

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**



**ESTUDIO DE ARMONICOS EN EL CENTRO DE CÓMPUTO DE UNA  
ENTIDAD BANCARIA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

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

**PRESENTADO POR:  
LUIS ANGEL SUÁREZ ANTAURCO**

**PROMOCIÓN  
2004-I**

**LIMA-PERÚ  
2009**

**ESTUDIO DE ARMÓNICOS EN EL CENTRO DE CÓMPUTO DE UNA  
ENTIDAD BANCARIA**

El mejor obsequio que le puedo brindar  
a mi Julius y demás hijos es el ejemplo;  
Este título es la senda que deseo lo sigan.  
Gracias a Dios, a mis padres y a ustedes lo logré.

## **SUMARIO**

El presente informe evalúa los niveles de distorsiones armónicas en una instalación bancaria. La deformación en la forma de onda sinusoidal tanto de la tensión como de la corriente puede sobrepasar ciertos límites en las redes que tienen fuentes de perturbaciones armónicas tales como: convertidores estáticos de potencia, robots para almacenamiento de datos, servidores, computadoras y sus accesorios como estabilizadores de tensión y supresor de picos, ciertos tipos de alumbrado, etc.

El incremento acelerado del uso de cargas no lineales en los sistemas eléctricos, debido principalmente al auge de la electrónica de potencia en estos últimos años, ha provocado una situación problemática, a veces grave, donde las corrientes armónicas generadas por los propios equipos electrónicos distorsionan la onda de corriente sinusoidal original y perturban la operación de estos mismos equipos provocando además, calentamientos excesivos y pérdidas de energía en conductores eléctricos, tableros de distribución y demás equipos de un sistema eléctrico. Por estas razones ha sido de interés, hacer mediciones y luego analizar los niveles de distorsión armónica en las instalaciones del sistema de UPS que protege el Data Center de una ENTIDAD BANCARIA DEL PERU, el cual tiene un sistema eléctrico protegido por un sistema de UPS's, en el cual se han tomado las mediciones de la Distorsión Armónica Total (THD) y consecuentemente se propone alternativas para mitigar y/o disminuir esta distorsión armónica presente.

## ÍNDICE

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción.	2
1.2. Características de una instalación con sistema de protección por UPS.	5
1.3. Organización del trabajo.	7
1.4. Alcances del informe.	7
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CONCEPTOS TEORICOS</b>	<b>9</b>
2.1. Energía activa y reactiva.	9
2.2. Factor de potencia en cargas no lineales.	9
2.3. Definición de potencia para cargas no lineales.	10
2.4. Distorsión Armónica.	12
2.5. Fuentes emisoras de corrientes armónicas en oficinas y edificios comerciales.	12
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>ANALISIS Y MITIGACION DE ARMONICOS</b>	<b>16</b>
3.1. Distribución de las corrientes armónicas en las redes.	16
3.1.1. Análisis en sistemas industriales.	16
3.1.2. Armónicas de tensión y corrientes de neutro.	16
3.1.3. Componentes simétricas en las componentes armónicas.	17
3.2. Efectos provocados por las corrientes armónicas.	18
3.3. Medidas correctivas.	21
3.3.1. Filtros de choque.	22
3.3.2. Filtros de absorción.	22
3.3.3. Protección de instalaciones de variadores de frecuencia por medio de reactores de choque.	23
3.3.4. Compensadores estáticos	23
3.3.5. Bloqueo de corrientes armónicas de secuencia cero instalando los transformadores	

estrella delta	25
3.3.6. Bloqueo de corrientes armónicas con transformadores de aislamiento	25
3.3.7. Bloqueo con transformadores zig-zag	26
3.3.8. Sobredimensionado de la ampacidad del hilo de neutro	27
3.3.9. Bloqueo de 5ª. y 7ª. Armónicas	27
3.3.10. Degradado de la potencia nominal de un transformador estándar	28
3.3.11. Degradado de la ampacidad nominal de los cables conductores	29
3.3.12. Uso de transformadores tipo K	29
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>MEDICION Y ANALISIS DE CORRIENTES ARMONICAS</b>	<b>31</b>
4.1. Corriente indicada por diferentes instrumentos, según la forma de onda medida	31
4.2. Parametros de medida	32
4.3. Analizadores de armónicas	32
4.4. Normalización	32
4.4.1. Normas internacionales	33
4.4.2. Norma IEEE-519 USA	33
4.4.3. Normalización en el Perú	33
4.5. Descripción del sistema eléctrico del Data Center de Entidad Bancaria del Perú	34
4.5.1. Data Center OPL	34
4.5.2. Equipo utilizado y Puntos de toma de mediciones de armónicos.	35
4.6. Resultados obtenidos en Data Center del Banco de Crédito del Perú	35
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>86</b>

## **PROLOGO**

Durante los últimos 20 años ha crecido la preocupación debido al hecho de que la forma de onda de corrientes y voltajes en alimentadores y buses se ha corrompido por la aparición de corrientes armónicas en los sistemas eléctricos de potencia, debido principalmente a la introducción masiva de la electrónica de potencia en las redes industriales, así como a la operación, cada vez más extendida, grandes instalaciones de computadoras y equipo electrónico de control.

Ante esta situación es indispensable aplicar medidas que conlleven a mantener los sistemas eléctricos con una calidad de energía adecuada y aprovechar las ventajas de la tecnología de los equipos electrónicos que ayudan a incrementar la productividad, confort y ahorro de energía.

Para limitar las tensiones armónicas de la red a valores aceptables (existen especificaciones y normas al respecto) se emplean filtros activos y pasivos así como tecnologías electrónicas modernas con SCR e IGBT, de igual forma son implementados en equipos como los UPS's para proteger equipos más sensibles como los servidores, CPU's, tarjetas de control y telecomunicaciones, entre otros. Será necesario considerar la presencia de corrientes armónicas en el cálculo de la sección y la protección del neutro pues transporta la suma de las corrientes armónicas de las 3 fases.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### 1.1. Introducción.

Las corrientes armónicas generadas por cargas no lineales, están desfasadas 90° con respecto al voltaje que los produce, fluyendo una potencia distorsionante de la fuente a la red eléctrica y viceversa, que solo es consumida como pérdidas por efecto Joule que se transforman en calor, de forma equivalente a la potencia reactiva fundamental relacionada al factor de potencia de desplazamiento.

Algunos de los efectos nocivos producidos por el flujo de corrientes armónicas son:

- Aumento en las pérdidas por efecto Joule ( $I^2R$ ).
- Sobrecalentamiento en conductores del neutro.
- Sobrecalentamiento en motores, generadores, transformadores y cables, reduciendo su vida útil.
- Vibración en motores y generadores.
- Falla de bancos de capacitores.
- Falla de transformadores.
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallas destructivas de equipos de potencia y control.
- Problemas de funcionamiento en equipos electrónicos sensibles.
- Interferencias en sistemas de telecomunicaciones.

Los efectos dependerán de la proporción que exista entre la carga no lineal y la carga total del sistema, aunado a que se debe mantener la distorsión dentro de los límites establecidos por las normas.

Generalmente cuando la carga no lineal representa menos del 20% de la carga total, la distorsión armónica en corriente estará dentro de los límites establecidos en IEEE 519, sin que exista la necesidad de efectuar algún tipo de filtrado. Si se cuenta con equipo electrónico sensible en plantas industriales o instalaciones en data center, o edificios,



donde las cargas no lineales sean solo una pequeña proporción, pueden llegar a ocurrir problemas en su funcionamiento atribuibles al sistema de puesta a tierra, conmutación de capacitores remotos, transitorios, o distorsión armónica producida por otros usuarios, debiendo de identificar las causas y tomar las acciones correctivas, que pudiera requerir la instalación de protecciones o filtros.

Los problemas causados por la distorsión armónica, ocurren usualmente cuando la carga no lineal representa mas del 20% de la total y por la presencia de bancos de capacitores se presentan condiciones de resonancia.

Los fabricantes establecen los límites de funcionamiento de sus equipos por debajo de sus valores de falla para tener una operación adecuada y una vida prolongada, sin embargo, cuando existen condiciones de resonancia, dichos límites pueden ser excedidos, acelerando su envejecimiento o provocando su falla.

La magnitud de los costos originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas, puede percibirse considerando lo siguiente:

La sobre elevación de 10 °C en la temperatura del aislamiento en conductores, reduce su vida a la mitad.

Un incremento del 10% en la tensión nominal del dieléctrico de un capacitor, reduce su vida a la mitad.

Estudios realizados sobre los efectos de la distorsión armónica, muestran reducciones de 20% a 30% en la vida de capacitores y de 10% a 20% en la vida de transformadores.

En un sistema con cargas no lineales, las corrientes armónicas fluyen hacia la red a través del transformador de distribución.

Al no existir capacitores en la red, el espectro de corriente se distribuye en los diferentes componentes de la misma, sin variar su composición relativa, aunque su magnitud dependerá de sus admitancias respectivas, sin que se magnifiquen las corrientes armónicas.

Los mayores problemas en las redes eléctricas relacionados con la distorsión armónica, se presentan al instalar capacitores para compensar el factor de potencia de desplazamiento en presencia de cargas no lineales significativas.

¿Qué debemos hacer para reducir la distorsión armónica?

En las instalaciones en edificaciones se busca operar a factores de potencia superiores a 0.90 para evitar la penalización por este concepto e incluso es conveniente alcanzar valores cercanos a la unidad, que típicamente se ubican en un factor de potencia de 0.97, para lo cual se instalan capacitores que pueden provocar resonancias paralelas en el rango de la 3ª

y 16ª armónica.

En una red en la que la proporción de cargas no lineales con relación a la carga total es superior a 10%, no se deben instalar capacitores ya que la distorsión armónica se incrementará provocando problemas en los equipos. Incluso ha sucedido que usuarios que solo tienen cargas lineales, experimentan fallas en sus capacitores y distorsión en voltaje debido a la importación de las armónicas de otros usuarios que se alimentan de la misma red de alta tensión.

En los sistemas eléctricos donde el contenido armónico de las señales está afectando su desempeño, se instalan filtros, con el propósito de reducir la distorsión, aproximando dichas señales a la forma de onda senoidal.

Los filtros son equipos cuyo propósito es interactuar con una frecuencia específica o rango de frecuencias de una señal dada, teniendo el mayor impacto cuando se instalan lo más cercano posible a las cargas no lineales. Se tiene dos tipos de filtros, a saber:

#### **a) Filtros sintonizados**

Son filtros pasivos que se conectan en paralelo al sistema de distribución general o a cargas individuales significativas, para reducir el contenido armónico generado por los dispositivos no lineales, además de proporcionar potencia reactiva fundamental para compensar el factor de potencia de desplazamiento, debiendo de coordinar su operación con la demanda de la carga.

Cuando los filtros se instalan en el bus principal de distribución, su potencia total esta conformada por grupos o pasos que son accionados por contactores y que a su vez son comandados por un regulador que determina los requerimientos específicos de potencia reactiva del sistema ante una condición dada, permitiendo compensarla en una amplia gama de demandas.

En aquellos sistemas en los que se cuenta con diversas cargas no lineales de potencia significativa y de funcionamiento prolongado, se puede instalar un filtro para cada una de estas cargas, coordinando su operación y reduciendo tanto la corriente fundamental como la distorsionante desde el punto de conexión.

#### **b) Filtros desintonizados**

En esencia los filtros desintonizados tienen el mismo arreglo y conexión a la red que los sintonizados pero se sintonizan a una frecuencia que no se espera que exista en el sistema y muy por debajo de la armónica característica de menor orden, típicamente entre la 3ª y 4ª armónica. Su aplicación principal es cuando se requiere compensar el factor de potencia de

desplazamiento en un sistema donde la proporción de la carga no lineal con relación a la total es inferior al 40% y se desea proteger a los capacitores contra sobrecargas armónicas.

Al establecer la frecuencia de sintonía en un valor bajo, presentará una impedancia reducida a mayores frecuencias absorbiendo una proporción de armónicas.

Los filtros desintonizados tienen la ventaja con respecto a los sintonizados de ser mas económicos, ya que sus componentes están expuestos a corrientes armónicas menores y pueden funcionar adecuadamente ante ciertas ampliaciones de carga no lineal, sin embargo su aplicación no será conveniente cuando la carga distorsionante exceda el 40% de la total y se requiera cumplir con los límites establecidos en la norma IEEE 519.

## **1.2. Características de la instalación de un sistema de protección por UPS's.**

Un sistema de protección eléctrica mediante UPS's por lo general debe tener una alimentación eléctrica exclusiva (a través de un Tablero General de UPS, TG-UPS) desde la subestación general del sistema eléctrico del área de equipos a proteger; o en el peor de los casos tener un alimentador principal (Interruptor General de UPS, IG-UPS) desde el tablero general (conectado directamente a sus barras) de dicho sistema eléctrico. Dicha instalación tiene como principales características:

1. Tiene un Transformador de aislamiento a la llegada (entrada) de la alimentación eléctrica del UPS o del conjunto de UPS's a instalar, el cual tiene como función principal reducir los armónicos más importantes y normalizar las tensiones entre fases que energizará a los UPS's.
2. Instalación de UPS's de acuerdo a las necesidades del equipamiento a proteger, pueden ser:
  - En cascada, es decir, un UPS a continuación del otro que ingresará en caso que el UPS principal falle.
  - En paralelo aislado, el cual se instalarán los UPS's en paralelo desde el mismo punto de alimentación y siempre contará con un tablero de transferencia externo, previa a la alimentación de las cargas a proteger, para realizar el cambio de UPS en caso un UPS falle o tenga que salir por mantenimiento.
  - En paralelo redundante, en el cual 2 o más UPS's se conectan en paralelo y siempre estarán alimentando a las cargas a proteger y en caso que uno de ellos falle el o los demás UPS's tienen la capacidad de asumir la carga total en forma automática y sin interrumpir la energía eléctrica.
- 3.- Tienen de igual forma un By Pass externo al UPS o los UPS's instalados para activarlo

en caso se tenga que realizar sus respectivos mantenimientos o en caso fallen los UPS's.

4. Se instalan de igual forma en las barras de entrada a los UPS's un TVSS (Supresor de picos de tensión) para proteger de esos picos de tensión a los UPS's.
5. Se instalan Grupos electrógenos con sus respectivos tableros de transferencia a la entrada de la alimentación de los UPS's para que ingresen en caso de un corte de energía eléctrica por parte del distribuidor y de esa forma asegurar la continuidad de operación del sistema eléctrico a proteger.
6. Generalmente cuentan con un transformador de aislamiento a la salida de los UPS's para realizar un último filtrado de armónicos antes de dar energía a las cargas a proteger y filtrar los armónicos generados por dichas cargas.

La instalación de UPS's se realiza de acuerdo a las necesidades del equipamiento a proteger. Dicha alimentación ininterrumpida de energía (Uninterruptible Power Supply), que comúnmente se conoce como UPS en sus últimas versiones, es aquel que consta de una **etapa rectificadora** que convierte la tensión alterna en continua filtrando disturbios eléctricos de la red, luego pasa a una **etapa inversora** la cual convierte la señal continua a una tensión alterna de mayor calidad que la recibida, tiene un **banco de baterías** conectados entre ambas etapas, es decir, a la salida del rectificador y entrada del inversor para entregar tensión continua, en forma inmediata por algunos minutos para dar tiempo al ingreso de otro tipo de fuente de energía (generalmente un grupo electrógeno), en caso se interrumpa la energía eléctrica del suministro; también consta de una línea de derivación de corriente, conectado en la entrada de la etapa rectificadora denominado **By Pass**, el cual entra en acción cuando se requiere realizar algún mantenimiento al UPS o en caso éste presente problemas en alguna de sus etapas. Además los UPS's están implementados, en algunos casos, con Transformadores de aislamiento a la entrada y salida para el filtrado de los armónicos tanto de la red como los producidos por la propia carga a proteger.

De acuerdo a lo descrito el UPS sirve para proteger nuestros equipos, en este caso a los servidores, CPU's, robot's, switches's y router's del Data Center de la entidad bancaria en estudio, ante cualquier disturbio eléctrico e inclusive ante la pérdida abrupta de energía eléctrica; con ello se asegura la continuidad del servicio del Data Center, considerado el corazón del banco.

Un UPS nos protege, de todos los problemas eléctricos conocidos, pero no lo hace en el 100% en todos los casos. Con mayor precisión, esto quiere decir que nos protegerá de una caída de voltaje, pero no de todas las caídas. Para que quede más claro, una caída de

voltaje tiene parámetros que la identifican, podríamos citar dos uno la profundidad de la misma y otra el tiempo de duración de esta. Una caída de voltaje puede llegar por ejemplo hasta 172 Voltios, pero puede durar 4 segundos o 4 milésimas de segundos, de acuerdo al tipo de UPS que estemos usando, tendremos distintas respuestas. Lo mismo ocurre con los otros fenómenos eléctricos. El caso más visto es el de pensar que un UPS, instalado en una zona rural, soluciona todos los problemas que se presentan, esta es otra mentira, de la cual hay que cuidarse de no cometer, existen estrategias de protección para estos casos y nos es tan sencillo de solucionar, como sería el caso de la instalación de una UPS. Pero no todo es tan poco objetivo, se puede afirmar que una UPS soluciona un porcentaje muy importante de los problemas eléctricos que se presentan, fundamentalmente los cortes repentinos, los voltajes fuera de rango, las caídas de voltaje, en gran medida las sobre-tensiones, casi totalmente los ruidos EMI/RFI.

Uno puede preguntarse porque protegerse con un equipo que no brinda el 100% de seguridad, bueno a continuación se detallan algunos argumentos:

- Un buen UPS soluciona el problema crónico de todas las instalaciones eléctricas, disminuye a mínimos niveles los disturbios eléctricos: armónicos, las caídas y subidas de voltaje y corrientes, flicker's, pérdidas de energías y el otro tan común en nuestro país, los niveles de voltajes fuera de lo especificado por norma. Obviamente lo hace sin necesidad de usar sus baterías internas.
- Otro fuerte argumento es la pérdida de datos, o rotura de hardwares producidos por un corte de energía o una gran caída de voltaje.
- El otro argumento importante, es la necesidad de continuar o terminar, con el trabajo iniciado después de haberse producido el apagón, y quizás dicho trabajo deba continuarse por horas, dependerá de la situación.

### **1.3. Organización del trabajo**

El presente informe fue realizado con el objetivo de mejorar la instalación y prever el mantenimiento en los centros de computo (data center) de las Entidades Bancarias del Perú, esta última se ha convertido en un actividad de importancia relevante en las actuales industrias y las empresas. De acuerdo a ello, el estudio de los armónicos en su centro de computo, con la implementación de equipos con tecnologías modernas como el UPS, constituye un parámetro importante para evaluar la instalación eléctrica y poder obtener índices de referencia para el control de armónicos; de modo que nos permitirá planificar los mantenimientos con la consigna de mejorar la calidad de los mismos para garantizar la

continuidad ininterrumpida del correcto funcionamiento de los equipos, y finalmente disminuir los riesgos de parada de las instalaciones del centro de computo o de falla de alguno de ellos lo que perjudica directamente al funcionamiento e ingresos de la Empresa y por ende a sus utilidades.

#### **1.4. Alcances del informe**

Se ha tomado como base para el presente estudio los registros de las mediciones de parámetros eléctricos y THD de tensiones que se estuvieron registrando en el analizador de propiedad de la entidad bancaria en estudio, los cuales se estuvieron almacenando en el disco duro del área de Calidad de Energía.

A los registros almacenados solo tenían acceso los encargados del área y solamente existe una llave física para acceder a dicha información y visualizarlo solo con el software del analizador que luego describiremos; Pero tenía la opción de grabar la data en forma desordenada a Excel, que finalmente sirvió para realizar el estudio de dicha información que solo se encuentra almacenada y no tiene ningún tipo de tratamiento.

Adicionalmente se esta considerando la tecnología del UPS y los respectivos cambios realizados en su entorno, así como su funcionamiento e importancia en lo que respecta a la protección de los equipos de cómputo.

Hubiera sido muy importante hacer mayores análisis de los centros de computo del Banco de Crédito del Perú, pero por razones de seguridad no se ha podido hacer mayores detalles ni hacer simulaciones de riesgos como perdida de energía debido a fallas de los UPS's, quedando pendiente algunas pruebas aplicados en este centro de computo orientados a evaluar su confiabilidad ante contingencias probables como corte de energía por mucho tiempo, riesgos de sabotaje, incendios, etc.

## **CAPITULO II**

### **CONCEPTOS TEORICOS**

#### **2.1. Energía activa y reactiva.**

Las instalaciones eléctricas de corriente alterna requieren en general para su funcionamiento de dos formas de energía:

**Energía Activa:** (medida en KWh) la cual es convertida en energía mecánica, calor, etc.

**Energía Reactiva:** (medida en kVArh) la cual se puede presentar en dos formas:

- 1.- La requerida por los circuitos inductivos, como son los motores, transformadores, lámparas de descarga, etc.
- 2.- La requerida por los circuitos capacitivos, como son la capacidad de los cables, condensadores, etc.

En las instalaciones eléctricas de corriente alterna, las cargas son esencialmente inductivas, así como las reactancias de los sistemas de distribución y transmisión.

Estas cargas inductivas cíclicamente absorben energía del sistema (durante la creación de los campos magnético que necesitan para su funcionamiento) y entregan dicha energía al sistema (durante la destrucción de los campos magnéticos), dos veces en cada ciclo.

Este trasiego de energía entre las cargas y el sistema, provoca el incremento de la corriente que debe entregar el Sistema de Potencia, causando mayores pérdidas en los conductores y mayores caídas de voltaje. Por esta razón las compañías eléctricas penalizan el consumo de energía eléctrica aplicando recargos en la tarifa.

En las últimas décadas, ha sido muy importante la incorporación de cargas no lineales, tales como hornos de arco, rectificadores y muy especialmente controles electrónicos que emplean control de fase para gobernar cargas varias. Generalmente los fabricantes y usuarios de estos dispositivos se concentran en la exactitud del mando, su alta confiabilidad, el empleo de componentes cada vez más complejos que hacen más simples las funciones de control. Sin embargo se presta poca atención a los efectos que estos dispositivos tienen sobre la red de alimentación o más aún sobre las perturbaciones en otras cargas vecinas.

## 2.2. Factor de Potencia en cargas no lineales.

La mayor parte de las cargas eléctricas se tipifican como cargas convencionales; estas se comportan linealmente, lo cual significa que al aplicar una tensión, la forma de onda de la corriente conserva esa misma forma, aunque en general estará desplazado en el tiempo un ángulo ( $\varphi$ ). En estas circunstancias podemos definir las siguientes expresiones bien conocidas:

$$S = U \cdot I \quad (1)$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad (2)$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi) \quad (3)$$

Donde:

S : Potencia Aparente

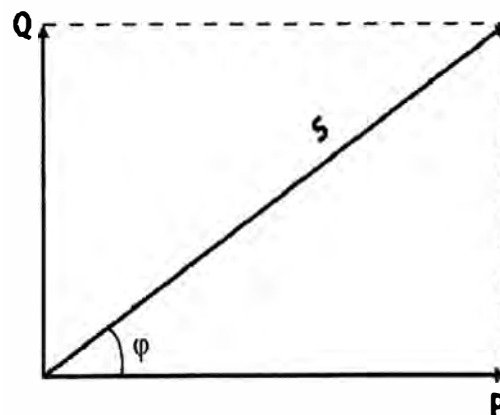
P : Potencia Activa

Q : Potencia Reactiva

U : Tensión por fase

I : Corriente por fase

Se puede graficar fasorialmente en el triángulo de potencias definido en el plano x-y como se muestra en la Fig.2.1.



**Fig.2.1. Triángulo de potencias**

Las potencias así definidas son solamente magnitudes de cálculo, tiene verdadera importancia física el valor instantáneo  $p(t)$  de la potencia activa, que fluctúa según:

$$p(t) = u \cdot i = U \cdot I \cdot \{\cos(\varphi) - \cos[2\omega t - (\varphi)]\}$$

Con el doble de la frecuencia de la red alrededor del valor medio  $U \cdot I$ . Para los circuitos trifásicos las expresiones de potencia se multiplican por 3 siendo los valores de U e I los de fase.

## 2.3. Definición de potencia para cargas no lineales.



Cuando no existe una relación matemática lineal entre la corriente y la tensión aplicada a un circuito, los conceptos antes enunciados no son suficientes, pues a pesar de alimentar al circuito con una tensión sinusoidal, circulan corrientes no senoidales. Por ello las definiciones deben ampliarse, haciendo la potencia aparente:

$$S = U.I = U\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots} \quad (4)$$

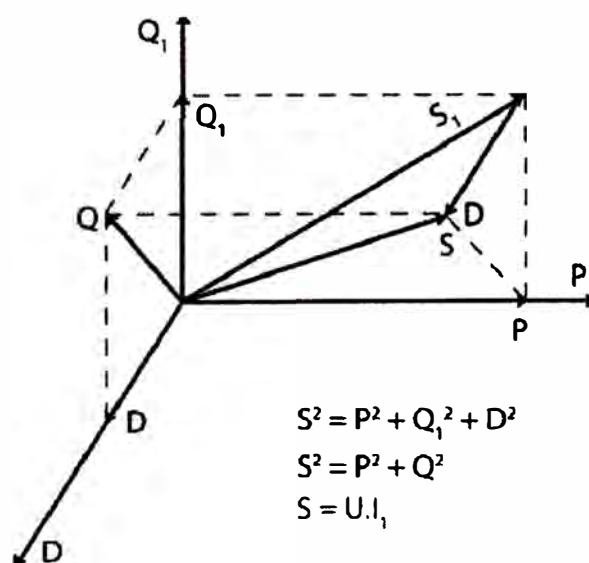
A la potencia activa solo contribuye la onda fundamental de la corriente en:

$$P = P_1 = U.I_1.\cos \varphi$$

La potencia reactiva total es:  $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$  que contiene dos componentes a saber, el reactivo de la onda fundamental:  $Q_1 = U_1.I_1.\text{sen}\varphi$ , y la potencia reactiva de deformación debida a las armónicas:

$$D = U\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots} \quad (5)$$

Las magnitudes así definidas pueden representarse gráficamente por medio de triángulos rectángulos en el espacio (como se muestra en la figura 2.2).



**Fig.2.2. Relación de potencias en el espacio**

El factor de potencia para ondas con contenido armónico será:

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{U.I_1.\cos \varphi}{U.I} = g_i.\cos \varphi_1$$

Donde:

$$g_i = \frac{I_1}{I}$$

El  $\cos \varphi_1$ , se denomina factor de potencia de la onda fundamental y efectivamente es una medida de desfase que existe entre la tensión y la componente fundamental de la corriente. Por consiguiente el factor de potencia  $\lambda$  con corriente no senoidal es menor que el factor de desplazamiento de la fundamental ó  $\cos \varphi_1$ . Estos dos conceptos a menudo se confunden, sin embargo solo son iguales para una corriente sinusoidal, o sea cuando el factor de la fundamental  $g_1 = 1$ .

#### **2.4. Distorsión Armónica.**

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

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

Existen normas que establecen los límites permisibles de distorsión, dependiendo de la tensión de operación y de su influencia en el sistema. Cuando la onda de corriente o tensión medida en cualquier punto de un sistema eléctrico se encuentra distorsionada, con relación a la onda sinusoidal que idealmente deberíamos encontrar, se dice que se trata de una onda contaminada con componentes armónicas.

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

Que la señal tenga valores definidos dentro del intervalo, lo que implica que la energía contenida es finita.

Que la señal sea periódica, tenga la misma forma de onda en cada ciclo de la señal de corriente o voltaje.

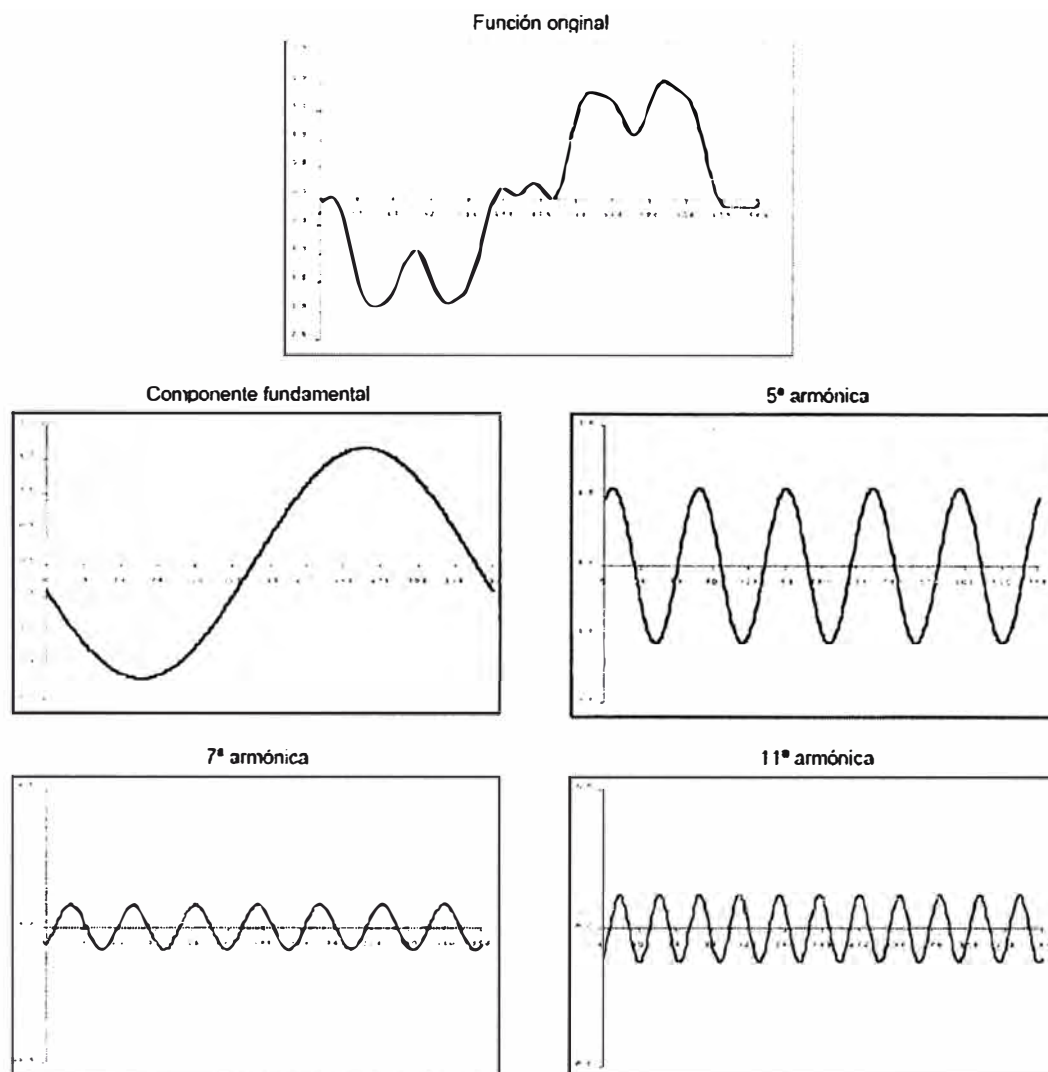
Que sea permanente, cuando la distorsión armónica se presenta en cualquier instante de tiempo, es decir que no es pasajera.

En la Figura 2.3 se muestra el gráfico de algunos componentes armónicos:

#### **2.5. Fuentes emisoras de corrientes armónicas en oficinas y edificios comerciales**

El alumbrado fluorescente moderno y los equipos electrónicos de telecomunicaciones, controladores de energía, equipos de seguridad, alarmas, computadoras, elevadores

controlados con electrónica de estado sólido, centros de computo, etc., instalados cada vez en mayores proporciones en los edificios modernos, provocan altos niveles de distorsión



**Fig.2.3. Forma de onda original y sus componentes armónicos.**

Armónica que ya es preciso tener en cuenta en la operación, mantenimiento y diseño de las redes eléctricas alimentadoras instaladas en los mismos. El contenido de 3a., 9a. y 15a. armónica que se viene encontrando en este tipo de instalaciones suele alcanzar niveles tan elevados que exigen la aplicación de técnicas apropiadas para su manejo y control, las cuales expondremos más adelante. Es de preverse que la situación empeore en años venideros, ya que se espera que el uso de este tipo de dispositivos electrónicos se quintuple en los 20 años siguientes.

En la Tabla 2.1, se muestra un inventario de las fuentes emisoras de corrientes armónicas encontradas actualmente en oficinas y otros edificios comerciales pudiéndose incluir también otros como hospitales, hoteles...etc.

A continuación se describe brevemente cada uno de ellos:

### a) Alumbrado fluorescente

Produce niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente. La norma

**Tabla 2.1. Fuentes de corrientes armónicas en edificios**

FUENTE	Alto contenido de Armónicos	Nivel de distorsión
Alumbrado fluorescente	3a., 9a. y 15a.	Medio, k=26
Telecomunicaciones	3a., 9a. y 15a.	Medio, k=26
Controladores inteligentes	3a., 9a. y 15a.	Alto, k=58
Grandes computadoras	3a., 5a., 7a., 11a., 9a. y 15a.	Alto, k=81
PC's , Impresoras	3a., 5a., 7a., 11a., 9a. y 15a.	Muy alto, k=124
UPS's	3a., 5a., 7a., 11a., 9a. y 15a.	Medio, k=26
Elevadores controlados	3a., 5a., 7a., 11a., 9a. y 15a.	Medio, k=45

ANSI 62.41 recomienda valores máximos de 32%. Los diseños eléctricos actuales presentan una gama muy variada de distorsión armónica de la onda de corriente, que oscila entre 5% y 30%, según el diseño.

En todos los casos, el espectro de estas ondas muestra un alto contenido de 3a, 9a. y 15a. armónicas.

Además, estos equipos pueden producir alto grado de emisión magnética, tanto más importante cuánto más alta es su frecuencia de operación (los balastos electrónicos operan entre 20 y 40 KHz). Esto puede producir interferencias en equipos electrónicos, lectores de barras, detectores de artículos en almacenes comerciales y bibliotecas, relojes, PLC's, etc.

### b) Equipos de telecomunicaciones

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente. El efecto es mayor cuando se tiene que transmitir datos por las líneas de telecomunicaciones porque se produce un efecto de acoplamiento de la distorsión en las otras líneas cercanas.

### c) Controladores para edificios inteligentes

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 58% en la onda de corriente. Toda vez que estos equipos controladores están contruidos con dispositivos electrónicos que es la fuente principal de la emisión de armónicos.

### d) Grandes computadoras.

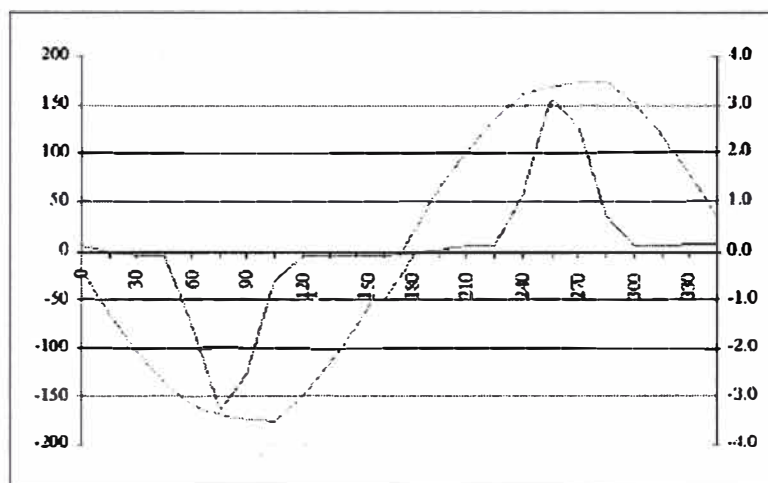
Producen niveles de distorsión armónica de hasta 81 % en la onda de corriente. La distorsión armónica típica provocada en la onda de corriente, depende del diseño de las fuentes de poder para computadoras, las cuales llevan en serie con la fuente una inductancia simple, inductancia capacitor en paralelo e inductancia capacitor en serie; cada

una de ellas produce su propia resonancia y por lo tanto diferentes grados de distorsión armónica.

#### e) PC's, Impresoras y minicomputadoras.

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 124% en la onda de corriente, con alto contenido en 3a., 5a., 7a., 9a., 11a. y 15a. armónicas.

En la figura 2.1, muestra una onda idealizada que simula la distorsión típica provocada en la onda de corriente, por las fuentes de poder de pequeñas computadoras (PC's y minicomputadoras) y otros equipos electrónicos de oficina. En la Tabla 2.2, se muestra también el espectro correspondiente a esta onda en el que puede observarse el alto contenido de armónicas de los órdenes mencionados anteriormente.



**Fig.2.1. Forma de onda idealizada, distorsión de PC's**

**Tabla 2.2. Espectro de Armónicos, distorsión de PC's**

Armónica	Amplitud (%)
1	100
3a.	81
5a.	60,6
7a.	37
9a.	15,7
11a.	2,4
13a.	6,3
15a.	7,9

#### f) Fuentes de energía ininterrumpida (UPS's)

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente.

#### g) Elevadores accionados por medio de control electrónico

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 45% en la onda de corriente.

## **CAPITULO III**

### **ANALISIS Y MITIGACION DE ARMONICOS**

#### **3.1. Distribución de las corrientes armónicas en las redes**

Cuando existen en una red eléctrica fuentes emisoras de corrientes armónicas de potencia significativa se llegan a producir grandes flujos de este tipo de corrientes a través de la misma, que en primera instancia, ocasionan los mismos inconvenientes y perjuicios de las corriente reactivas a frecuencia fundamental responsables del bajo factor de potencia. Adicionalmente, pueden producir otra serie de problemas graves que se tratarán más adelante.

El análisis de estos flujos de corriente se efectúa aplicando las leyes de Kirchhoff para cada componente armónica existente en la red y tomando en cuenta la variación de impedancia a diferentes frecuencias de los elementos componentes de la misma.

##### **3.1.1. Análisis en sistemas industriales**

Existe una gran distribución de corrientes armónicas en una red eléctrica de una planta industrial que no cuenta con capacitores operando en la misma. Suponiendo que una planta cuenta con un total de 1.2 MW de motores en corriente directa concentrados en el secundario de uno de un transformadores de 2000 KVA.

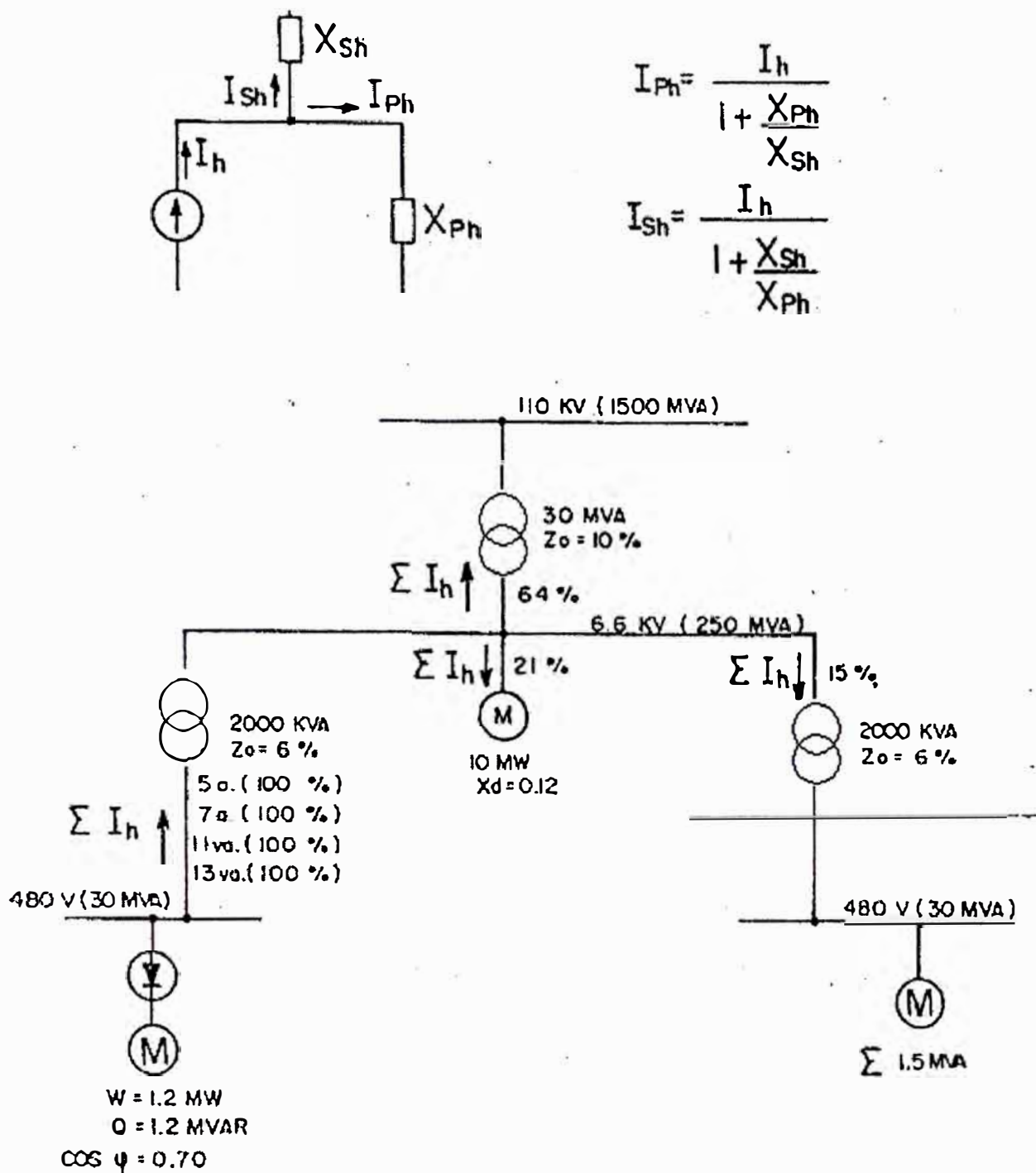
A cada una de las componentes armónicas  $I_h$  del espectro de emisión de la fuente de 1.2 MW, que fue analizado anteriormente, se le asigna 100% de contenido de amplitud a la salida de la fuente. En la Fig. 3.1, se muestra cómo se distribuyen estas corrientes por el sistema eléctrico de acuerdo a la ley de reparto proporcional a las admitancias que la corriente encuentra en cada nodo (2da. ley de Kirchhoff).

Al no existir capacitores en la red, el espectro de corriente se distribuye en los diferentes componentes de la misma en variar su composición relativa, aunque si su intensidad. Todos los componentes de la red resultan sobrecargados con una parte de las corrientes armónicas emitida por la fuente, en distintas proporciones según sus admitancias respectivas.

##### **3.1.2. Armónicas de tensión y corrientes de neutro**

Las cargas no lineales producen corrientes armónicas  $\Sigma I_{hcl}$  que fluyen por las líneas de fase

y de neutro, provocando caídas de tensión en las impedancias de línea  $Z_1$  de neutro  $Z_n$  e



**Fig. 3.1. Distribución de las corrientes armónicas en una red eléctrica sin capacitores** Incluso impedancias internas  $Z_s$  de las fuentes de tensión de la red. Incluso pueden fluir por las redes de tierra si existe acoplamiento con líneas o neutro.

Estas caídas de tensión se combinan con la onda sinusoidal de la fuente  $V_s$ , resultando en fuentes de tensión distorsionada  $\Sigma V_{hc2}$  para otras cargas lineales operando en paralelo.

### 3.1.3. Componentes simétricas en las corrientes armónicas

El desfaseamiento de las tres tensiones de fase en el espacio de  $120^\circ$  es el mecanismo por el cual las armónicas de orden 4a., 7a., 10a., 13a...etc., se constituyen en corrientes de secuencia positiva, las armónicas de orden 2a., 5a., 8a., 11<sup>a</sup>...etc., se constituyen en corrientes de secuencia negativa y las armónicas 3a., 6a., 9a etc., se constituyen en corrientes de secuencia cero.

El conocimiento de esta circunstancia ayuda a comprender el modo en que algunas corrientes armónicas tienden a fluir por la red eléctrica, como por ejemplo, la tendencia de las armónicas de secuencia cero a fluir por los hilos de neutro.

### **3.2. Efectos provocados por las corrientes armónicas**

Los efectos nocivos producidos por el flujo de corrientes armónicas son cada día más significativos en los sistemas eléctricos. Dichos efectos dependen de la intensidad relativa de las fuentes emisoras y pueden resumirse en la forma siguiente:

Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos de regulación, tanto de potencia como de control.

Mal funcionamiento en dispositivos electrónicos de protección y medición.

Interferencias en sistemas de telecomunicación y telemando.

Sobrecalentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores... etc.) y el cableado de potencia., con la disminución consecuente de vida media en los mismos e incremento considerable de pérdidas de energía en forma de calor.

Falla de capacitores de potencia.

Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallas destructivas de equipos de potencia.

#### **a) Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos de regulación, tanto de potencia como de control**

Una de las causas por las que los dispositivos electrónicos de regulación producen problemas serios de funcionamiento en presencia de corrientes armónicas son los múltiples cruces por cero que las corrientes armónicas pueden ocasionar, dentro de un mismo período, en las ondas de tensión y de corriente. Una onda sinusoidal perfecta sólo produce un cruce por cero dentro de cada periodo.

Existen muchos sistemas electrónicos de medición, de protección y de control en cuya operación es esencial la detección de los cruces por cero en la onda de tensión o de corriente, o en ambas: medidores y registradores de parámetros eléctricos, controladores de



potencia reactiva, relojes, controladores programables, redes de protección, etc. Cuando se producen los múltiples cruces por cero típicos de las corrientes armónicas, estos equipos pueden presentar problemas de operación.

Los múltiples cruces por cero pueden afectar también por interferencia electromagnética a líneas de telecomunicaciones y sistemas carrier.

#### **b) Mal funcionamiento en dispositivos electrónicos de protección y medición**

Se presenta por las mismas causas que afectan a los dispositivos electrónicos de regulación, siendo los múltiples cruces por cero en las ondas de tensión y de corriente, una de las causas más importantes.

##### Interferencias en sistemas de telecomunicación y telemando

Cuando las líneas eléctricas que transportan corrientes armónicas pasan cercanas a líneas telefónicas, de telecomunicación y telemando, pueden producir interferencia electromagnética en estos sistemas, que es preciso corregir por medio de modificaciones en el tendido de las líneas, blindajes especiales y un diseño adecuado de las conexiones a tierra.

##### Pares torsores de rotación inversa en los motores eléctricos

El flujo de corrientes armónicas de secuencia negativa: 5a., 11a.,...-etc., producen pares torsores de rotación inversa en los motores de C.A., con el perjuicio en efectos dinámicos: vibraciones, inestabilidades, etc, que esto puede acarrear.

Sobrecalentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores, etc.) y del cableado de potencia, con la disminución consecuente de vida media en los mismos e incremento considerable de pérdidas de energía en forma de calor.

En la Tabla 3.1, se muestra el efecto de sobrecalentamiento de transformadores y pérdidas de energía provocadas por la distorsión armónica.

Los transformadores de potencia estándar están diseñados para operar a tensión y frecuencia nominales. El flujo de corrientes armónicas provoca sobrecalentamiento por:

Incremento de pérdidas por histéresis del núcleo.

Incremento del flujo de corrientes de secuencia cero por los devanados en delta.

Incremento de corrientes parásitas por los devanados.

Estos sobrecalentamientos provocan altas pérdidas de energía y fallos de transformadores.

Por cada 8° a 10°C de incremento de temperatura de operación, se puede bajar a la mitad la vida media de un transformador.

La tabla 3.1, muestra las pérdidas de eficiencia y por consiguiente, mayor consumo de

energía, en cálculos efectuados con transformadores estándar sometidos a flujo de corrientes armónicas. Puede observarse en dicha tabla, cómo baja la eficiencia del transformador, o lo que es lo mismo, sube las pérdidas de energía provocadas en el mismo, conforme aumenta la distorsión armónica de la onda de corriente que fluye a través del transformador.

Asimismo los armónicos producen calentamiento de conductores eléctricos y pérdidas de energía en los mismos, debido al flujo de corrientes armónicas.

Las corrientes armónicas que fluyen por los cables conductores de energía eléctrica incrementan las pérdidas de energía en los mismos por tres conceptos:

**1. - Pérdidas Óhmicas:  $RI^2 = R(I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots)$**

La corriente eficaz aumenta al existir componentes armónicas y esto incrementa las pérdidas Óhmicas.

En la práctica, este efecto es menos significativo para las altas frecuencias, que tienden a disminuir de amplitud cuanto mayor es el orden de las mismas.

**2.- Pérdidas por efecto pelicular:** El flujo de altas frecuencias obliga a las corrientes correspondientes a fluir concentrándose cercanas a la superficie externa de los conductores. Esto ocasiona mayores pérdidas óhmicas por el incremento en la densidad de corriente. Este efecto puede ser significativo en la práctica.

**3.- Pérdidas por efecto de proximidad entre cables:** Son debidas a corrientes parásitas inducidas entre cables instalados próximos entre sí. Son tanto más importantes cuantas más altas son las frecuencias involucradas.

Tabla 3.1. Pérdidas de eficiencia en transformadores debido a corrientes armónicas

Distorsión Armónica(%)	Perdidas $RI^2$ (%)	Perdidas en el núcleo (%)	EFICIENCIA (%)
0	2,5	2,5	95
10	2,5	5,2	92,2
20	2,5	8	89,4
30	2,5	10,8	86,6
40	2,5	13,5	83,9
50	2,5	16,3	81,1
60	2,5	19,1	78,3
70	2,5	21,9	75,5
80	2,5	24,6	72,8
90	2,5	27,4	70
100	2,5	30,2	67,2

Sobrecorrientes en los capacitores de potencia.

Los capacitores de potencia conectados a una red conteniendo corrientes armónicas tienden a tomar sobrecorrientes significativas, debido a la baja impedancia que muestra un capacitor al ser alimentado con ondas de tensión de alta frecuencia. La corriente efectiva  $I$  que torna un capacitor de corriente nominal  $I_N$ , al ser alimentado con una onda de tensión que contiene armónicas de orden  $h$ , con amplitudes relativas  $e_h$ , expresadas en tanto por ciento respecto a la onda fundamental se obtienen con la siguiente relación:

$$I = 0,01 I_N (100^2 + 9 e_3^2 + 25 e_5^2 + \dots)^{1/2}$$

Efectos de resonancia en presencia de capacitores de potencia que amplifican los problemas eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia.

Tenemos otro fenómeno muy importante (y nocivo, para la red eléctrica y los equipos operando en la misma) que puede originarse al operar capacitores de potencia en presencia de armónicas: se trata de las resonancias locales.

La reactancia capacitiva  $X_{ch}$  que el capacitor presenta para la frecuencia correspondiente a una cierta armónica  $h$ , sintoniza siempre con la reactancia inductiva del sistema  $X_{sh}$  una frecuencia natural de resonancia  $h_0$ .

Cuando la fuente emisora, energizada en paralelo con los capacitores, emite alguna frecuencia armónica próxima a  $h_0$ , tienden a infinito tanto la corriente  $I_{ch}$  que toman los capacitores como la  $I_{sh}$  que fluye hacia al sistema. Esto constituye una resonancia local.

En la práctica las corrientes  $y$ , como consecuencia las elevaciones de tensión provocadas por las mismas en los equipos, no pueden llegar a hacerse infinitas, pero sí pueden experimentar incrementos de valor muy importantes que agraven significativamente los efectos nocivos que pueden acarrear las corrientes armónicas, que fueron descritos anteriormente.

### 3.3. Medidas correctivas

Las medidas correctivas que se vienen aplicando con éxito para resolver o minimizar este tipo de problemas, son básicamente de tres tipos:

- a) Medidas que tienden a bloquear el paso de las corrientes armónicas hacia equipos especialmente sensibles, quedando éstos protegidos de la influencia de las mismas, aunque estas corrientes armónicas sigan circulando por el resto de la red.
- b) Medidas que tienden a bloquear y/o absorber las corrientes armónicas, confinándolas a circular por zonas limitadas de la red preferentemente circunscritas a los focos emisores de las mismas.
- c) Medidas tendientes a sobredimensionar, recurriendo incluso hasta a diseños especiales,

los equipos y conductores sometidos al flujo de corrientes armónicas, con objeto de minimizar los efectos nocivos provocados en los mismos.

A continuación expondremos una serie de medidas concretas, cada una de ellas clasificable en alguno de los incisos anteriores:

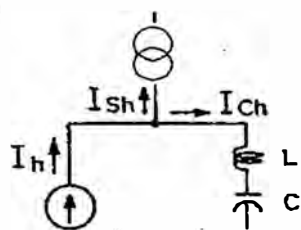
### 3.3.1. Filtros de choque

En la Fig.3.3, muestra el funcionamiento de filtros de choque. En serie con los capacitores se instala un reactor de inductancia L, sintonizado con la capacitancia e del capacitor a una frecuencia inferior a la de cualquier armónica significativa existente en el sistema. En el caso del anexo, el reactor se ha sintonizado con el capacitor a una 4a. armónica. Este dispositivo hace imposible la resonancia e impide que los capacitores absorban una corriente armónica excesiva. Por consiguiente, el uso del filtro de choque permite:

Proteger a los capacitores.

Evitar resonancias.

Corregir el factor de potencia a frecuencia fundamental.



$$X_{Sh} = h \cdot X_{S1}$$

$$X_{Lh} = h \cdot X_{L1}$$

$$X_{Ch} = \frac{X_{C1}}{h}$$

$$X_{L1} \approx \frac{X_{C1}}{4^2}$$

$$I_{Ch} = \frac{I_h}{1 - \frac{X_{C1}}{h^2 X_{S1}} + \frac{X_{L1}}{X_{S1}}}$$

$$I_{Ch} = \frac{I_h}{1 + \frac{X_{C1}}{X_{S1}} \cdot \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{h^2} \right)}$$

Fig. 3.2 Filtros de choque para armónicos.

### 3.3.2. Filtros de absorción

En la Fig. 3.4, se muestra el funcionamiento de los filtros de absorción. En este caso se instalan reactores en serie con los capacitores, pero ahora, sintonizados precisamente a las frecuencias armónicas más significativas existentes en el sistema. Naturalmente, que el diseño tanto de capacitores como de reactores debe permitir el paso hacia los mismos de

toda la energía que fluye por el sistema para cada armónica, ya que al presentar una impedancia casi nula cada sección del filtro para la armónica a la que se ha sintonizado, dicha sección se comporta como un sumidero de energía que puede fallar si no se dimensiona correctamente. El uso del filtro de absorción permite:

- Proteger a los capacitores.
- Evitar resonancias.
- Eliminar armónicas en el sistema.
- Corregir el factor de potencia a frecuencia fundamental.
- Es necesario tener presente la localización adecuada de filtros de absorción y su protección respecto a cargas no lineales adyacentes.
- Es posible instalar diferentes combinaciones de filtros de absorción con reactores de choque para optimizar el efecto que se pretende lograr.

### **3.3.3. Protección de instalaciones de variadores de frecuencia por medio de reactores de choque**

Para motores trifásicos, la forma de proteger una instalación de variadores de frecuencia con reactores de choque es similar que bobinas de choque.

Un variador con rectificador de seis pulsos genera niveles de distorsión armónica de 45% en la onda de corriente.

La instalación de variadores en paralelo hace necesaria la protección individual (para cada motor) con reactores de choque que impidan presentarse problemas de operación en el motor debido al flujo de corrientes armónicas proveniente de los demás variadores.

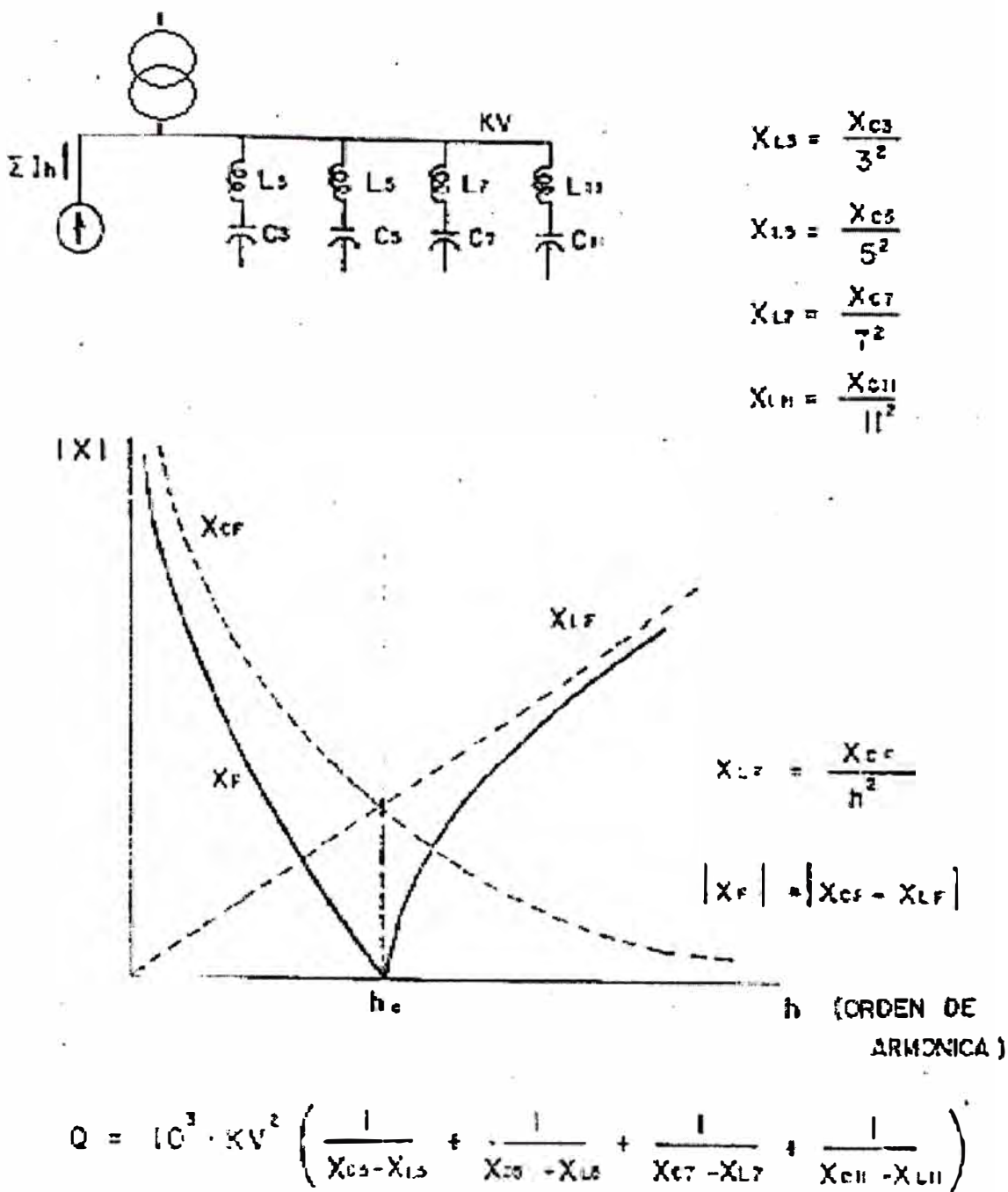
Los reactores comerciales se ofrecen con caídas de tensión (según la corriente nominal del variador) de 3% y 5%, a elegir por el usuario.

Los reactores de 5% pueden ser más eficaces para los fines propuestos, pero es preciso revisar el efecto de la caída de tensión sobre el motor.

Estos reactores pueden amortiguar un poco las corrientes armónicas generadas por el variador: de 4% a 6% en el caso de reactores de 3% de caída de tensión y de 8% a 10% para reactores de 5%. El filtro de armónicas es conveniente instalarlo entre el reactor y el variador.

### **3.3.4. Compensadores estáticos**

La Fig.3.4, muestra la instalación de un compensador estático. En esencia, se trata de un, filtro de absorción operando en paralelo con un reactor L, de la misma capacidad en KVA a frecuencia fundamental, que los capacitores, pero con un banco de tiristores que controla



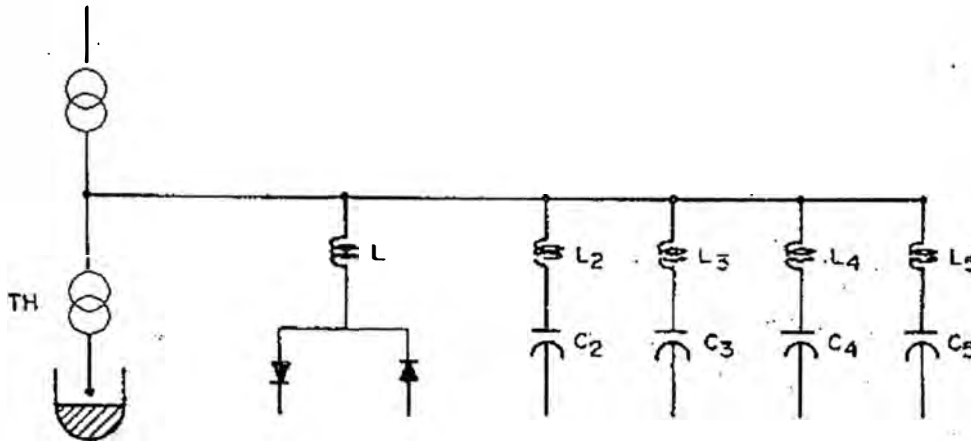
**Fig. 3.3 Filtros de absorción para armónicos.**

controla el paso de corriente al reactor de forma que, al fluir la energía reactiva de los capacitores, en parte hacia el reactor y en parte hacia la fuente de consumo (un horno de arco) pueda graduarse, casi instantáneamente, el paso de la energía reactiva hacia la fuente de consumo, tal como ésta la demande.

El uso del compensador estático permite:

- Proteger a los capacitores.
- Evitar resonancias.

- Eliminar armónicas del sistema.
- Controlar el "flicker".
- Regular el nivel de tensión en el punto de conexión al sistema.
- Corregir el factor de potencia a frecuencia fundamental.



**Fig. 3.4. Compensadores estáticos para armónicos.**

### 3.3.5. Bloqueo de corrientes armónicas de secuencia cero instalando los transformadores estrella delta

En la Fig. 3.5., se muestra cómo los transformadores devanados en estrella/delta pueden cumplir con esta función. Se observa que para conseguir el bloqueo de las corrientes armónicas de secuencia cero ( $3^a$ ,  $6^a$ ,  $9^a$ , etc.) se tiene la siguiente secuencia:

Las corrientes armónicas de secuencia cero que provienen de la fuente fluyen hacia el neutro o hacia tierra, o bien, recirculan por el devanado en delta.

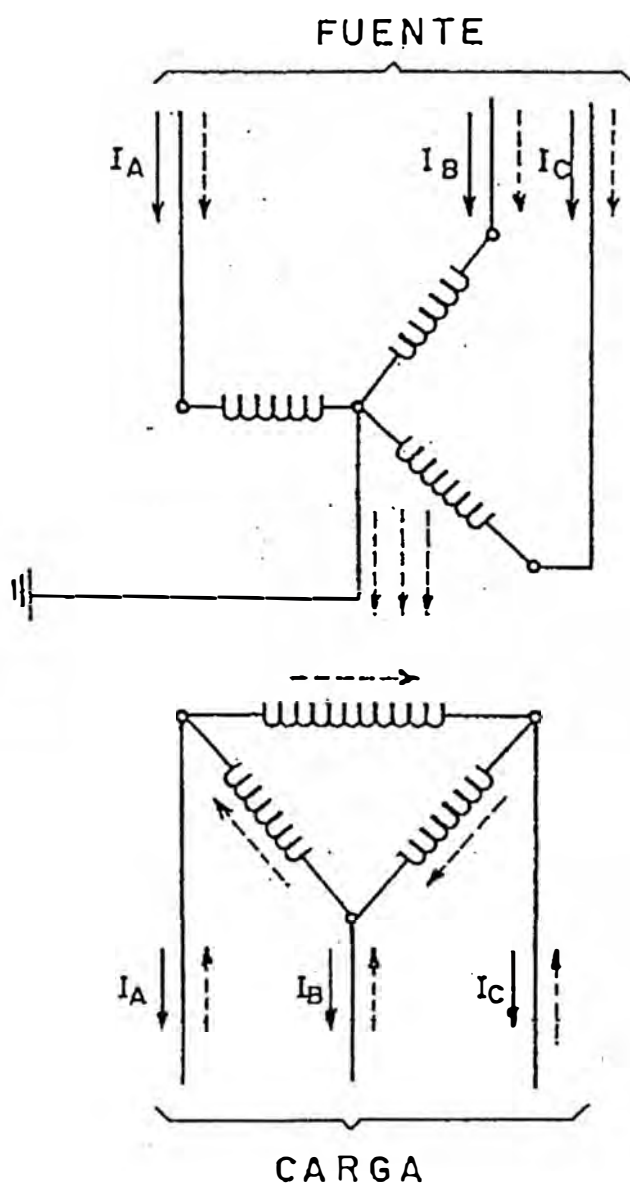
Las corrientes armónicas de secuencia cero que provienen de la carga quedan bloqueadas recirculando por el devanado en delta.

Igual sucede con las corrientes armónicas de secuencia cero generadas por la magnetización del núcleo del transformador.

### 3.3.6. Bloqueo de corrientes armónicas con transformadores de aislamiento

Estos son transformadores diseñados "a la medida" de la aplicación: tamaño de la carga, espectro emitido por la misma, impedancia de la fuente, etc., con blindajes y efectos capacitivos en el núcleo, para impedir el paso de altas frecuencias hacia el lado de la fuente. Normalmente la relación es 1/1.

Son de diseño delicado y su costo suele ser bastante más alto que el del filtro (capacitor/reactor) equivalente, pero la ventaja adicional de estos equipos es que normaliza las tensiones que serán utilizados por el sistema a proteger.



**Fig. 3.5. Bloqueo de armónicos con transformadores.**

### 3.3.7. Bloqueo con transformadores zig-zag

El transformador zig-zag proporciona un bloqueo muy eficaz de armónicas de secuencia cero, ya que el devanado en zig-zag produce el mismo desplazamiento angular que un devanado en delta, proporcionando, además, un hilo de neutro para cargas monofásicas.

Aunque para su construcción necesita 15% más de material conductor, constituye una buena alternativa para sustituir a un transformador estándar cuando éste se está sobrecalentando por el flujo de corrientes armónicas, especialmente las de secuencia cero, tal como es el caso en instalaciones de alumbrado fluorescente y computadoras personales. Combinando con filtros de 5a. y 7a. armónicas (en sustitución del reactor de choque) puede



constituir un sistema de bloqueo (o filtro) general excelente.

Se usa también para proteger UPS's que alimentan a computadoras.

### **3.3.8. Sobredimensionado de la ampacidad del hilo de neutro**

Esta medida correctiva puede resultar de importancia capital en alambrados eléctricos de edificios de oficinas, hospitales y otros usos comerciales.

Los modernos balastos electrónicos de alumbrado fluorescente y las fuentes de poder de computadoras (especialmente PC's), estaciones de monitoreo, copiadoras y otros equipos electrónicos alimentados con fuentes de corriente rectificadas y alimentados en forma monofásica, es el provocar una fuerte distorsión armónica en la onda de corriente alimentador con alto contenido en 3a., 9a. y 15a. armónicas (armónicas de secuencia cero).

Estas armónicas, al sumarse en el hilo de neutro de la instalación provocan flujos de corriente en el mismo, que en la práctica, pueden alcanzar valores eficaces de valor doble que la corriente en las fases.

El código de instalaciones eléctricas norteamericano (NEC), en su inciso 210-4a, indica que el conductor de neutro debe ser un calibre igual o mayor al de los conductores de fase.

En el caso de instalaciones con una gran proporción de carga consistente en los equipos electrónicos que estamos mencionando, debe elegirse el calibre del hilo de neutro de ampacidad doble al de los conductores de fase.

Es importante también observar la caída de tensión que provocan estas corrientes de secuencia cero a través de la impedancia del hilo de neutro. A veces ésta puede ser lo suficientemente alta (10% valor pico respecto a la amplitud fase/neutro de la onda de tensión) como para provocar problemas de operación en equipo sensible.

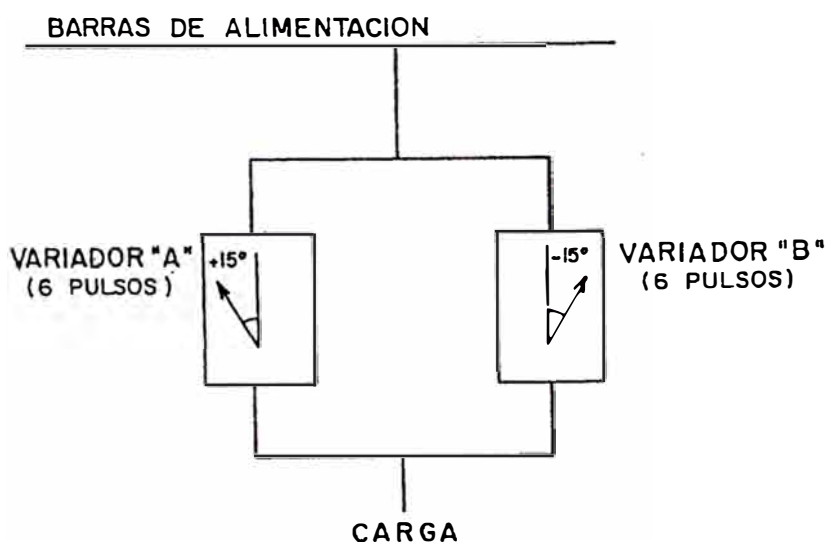
### **3.3.9. Bloqueo de 5a. y 7a. armónicas**

En la Fig. 3.6, se presenta una técnica de bloqueo de 5a. y 7a. armónicas usando doble variador de frecuencia con defases de  $+15^\circ$  y  $-15^\circ$  en el disparo de ambos rectificadores de 6 pulsos.

Se usan dos variadores, A y B idénticos para alimentar en paralelo a la carga con  $15^\circ$  de adelanto, respecto a una referencia común en el variador A y  $15^\circ$  de atraso en el B. El comportamiento ante las barras de alimentación es como el de un solo variador de 12 pulsos de potencia 2A.

El arreglo resulta más barato que un solo variador de 12 pulsos, aunque algo más caro que un solo variador de 6 pulsos. Sin embargo, el ahorro en filtros de armónicas puede producir

un ahorro global importante. La carga se alimenta con dos variadores, A y B, idénticos y cada uno de ellos se energiza por medio de un transformador Delta/Delta y Delta/Estrella respectivamente. El defase de  $30^\circ$  que ambos transformadores provocan en sus secundarios a la onda principal propicia el bloqueo de 5a. y 7a. armónicas en las barras alimentadoras, simulando el conjunto un solo variador de 12 pulsos.



**Fig. 3.6. Circuito para el Bloqueo de la 5ª. y 7ª. Armónicas**

Existe una instalación piloto, donde se usa este método de bloqueo de armónicos, se observa los espectros de las ondas de corriente y de tensión tomados en el alimentador de 34.5KV de un proceso electrolítico de 3MW de demanda, en una planta de hidrometalurgia. La subestación del proceso está formada con dos transformadores Delta/Delta y Delta/Estrella que alimentan a rectificadores de 6 pulsos.

En dicho piloto puede observarse el bloqueo tan efectivo que se ha obtenido para 5a. y 7a. armónicas y la equivalencia a rectificador de 12 pulsos que se ha logrado.

### **3.3.10. Degradado de la potencia nominal de un transformador estándar**

Es posible hacer el cálculo del degradado de la potencia nominal de un transformador estándar, de acuerdo a la técnica recomendada por la norma ANSI/IEEE C57, 110-1986.

Esta norma proporciona un método de cálculo de los KVA utilizables en un transformador estándar sometido a un flujo determinado de corrientes armónicas.

El método comienza calculando las diferentes pérdidas del transformador a su frecuencia nominal y determina los KVA utilizables, en función de los KVA nominales, por medio de una expresión algebraica que enfatiza la influencia de las pérdidas por corrientes

parásitas e introduce un factor K, que pondera el efecto del espectro del flujo de armónicas en el sobrecalentamiento del transformador.

### 3.3.11. Degradado de la ampacidad nominal de los cables conductores

En la Fig. 3.7, se muestra la recomendación dada al respecto en la norma IEEE-519, mediante el cual se debe hacer el degradado de la ampacidad de los conductores.

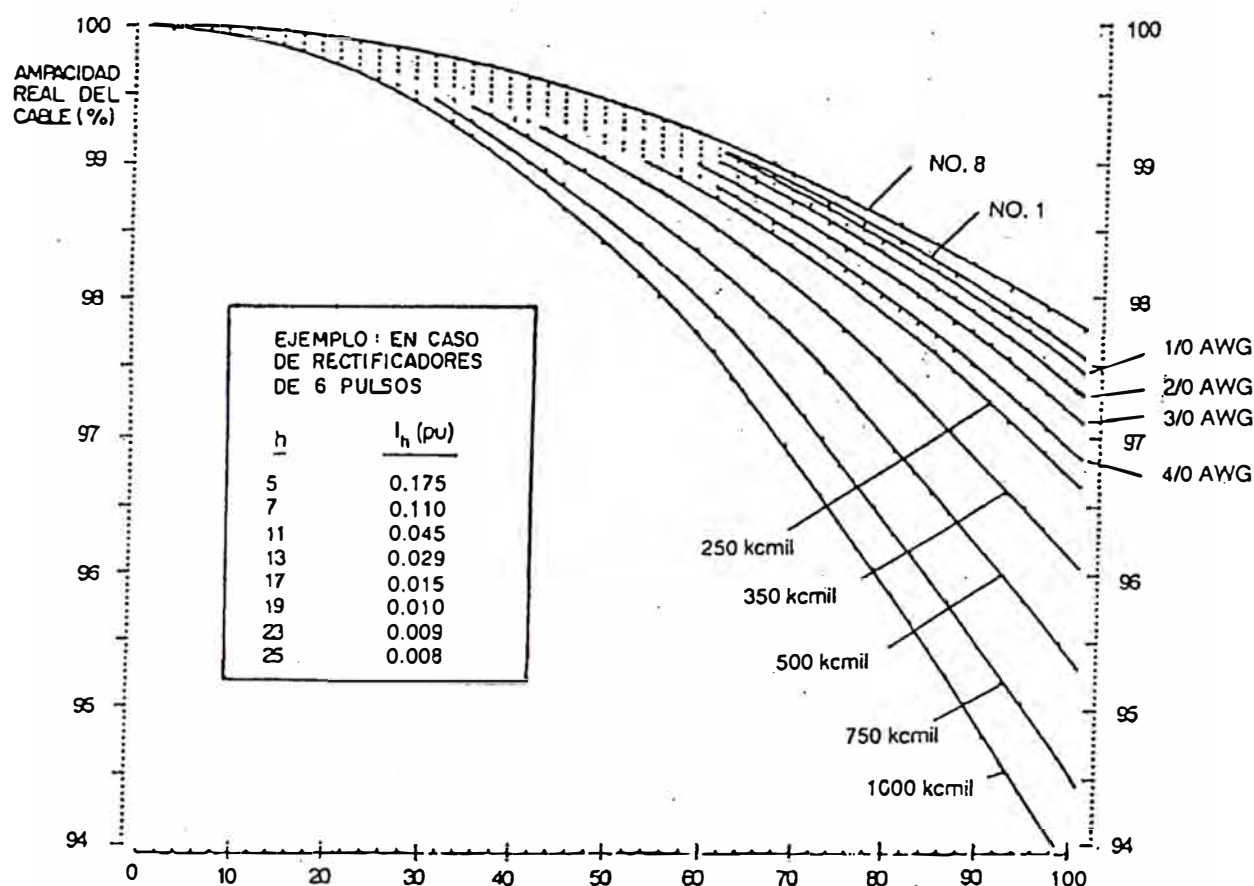


Fig. 3.7. Distorsión armónica total (%) de la corriente conducida por el cable

### 3.3.12. Uso de transformadores tipo K

En la Tabla 3.4, se presenta esta nueva técnica introducida en el mercado desde 1990.

Los transformadores tipo K están diseñados y probados para operar con carga no lineales. El factor K indica la severidad de la distorsión armónica que el transformador puede soportar.

Un transformador tipo K, puede ocupar 130% a 140% de espacio y pesar 115% de un transformador estándar. El costo es aproximadamente el doble.

El factor K se calcula con la siguiente relación:

$$\text{Factor K} = \frac{\text{Suma de columna 5}}{\text{Suma de columna 4}} = \frac{16,078}{1,862} = 8,635$$

La capacidad en KVA de un transformador tipo K se calcula como la de un transformador estándar. El factor K se calcula a partir del espectro de corriente, medido o estimado, que producen las cargas, según los lineamientos de la norma ANSIIEEE C57. 110-1986.

Tabla 3.4. Valores para elegir el factor K

COLUMNAS				
1	2	3	4	5
Orden de la armónica h	$h^2$	Distorsión armónica $I_h$ (pu)	$I_h^2$	$h^2 \cdot I_h^2$
1	1	1	1	1
3	9	0,75	0,563	5,067
5	25	0,46	0,212	5,3
7	49	0,27	0,073	3,577
9	81	0,12	0,014	1,134
			1,862	16,078

## CAPITULO IV


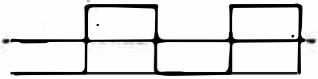


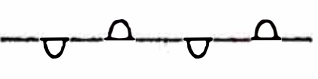
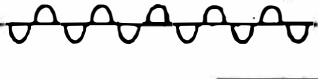
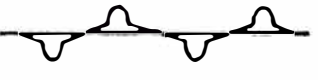
### MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE CORRIENTES ARMÓNICAS

#### 4.1. Corriente indicada por diferentes instrumentos, según la forma de onda medida

En la Tabla 4.1, se muestra la corriente indicada por diferentes instrumentos de medida según la forma de onda medida y el método de calibración del instrumento, frente al valor verdadero RMS.

Dicha Tabla muestra cómo los instrumentos calibrados de formas diferentes pueden dar lecturas distintas de la misma onda de corriente. Por consiguiente, se debe poner atención en utilizar el instrumento adecuado al efectuar el estudio de corrientes armónicas.

**Tabla 4.1. Corriente indicada por diferentes instrumentos según la forma de onda medida y la calibración del instrumento**

Formo de onda	Descripción	Calibrado según valor RMS de la onda	Calibrado según picos de la onda	Valor RMS verdadero de la onda
	Onda sinusoidal	100.0 Amps	100.0 Amps	100.0 Amps
	Onda cuadrada	100.0 Amps	63.3 Amps	90.0 Amps
	Onda triangular	100.0 Amps	125.7 Amps	100.3 Amps
	Onda sinusoidal con impulsos	100.0 Amps	129.2 Amps	100.6 Amps
	Onda típica de una carga electrónica monofásica	100.0 Amps	400.1 Amps	199.4 Amps.
	Onda típica de una carga electrónica trifásica	100.0 Amps	156.6 Amps	115.4 Amps
	Onda electrónica monofásica 30% de carga lineal	100.0 Amps	201.2 Amps	119.9 Amps

## 4.2. Parámetros de medida

Para diagnosticar situaciones de problemas provocados por un flujo excesivo de corrientes armónicas es preciso definir parámetros de medida de las mismas y contar con equipos que permitan medir dichos parámetros.

A continuación se presenta la definición de los parámetros de medida usados en la práctica: distorsión armónica individual y distorsión armónica total (THD).

a) Distorsión armónica individual:

$$DV_h = \frac{V_h}{V_1} * 100 (\%)$$

$$DI_h = \frac{I_h}{I_1} * 100 (\%)$$

b) Distorsión armónica total:

$$THD(V) = \frac{\sqrt{\sum V_h^2}}{V_1} * 100 (\%)$$

$$THD(I) = \frac{\sqrt{\sum I_h^2}}{I_1} * 100 (\%)$$

## 4.3. Analizadores de armónicas

Son analizadores de red diseñados especialmente para medir espectros de corrientes armónicas mostrando los valores de distorsión armónica individual y distorsión armónica total de las ondas de tensión y de corriente. Junto a estos parámetros pueden presentar también valores de demanda de potencia activa y reactiva de la carga que se está analizando, junto con el factor de potencia y los valores rms de las ondas de tensión y de corriente. Además pueden presentar en pantalla e imprimir las ondas de tensión y de corriente, en forma gráfica. Suelen tener capacidad de analizar y presentar en el espectro hasta el orden de la 40a. armónica, aunque en la práctica, contar con espectros de hasta la 20a. armónica suele resultar suficiente para la mayoría de las aplicaciones.

## 4.4. Normalización

Para especificar medidas correctivas adecuadas, que representen una relación balanceada costo beneficio, es preciso establecer criterios prácticos sobre los niveles de distorsión permisibles tanto en el sistema de potencia de la planta industrial, como en los límites de distorsión armónica que pueden fluir en líneas de transmisión y distribución de una compañía eléctrica suministradora.

Resulta especialmente delicado establecer un criterio que normalice la relación usuario /

compañía suministradora, ya que esta última tiene derecho a pedir al usuario que trate de no contaminar su sistema de transmisión y distribución, y el usuario también tiene derecho a pedir el suministro de una energía con la menor contaminación posible.

Para lograr estos fines existe ya una normalización avanzada a un nivel mundial, aunque aún en vías de evolución.

#### 4.4.1. Normas internacionales

Pueden mencionarse como ejemplo las normas:

IEC 36.05 (EUROPA)

DIN 57160 (ALEMANIA)

G 5/3 (INGLATERRA)

AS 2279 (AUSTRALIA)

#### 4.4.2. Norma IEEE-519 USA

En las Tablas 4.2 y 4.3, se muestran las recomendaciones más recientes de la norma norteamericana IEEE-519.

**Tabla 4.2. Recomendaciones de las Normas IEEE-519 USA**

<i>Límites de Distorsión Armónica en Voltaje en % del voltaje nominal</i>		
<b>Nivel de tensión en la Acometida (<math>V_n</math>)</b>	<b>Distorsión armónica individual</b>	<b>Distorsión armónica total THD <math>V_n</math></b>
$V_n < 69$ kV	3.0%	5.0%
$69$ kV $< V_n < 161$ kV	1.5%	2.5%
$V_n > 161$ kV	1.0%	1.5%

Estos valores se refieren a los límites que la compañía suministradora debe imponer a sus usuarios. Como el usuario, propietario de fuentes generadoras de armónicas, se comporta como un generador de corriente, los límites impuestos al usuario deben referirse a distorsiones máximas permisibles en la onda de corriente.

Los límites establecidos en la norma IEEE 519-1992 deben aplicarse en la acometida, es decir en el punto donde el suministrador entrega la energía al usuario en cuestión y a partir de ahí puede alimentar a otro usuario.

#### 4.4.3. Normalización en el Perú

En el Perú el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Electricidad emitió y aprobó la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) mediante el D. S. N° 020-97-EM el 1997-10-09.

En el Título Quinto: Calidad de Producto, de dicha Norma Técnica, en el capítulo 5.3 que

corresponde a perturbaciones nos señalan los límites de tolerancia THD en Baja Tensión que es igual a 5% similar a la norma norteamericana IEEE-519. De la misma forma señalan como mínimo intervalos de lecturas de cada 10 minutos y en forma continua por un período de 7 días.

**Tabla 4.3. Límites de la distorsión armónica de corriente en la acometida**

$I_{oc}/I_L$	TDD	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{ kV}$						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20-50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50-100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100-1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$						
<20*	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
20-50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
50-100	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
100-1000	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
>1000	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%
$V_n > 161 \text{ kV}$						
<50	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
$\geq 50$	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%

#### 4.5. Descripción del sistema eléctrico del Data Center de Entidad Bancaria del Perú.

La entidad bancaria cuenta con 2 Data Center's con similares características:

1. Data Center LM, el cual realiza la función de centro de cómputo principal. Este Data Center durante el desarrollo del presente informe ha sufrido modificaciones en cuanto al equipamiento eléctrico que lo energiza y protege.
2. Data Center OPL, el cual sirve de RESPALDO ante cualquier eventualidad y es el centro de cómputo que describiremos a continuación y motivo del presente estudio.

##### 4.5.1. Data Center OPL

La presente descripción consta de los siguientes:

- ✓ DESCRIPCION ACTUAL DEL DATA CENTER OPL, por módulos (Anexo A).
- ✓ DESCRIPCION ACTUAL DEL DATA CENTER OPL, con datos de corrientes (Anexo A).
- ✓ PLANO DE DISTRIBUCION DE EQUIPOS, en la sala del Data Center (Anexo B).
- ✓ PLANO UNIFILAR DEL CIRCUITO ELÉCTRICO, que energiza el Data Center (Anexo B)



El Data Center se encuentra protegido por un UPS Mitsubishi de 100KVA, como se observará en el plano unifilar del anexo B y su forma de operación se detalla en la Fig. 4.1 Diagramas de operación del UPS. El UPS cuenta con la implementación de IGBT's en el Inversor, como se detalla en el anexo C dentro de las especificaciones técnicas y los diagramas de instalación del UPS.

#### **4.5.2 Equipo utilizado y Puntos de toma de mediciones de armónicos.**

El equipo utilizado para las mediciones de los THD de tensión y corrientes armónicas fue el analizador de energía Dranetz, el cual consta de 2 partes:

1. El módulo **DATA NODE Series 5500**, mediante el cual instalamos las pinzas y puntas para tomar y registrar las mediciones de corrientes y tensiones respectivamente y *se detalla en la Fig. 4.1.*
2. El módulo **INFONODE**, el cual cuenta con un software se encarga de procesar los datos registrados por uno o más DATA NODE instalados, y que finalmente son entrelazados vía red, como se detalla en la Fig. 4.3. Adicionalmente adjuntamos las especificaciones técnicas de dichos equipos en el Anexo D.

El Data Node se instaló a la salida del UPS del Data Center OPL, que anteriormente eran instalados en la salida del transformador de aislamiento (que reciben energía del UPS), el cual se ubica dentro de la sala de cómputo y energizan a las cargas finales (servidores, racks, switches, robots de discos duros, CPU's, etc.); De igual forma se tiene instalado un Data Node en el Data Center LM, para registrar la calidad de energía que alimenta al centro de cómputo. La forma de instalación del DataNode Sistema Estrella con Neutro, como se detalla en la Fig. 4.2.

#### **4.6. Resultados obtenidos en Data Center del Banco de Crédito del Perú**

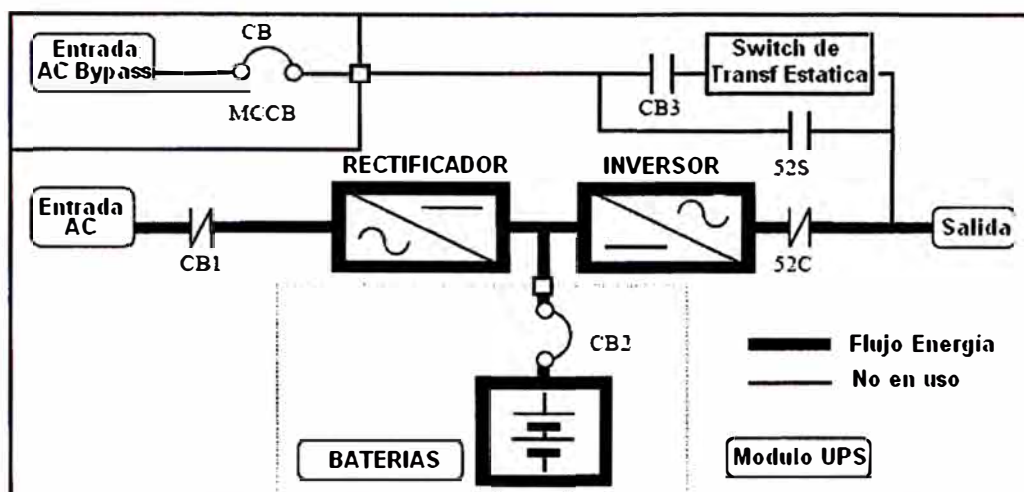
Las mediciones THD de tensiones obtenidas del Data Node series 5500 se registraron en intervalos de tiempo de cada 5 minutos y en los puntos descritos anteriormente, los cuales son mostrados en el Anexo E. Estos registros han sido seleccionados de la data Infonode de la entidad bancaria, descargados a Excel y procesados desde este software, en donde se encuentran almacenados los demás parámetros eléctricos y nos sirvieron para obtener los resultados que a continuación describiremos.

Las mediciones de armónicos en el **Data Center OPL**, nos muestran los siguientes resultados:

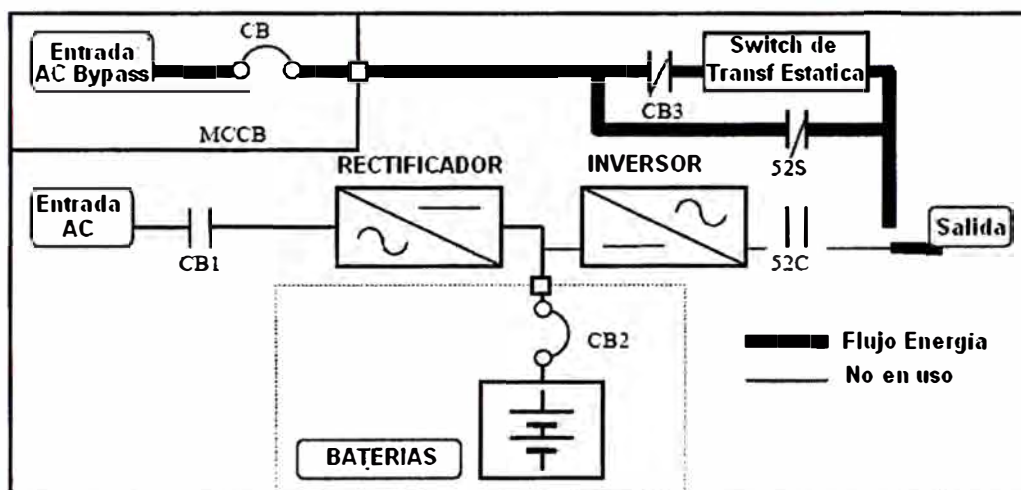
- Los THD de tensión registrados a la salida del transformador como se medían anteriormente (2006 y 2007), indicaban valores promedios de 3,6% en el 2006 cuando

## DIAGRAMAS LINEALES DE OPERACION DEL UPS MITSUBISHI

### Operación de UPS en MODO NORMAL



### Operación de UPS en MODO BYPASS



### Operación de UPS en MODO BATERÍA

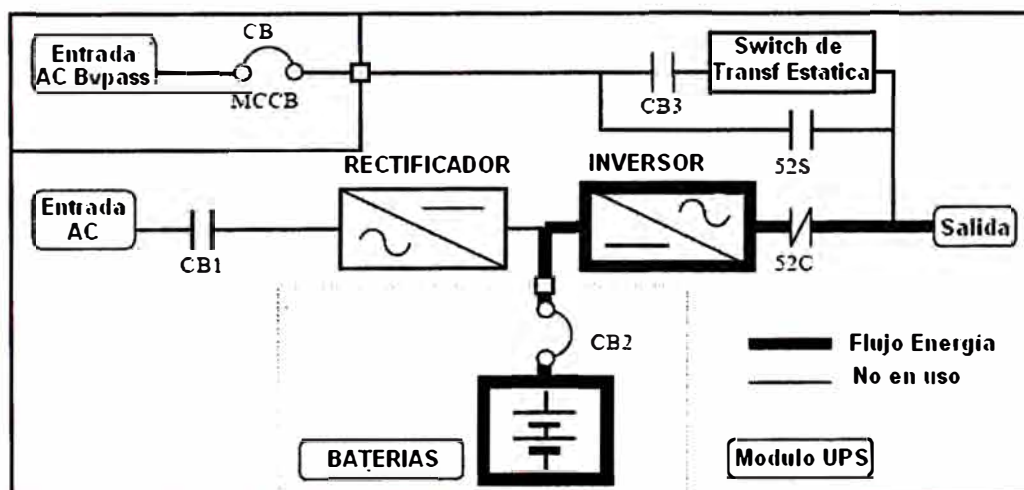
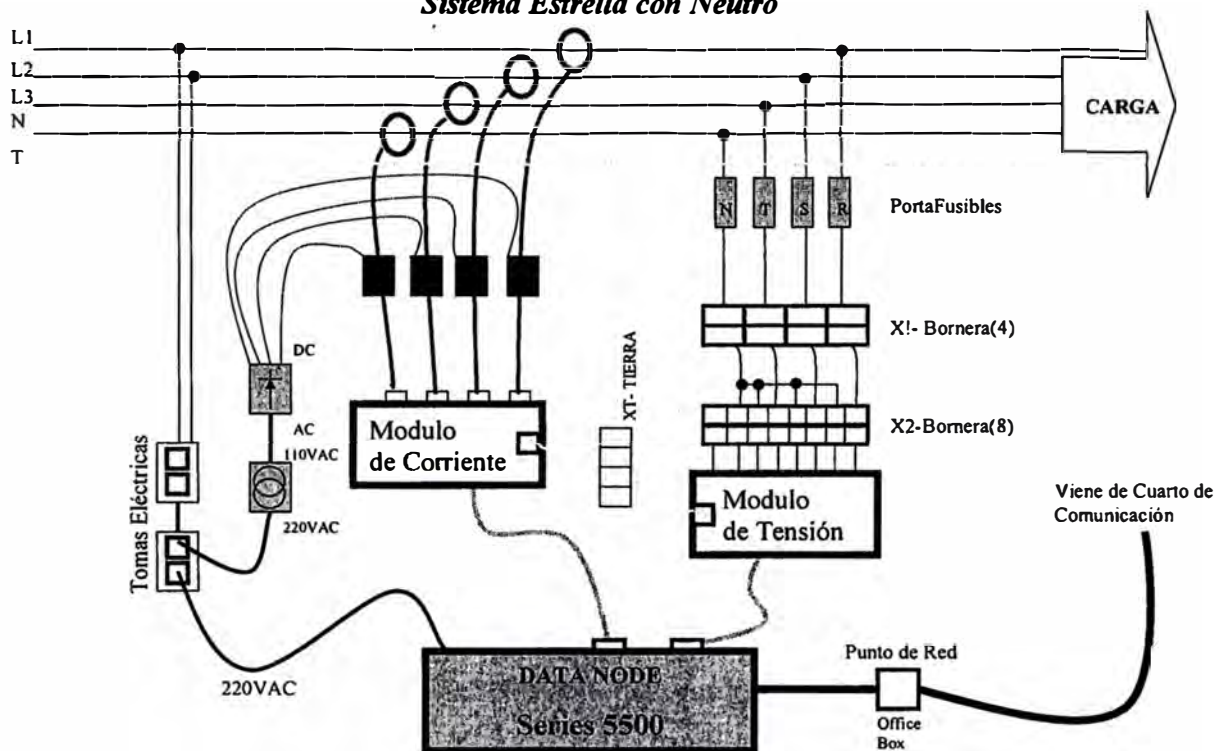


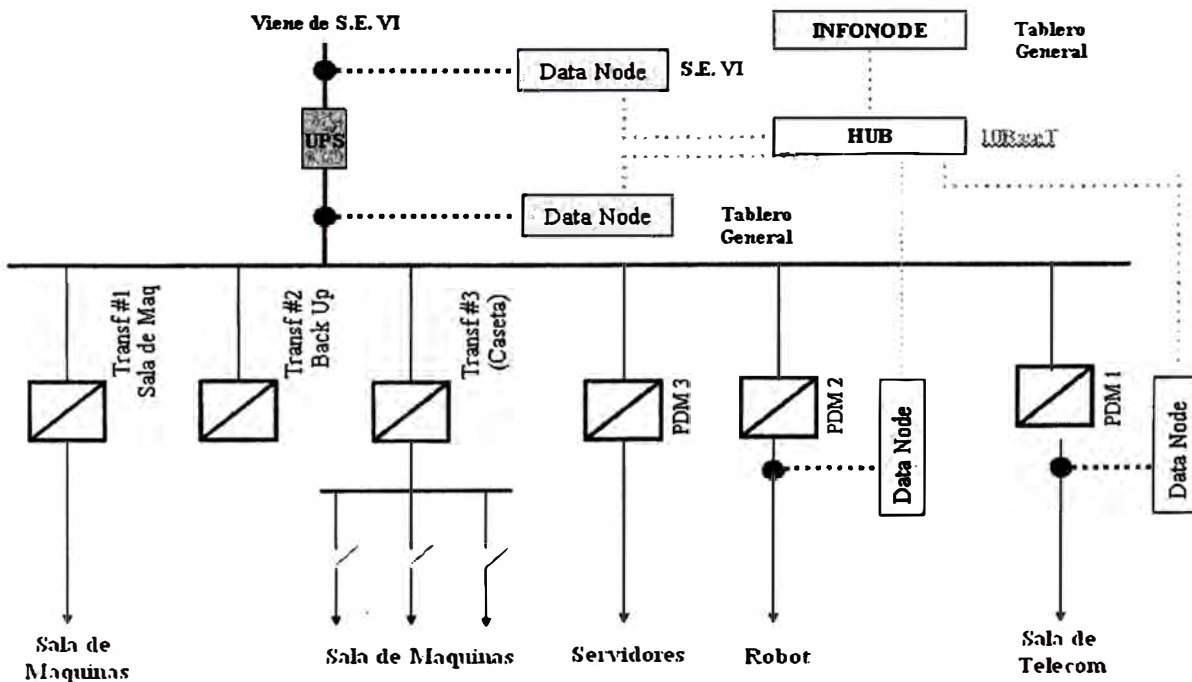
Fig. 4.1 Diagramas de operación del UPS.

**Conexión SIGNATURE SYSTEM-Data Node  
Sistema Estrella con Neutro**



**Fig. 4.2 Instalación del Analizador de Energía.**

**DIAGRAMA GENERAL DE INSTALACION DEL ANALIZADOR EN EL DATA CENTER**



**Fig. 4.3 Instalación general del INFONODE**

contaban con UPS con tecnologías implementadas con SCR y Diodos en sus etapas rectificadoras e inversoras; dichos valores son menores de 5%, y se encuentran dentro del rango permisible por la norma peruana NTCSE del MEM y por la **IEEE-519 USA**. Sin embargo se observan valores máximos de 4,2% de THD de tensión que se acercaba al límite del valor permisible, por ese motivo se tomo la decisión de implementar con una nueva tecnología de UPS's con IGBT's en la etapa Inversora.

- Los THD de tensión registrados en octubre de 2007 indicaban valores promedios de 2,8% se observan valores máximos de 3,3% de THD de tensión que se alejaban al límite permisible de 5%.
- Se ha observado de los registros encontrados en los años 2006 y 2007, que el desbalance de cargas por fases son inversamente proporcional a los valores de THD de tensión encontrados; Así por ejemplo en el 2006 en la fase A que tiene una potencia de 2,48 kW obtenemos el máximo THD tensión de 4,2% y en la fase B que alimenta a una carga de 8,44 kW obtenemos un THD tensión máximo de 2,4%, como se muestra en la Tabla 4.4. De forma similar observamos en el 2007 que la fase A con 2,9 kW (la fase con menor carga) de potencia genera un THD tensión máximo de 3,32%, el mayor valor de THD registrado en ese año.

**Tabla 4.4. Cuadro comparativo de THD de Tensión con las cargas**

AÑO DE REGISTRO	Fases	THD TENSION (%)			CARGA PROTEGIDA	
		Mín	Prom	Máx	KW	KVA
2006	A	3,8	4,2	4,3	2,48	4,5
	B	2,2	2,3	2,4	8,44	10,4
	C	3,6	3,8	3,9	6,09	8,1
2007	A	3,18	3,26	3,32	2,9	4,8
	B	2,37	2,43	2,48	10,7	13,2
	C	3,02	3,09	3,15	6,5	8,9

- Los THD de Tensión presentes a la salida del UPS en el 2008 a la actualidad, registraron valores promedios de 1,5% a 1,65%, y los valores máximos llegan hasta 1,9% que protegen al data center OPL. En ese año se implementaron los Módulos de Distribución de Energía (PDM) y se balancearon las cargas por fase, así mismo realizaron un mantenimiento integral de las instalaciones eléctricas que energizaban a dicho Data Center.

Adicionalmente se realizaron las mediciones de armónicos en el **Data Center LM**, cuya configuración de cargas es similar a OPL (ello debido a que los 2 Data Center's almacenan la misma información en forma instantánea), se representan en 2 grupos, resultando:

- Mediciones de LM Antigua **LMA** correspondiente al 2007, con los THD Tensión presentes a la salida del UPS, que protegen al Data Center, con UPS Mitsubishi con tecnología IGBT's en el Inversor registraron valores promedios de 1,8% a 2,2%; y los valores máximos (promedios) llegan hasta 3,7% de THD de tensión.
- Mediciones de LM actuales **LMB**, desde noviembre de 2008 hasta el 2009, que son los THD de Tensión presentes a la salida del UPS, registraron valores promedios de 0,7% y un valor máximo de 0,8% del THD de tensión. El UPS Mitsubishi de este data Center tiene tecnología mejorada con IGBT's en el Rectificador e Inversor.

1. Se elabora la Tabla 4.5 para poder comparar la disminución de los niveles de THD de tensión en el Data Center OPL con la evolución de tecnología y mejoras eléctricas que involucran la emisión de niveles de armónicos elevados.

**Tabla 4.5. Cuadro Comparativo de THD de Tensión de los Data Center's**

DATA CENTER	AÑO DE REGISTRO	THD TENSION (%)			UPS		CARGA PROTEGIDA	
		Mín	Prom	Máx	Tecnología	Potencia (KVA)	KW	KVA
OPL	2006	2.4	3.6	4.2	SCR y DIODOS	100	17	23
	2007	2.3	2.8	3.3	IGBT EN EL INVERSOR	100	20	27
	2008	1.5	1.6	1.8	IGBT EN EL INVERSOR	100	69	77
LM	2007	1.8	2.2	3.7	IGBT EN EL INVERSOR	300	165	176
	2008/2009	0.6	0.7	0.8	IGBT EN EL INVERSOR Y RECTIFICADOR	300	166	177

- Finalmente se adiciona los registros del Data Center LM con 2 escenarios bien diferenciados:
  1. Data Center estándar con tecnología e implementación eléctrica actual.
  2. Data Center con tecnología de punta, que tiene un Nivel Tier 3 Plus con la máxima protección de la energía eléctrica ante cualquier tipo de disturbios eléctricos dentro del cual destacan los THD de tensión y corriente; para tal fin se ha implementado dicho UPS, con transformadores de aislamiento de alto factor K, PDM's y monitoreos con medidores de energías permanentes.

## CONCLUSIONES

1. En el presente estudio se ha observado una importante reducción de armónicos a la salida del UPS que utiliza tecnología con IGBT's en comparación con la tecnología de SCR's (Rectificador Controlado de Silicio), por cuanto los IGBT's mejoran las características de conmutación y con ello permite a los UPS's el uso de la tecnología de Modulación por Ancho de Pulsos (PWM) creando una onda de salida prácticamente libre de distorsión sin filtro; La forma de onda de salida se puede usar para cargas no lineales ya que la tecnología PWM compensa los daños ocasionados por las armónicas asociada a este tipo de carga. Finalmente optimizando la onda de salida, en los Inversores, de acuerdo a la carga no lineal requerida se hace más eficiente incluyendo en la reducción de armónicos, como se comprueba con los últimos registros tomados en el Data Center LMB implementado con esta tecnología.
2. Con respecto a la implementación de equipos de protección eléctrica además del UPS contra disturbios eléctricos se comprueba su contribución a la ligera disminución de armónicos, Los siguientes equipos están instalados en el data center en estudio:
  - Transformadores de Aislamientos con factor K, para una primera protección básica de los armónicos y normalizar las tensiones de fase que energizaran a los UPS's. Así mismo se instalan en la Sala de Computo para realizar un filtrado final antes de alimentar las cargas críticas y de la misma forma realizan un filtrado básico para la emisión de armónicos de las mismas cargas críticas.
  - PDM's, que son integraciones de paneles de distribución con transformadores de aislamientos ubicados en distancias muy cercanas a las cargas críticas a proteger.
  - TVSS's para eliminar los transitorios ocasionados por el suministro y por las mismas cargas a proteger.
3. Una recomendación adicional para los centros de cómputo equipados con UPS's, con la tecnología descrita, y para los demás equipos mencionados, es el mantenimiento

preventivo periódico que según la experiencia adquirida y evaluación realizada se estimó de la siguiente forma:

- Mantenimiento integral por un periodo de 6 meses para los UPS's y equipos que integren el sistema eléctrico que los energiza, como son las subestaciones de MT y BT, transformadores de potencia, de aislamiento y de medición, tableros eléctricos, etc.
- Mantenimiento mensual para los UPS's, que consiste en limpieza exterior, verificación de valores de parámetros medidos por sus instrumentos de medición, registro de parámetros eléctricos del equipo, revisión de filtros y ventiladores, inspección, pruebas y registro de mediciones de tensión DC del Banco de Baterías.

A continuación se mencionan algunas actividades del mantenimiento realizado:

- ✓ Ajuste general de bornes.
- ✓ Limpieza total de equipo.
- ✓ Revisión de ventiladores.
- ✓ Revisión de panel digital o leds.
- ✓ Revisión de tarjeta madre y tarjeta de control.
- ✓ Revisión de pistas del circuito electrónico de tarjeta madre y de la tarjeta de control.
- ✓ Laqueado de tarjetas y componentes débiles.
- ✓ Cálculo matemático de autonomía de las baterías hasta la fecha.
- ✓ Calibración de parámetros del UPS mediante software si fuera necesario.
- ✓ Revisión de estado de las baterías desde el año de fabricación hasta la fecha.
- ✓ Medición total de parámetros de los equipos y tableros en uso.
- ✓ Evaluación del + - BUS.
- ✓ Evaluación del rectificador, chopper de batería, inversor y cargador de baterías.
- ✓ Medidas y calibración del voltaje de cargador.
- ✓ Prueba de descarga de las baterías por bancos y batería por batería.
- ✓ Engrasados de bornes de las baterías.
- ✓ Pruebas de los equipos en vacío y con carga.
- ✓ Evaluación y corrección de fases.
- ✓ Evaluación del neutro puesta a tierra.
- ✓ Evaluación y corrección del las tomas L+N L+GND N+GND.
- ✓ Prueba de compatibilidad del UPS, con el grupo electrógeno y la red comercial

## **ANEXO A**

DESCRIPCION ACTUAL DEL DATA CENTER OPL, por módulos.

DESCRIPCION ACTUAL DEL DATA CENTER OPL, con datos de corrientes.



## DESCRIPCION ACTUAL DE DATA CENTER OPL (Datos de corrientes)

**GENERALES**

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
<b>GENERAL</b>	3x 800	LLAVE GENERAL DE CENTRO DE COMPUTO	<b>152.2</b>	<b>116.9</b>	<b>132.8</b>
<b>PANEL "A"</b>	3x 125	LLAVE GENERAL DE PANEL A	37.6	9	35.8
<b>PANEL "B"</b>	3x 125	LLAVE GENERAL DE PANEL B	2	2	0.2
<b>PANEL "B"</b>	3x 125	LLAVE GENERAL DE PANEL B	2.7	2.3	0.5
<b>PANEL "C"</b>	3x 125	LLAVE GENERAL DE PANEL C	0.8	2.8	2
<b>PANEL "C"</b>	3x 125	LLAVE GENERAL DE PANEL C	16.3	2.3	15.9
<b>PANEL "D"</b>	3x 225	ENTRADA DE TRAF0 DE AISLAMIENTO	92.8	98.5	78.4
<b>PANEL "D"</b>	3x 125	SALIDA DE TRAF0 (LLAVE GENERAL DE PANEL D y E)	53	89.1	57
<b>PANEL "E"</b>	3x 125	LLAVE GENERAL DE PANEL E	26.2	25.8	10.5

**PANEL "A"**

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
<b>NUEVA</b>					
<b>GENERAL A</b>	3x 125				
A03	3x 30	REGATTAS1- FUENTE A	7	0	7.1
A06	3x 30	REGATTAS1- FUENTE B	7	0	6.8
A10	2x 30	MODEM CENTRAL TELEFONICA	0		0
A11	2x 20	TRAF0 1KVA RACK DE F.O. EMC	1.2		1.2
A12	2x 30	TRAF0 4KVA RACK EMC DMX1000 FUENTE A	15.8		15.8
A16	2x 30	TRAF0 4KVA RACK EMC CX500 FUENTE A		3.4	3.4
A17	3x 30	RACK 09	1.8	2.9	2.5
A18	3x 30	RACK 09	2.8	2.8	3.2

**PANEL "B"**

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
<b>NUEVA</b>					
<b>GENERAL B</b>	3x 125				
B01	2x 20	RACK C-01 ROBOT INTERVOICE NSP5000	1.8	1.8	
B02	3x 20	RACK C-10	0.2	0.2	0.2
B04	3x 20	RACK C-10	0	0	0
B05	2x 20	UNIDAD DE CONTROL DE TANDEM		0	0
B06	2x 30	NCR 3525	0	0	
B07	2x 20	RACK TELELIAISON GENIUS	0	0	

**PANEL "B"**

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
<b>NUEVA</b>					
<b>GENERAL B</b>	3x 125				
B11	3x 30	CIRCUITO DE PRUEBAS	0.2	0.2	
B14	3x 20	REGLETA ELECTRICA DEL REGATTAS 1	0.2		0.2
B20	2x 15	ADM TELEFONICO	1.1	1.1	
B28	2x 15	RACK UTP 5TO PISO	0.1		0.1
B31	2x 20	MONITOR DISCO TANDEM	0.2	0.2	
B37	3x 20	SERVIDORES DE RED 5TO PISO	0.4	0.3	0.1
B38	3x 30	TOMA RACK DE CONSOLAS	0.5	0.5	0.1

**PANEL "C"**

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
<b>NUEVA</b>					
<b>GENERAL C</b>	3x 125				
C01	2x 20	MULTIPLEXOR F.O. CISCO 15540	0.8	0.8	
C03	2x 20	MULTIPLEXOR F.O. CISCO 15540		1.5	1.5
C04	2x 20	RACK AS/400		0.5	0.5

## PANEL "C"

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
NUEVA					
GENERAL C	3x 125				
C13	0	ESPACIO LIBRE	0		
C14	3x 30	NUEVO HOST 2A	7	0.2	7.1
C15	3x 30	TVSS	0.2	0.2	0.2
C16	2x 20	MODEM DE ROBOT		0.2	0.2
C17	3x 30	NUEVO HOST 2B	7	0.3	7.2
C18	2x 20	PC CENTRAL TELEFONICA 5TO PISO	0.2	0.2	
C23	3x 20	DATACAR PISO 5	1.7	1	1.2
C24	2x 20	RACK DE CONSOLAS	0.2	0.2	

## TRAFIO DE AISLAMIENTO 75KVA, 220/380-220(3F,1N)

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
GENERAL IN	3x 125	ENTRADA DE TRAFIO	92.8	98.5	78.4
GENERAL OUT	3X 125	SALIDA DE TRAFIO	53	69.1	58.8

## PANEL "D"

LLAVE	ITM	DESCRIPCION	CORRIENTES		
			R	S	T
GENERAL D/E	3x 125	LLAVE PRINCIPAL DE PANEL "D" Y DE PANEL "E"			
D01	1x 20	RACK B-01		5.4	
D02	1x 20	RACK B-02	2.2		
D03	1x 20	RACK B-03			3.3
D04	1x 20	RACK B-04		2.7	
D05	1x 20	RACK B-05	2.4		
D06	1x 20	RACK B-06			3
D07	1x 20	RACK B-07		3.2	
D08	1x 30	RACK B-08	0.6		
D09	1x 30	RACK B-09			3.1
D10	1x 20	RACK B-10		1.3	
D11	1x 20	RACK A-10	1.6		
D12	1x 20	RACK A-04			1.5
D13	1x 20	RACK A-04		2.3	
D14	1x 20	RACK A-04	1.4		
D15	1x 20	RACK A-03			0.3
D16	1x 20	RACK A-02		0	
D17	1x 20	RACK A-02	2.1		
D18	1x 20	RACK A-02			0.7
D19	1x 20	RACK E-02		1.8	
D20	1x 20	RACK E-02	1.7		
D21	1x 20	RACK E-02			1.9
D22	1x 20	RACK E-02		1.7	
D23	1x 20	RACK E-02	0		
D24	1x 20	RACK E-01			2
D25	1x 20	RACK A-04		0.3	
D26	1x 20	RACK A-04	0.3		
D27	1x 20	RACK C-06			0.3
D28	1x 20	RACK C-06		0.6	
D29	1x 20	RACK C-07	1.7		
D30	1x 20	RACK C-07			1.7
D31	1x 20	RESERVA - RACK C-10		4.5	
D32	1x 20	RESERVA - RACK C-10	0.3		
D33	1x 20	VTS 3494/B18			10.4
D36	1x 30	CINTAS DE TANDEM Fuente "A"			3.4
D37	1x 30	CINTAS DE TANDEM Fuente "B"		3	
D38	1x 30	CONSOLA DE TANDEM PC	0.3		

## PANEL "D"

D40	1x 30	CONSOLA DE IBM RS/6000	0.3		
D41	1x 20	RACK C-08			7.3
D42	1x 20	RACK C-08		5.9	
D45	1x 20	MULTIPLEXOR F.O. IBM 2029 Fuente "A"		2.2	
D46	1x 20	RACK C-03	3		
D47	1x 20	RACK C-04			0.9
D48	1x 20	CONSOLA IBM Regleta Electrica		0.6	
D49	1x 20	MULTIPLEXOR F.O. IBM 2029 Fuente "B"	2.2		
D50	1x 20	RACK C-04			1.8
D51	1x 20	RACK C-05		2.3	
D52	1x 20	RACK A-08	4		
D53	1x 20	RACK A-08			0.3
D54	1x 20	RACK A-08		0.3	
D55	1x 20	RACK A-07	1.2		
D56	1x 20	RACK A-07			1.6
D57	1x 20	RACK A-07		1.1	
D58	1x 20	RACK A-06	1.3		
D59	1x 20	RACK A-06			0.3
D60	1x 20	RACK A-06		0.3	
D61	1x 20	RACK A-05	1.2		
D62	1x 20	RACK A-05			1.9
D63	1x 20	RACK A-05		1.6	
D64	1x 20	RACK E-03	0.3		
D65	1x 20	RACK E-03			0.6
D66	1x 20	RACK E-03		0.4	
D67	1x 20	ROBOT IBM3494 Modulo 1	1.4		
D68	1x 20	ROBOT IBM3494 Modulo 2			3.1
D69	1x 20	ROBOT IBM3494 Modulo 3		2.2	
D70	1x 20	RESERVA	0		
D71	3x 30	TVSS	0	0	0
D72	1x 20	RESERVA		0.4	
D73	1x 20	TANDEM 3650 Fuente "A"	1.5		
D74	1x 20	TANDEM 3650 Fuente "B"			1.2
<b>GENERAL E</b>	<b>3x 125</b>	<b>LLAVE PRINCIPAL DE PANEL "E"</b>			
E01	1x 20	RACK SWICHT'S F.O. EMC'S	0.4		
E02	1x 20	EQUIPOS AUXILIARES EMC'S		0.4	
E03	1x 20	PC CONSOLA MUX NORTEL			0.2
E04	1x 20	TANDEM HP - BJ14	2.2		
E05	1x 20	TANDEM HP - BJ14		2.5	
E06	1x 20	RACK A-07			2.1
E07	1x 20	RACK A-07	1.4		
E08	1x 20	SRV. NVIDIA 3		5	
E09	1x 20	ROBOT IBM 3494			0.5
E10	1x 20	ROBOT IBM 3494	0.9		
E11	1x 20	RACK E-11		0.5	
E22	3x 30	EMC SYMMETRIX 1	0.8	2.8	0.7
E27	1x 20	DATANODE "OP Salida Trafo"			0.3
E28	1x 30	EMC DMX1000 MIRR (CLAYRON)	3.2		
E29	1x 30	EMC CX500 (SYMETRY)		0.3	
E30	1x 30	MUX NORTEL			1.6
E31	1x 30	MUX NORTEL	1		
E32	1x 30	RACK C-10		0.7	
E33	1x 30	RACK C-10			4.8
E37	3x 30	EMC SYMMETRIX 1 Fuente "B"	2.8	2.8	0
E38	3x 30	EMC SYMMETRIX 2 Fuente "A"	3.4	3.5	0
E39	3x 30	EMC SYMMETRIX 2 Fuente "B"	3.3	0	3.3
E40	3x 30	EMC SYMMETRIX 3 Fuente "A"	2.5	2.5	0
E41	3x 30	EMC SYMMETRIX 3 Fuente "B"	2.5	2.5	0

**DESCRIPCION ACTUAL DE DATA CENTER OPL**

MODULO	LLAVE	MODULO	CIRCUITO	NUEVO NOMBRE DE CIRCUITO	
<b>SUB-TABLERO DE COMPUTO DE RESPALDO (MODULO #1 Inferior)</b>	3x30	<b>TABLERO " A "</b>	A-03	REGATTAS 1, Fuente " A "	
	3x30		A-05	DISCO 2, SHARK ESS-Fuente " A "	
	3x30		A-06	REGATTAS 1, Fuente " B "	
	3x30		A-07	DISCO 2, SHARK ESS-Fuente " B "	
	2x30		A-10	MODEM CENTRAL TELEFONICA	
<b>SUB-TABLERO DE CARGAS ADICIONALES (Modulo #2 Superior)</b>	2x20	<b>TABLERO " B "</b>	B-01	RACK C-01, ROBOT INTERVOICE NSP 5000	
	2x20		B-05	UNIDAD DE CONTROL DE TANDEM	
	2x30		B-06	NCR 3525 Serv. BCP SP	
	2x20		B-07	RACK TELELIAISON GENIUS	
	3x30		B-08	DISCO 1, SHARK ESS-Fuente " A "	
	3x30		B-09	DISCO 1, SHARK ESS-Fuente " B "	
<b>SUB-TABLERO DE COMUNICACIONES (MODULO #2 Inferior)</b>	2x15		B-11	CIRCUITO DE PRUEBAS	
	3x30		B-12	MICROONDAS, (PISO 10)	
	2x15		B-14	REGLETA ELECTRICA DEL "REGATTAS 1"	
	2x15		B-20	ADM TELEFONICO	
	2x15		B-28	RACK UTP, 5TO PISO	
	2x15		B-29	UNIDAD DE CONTROL DE ASITENCIA	
	2x20		B-31	MONITOR DISCO SHARK ESS	
	3x20		B-37	SERVIDORES DE RED, 5TO PISO	
	3x30	B-38	UNIDAD DE CONTROL 3745		
<b>SUB-TABLERO RESERVA (Modulo #3 Superior)</b>	2x20	<b>TABLERO " C "</b>	C-01	MULTIPLEXOR DE F.O., CISCO 15540 Fuente "A"	
	2x20		C-03	MULTIPLEXOR DE F.O., CISCO 15540 Fuente "B"	
	2x20		C-04	AS/400 IBM	
	3x50		C-10	HOST IBM, Fuente "A"	
	3x50		C-12	HOST IBM, Fuente "B"	
<b>SUB-TABLERO EDIFICIO MELCHOR MALO (Modulo #3 Inferior)</b>	3x30		C-14	TVSS 220-380/220	
	2x20		C-15	MODEM DE ROBOT	
	2x20		C-17	PC.CENTRAL TELEF. 5TO PISO	
	3x40		C-18	SERVIDORES UNISYS/CANJE 4TO PISO	
	3x60		C-22	DATA CARD 5TO PISO	
	2x20		C-23	RACK DE CONSOLAS	
<b>SUB-TABLERO DE TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO (Modulo #4)</b>	1X20		<b>TABLERO " D "</b>	D-01	RACK B-01
	1X20			D-02	RACK B-02
	1X20			D-03	RACK B-03
	1X20	D-04		RACK B-04	
	1X20	D-05		RACK B-05	
	1X20	D-06		RACK B-06	
	1X20	D-07		RACK B-07	
	1X30	D-08		RACK B-08	
	1X30	D-09		RACK B-09	
	1X20	D-10		RACK B-10	
	1X20	D-11		RACK A-10	
	1X20	D-12		RACK A-04	
	1X30	D-13		RACK A-04, Fuente "B" Dist1	
	1X30	D-14		RACK A-04, Fuente "A" Dist1	
	1X30	D-15		RACK A-03	
	1X30	D-16		RACK A-02, Fuente "B" Core1	
	1X30	D-17		RACK A-02, Fuente "A" Core1	
	1X30	D-18		RACK A-02	
	1X30	D-19		RACK E-02	
	1X30	D-20		RACK E-02	
	1X30	D-21		RACK E-02	
	1X30	D-22		RACK E-02	
	1X30	D-23		RACK E-02	
	1X30	D-24		RACK E-01	
	1X30	D-25		RACK A-04, ROUTER CONTINGENCIA 130	
	1X30	D-26		RACK A-04, ROUTER CONTINGENCIA 130	
	1X30	D-27		RACK C-06, COMEX H70 Fuente "A"	
	1X30	D-28		RACK C-06, COMEX H70 Fuente "B"	
	1X30	D-29		RACK C-07, IBM RS/6000 Fuente "A"	
	1X30	D-30		RACK C-07, IBM RS/6000 Fuente "B"	
	1X30	D-31		RACK C-09, RACK HP Fuente "A"	
	1X30	D-32		RACK C-09, RACK HP Fuente "B"	
1X30	D-33	VTS 3494/B18			
1X20	D-36	CINTAS DE TANDEM, Fuente "A"			

**DESCRIPCION ACTUAL DE DATA CENTER OPL**

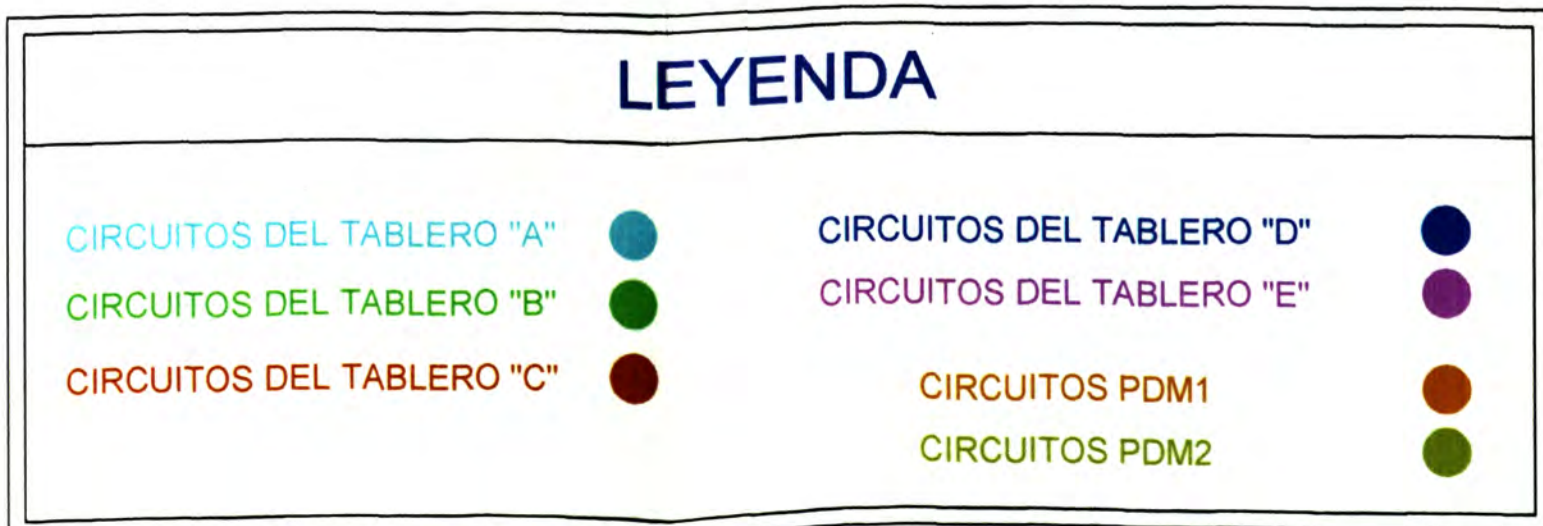
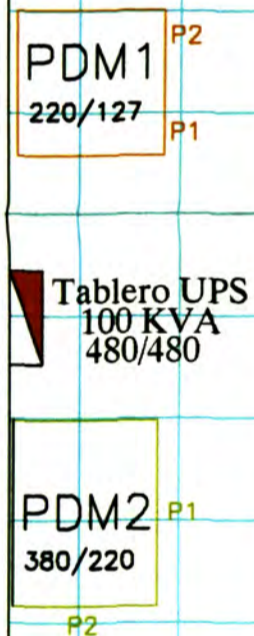
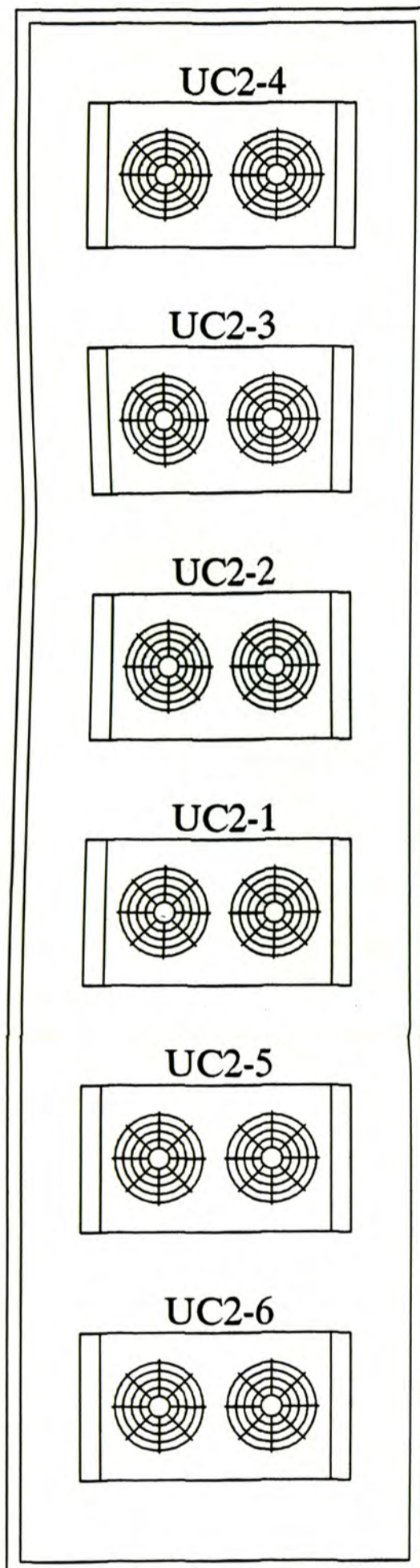
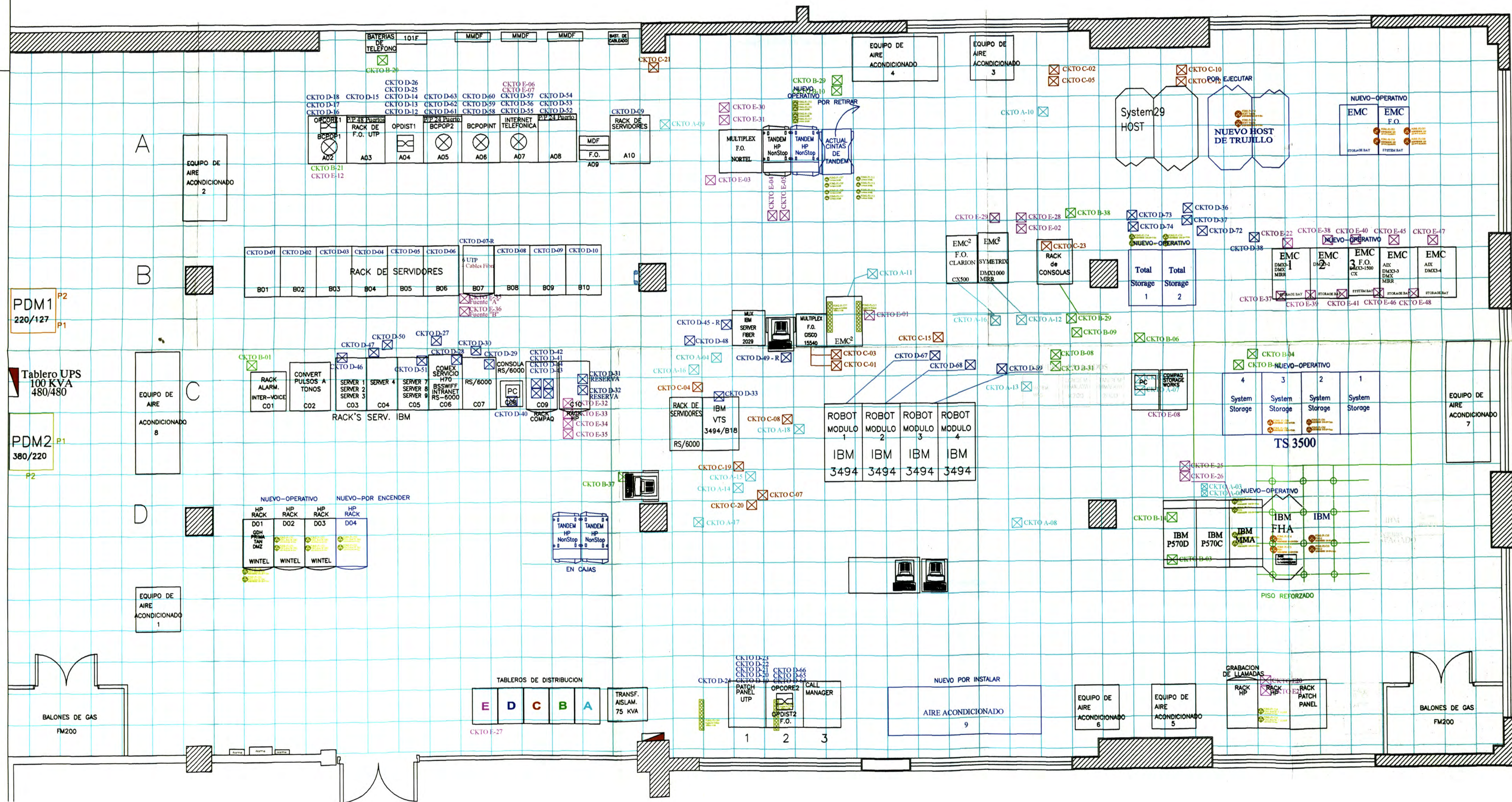
MODULO	LLAVE	MODULO	CIRCUITO	NUEVO NOMBRE DE CIRCUITO
<b>SUB-TABLERO DE TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO (Modulo #4)</b>	1X20	<b>TABLERO " D "</b>	D-37	CINTAS DE TANDEM, Fuente "B"
	1X20		D-38	CONSOLA DE TANDEM, PC
	1X20		D-40	CONSOLA DE IBM RS/6000
	1X30		D-41	RACK C-08
	1X30		D-42	RACK C-08
	1X30		D-43	RESERVA
	1X30		D-44	RESERVA
	1X30		D-45	MULTIPLEXOR F.O. IBM 2029, Fuente "A"
	1X30		D-46	RACK C-03
	1X20		D-47	RACK C-04
	1X20		D-48	CONSOLA IBM
	1X20		D-49	MULTIPLEXOR F.O. IBM 2029, Fuente "B"
	1X20		D-50	RACK C-04
	1X20		D-51	RACK C-05
	1X20		D-52	RACK A-08
	1X20		D-53	RACK A-08, IP VPN, Fuente "A"
	1X20		D-54	RACK A-08, IP VPN, Fuente "B"
	1X20		D-55	RACK A-07
	1X20		D-56	RACK A-07, BCP OP1, Fuente "B"
	1X20		D-57	RACK A-07, BCP OP1, Fuente "A"
	1X20		D-58	RACK A-06, Reserva
	1X20		D-59	RACK A-06, Reserva
	1X20		D-60	RACK A-06
	1X20		D-61	RACK A-05
	1X20		D-62	RACK A-05, BCP OP2, Fuente "A"
	1X20		D-63	RACK A-05, BCP OP2, Fuente "B"
	1X20		D-64	RACK E-03
	1X20		D-65	RACK E-03
	1X20		D-66	RACK E-03
	1X20		D-67	ROBOT, MODULO "?"
	1X20		D-68	ROBOT, MODULO "?"
	1X20		D-69	ROBOT, MODULO "?"
	3x30		D-71	TVSS
1X20	D-73	TANDEM 3650, Fuente "A"		
1X20	D-74	TANDEM 3650, Fuente "B"		
<b>SUB-TABLERO DE TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO (MODULO #5)</b>	1X20	<b>TABLERO " E "</b>	E-04	TANDEM HP- 2 Tomac de torsión
	1X20		E-05	TANDEM HP- 2 Tomac de torsión
	1X20		E-27	DATANODE "OP Salida Trafo"
	1X30		E-28	RESERVA
	1X30		E-29	RESERVA
	1X30		E-30	RESERVA
	1X30		E-31	RESERVA
	1X30		E-32	RESERVA
	1X30		E-33	RESERVA
	1X30		E-34	RESERVA
	1X30		E-35	RESERVA
	1X30		E-36	RESERVA
	1X30		E-37	RESERVA
	1X30		E-38	RESERVA
	1X30		E-39	RESERVA
	1X30		E-40	RESERVA
	1X30		E-41	RESERVA
1X30	E-42	RESERVA		
1X30	E-43	RESERVA		
1X30	E-44	RESERVA		

## **ANEXO B**

**PLANO CON LA DISTRIBUCION DE EQUIPOS, en la sala del Data Center.**

**PLANO UNIFILAR DEL CIRCUITO ELÉCTRICO, que energiza el Data Center.**

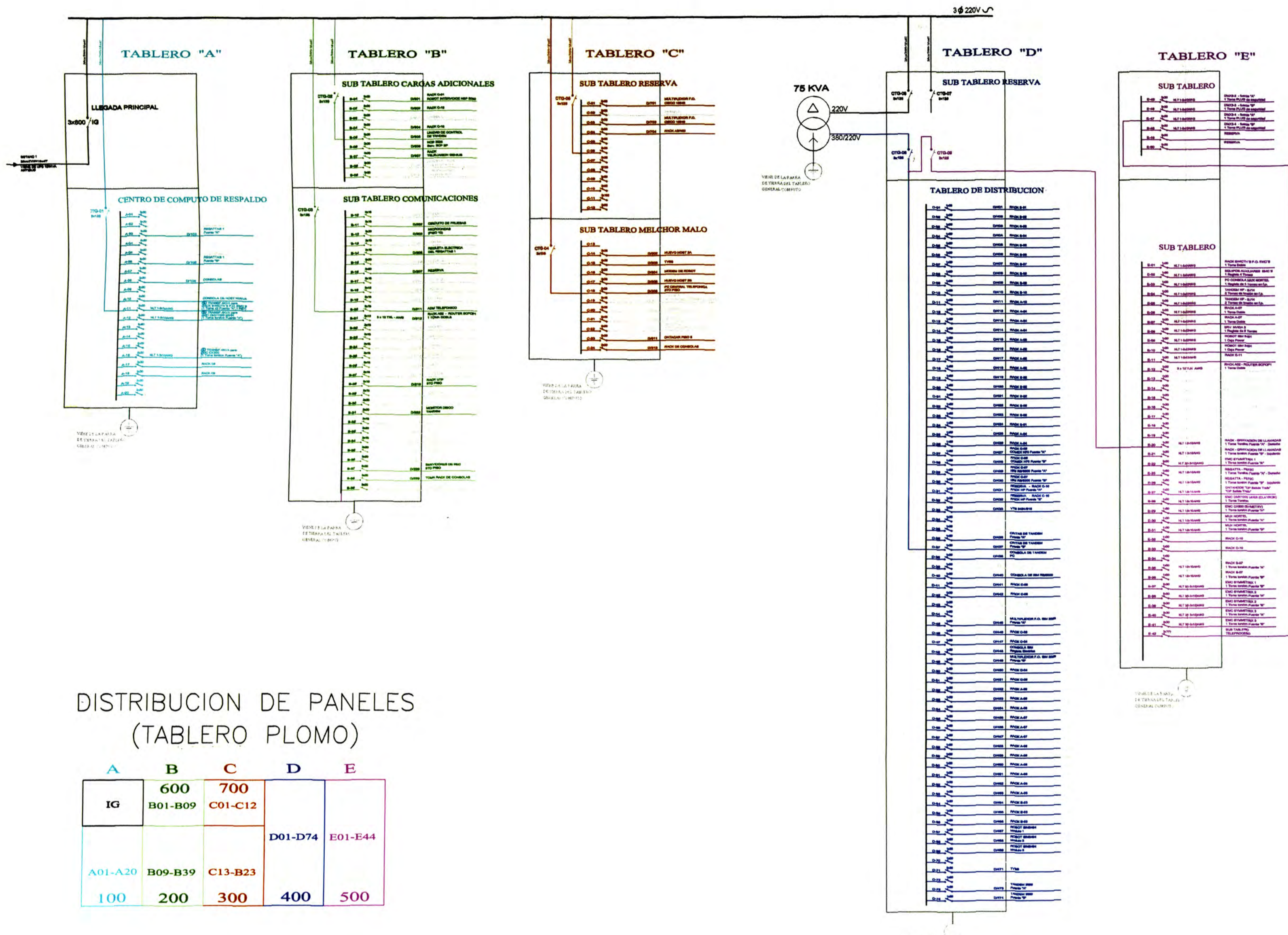
**DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL CENTRO COMPUTO LM, Actual**



ENTIDAD BANCARIA DEL PERU

	PLANO: CENTRO COMPUTO - OPL	LAMINA: CC-2
	REFERENCIA: DISTRIBUCION ELECTRICA	
DIBUJADO: CARLOS PEREZ	REVISADO: LS/TP	ARCHIVO: CAD 2006
	FECHA: ABRIL 09	ESCALA: 1/50

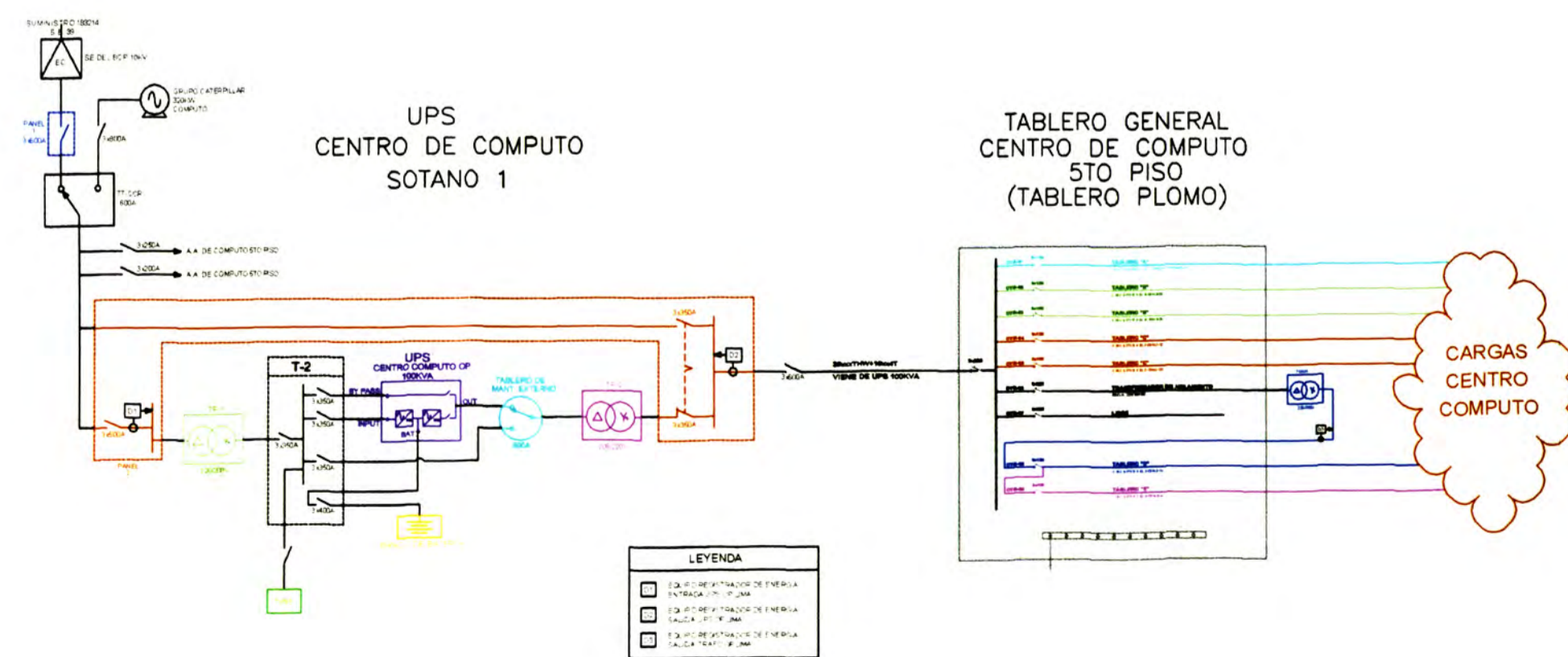
PLANO UNIFILAR DE CARGAS DE C.COMPUTO (PANELES PLOMOS) – QUINTO PISO



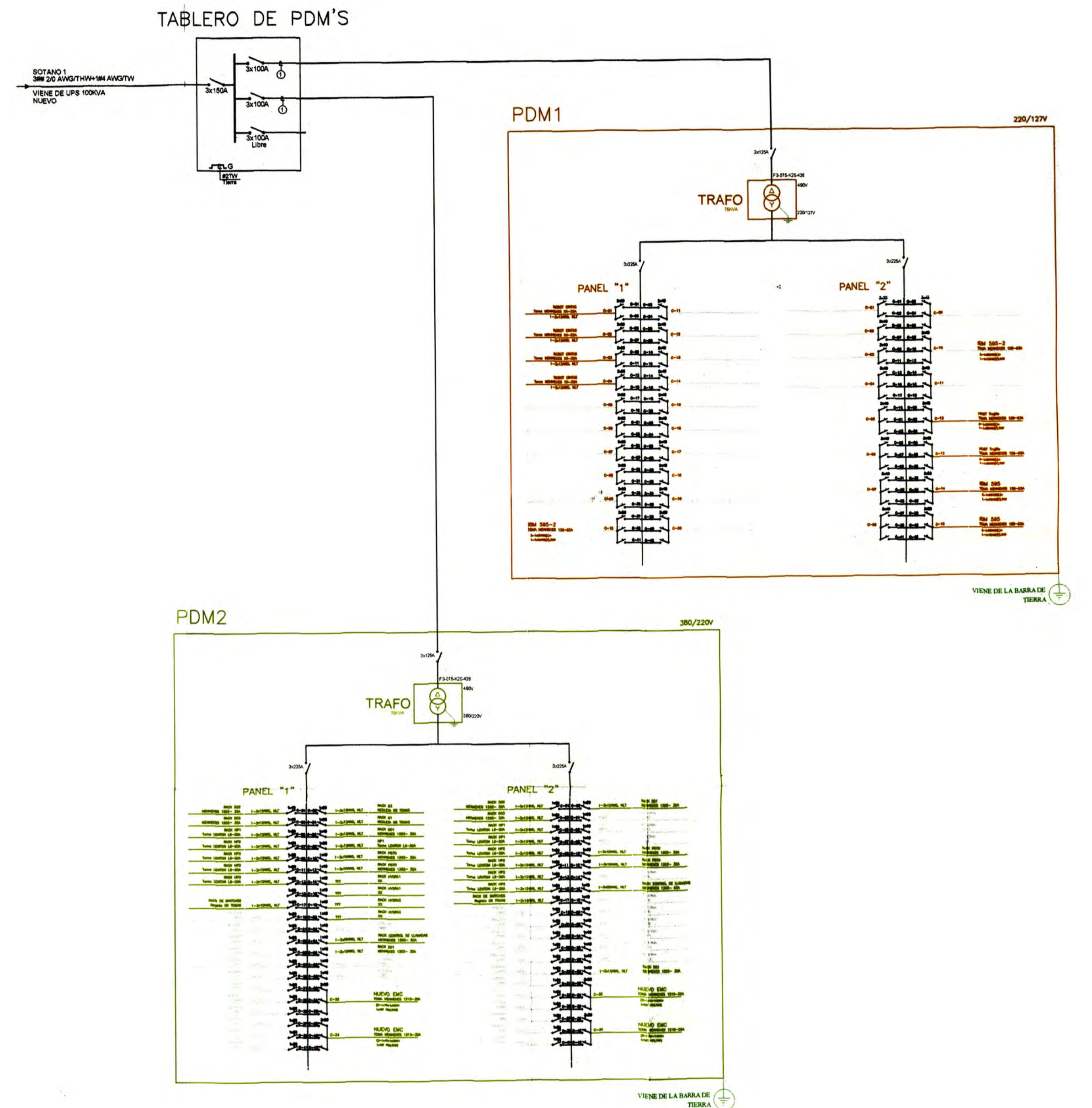
DISTRIBUCION DE PANELES (TABLERO PLOMO)

A	B	C	D	E
IG	600	700		
	B01-B09	C01-C12		
			D01-D74	E01-E44
A01-A20	B09-B39	C13-B23		
100	200	300	400	500

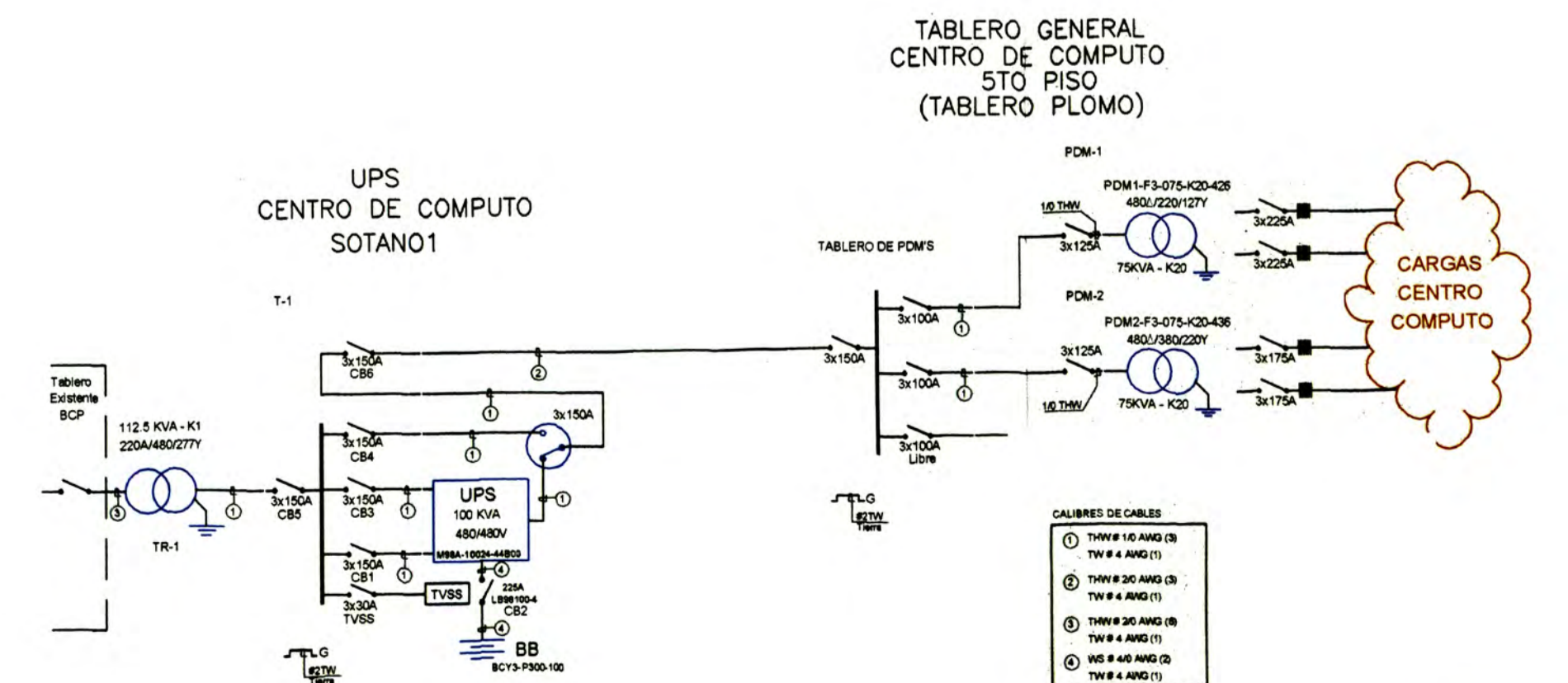
PLANO UNIFILAR DE UPS CENTRO DE COMPUTO OPL (100KVA) SOTANO HACIA C. COMPUTO QUINTO PISO



PLANO UNIFILAR DE CARGAS DE C.COMPUTO (NUEVOS PDMs) – QUINTO PISO



PLANO UNIFILAR DE UPS CENTRO DE COMPUTO OP\_LIMA (100KVA) – NUEVO SOTANO HACIA C.COMPUTO QUINTO PISO







## **ANEXO C**

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UPS INSTALADO EN DATA CENTER  
CONFIGURACION GENERAL DEL SISTEMA DE UPS DEL DATA CENTER  
CONFIGURACION ELECTRICA DEL SISTEMA DE UPS DEL DATA CENTER

# ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UPS INSTALADO EN DATA CENTER

## 1.1 RESUMEN

Esta especificación describe un trabajo continuo de tres fases, en on-line, de estado sólido, de un sistema ininterrumpido de energía (UPS), el cual utilizará el sistema de distribución de energía existente para proporcionar una alta calidad y reservar una fuente de energía para una carga de equipamiento electrónico. El sistema estará compuesto por un rectificador, sistema (banco) de batería, inversor de estado sólido, circuito de transferencia a Bypass estático automático y circuito Bypass para mantenimiento integral.

## 1.2 ESTÁNDAR

El UPS ha sido diseñado de acuerdo y cumpliendo con las normas siguientes;

1. UL 1778 (Underwriter Laboratories) estándar para equipos UPS.
2. La CSA 22,2 (Canadiense Standards Association – cUL Equipos).
3. IEC (Comisión Internacional Electro-técnica) Normas de convertidor por semiconductores.
4. El IEEE 587, ANSI C62.41 1980 Standard para fuentes de superior Capacidad.
5. ISO 9001 programa de aseguramiento de calidad.

## 1.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 1.3.1 Componentes

El sistema de UPS se compondrá de los principales siguientes equipos;

#### A. Módulo de UPS.

1. INVERSOR con transistor bipolar de compuerta aislada (IGBT).
2. RECTIFICADOR con Puente de Diodos + IGBT DC/DC.
3. Procesador de señal Digital (DSP) utilizando la modulación por ancho de pulso Modulación (PWM) para todas las funciones de monitoreo y control del UPS.
4. Interruptor de Bypass estático dimensionado para activarse en casos de fallas.
5. 65KA de capacidad de ruptura (opción).

#### B. Banco de baterías.

#### C. Dispositivo para proteger y desconectar las baterías.

#### D. Interruptor de Bypass para mantenimiento.

#### E. Panel de alarma de estado remoto (opcional).

### 1.3.2 Modo de Operación

El UPS deberá estar diseñado para funcionar continuamente a plena capacidad como on-line, con sistema de transferencia inversa automática en los siguientes modos;

- A. Normal - El inversor continuamente proporciona alimentación eléctrica a la carga crítica. El rectificador convierte una fuente de alimentación AC utilizada a energía DC regulada que sirve como entrada al inversor y, simultáneamente, como entrada a una carga flotante para el cargador de baterías.
- B. Emergencias - En caso de falla de la energía AC utilizada, el inversor deriva su entrada hacia el banco de batería, por lo tanto, proporcionando energía ininterrumpida para la carga crítica. Esta transición deberá llevarse a cabo sin ningún cambio o acoplamiento y sin interrupción de energía hacia la carga crítica ya sea ante una falla o la restauración de la energía AC utilizada.
- C. Recarga - Posterior al restablecimiento de la alimentación eléctrica utilizada, el rectificador será automáticamente reactivada y proporcionara energía DC para el inversor, simultáneamente recargará el banco de baterías. Esto se produce automáticamente y sin interrupción a la carga crítica.
- D. Bypass - En caso de que el UPS pase a fuera de servicio debido a una condición de sobrecarga o falla de UPS, se transferirá la carga crítica a la fuente Bypass a través de un interruptor estático sin interrupciones de energía AC a la carga crítica. En paralelo, un contactor engrapado se utilizará para mantener la fuente de bypass. El interruptor estático sólo será utilizado para las transferencias automáticas de emergencias. Una re-transferencia de Bypass a inversor deberá ser realizada automáticamente en condiciones de sobrecarga. Una re-transferencia deberá ser impedida si la sincronización satisfactoria del inversor y Bypass no se logra. El uso

del interruptor estático no será necesario durante el manual o la re-transfer automático en proceso, por lo tanto, aumenta la fiabilidad.

- E. Bypass por mantenimiento – El sistema de UPS deberá estar equipado con un MBS externos a permitir mantenimiento seguro y confiable del UPS. El MBS será de la Interrupción después de realizarlo, tip “energía cero” para garantizar la fiabilidad de carga máxima y seguridad personal.

## 2.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

### 2.1.1 Capacidad de salida del UPS

El módulo de UPS de series de 9800A es disponible en los tamaños siguientes:

kVA kW

100 80

150 120

225 180

300 270

375 337.5

500 450

750 675

Módulo de UPS salida capacidades están en conformidad con los siguientes factores de poder:

A. 100 kVA ~ 225 kVA 0,8 pf rezagado

B. 300 KVA ~ 750 kVA 0,9 pf rezagado

### 2.1.2 Capacidad de baterías

R. Tiempo de descarga de voltaje total: \_\_\_\_ minutos a carga completo, 25 grados C (77 grados F).

### 2.1.3 Entrada de CA

A. Tensión de entrada nominal: 480V.

B. Número de fase: fase 3, 3 alambre, Además de tierra.

C. Rango de voltaje: + 15 %, -15 %.

D. Frecuencia y rango: 60 Hz +/-5 %.

E. Tiempo de cambio de potencia: 10 segundos (0 a 100 % de carga).

F. Factor de potencia de:

1. 0,98 conduciendo típico al 100 % de carga.

2. 0,90 conduciendo típico en el 50 % de carga.

Entrada total actual reflejado g. distorsión armónica (THD):

1. 6 % típico a 100 % de carga.

2. 9 % típica a 50 % de carga.

### 2.1.4 Entrada de bypass

A. Voltaje nominal de entrada: 480V, 600V.

B. Número de fases: 3 fases, alambre de 4.

C. Rango de voltaje de sincronización: +/-10 % del nominal.

D. Rango de seguimiento de frecuencia: 60 Hz +/-5 % máximo.

(rango de sincronismo Bypass seleccionable del 1 % al 5 % con incremento de 1 %)

### 2.1.5 Salida de AC

A. Tensión nominal de salida: 480V/277V, 600V/346V.

B. Número de fase: fase 3, 4 alambre, Además de tierra.

C. Regulación de tensión dinámica nominal: +/-1 % para carga desbalanceada.

D. Voltaje de salida ajustable manualmente: rango de +/-5 %.

E. Respuesta transitoria de tensión:

1. Paso 100 % de carga: +/-2 %.

2. Pérdida o devolución de la entrada de AC: +/-1%.

3. Retransferencia de Bypass a inversor: +/-5 %
- F. Frecuencia (inversor sincrónico): 60 Hz (hace un seguimiento de frecuencia de fuente de bypass estático).
- G. Libre ejecución de frecuencia de salida (en batería o asincrónica): 60 Hz +/-0,05 %.
- H. Bajo rango de frecuencia (inversor sincronizado para bypass estático): 1 Hz a 10 Hz/segundo (seleccionable).
- I. Distorsión armónica de Tensión de salida:
1. 2 % máximo al 100 % carga lineal.
  2. 5 % máximo en 100 % de carga no lineal.
- (Factor de potencia de carga gama de 0,7 quedando a 1.0 dentro de calificación de kW de UPS.)
- J. Desplazamiento del ángulo de fase de voltaje:
1. +/-1 grado para 100 % carga equilibrada.
  2. +/-3 grado para 100 % carga desequilibrado.
- K. Sobrecargar capacidad:
1. 105 a 125 % para 10 minutos (Reglamento de la tensión mantenido).
  2. 125 a 150 % para el 1 de minuto (Reglamento de la tensión mantenido).

#### 2.1.6 Entrada de DC y la batería

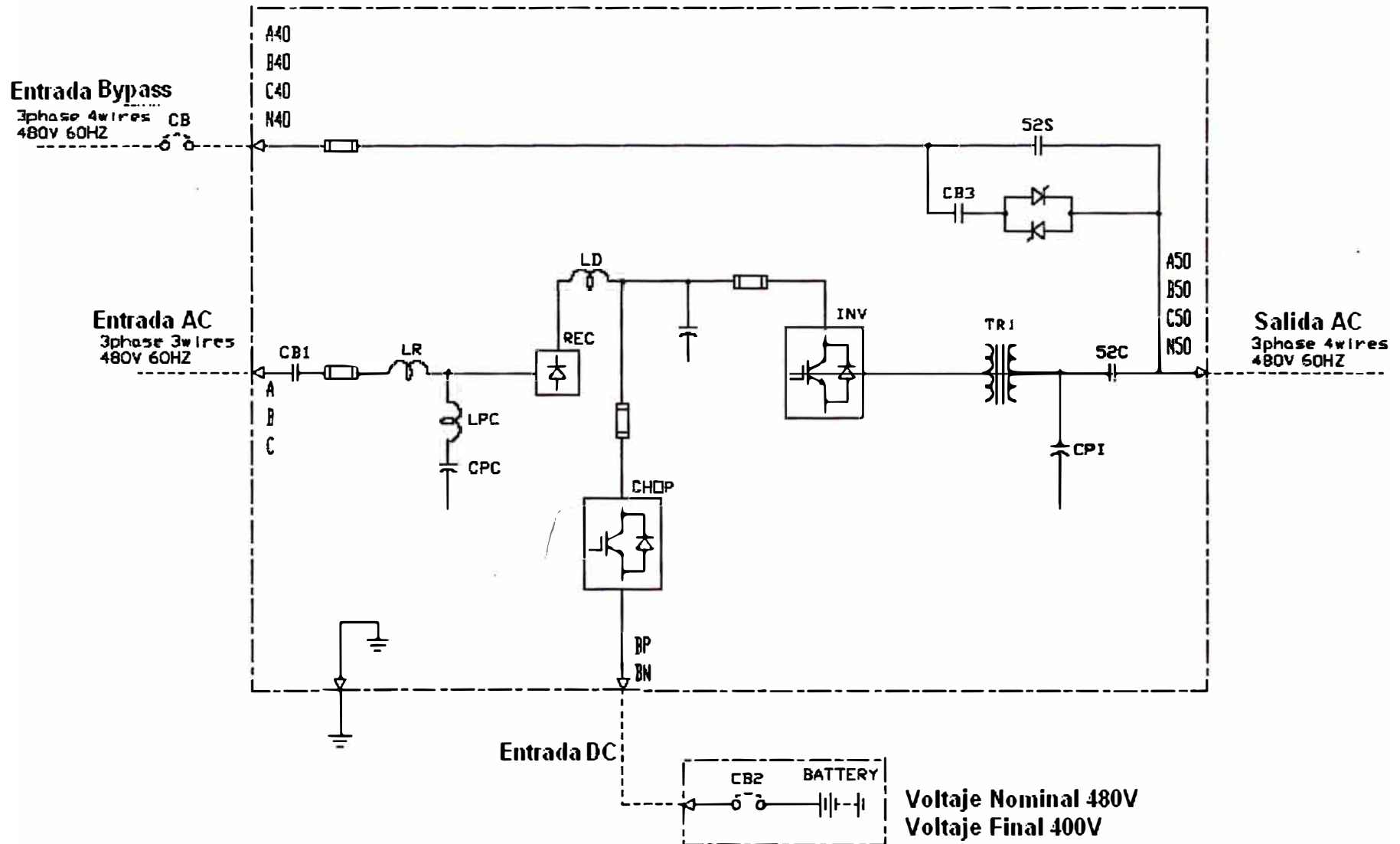
1. Tensión: 480V DC nominal, 400V DC mínimo.
  2. Onda de voltaje (funcionamiento normal): menos del 2 % de DC voltaje.
- A. El banco de baterías será dimensionado para el inversor cuando ésta suministre al UPS al 100 % de su carga.
- B. Cada banco de baterías incluirá un interruptor 600V DC para desconectar el módulo de la entrada DC del UPS. El interruptor tiene relés y está unido a un módulo de control del UPS para evitar incorrecta secuencia de apertura/cierre.
- C. El banco de baterías opera en un medio ambiente a temperatura de 25 ° C, con excursiones de 16 ° C a 32 ° C y deberán ser:
- Voltaje flotante: 545V DC (2,25 a 2.27 V/Cell)
  - Voltaje final: 400V DC (1,67 V/celular)

#### 2.1.7 Eficiencia

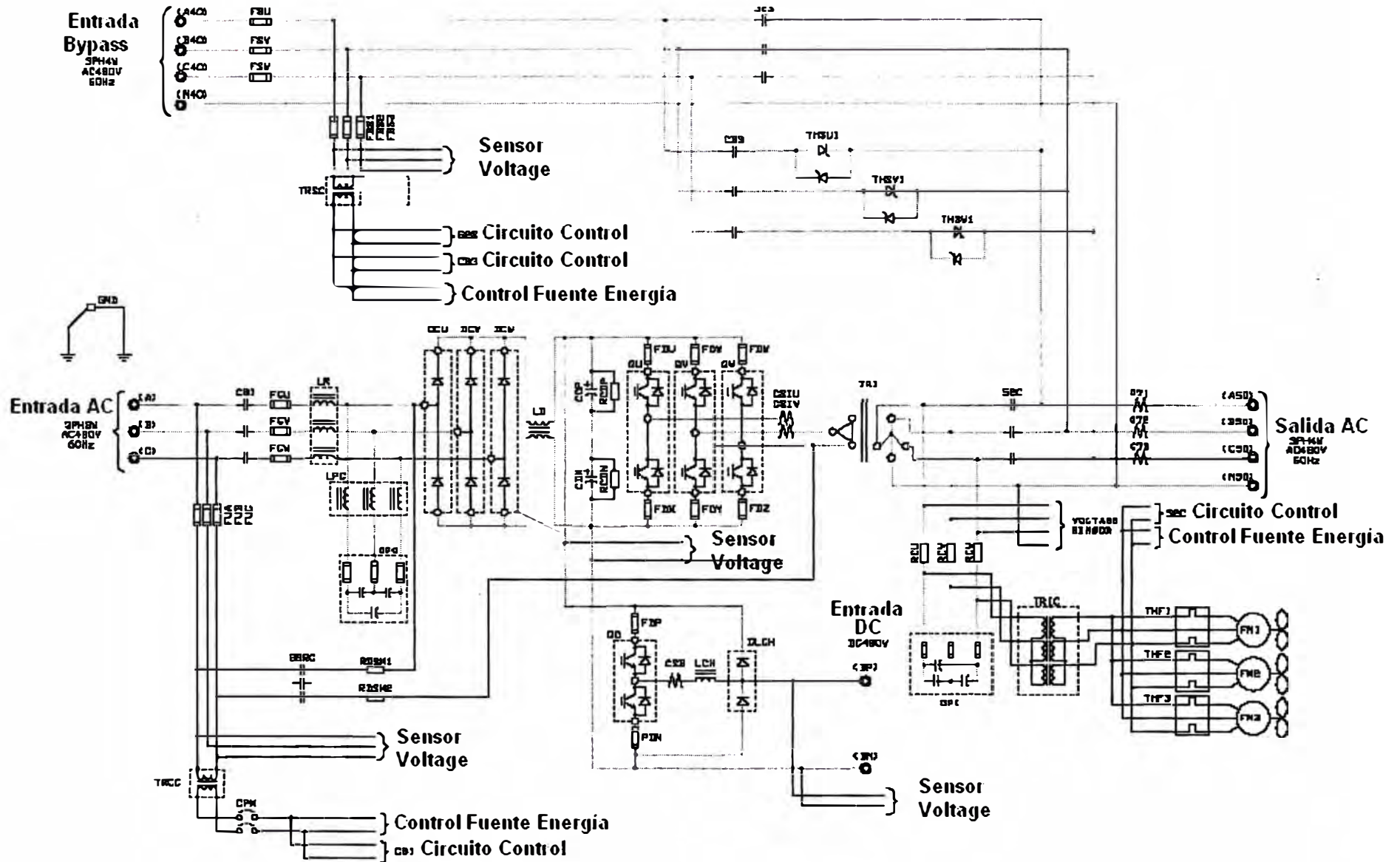
UPS Módulo Capacidad (KVAva)	batería a la AC (100 % De carga)	AC para AC (100 % De carga)
100	0.935	0.935
150	0.935	0.935
225	0.930	0.930
300	0.935	0.935
375	0.935	0.935
500	0.940	0.940
750	0.940	0.940

# CONFIGURACION GENERAL DEL UPS INSTALADO EN EL DATA CENTER

300 kVA 270 KW UPS



# CONFIGURACION ELECTRICA DEL SISTEMA DE UPS DEL DATA CENTER



## **ANEXO D**

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EPQ DATA NODE SERIES  
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SERIES 5500 INFO NODE  
REGISTRO DE TABLA DE RESUMEN DEL DATA NODE



## Especificaciones técnicas del EPQ Data Node Series

<b>DataNode Specifications</b>	<b>5530 / 5520 / 5513 / 5510</b>
<b>Inputs</b>	
<b>Voltage</b>	
#V channels	4
V range (RMS)	5-600
V accuracy $\pm 0.2\%$ reading,	$\pm 0.2\%$ full scale
Sample rate	Max 384 samples/cycle (128 s/c + dual peak detectors for 5510T, 5513T, 5520T, 5530T), phase locked
Input type	(for 5530) Single Ended, DC coupled with 5531 V Pod (for 5520 and 5536 V Pod) Differential, DC coupled
Input impedance	(for 5530) 2 Mohm to ground (for 5520 and 5536 V Pod) 8 Mohm to ground
CMMR	-80 dB
Connection Type	(for 5510/5530) External Module w/screw terminals (for 5520) Removable Screw Terminal Blocks (for 5513) Plug-in connection
RMS Update	1/2 cycle steps
RMS Compression	on long duration RMS events, 3 stages
#Waveforms	0-7 Pre-, 16-Before Post-
<b>Current</b>	
#I channels	4
I range (RMS) nominal	5A
I range peak	5x with 5532 pod, 20x with 5533
I accuracy	$\pm 0.2\%$ reading, $\pm 0.2\%$ full scale
RMS Sample rate	Max 384 samples/cycle (128 s/c + dual peak detectors for 5510T, 5513T, 5520T, 5530T), synchronous with corresponding voltage channel
CMMR	-80 dB
Connection Type	(for 5510/5530) External Module w/ 3/8" Toroid, #12 AWG wire (for 5520 and 5537 A Pod) Removable Screw Terminals, #10 Block (for 5513) Plug-in connection
RMS Update	1/2 cycle steps
#Waveforms	0-7 Pre-, 16-Before Post-
Phase shift V&I	0 degrees
<b>Voltage Transients</b>	
PLL Synchronization	Yes
Zero crossing sample synchronization	Yes
V transient peak	$\pm 50-1000V_{pk}$
V transient min duration	1 $\mu$ sec for less than -3db
Trigger techniques	Dual hi freq. peak detectors, waveshape, and instantaneous or crest peak
Update rate @60Hz	130 $\mu$ sec
<b>Current Transients</b>	
I transient	Yes
I transient peak	10-300% CT FS
I transient duration	1 $\mu$ sec for less than -3db
Update rate @60Hz	130 $\mu$ sec
Trigger techniques	Dual hi freq. peak detectors, instantaneous or crest peak

**DataNode Specifications (continued)****5530 / 5520 / 5513 / 5510****Parameters**

W (phases plus total)	Yes
VAR (phases plus total)	Yes
True PF (phases plus total)	Yes
VA (phases plus total)	Yes
Demand (total)	Yes
Projected Demand (total)	Yes
Energy (total)	Yes
Displacement PF (phases)	Yes
K factor	Yes
TIF	Yes
TDD	Yes
TID	Yes
TDF	Yes
V & I Imbalance	Yes (positive, negative and zero sequence)
Revenue Certified (ANSI C12.1)	Option
V Harmonics	50th
Update rate	200 msec windows, 5 seconds typ
I Harmonics	50th
Update rate	200 msec windows, 5 seconds typ
W Harmonics	50th, signed and unsigned total
Update rate	5 seconds typical
Interharmonic RMS	Yes
Frequency range	45-65 Hz
Frequency accuracy	±0.2%

**Environmental**

Power Supply Burden	20W
Power Supply DC	105-125Vdc ± 20%
Power Supply AC	90-250Vac
Operating Temperature	0 to 60°C
Storage Temperature	-20 to 70°C
Operating Humidity	0 to 90% RH, non-condensing, indoor use
Operating Altitude	2000m (6560 ft) max
UPS time	15 minutes typical, Full charge
Battery life expectancy	4 years with auto discharge feature

**Clock**

Clock accuracy	1 cycle
Clock sync	Network Time Protocol (NTP)
Event time resolution	10 msec
Event time accuracy	10 msec with NTP to InfoNode with GPS

**DataNode Specifications (continued)****5530 / 5520 / 5513 / 5510****Trigger Conditions**

RMS	V and I Selectable cycles to trip and restore
Waveshape faults	V and I Selectable duration and magnitude to trigger
Transients	Voltage and current, high frequency and crest peak
Harmonics	V and I Individual and THD
Phase Shift	Fundamental
Timed Readings	1-120 minutes
Cross Triggered	From other DataNodes on RMS or transient events

**1159 Classification**

Impulsive transient	Yes
Oscillatory transient	Yes
Interruption	up to 3KHz
Sag	Yes
Swell	Yes
Under/overvoltage	Yes
Sustained interrupt	Yes
DC	Yes
Harmonics	Yes
Interharmonics	Yes
Notching	Yes

**Trending**

Min/Max/Avg on parameters at user specified interval

**Communication**

Serial port type	RS232/RS485 (used for diagnostic and initial setup only)
Serial baud rate	9600 baud, 8 bit, 1 stop, no parity, no flow control
Ethernet	10BaseT using UCA-2 to InfoNode
Other	AUI for fiber optic, etc.

**Other**

Firmware Update	Remotely uploadable
Field Calibration Certification	Yes
Mounting	Rack, Panel, DeskTop, NEMA 4X

**Installation Categories**

Mains Supply	Installation Category II, Pollution Degree 2
Measurement Inputs	Installation Category III, Pollution Degree 2

**Physical Characteristics**

Dimensions	13"W x 8"D x 5"H (330.2mm x 203.2mm x 127.0mm)
Weight	6.3 lbs (2.9 kg)
Enclosure Painted Aluminum	

## Especificaciones técnica del Series 5500 InfoNode

<b>InfoNode Specifications</b>	<b>5502</b>	<b>5504</b>
<b>Operating Range</b>		
AC Voltage	90-250Vac	90-250Vac
DC Voltage	105-125Vdc	105-125Vdc
Frequency	47-63Hz	47-63Hz
Power Consumption	35W max	35W max
NiCad Battery Replacement	4 years typical	4 years typical
UPS Time	10 seconds	10 seconds
Clock drift w/o GPS	10 msec/minute maximum	10 msec/minute maximum
Internal RAM Memory	32M	32M
Internal Flash Memory	8M standard	(hard drive)
<b>Environmental</b>		
Operating Temperature	0 to 65°C	10 to 50°C
Storage Temperature	-20 to 70°C	-20 to 70°C
Operating Humidity (non-condensing)	0-95%	0-95%
<b>Physical Characteristics</b>		
Dimensions	13"W x 8"D x 5"H	13"W x 8"D x 5"H
Weight	7.1 lbs	7.1 lbs
Enclosure	Painted Aluminum	Painted Aluminum
<b>Connections</b>		
Ethernet - 10 base T	RJ45	RJ45
Ethernet - AUI	Female 15 pin D	Female 15 pin D
COM1 - RS232	Male 9 pin D	Male 9 pin D
COM2 - RS232	Male 9 pin D	Male 9 pin D
GPS option	Male BNC	Male BNC
Modem option	RJ11C	RJ11C
<b>Options</b>		
<i>Memory</i>		
Flash	64M, 128M, 256M	NA
Disk Drive	NA	2G (available database, not hard drive size)
<i>GPS Receiver</i>		
Clock accuracy	10 msec	10 msec
<i>Modem</i>		
Max Baud Rate	56K	56K
Type	V56 / MNP 10	V56 / MNP 10
<i>Mounting</i>		
Rack mount	19"	19"
NEMA 4X	weatherproof	weatherproof
Bracket Set	2 per unit	2 per unit
<b>Software</b>		
Upload Firmware	Via FTP	Via FTP
Browser	Microsoft IE5.5+	Microsoft IE5.5+

- Journal
  - Show Journal Status
  - Show All Entries
  - Trend a Variable
  - Delete All Entries
- Event Files
  - Show Event File List
  - Delete All Event Files
- Real Time
  - Waveform Scope
  - Spectrum Scope
  - V,I Strip Chart
  - P,Q,S Strip Chart
  - Frequency Strip Chart
  - Phasor Plot
  - MMXU Meter Panel
  - MADV Meter Panel
  - MSQI Meter Panel
  - MMTR Meter Panel
  - MDMD Meter Panel
  - Flicker Meter (Debug)
  - Flicker Statistics (Debug)
  - Flicker Scope (Debug)
  - Flicker Spectrum (Debug)
  - Harmonic Summary
  - Harmonic Components
  - Interharmonic Groups
  - Full Spectrum
- Debug Options
  - Show MMS Connections
  - Show Named Variable Lists
  - Show Internal Debug Log
  - Show Home Page Hit Log
  - Show WxWorks Task List

Harmonic Summary Table

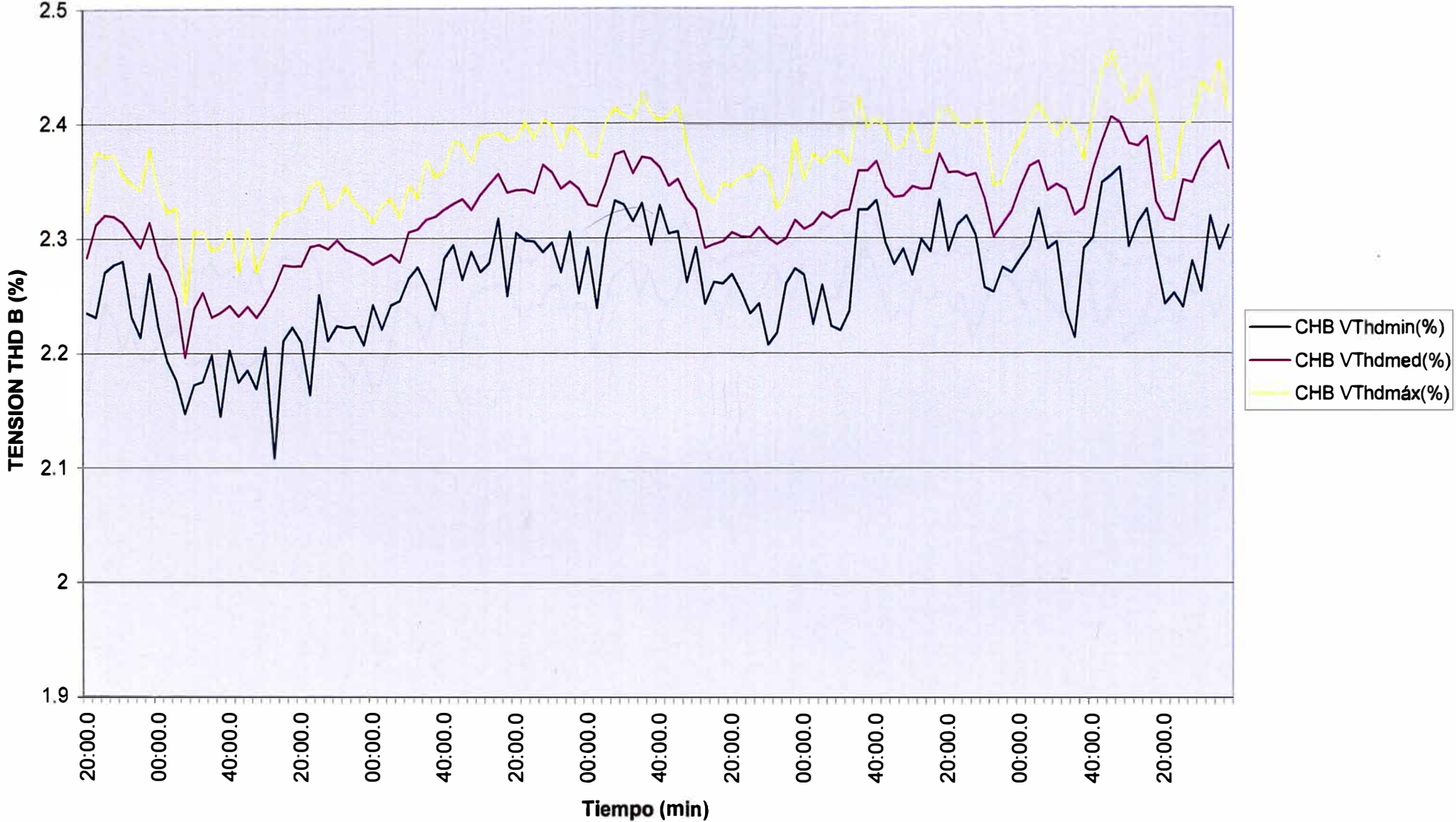
Quantity	Phase A	Phase B	Phase C	Neutral	Phase A-B	Phase B-C	Phase C-A
Voltage THD	0.239959	0.239341	0.323835	430.004	0	0	0
Voltage THD (RMS Norm)	0.239945	0.239345	0.323833	68.1032	0	0	0
Voltage TID	0	0	0	152.166	0	0	0
Voltage TID (RMS Norm)	0	0	0	24.0998	0	0	0
Current THD	3.87897	4.76626	3.61726	10.8798			
Current THD (RMS Norm)	3.87405	4.75696	3.61224	10.6478			
Current TID	0	0	0	9.0828			
Current TID (RMS Norm)	0	0	0	8.88913			
Harmonic RMS Voltage	0.659025	0.659639	0.892462	0.121427	0	0	0
Harmonic RMS Current	4.81325	5.674	4.09864	0.000533156			
Interharmonic RMS Voltage	0	0	0	0.0429696	0	0	0
Interharmonic RMS Current	0	0	0	0.000445096			
Total Harmonic Power (Unsigned)	0	0	0	5.05458e-05			
Total Harmonic Power (Signed)	0	0	0	4.73129e-05			
Voltage Crest Factor	1.41867	1.42384	1.42206	2.12889	0	0	0
Current Crest Factor	1.49107	1.46767	1.50844	1.77457			
Telephone Influence Factor	11.1534	14.0573	10.9207	5738.46	0	0	0
Telephone Influence Factor (RMS Norm)	11.1533	14.0572	10.9206	1273.48	0	0	0
IT Product	11827.4	12717.8	10229.1	2.10487			
Total Demand Current Distortion	0.0486429	0.0574764	0.0407267				
K Factor	1.15002	1.19352	1.13227				

## **ANEXO E**

MEDICIONES DE ARMÓNICOS EN DATA CENTER OPL  
MEDICIONES DE ARMÓNICOS EN DATA CENTER LMA  
MEDICIONES DE ARMÓNICOS EN DATA CENTER LMB



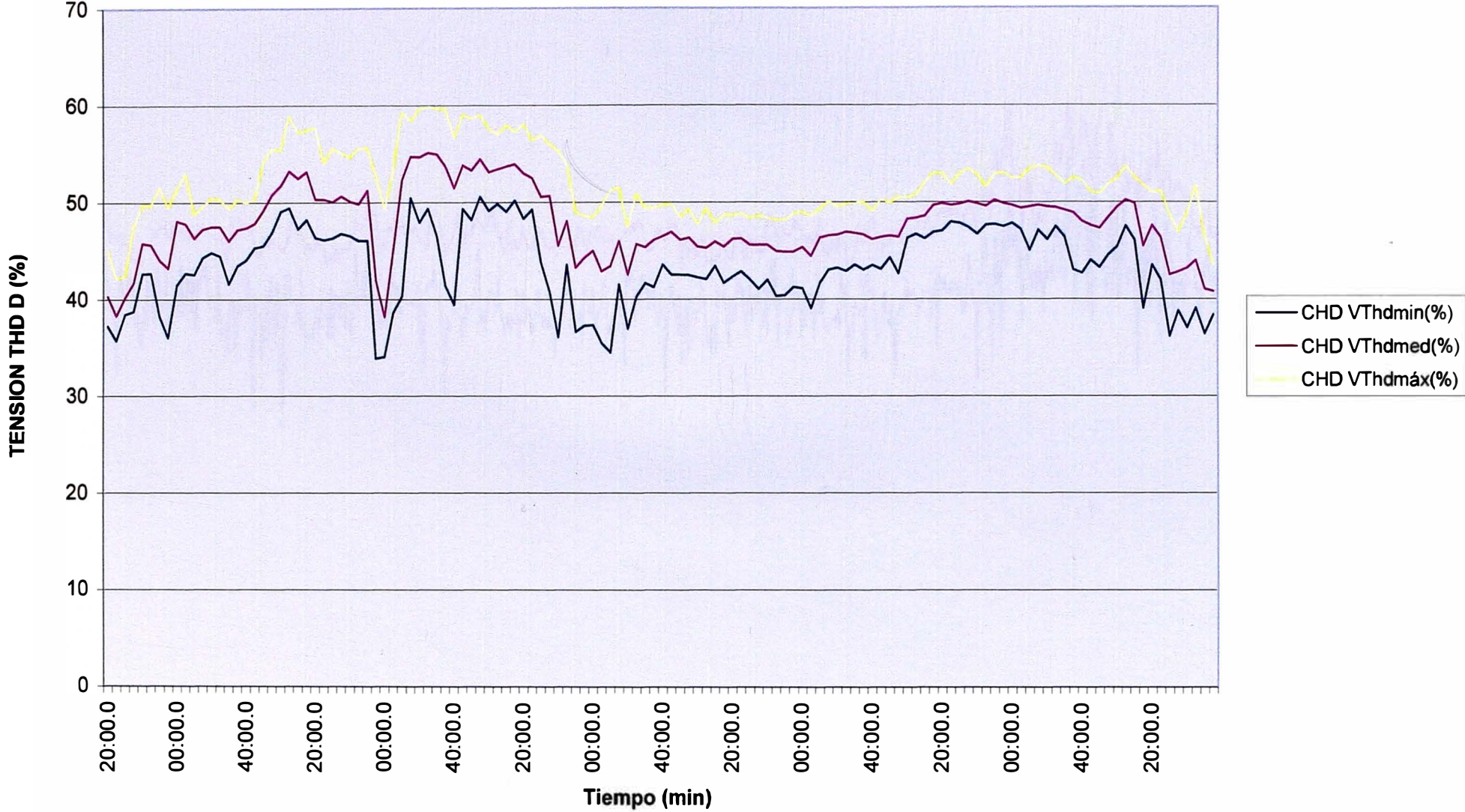
**Data Center OPL**  
**TENSION THD B Set 2006**





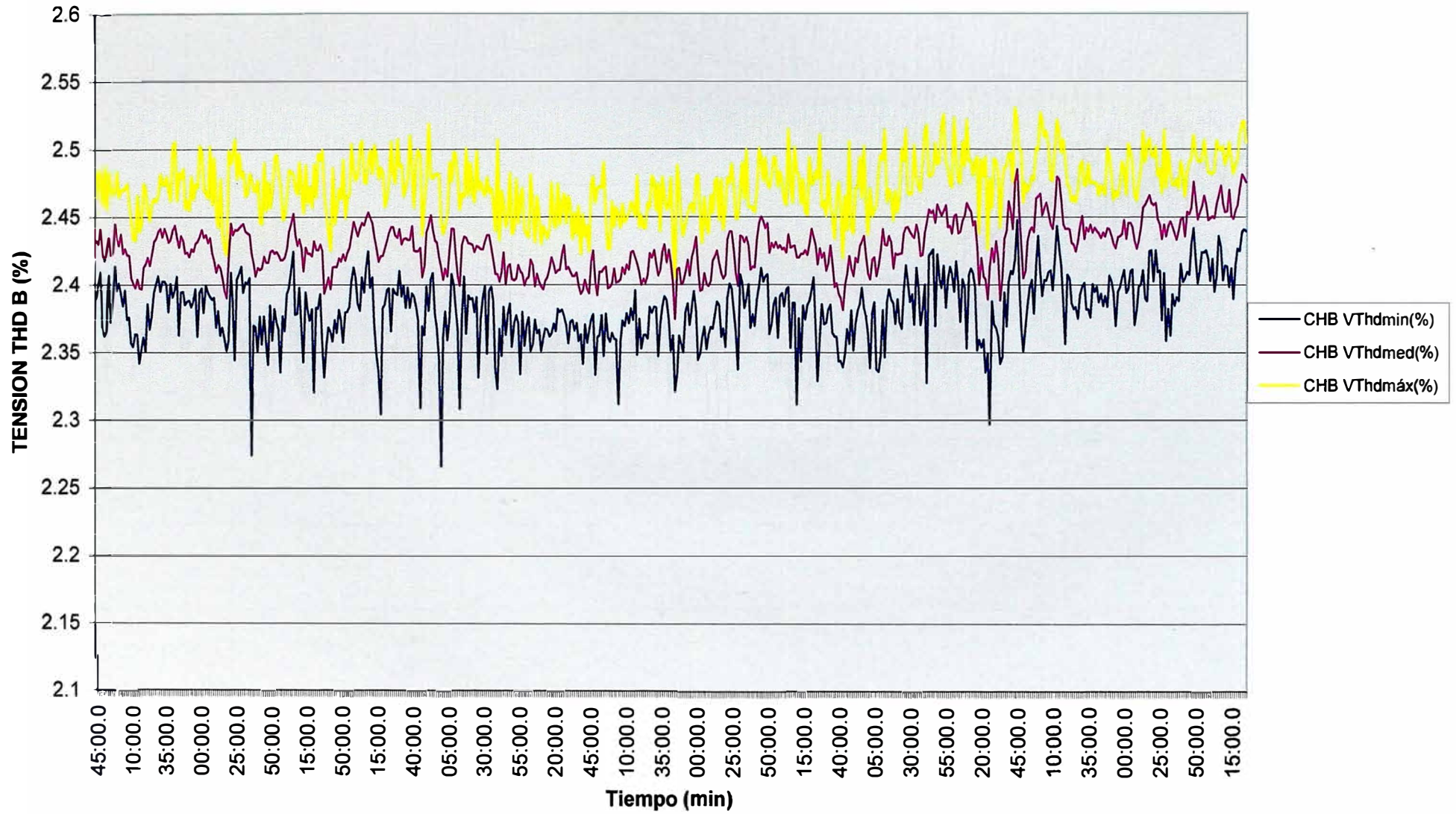


Data Center OPL  
TENSION THD D Set 2006

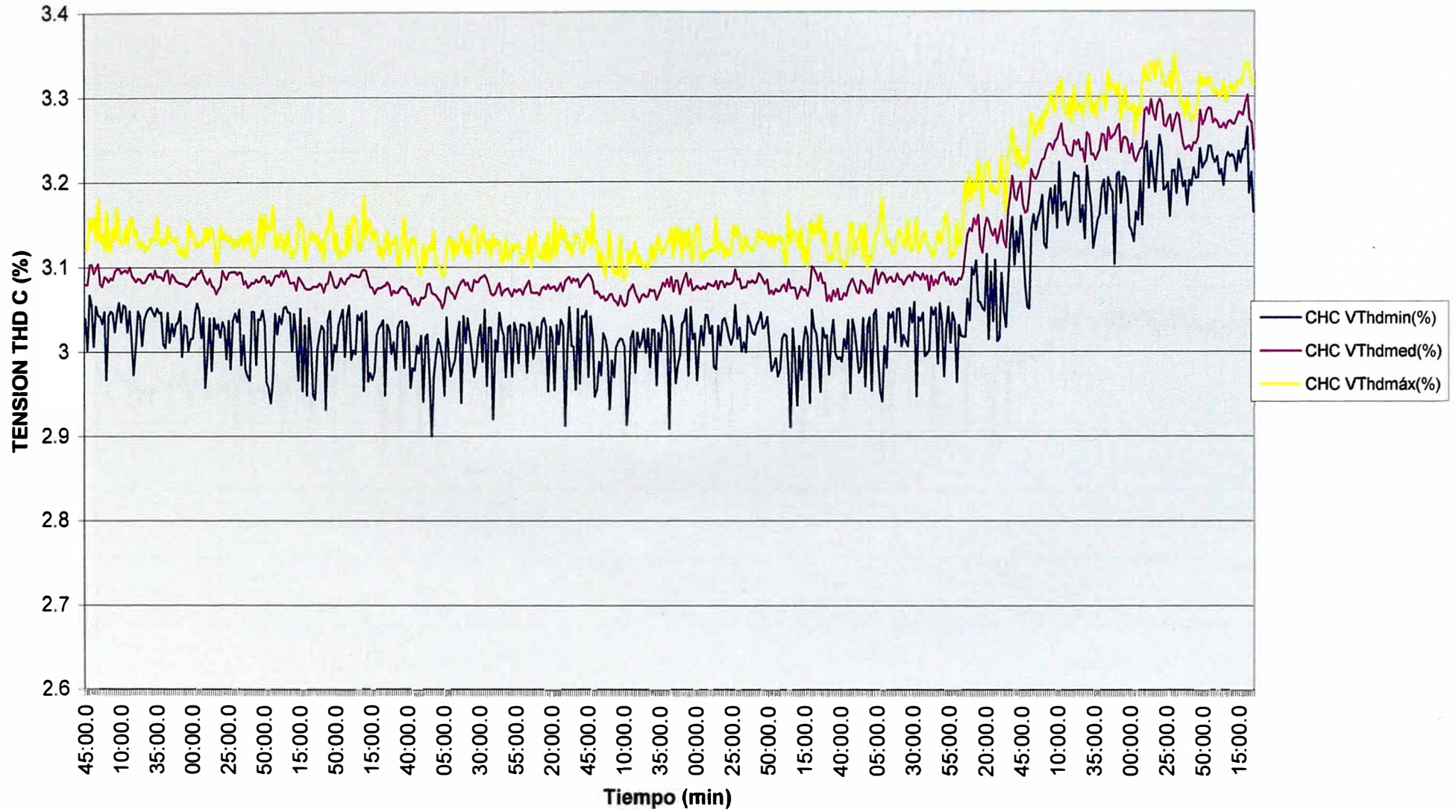




**Data Center OPL**  
**TENSION THD B Octubre 2007**

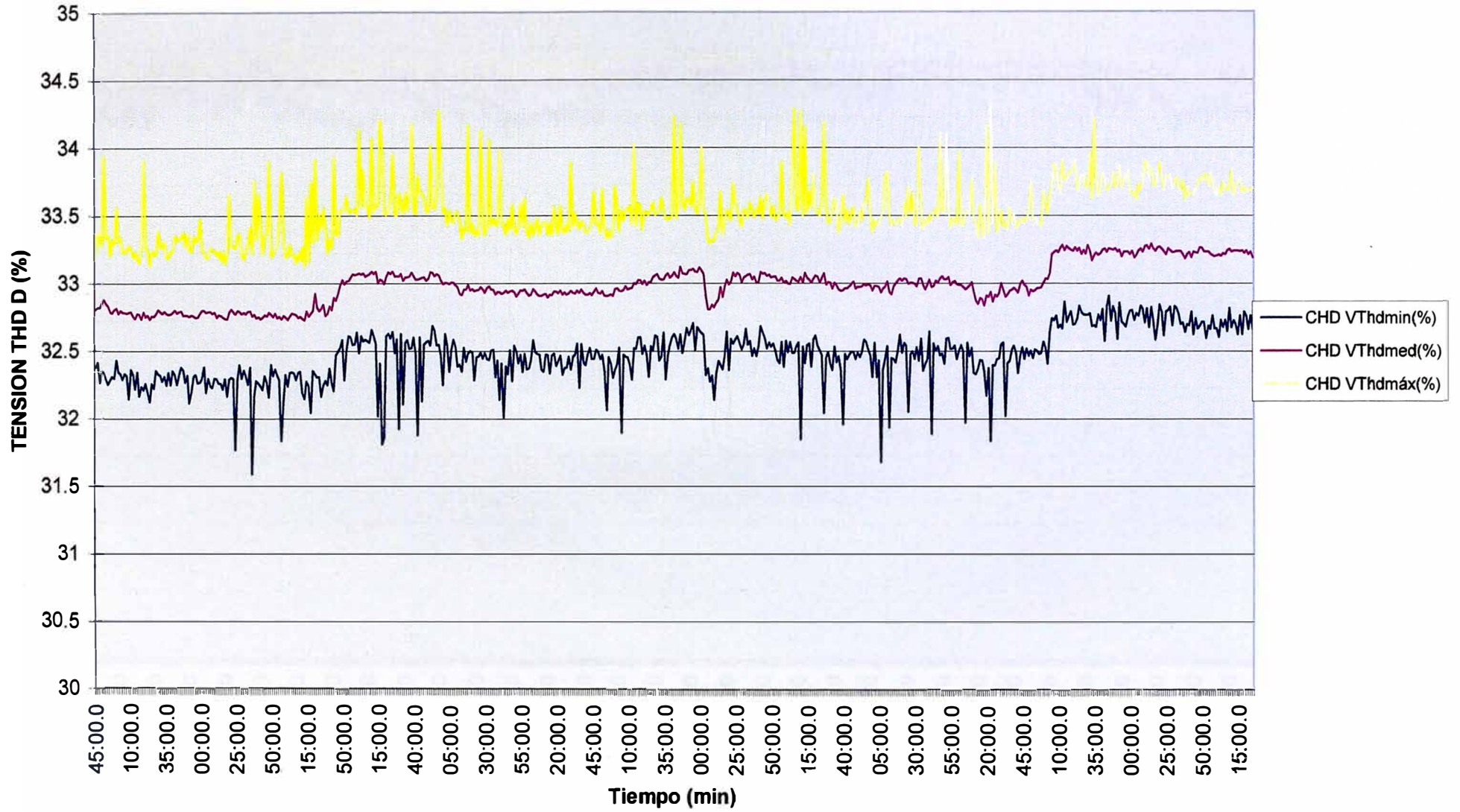


Data Center OPL  
TENSION THD C Octubre 2007

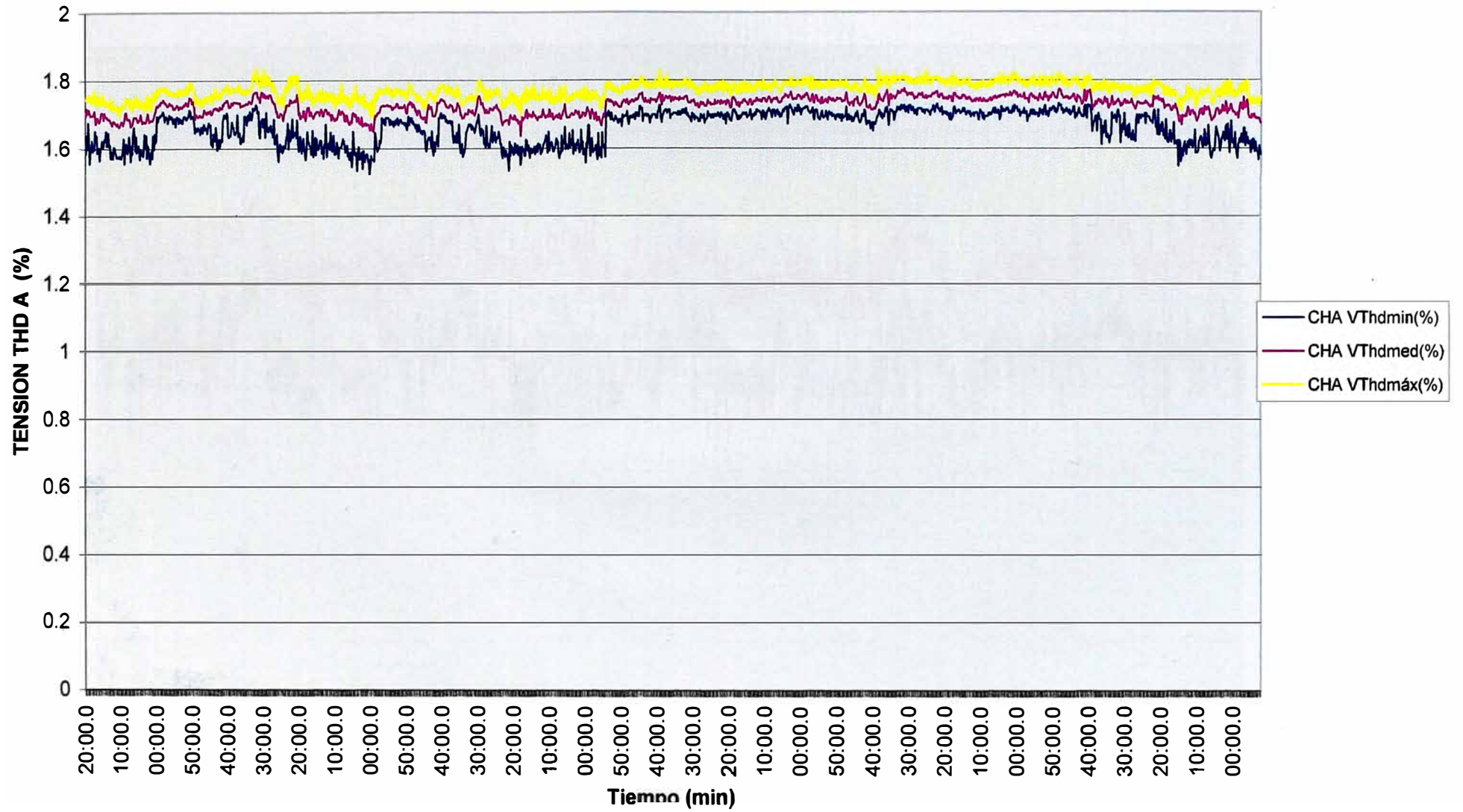


# Data Center OPL

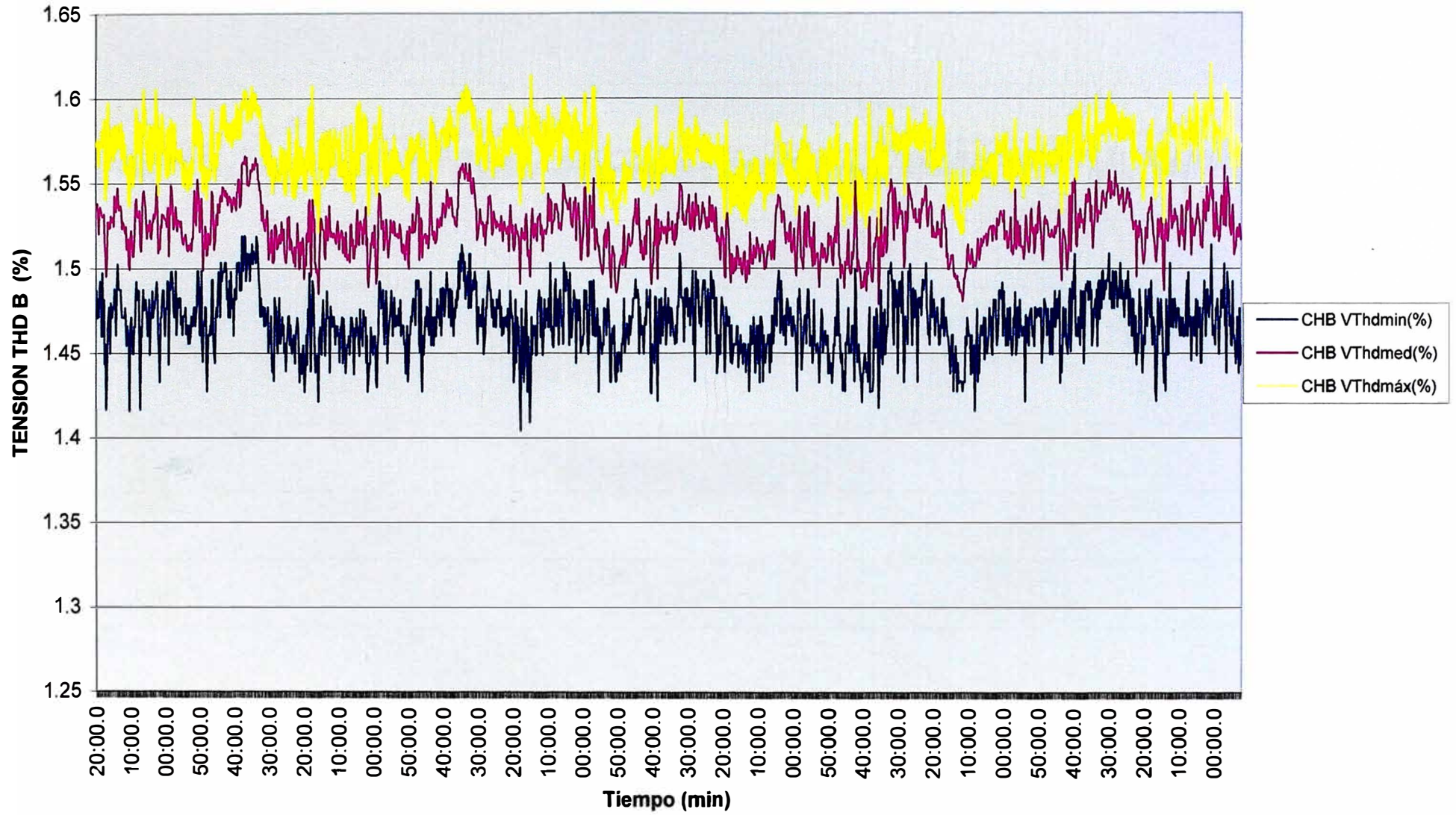
## TENSION THD D Octubre 2007



Data Center OPL  
TENSION THD A - Agosto 2008

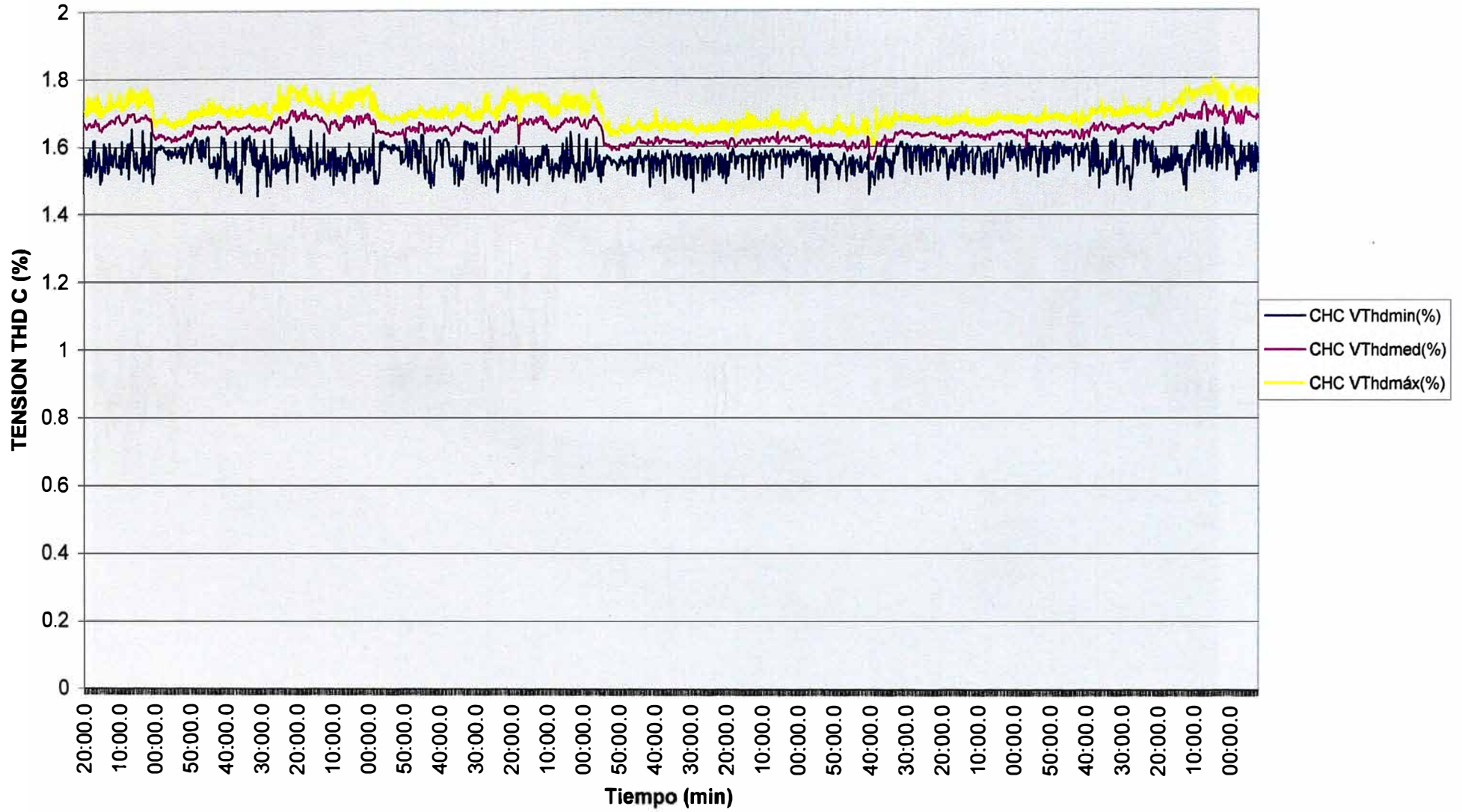


Data Center OPL  
TENSION THD B - Agosto 2008

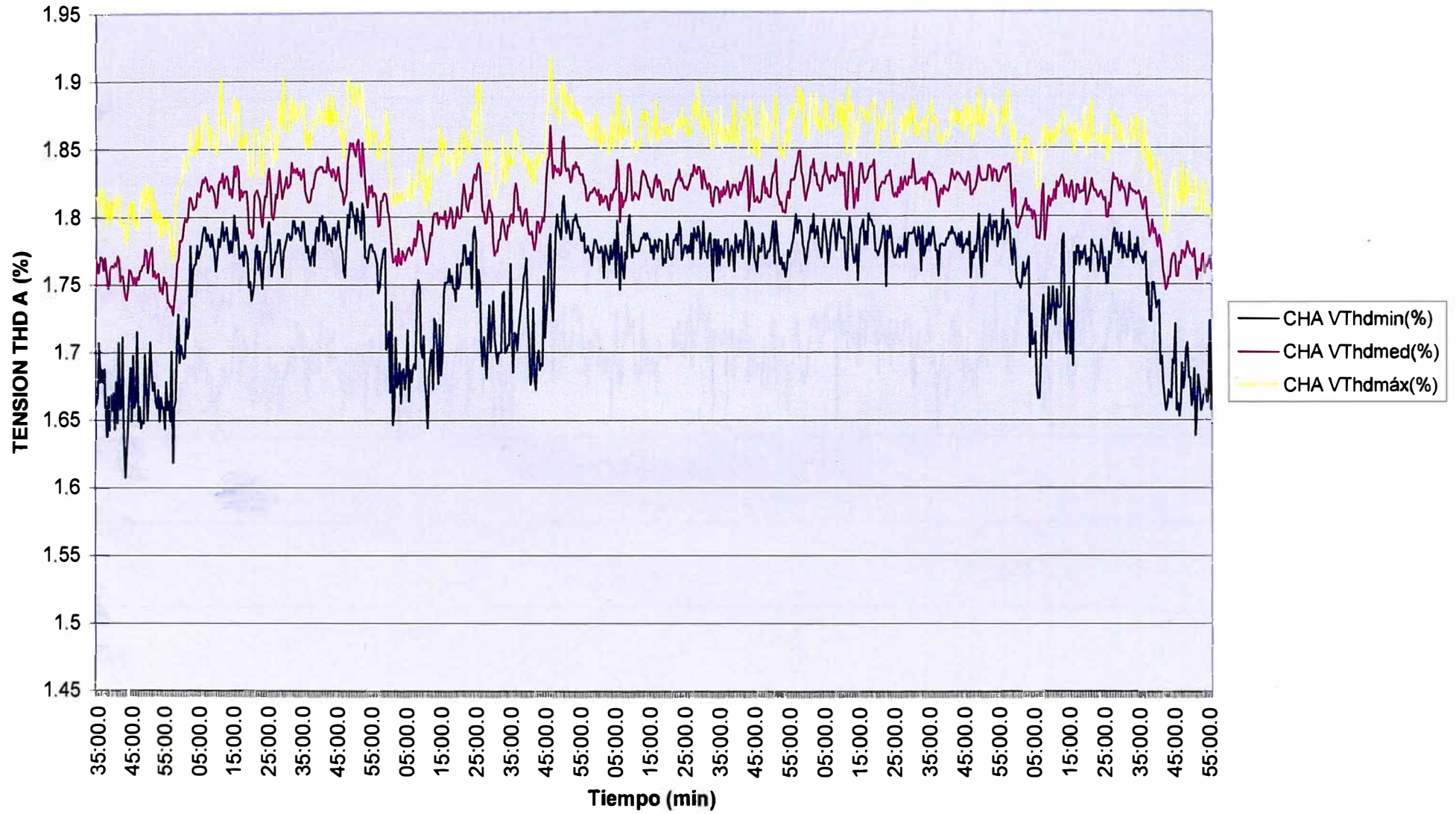




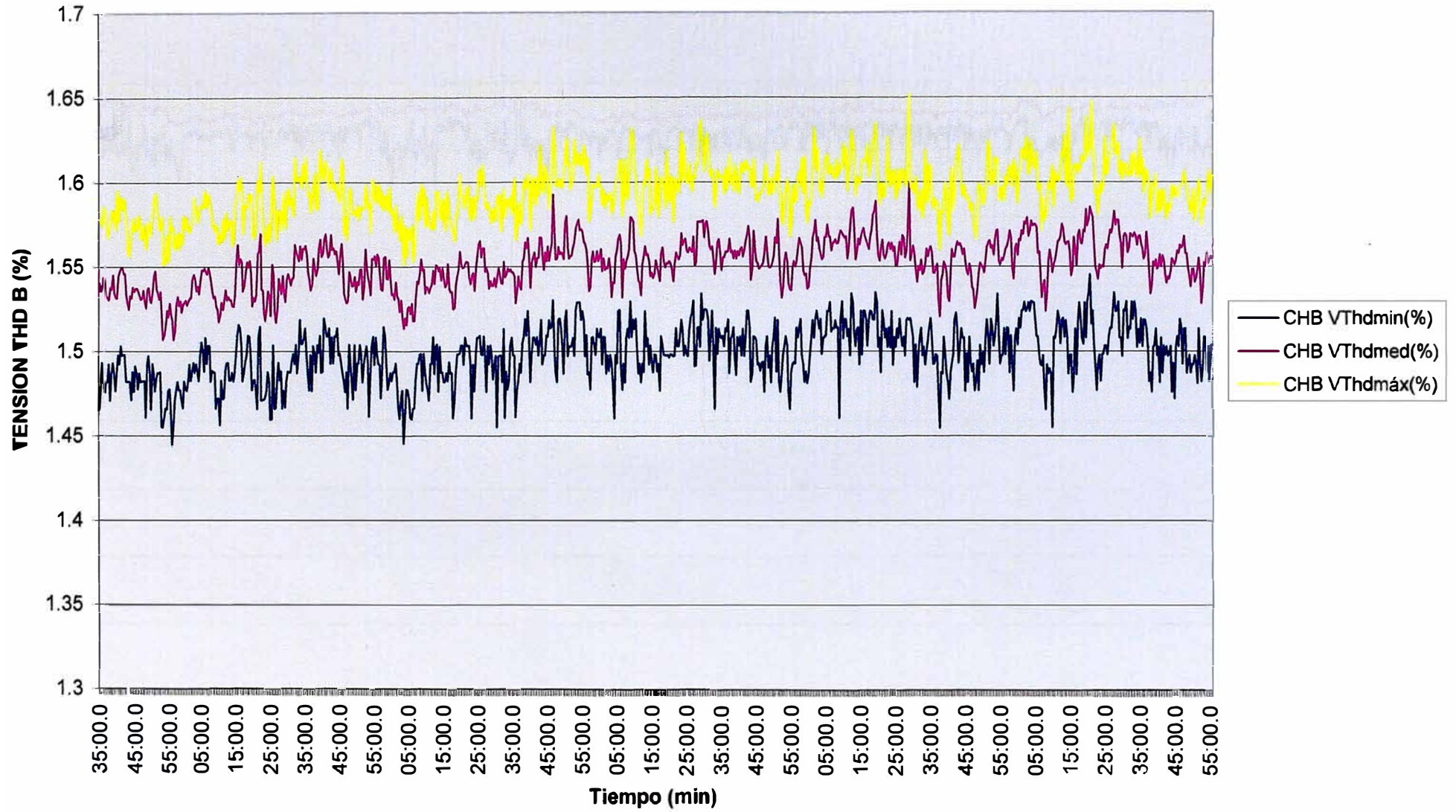
**Data Center OPL**  
**TENSION THD C - Agosto 2008**



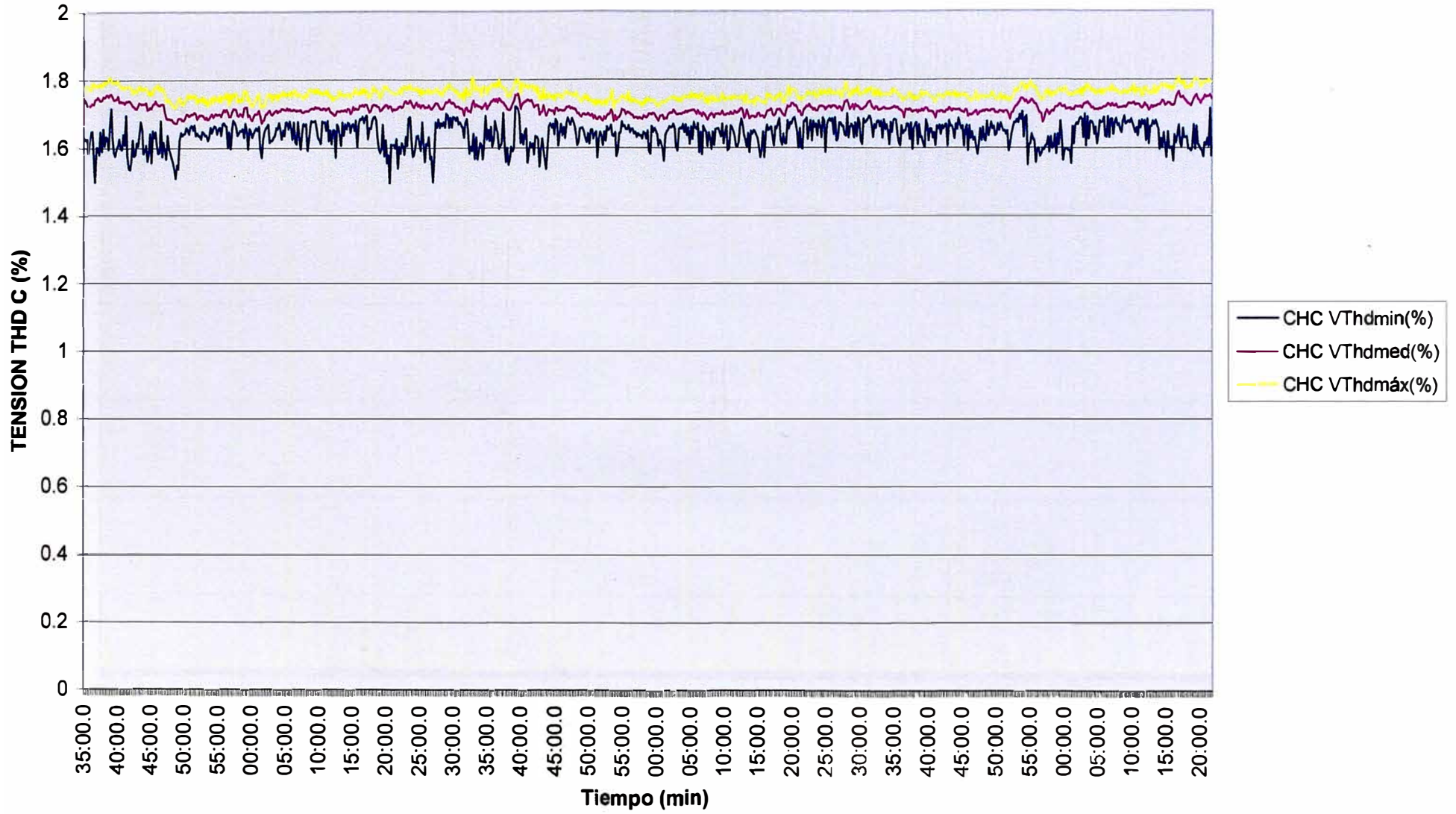
### Data Center OPL TENSION THD A Oct 2008



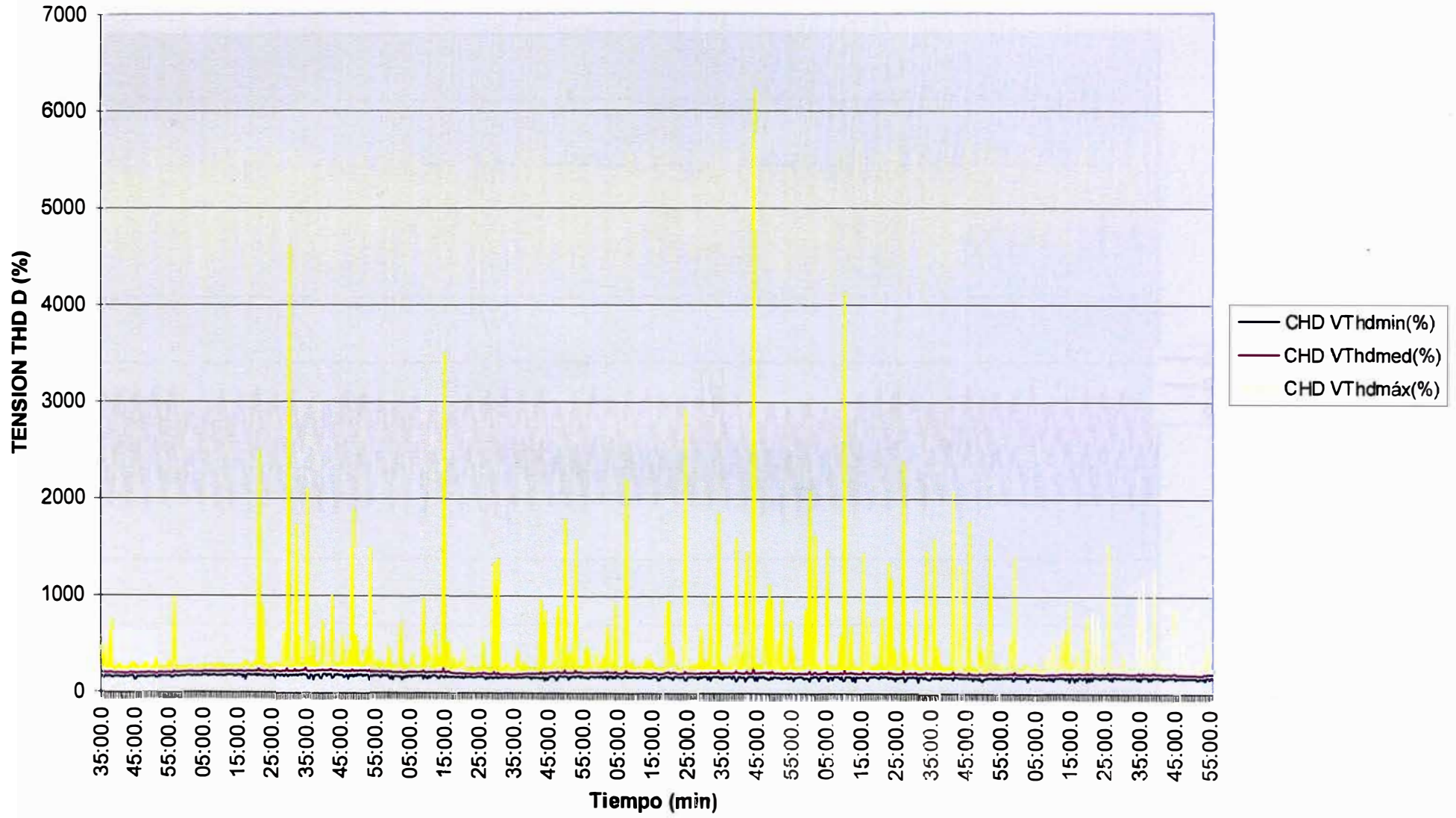
**Data Center OPL**  
**TENSION THD B Oct 2008**



**Data Center OPL  
TENSION THD C Oct 2008**

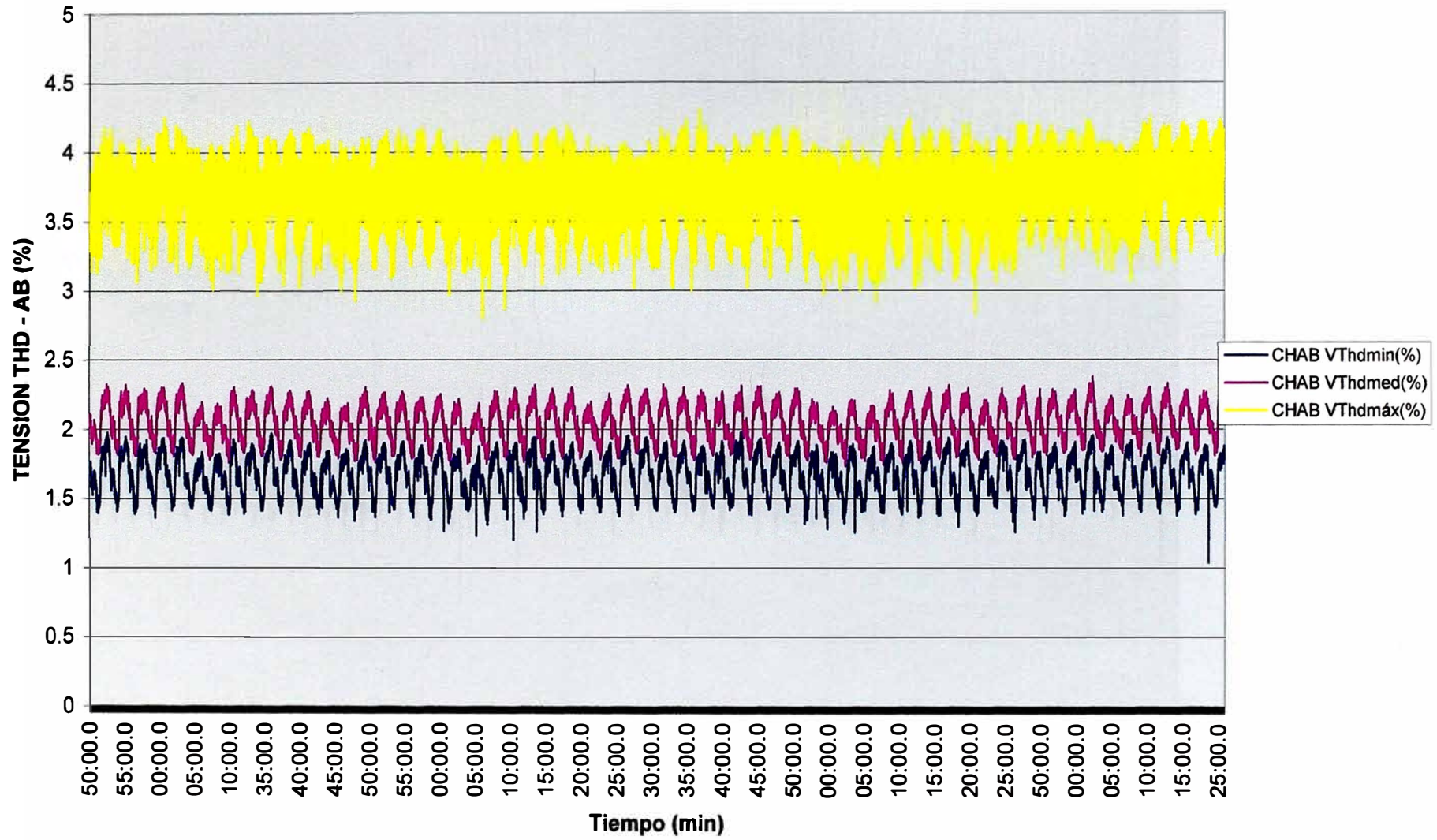


**Data Center OPL**  
**TENSION THD D Oct 2008**



# TENSION THD - AB

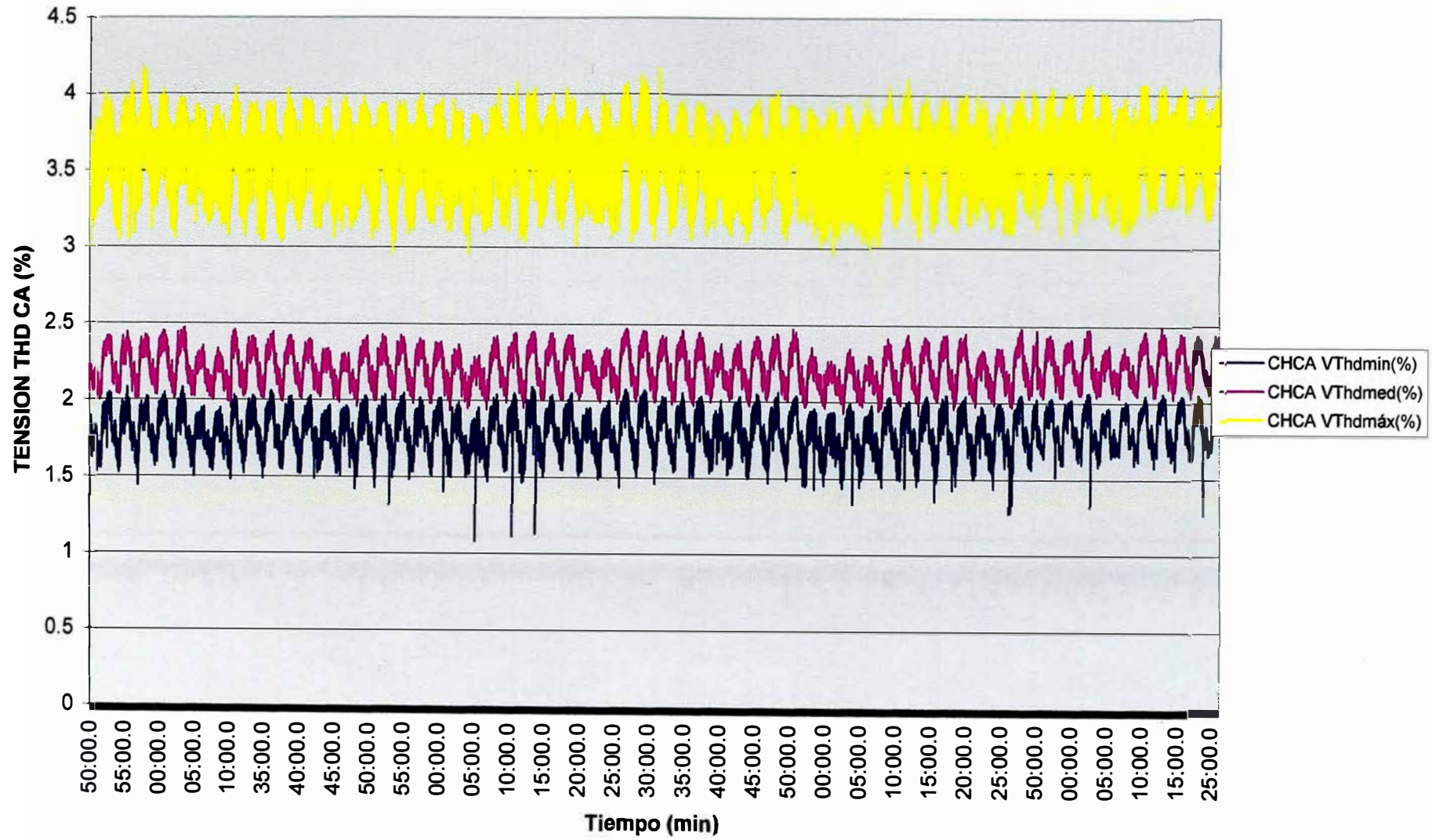
Feb-Abril 2007 LMA





# TENSION THD - CA

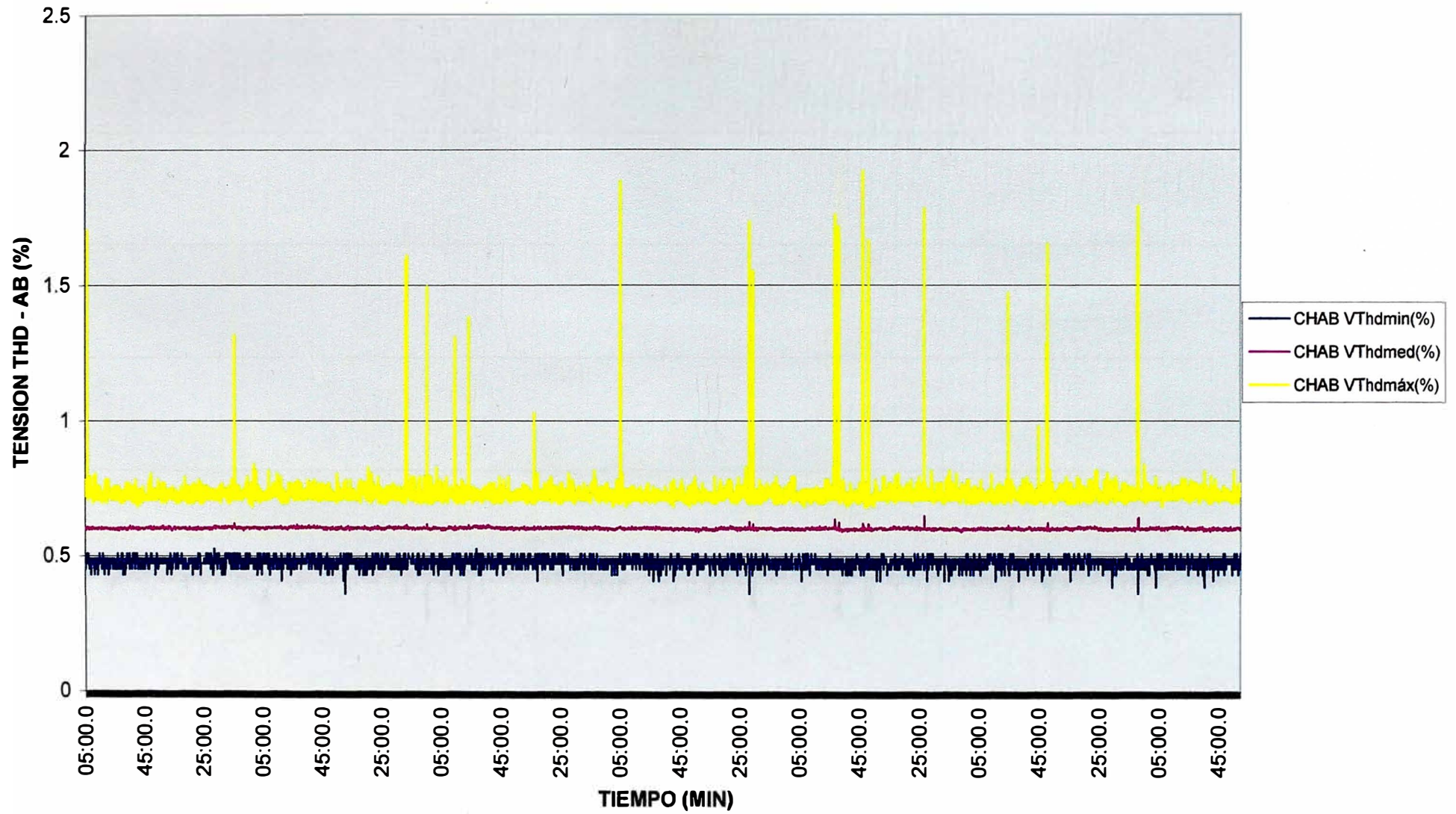
Feb-Abril 2007 LMA





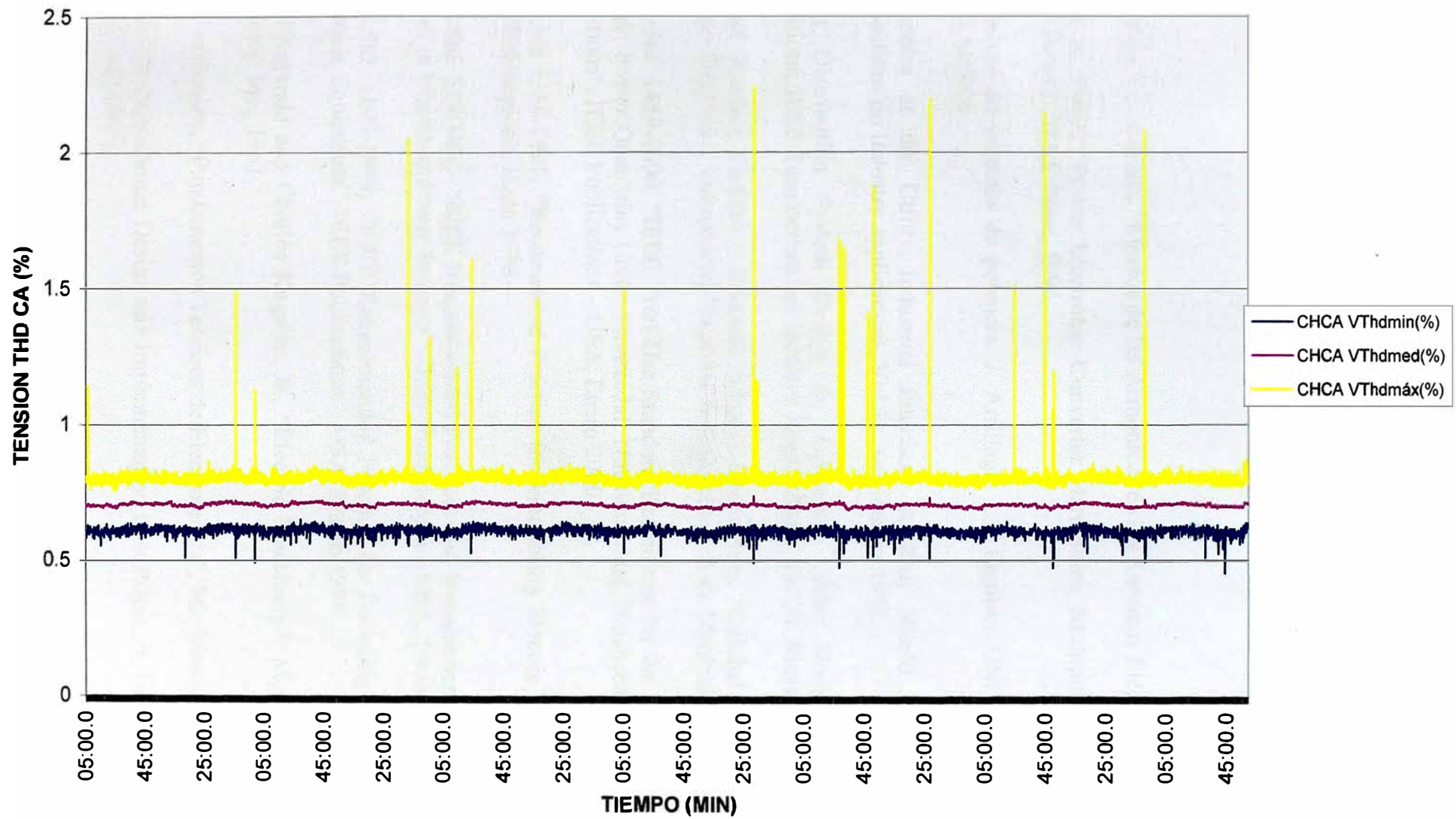
# TENSION THD - AB

Dic 08 - Marzo 09 LMB





**TENSION THD - CA**  
**Dic 08 - Marzo 09 LMB**



## BIBLIOGRAFIA

1. A. Tejada y A. Llamas, “Efectos de las Armónicas en los Sistemas Eléctricos”, México
2. Derek A. Paice, “Power Electronic Converter Harmonics, Multipulse Methods for Clean Power”, IEEE Press, 1996.
3. Armónicos en sistemas de potencia. J. Arrillaga. L.I. Eguiluz, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
4. Harmonics at the Utility Industrial Interface: A Real World Example. IEEE Transactions on Industry applications. Vol 31. Noviembre 1995.
5. Power Distribution System Design for Operation Under Nonsinusoidal Load Conditions. IEEE Transactions on Industry Applications. Vol 31. Mayo 1995
6. Samuel Ramírez Castaño y Eduardo Antonio Cano Plata, “Calidad del Servicio de Energía Eléctrica”, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Junio 2003.
7. IEEE Std. 1459-2000, “IEEE Trial-Use Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions”, IEEE Publications – USA, Enero 2000.
8. IEEE std 1159-1995, “Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality”, IEEE Publications, Junio 1995.
9. IEEE Std. 519-1992, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”, IEEE Publications – USA, Junio 2004.
10. IEEE Std. 1100-1999, “IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment”, IEEE Publications – USA, Marzo 1999.
11. A.E. Fitzgerald and Charles Kingsley, Jr., “Electric Machinery”, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1961
12. F.E. Evdokimov, “Fundamentos Teóricos de Electrotecnia”, Mir Moscú – URSS, 1984
13. BICSI-002, Data Center Design and Implementation Best Practices, BICSI Standards - USA, Enero 2007.
14. Ministerio de Energía y Minas del Perú, “Normas Técnicas de Calidad de Servicios Eléctricos”, D. S. N° 020-97-EM Título Quinto, Octubre de 1997.