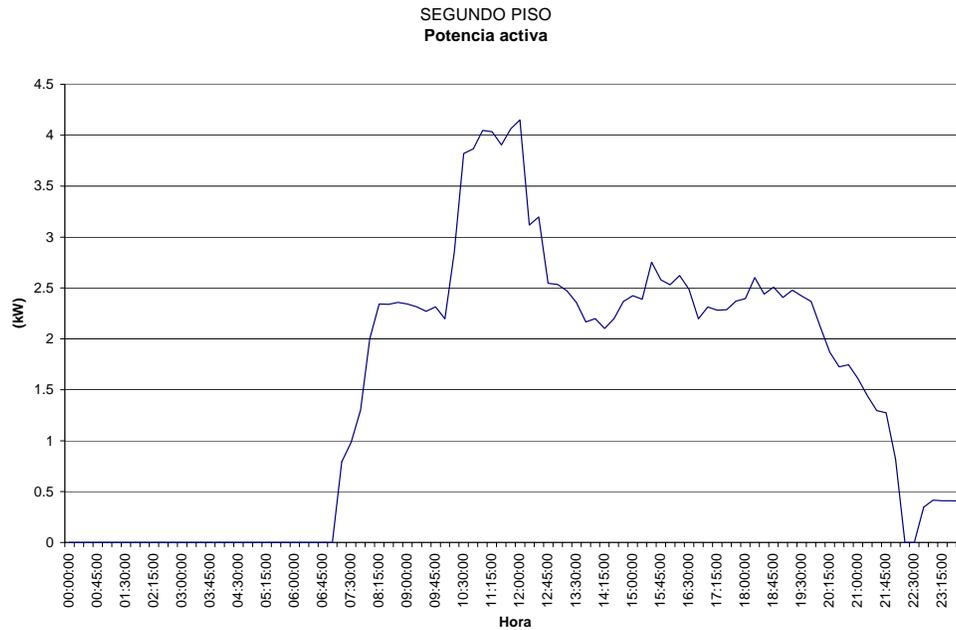


Fig. 4: Corriente en el segundo piso

### 3. POTENCIAS

La variación de la potencia activa para el primer piso se muestra en la Fig. 5, se llega a un pico de 2 kW, consumiendo la mayor cantidad de potencia en horas del mediodía y en la tarde.



Fig. 5: Potencia activa en el primer piso

La potencia reactiva varía según lo mostrado en la Fig. 6, llegando hasta un consumo ligeramente superior a los 1,6 kVAR.

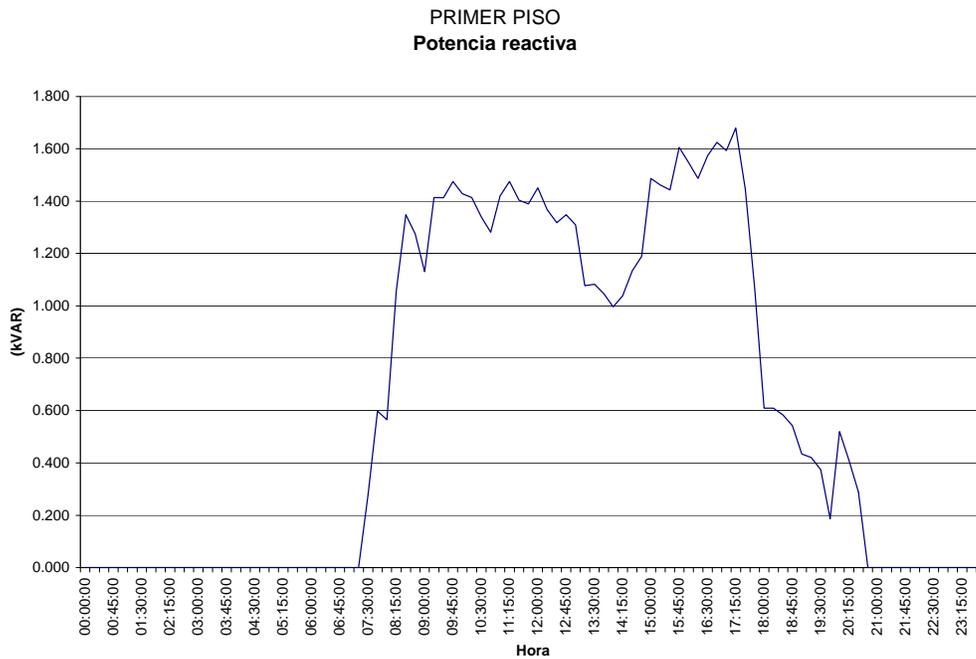


Fig. 6. Potencia reactiva en el primer piso.

El factor de potencia para este caso no sufre mucha variación estando alrededor de 0,82 en retraso como se muestra en la Fig. 7. Principalmente se debe a las cargas de iluminación y cómputo alimentadas.

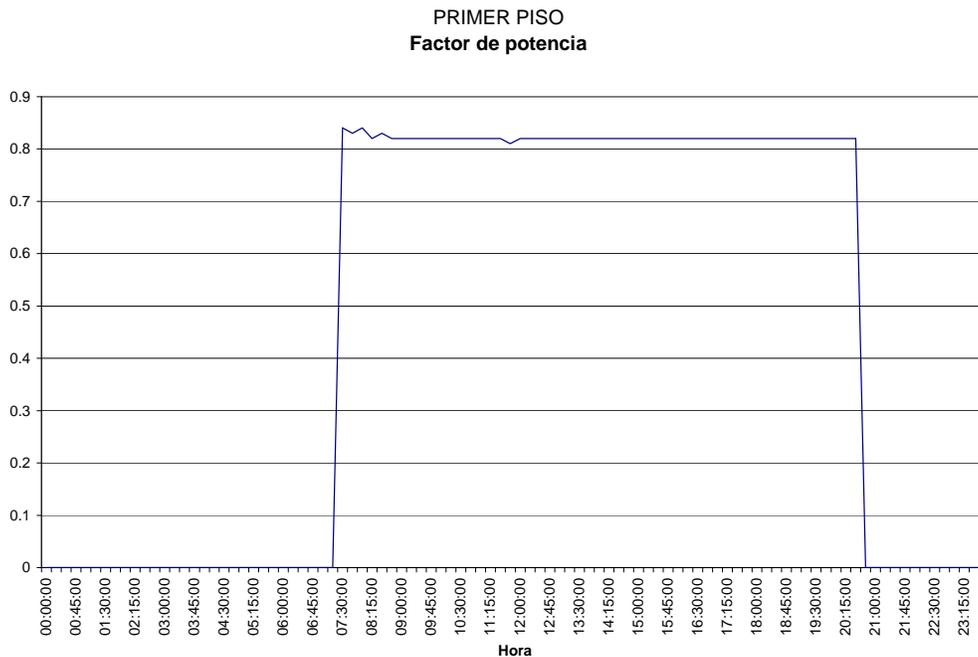


Fig. 7: Factor de potencia en el primer piso.

La variación de la potencia activa para el segundo piso se muestra en la Fig. 8, se llega a un pico de casi 4,2 kW, consumiendo la mayor cantidad de potencia en horas del mediodía.

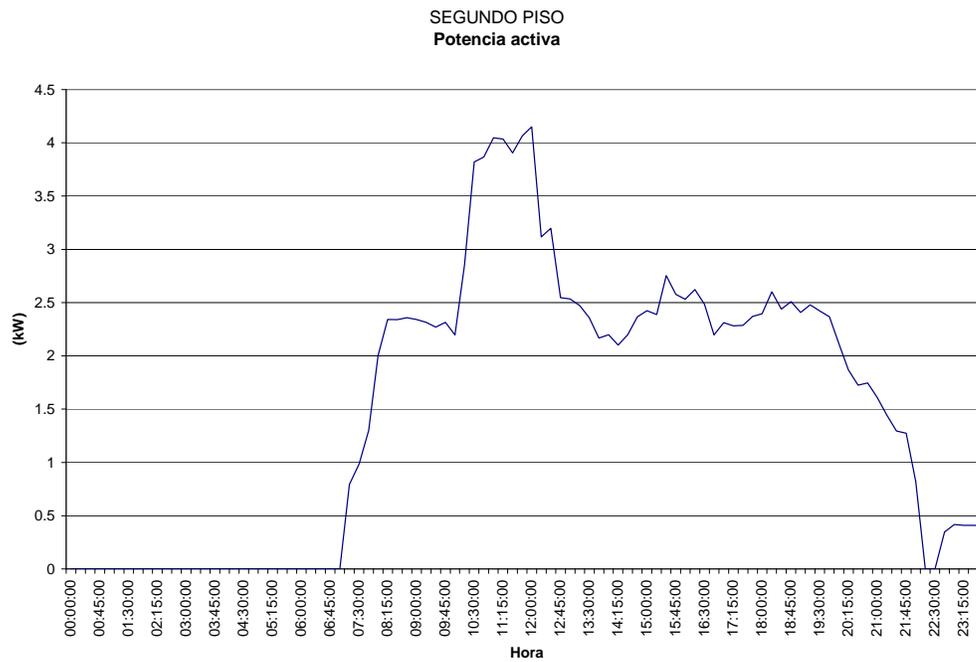


Fig. 8: Potencia activa en el segundo piso.

La potencia reactiva varía según lo mostrado en la Fig. 9, llegando hasta un consumo ligeramente superior a los 1,5 kVAR.

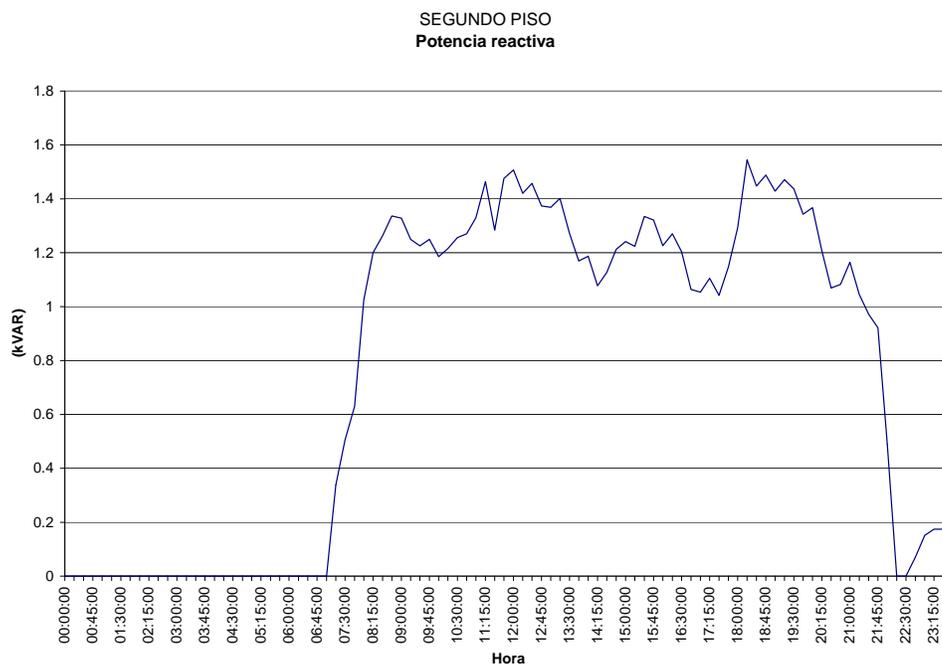


Fig. 9: Potencia reactiva en el segundo piso.

El factor de potencia para este caso es no sufre mucha variación estando alrededor de 0,9 en retraso como se muestra en la Fig. 10, superior al factor de potencia hallado en el primer piso.

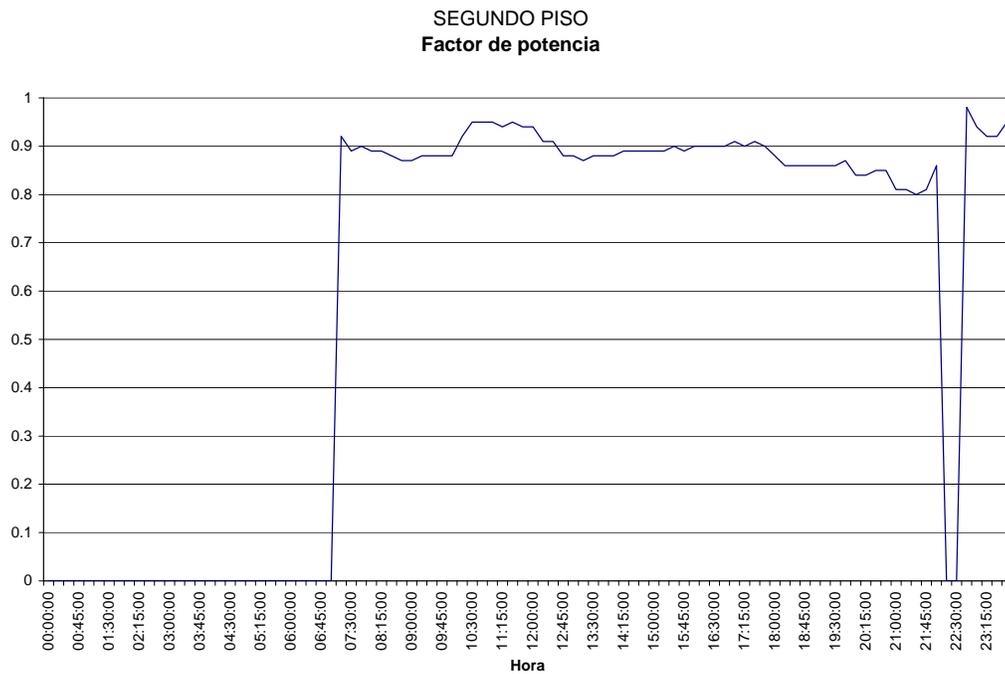


Fig. 10: Factor de potencia en segundo piso.

### Potencias totales de PLAN

La potencia total que obtenemos sumando las dos curvas típicas para el primer y segundo piso se muestra en la Fig. 11, vemos que la potencia no superaría los 6 kW.

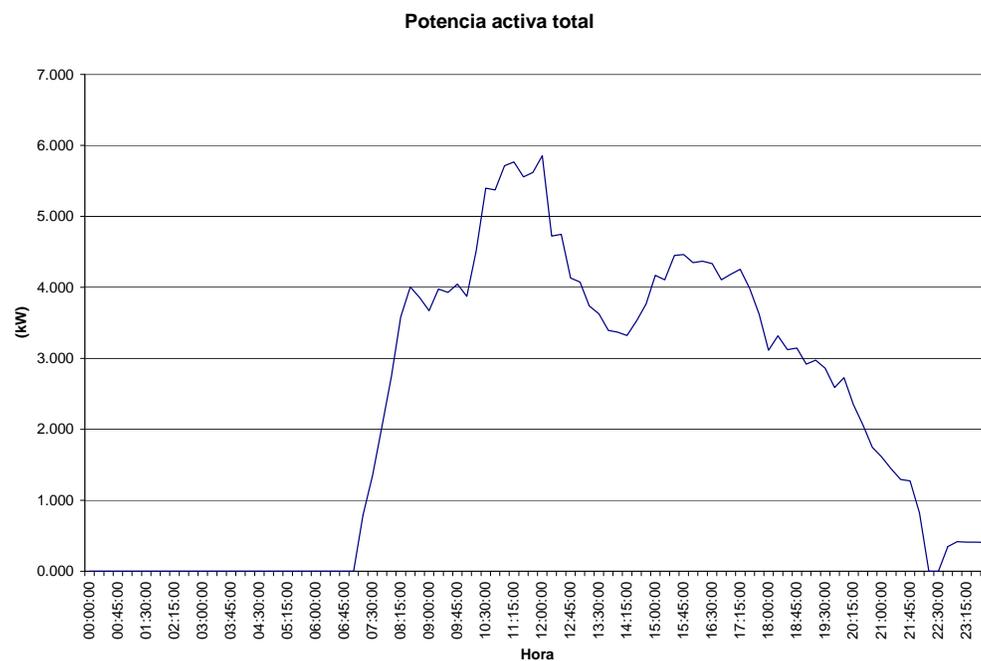


Fig.11: Potencia activa total para PLAN

Del mismo modo, si sumamos las características de potencia reactiva para los dos pisos, hallamos el total de potencia reactiva consumida por PLAN mostrado en la Fig. 12. El consumo es en su punto máximo, algo menor a los 3 kVAR.

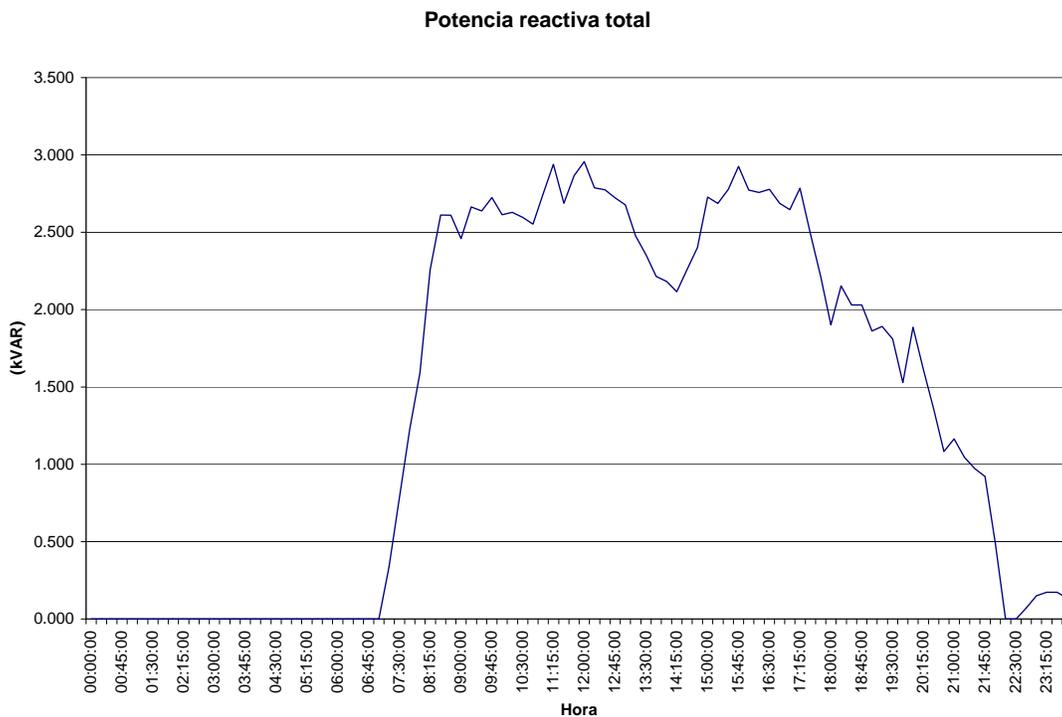


Fig.12: Potencia reactiva total para PLAN

## 4. PERTURBACIONES ARMÓNICAS

### 4.1. THD de tensiones armónicas.

Se evaluaron las tensiones armónicas en el punto de conexión con la red eléctrica y se obtuvo el THD. Los resultados mostrados en la gráfica a continuación muestran que una fase excede la mayor parte del tiempo el límite de la NTCSE de 8%. El indicador de calidad se calcula según:

$$THD = \left( \sqrt{\sum_{i=2...40} (V_i^2 / V_N^2)} \right) \bullet 100\%$$

Donde  $i$  representa la tensión armónica que varía desde el orden 2 hasta el 40, y  $N$  indica el parámetro nominal de la tensión (220 V).

Para el primer piso, el THD se muestra en la Fig. 13. Se puede notar que el THD se mantiene dentro de la tolerancia de 8%.

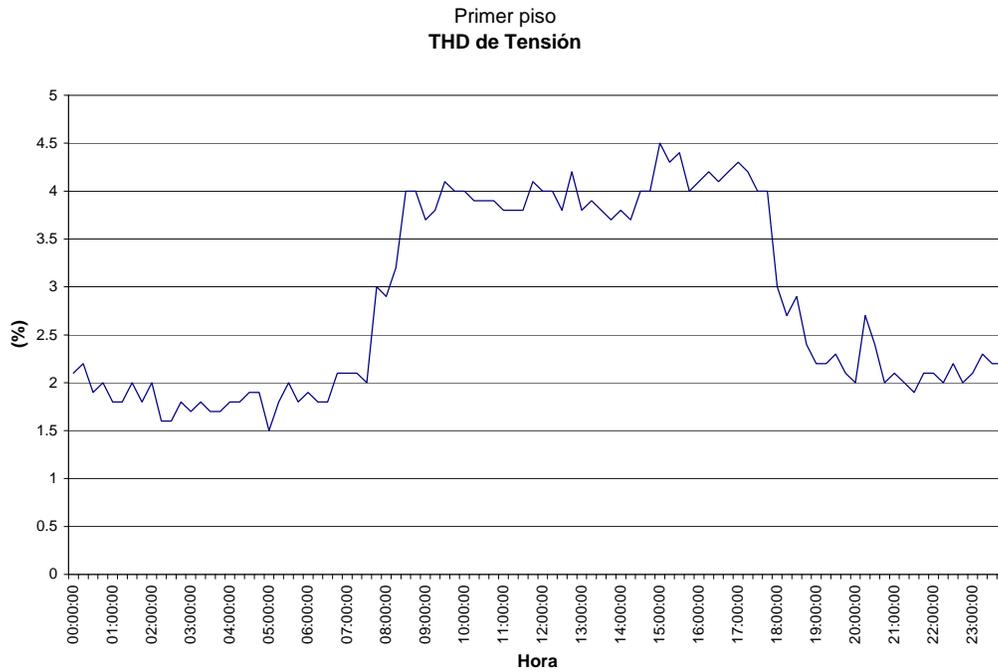


Fig. 13: THD de tensión en el primer piso.

Para el segundo, el THD se muestra en la Fig. 14. Se puede notar que el THD se mantiene dentro de la tolerancia de 8%.

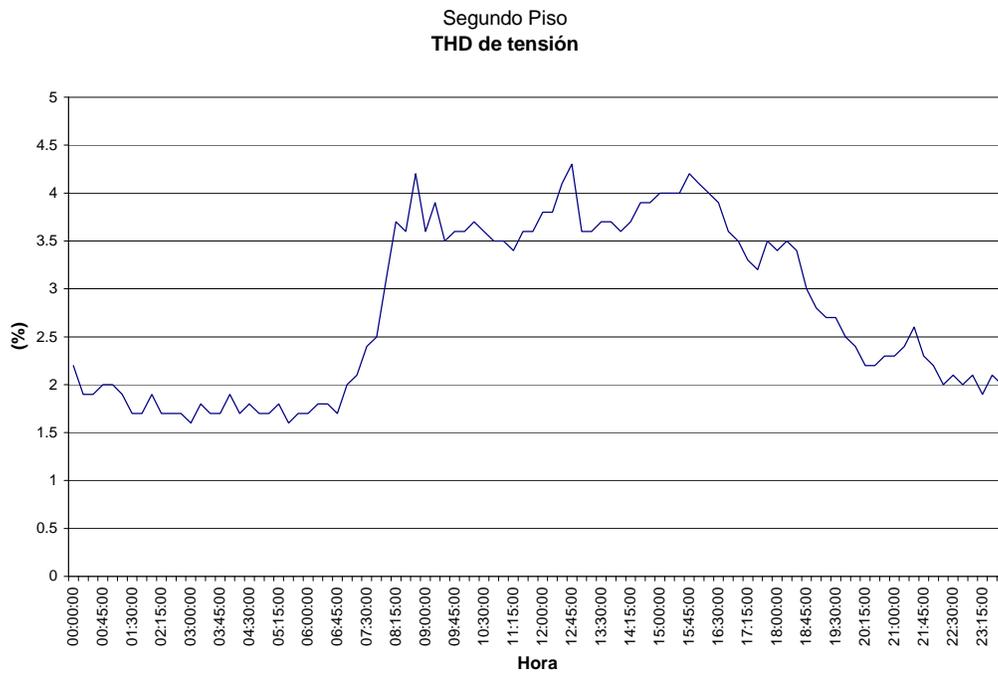


Fig. 14: THD de tensión en el segundo piso.

#### 4.2. THD de corrientes armónicas.

Se evaluaron las corrientes armónicas en el punto de conexión con la red eléctrica y se obtuvo el THD y armónicas individuales. Los resultados mostrados en la gráfica a según duración. El indicador de calidad se calcula según:

$$THD = \left( \sqrt{\sum_{i=2...40} (I_i^2 / I_F^2)} \right) \bullet 100\%$$

Donde  $i$  representa la tensión armónica que varía desde el orden 2 hasta el 40, y  $F$  indica la componente fundamental de la corriente correspondiente a la frecuencia nominal de 60 Hz.

Para el primer piso, se obtuvo los resultados mostrados en la Fig. 15, podemos apreciar un fuerte contenido armónico de hasta 68% de la corriente fundamental.

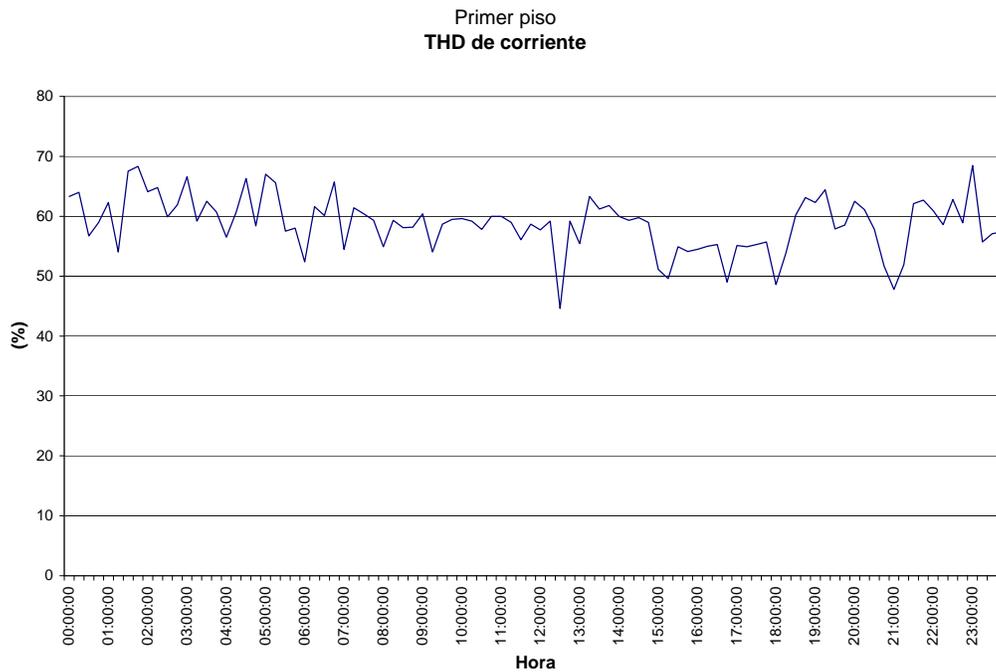


Fig. 15: THD de corriente

La presencia de corrientes armónicas de 3er y 5to orden son las predominantes como perturbaciones de corriente, tal como se muestra en la Fig. 16. Esto se debe sobretodo a la presencia de estabilizadores monofásicos para alimentación de equipos de cómputo, que predominantemente contaminan la red con armónicos de orden 3er, 5to, 7mo, 9no, etc.

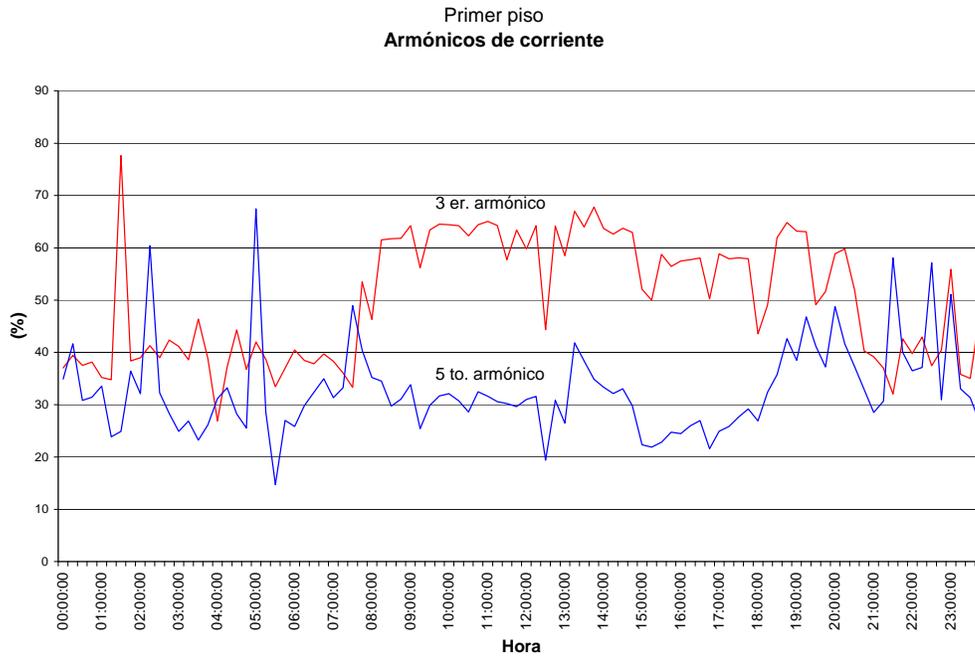


Fig. 16: Armónicos de corriente más significativos para el primer piso

Para el segundo piso, se obtuvo los resultados mostrados en la Fig. 17, podemos apreciar un contenido armónico de hasta 53% de la corriente fundamental.

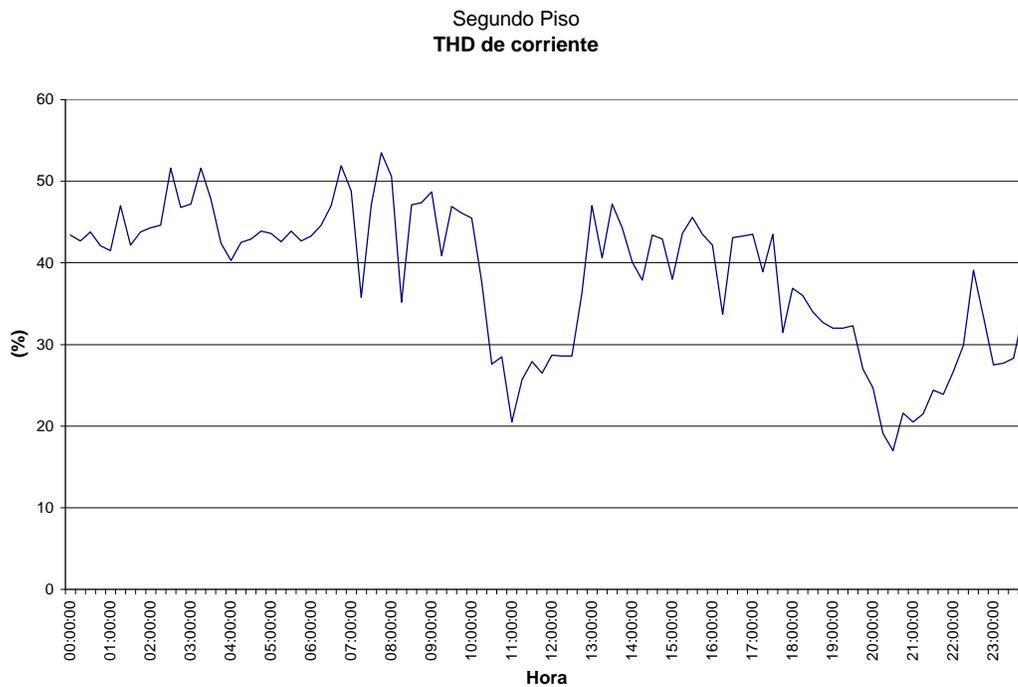


Fig. 17: THD de corriente para el segundo piso.

Nuevamente, la perturbación es debida fundamentalmente a armónicos de corriente de orden 3er y 5to cuyos valores porcentuales respecto de la corriente fundamental se muestra en la Fig. 18. Esto se debe sobretodo a la presencia de estabilizadores monofásicos para alimentación de equipos de cómputo, que predominantemente contaminan la red con armónicos de orden 3er, 5to, 7mo, 9no, etc.

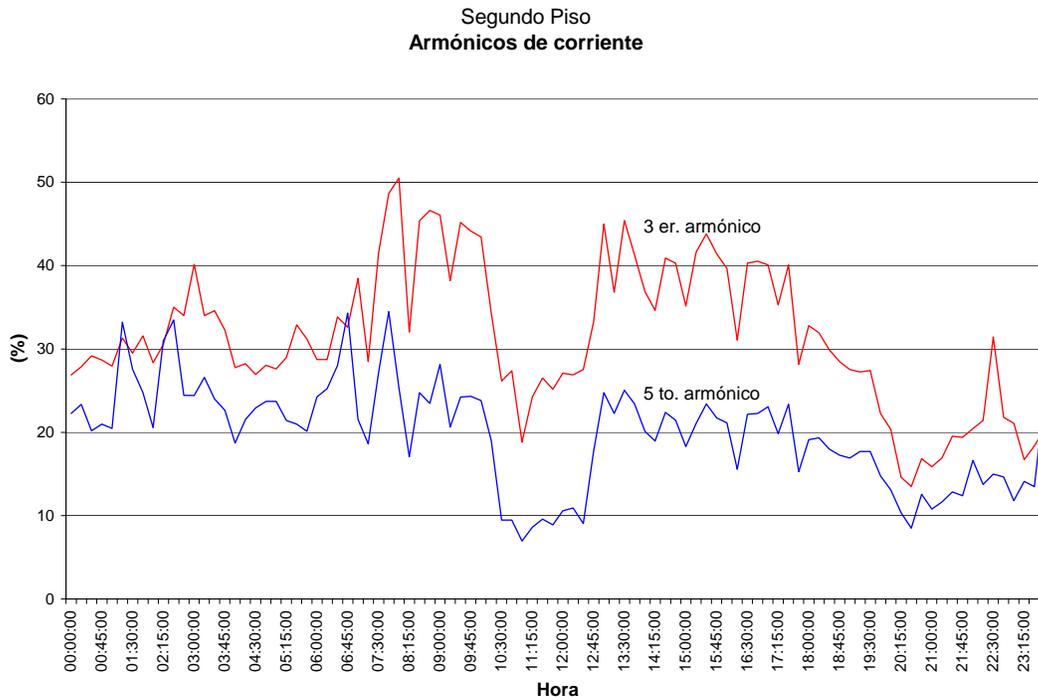


Fig. 18: Armónicos de corriente más significativos para el segundo piso.

Si bien la NTCSE no contempla límites para las armónicas de corriente, es una práctica normalizada el evitar la presencia de altos niveles de distorsión armónica de corriente pues esto implica el sobrecalentamiento de conductores y propagación de tensiones armónicas al recorrer las impedancias de los circuitos de alimentación.

### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 1. TENSIONES

No se presentan problemas de sobretensión en ninguna de las dos mediciones. Se presentan problemas de subtensión sólo en algunos momentos del día, cuando la potencia consumida es máxima. Uno de los puntos a favor es que el mayor consumo de potencia se realiza fuera de las horas punta (6pm. – 11pm) con lo cual los equipos no sufren efectos perjudiciales por la mala calidad de tensión que se agrava en esas horas.

Se recomienda el uso de estabilizadores de tensión en los equipos de cómputo y comunicaciones para que éstos no se vean afectados por las variaciones de tensión de la red pública.

## **2. CORRIENTES**

El consumo de corrientes en el primer piso alcanza su pico máximo en 11 A y en el segundo piso en 21 A. Estos valores indican que por los conductores de corriente no sufrirían los efectos de un exceso de corriente.

## **3. POTENCIAS**

El consumo de potencia activa no excede los 2 kW en el primer piso y los 4,2 kW en el segundo piso. Sumadas los consumos característicos de potencia de ambos pisos, se obtiene una máxima demanda de 6 kW. La mayor cantidad de potencia es consumida en horas cercanas al mediodía. El mayor consumo de potencia se da fuera de hora punta (6pm – 11pm), debido al régimen laboral. Cuando empieza la hora punta (6pm), la potencia total consumida se reduce a la mitad de la máxima potencia (aproximadamente 3 kW) y es descendente.

El factor de potencia es entre 0,8 y 0,9 en retraso, principalmente debido a la presencia de grandes cantidades de equipos de cómputo y al alumbrado con lámparas fluorescentes. Sin embargo no es excesivo el consumo de potencia reactiva.

En las instalaciones de PLAN existe alumbrado de tipo fluorescente principalmente y de algunas lámparas incandescentes. Se recomienda el empleo de lámparas fluorescente en la totalidad de ambientes, reemplazando las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (focos ahorradores) y el cambio progresivo de tubos fluorescentes lineales y circulares de 12 mm de diámetro (principalmente los de 40 W) por tubos fluorescentes lineales trifosforados de 8 mm de diámetro de 36 W de potencia. Estos últimos permiten obtener mayores niveles de iluminación de menor potencia, lo cual es beneficioso para la salud y confort de los trabajadores; además su consumo de energía reactiva es menor, con lo cual mejorará el factor de potencia total de la instalación.

## **4. PERTURBACIONES ARMÓNICAS**

En cuanto a perturbaciones de tensión, no se excede la tolerancia de 8% recomendado por la NTCSE para el indicador THD.

En cuanto a perturbaciones de corriente, se llega a niveles de más de 60% de distorsión total, afectando de maneras inmediata a los conductores pues lleva a sobrecalentamientos y pérdida de vida útil. Asimismo, esta distorsión de corriente al propagarse en la red interna produce distorsión armónica de tensión. Esto se debe principalmente a la presencia de estabilizadores monofásicos para la regulación de tensión a equipos de cómputo.

Desde el punto de vista de perturbaciones armónicas de corriente, se recomienda el empleo de estabilizadores trifásicos, pues para la misma potencia, la corriente que estos estabilizadores proporcionan es menor que el proporcionado por un estabilizador monofásico. Además al aumentar el número de pulsos del estabilizador (6 pulsos en vez de 4 pulsos de un estabilizador monofásico), se aumenta el orden de las corrientes armónicas a la vez que sus magnitudes disminuyen. Se recomienda que estos estabilizadores tengan un adecuado sistema de filtrado de armónicas para disminuir aún más las perturbaciones de corriente.