

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica



## **ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA EN SISTEMAS CRÍTICOS DE BAJA TENSIÓN**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR

**JONATAN MARTIN PALACIOS VEGA**

**PROMOCIÓN  
2007-II**

**LIMA - PERÚ  
2012**

# **ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA EN SISTEMAS CRÍTICOS DE BAJA TENSIÓN**

Dedico el presente trabajo a todas las personas que me han apoyado durante toda mi educación ya que sin sus esfuerzos no hubiese llegado a ser el profesional que ahora soy.

Para Paula, Juan y Meche.

## **SUMARIO**

El presente informe se concentra en la problemática de la calidad de energía en los sistemas eléctricos que pueden llegar a ser críticos para una empresa, industria, organización o institución, explicaremos la importancia de la calidad de energía en estos sistemas eléctricos, revisaremos las normas peruanas e internacionales de calidad de energía, se darán a conocer los sistemas críticos más comunes y revisaremos algunas herramientas que ayudan a asegurar la calidad de energía en sistemas eléctricos críticos. Por último analizaremos un caso práctico en donde se aplicarán los criterios y herramientas que ayudarán a obtener un sistema eléctrico crítico que asegure un nivel de calidad de energía adecuado.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS CRITICOS</b>	
1.1 Objetivo	3
1.2 Alcances	3
1.3 Limitaciones	3
1.4 Síntesis	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DEFINICIONES</b>	
2.1 Flicker	4
2.2 Hueco de Tensión	4
2.3 Sobretensión Temporal	5
2.4 Sobretensión Transitoria	5
2.5 Armónicos	6
2.6 Desequilibrio de Tensión	6
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>NORMATIVA DE CALIDAD DE ENERGÍA</b>	
3.1 Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos	8
3.1.1 Calidad de Producto	8
3.1.2 Calidad de Suministro	10
3.2. Normas y Estándares Internacionales	11
3.2.1 Norma EN 50160	12
3.2.2 Norma IEEE 519	13
3.3 Análisis y Problemática de la Norma Peruana	14
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CRÍTICO DE BAJA TENSIÓN.</b>	
4.1 Sistemas de Cómputo	17
4.2 Sistemas de Control	18
4.3 Sistemas de Soporte de vida	18
4.4 Sistemas Especiales	19

**CAPÍTULO V****IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CRÍTICO DE BAJA TENSIÓN**

5.1	Grupo Electrónico	20
5.1.1	Componentes de un grupo electrónico	21
5.1.2	Funcionamiento de un grupo electrónico	22
5.1.3	Aplicación de los grupos electrónicos en los sistemas críticos	23
5.2	UPS	24
5.2.1	Tipos de UPS	24
5.2.2	Aplicación de los UPS en los sistemas críticos	28
5.3	Estabilizador de Tensión	29
5.3.1	Aplicación de los estabilizadores en los sistemas críticos	29
5.4	Transformador de aislamiento.	30
5.4.1	Factor K de un transformador	31
5.4.2	Aplicación de los transformadores de aislamiento en los sistemas críticos	31
5.5	Supresor de transitorios de tensión	32
5.5.1	Clasificación de los Supresores de transitorios	33
5.5.1	Aplicación de los supresores de transitorios en los sistemas críticos	33
5.6	Filtro de armónicos	34
5.6.1	Aplicación de los filtros de armónicos en los sistemas críticos	35
5.7	Relés de detección de fallas.	36
5.7.1	Aplicación de los relés en los sistemas críticos	36
5.8	Soluciones compuestas	36

**CAPÍTULO VI****PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA UN SISTEMA CRÍTICO DE BAJA TENSIÓN**

6.1	Caso Clínica Privada	38
6.2	Problemática del Centro de Datos	38
6.3	Situación Actual del Sistema eléctrico del Centro de Datos.	39
6.4	Propuesta para de Sistema Eléctrico del Centro de Datos.	42
6.4.1	Criterios de diseño del Sistema Eléctrico para el nuevo Centro de Datos	44
6.4.2	Esquema del nuevo sistema eléctrico	45
6.4.3	Dimensionamiento de los equipos	45
6.4.4	Presupuesto del nuevo sistema eléctrico	47
6.4.5	Tiempo de implementación.	47

**CONCLUSIONES** **51**

**ANEXOS** **53**

**BIBLIOGRAFÍA** **64**

## PRÓLOGO

El propósito del presente informe es el de dar a conocer la problemática existente de la calidad de energía para los sistemas eléctricos críticos, ya que desde hace unos años el tema de calidad de energía ha ido tomando fuerza en todos los sectores empresariales e institucionales, pero no se enfocan en los sistemas eléctricos críticos, los cuales han tomado importancia debido a que son cada vez más grandes las pérdidas por no contar con los servicios derivados de los sistemas críticos.

Nuestro trabajo se tendrá como objetivo revisar que parámetros deben ser considerados cuando se analiza un sistema eléctrico, a que se le conoce como un sistema eléctrico crítico, la normativa peruana e internacional de calidad de energía y las herramientas que se tienen hoy en día para proteger a un sistema crítico de los agentes externos o internos que puedan causar un malfuncionamiento del sistema eléctrico. Nuestro trabajo se limitará al análisis de los sistemas eléctricos críticos en baja tensión ya que generalmente son los equipos finales los que se considera como cargas críticas.

Con el fin de aplicar todas las herramientas que se muestran en este informe, se revisará un caso real de un sistema eléctrico crítico donde propondremos mejoras y un nuevo diseño para el sistema crítico, donde evaluaremos el costo total del proyecto y los tiempos de implementación con el fin de conocer la importancia de implementar un sistema eléctrico crítico adecuado.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS CRÍTICOS**

Actualmente el Perú se encuentra en un proceso de crecimiento muy acelerado a nivel económico, trayendo consigo el uso de nuevas tecnologías en casi todos los rubros empresariales o institucionales, en algunos casos el uso de equipos más sofisticados se vuelve cada vez muy necesario, este tipo de empresas e instituciones donde el uso de equipos de alta tecnología son necesarios para su funcionamiento normal, dependen tanto de estos equipos, que el deterioro, mal funcionamiento o algún otro fenómeno que afecte su desempeño normal, se traduce en pérdidas materiales, económicas e incluso humanas. Generalmente estos equipos cuyo funcionamiento se vuelve cada vez más crítico se encuentran dentro de un sistema eléctrico distinto de los demás, y que de ahora en adelante los llamaremos sistema eléctrico crítico.

Una de las causas principales del desempeño anormal de estos sistemas críticos es por fallas en la alimentación eléctrica, ya que su funcionamiento depende de manera directa de ello, por esta causa, el suministro eléctrico se ha convertido en un tema importante para este tipo de empresas e instituciones.

Una de las formas de evaluar el estado de la energía es a través un estudio de las variables que pueden afectar el desempeño normal de los componentes de un sistema eléctrico y se le llama Estudio de la Calidad de Energía, y en los últimos años, se ha difundido esta práctica para evaluar la calidad de la energía entregada por los suministradores públicos de energía hacia los clientes finales.

Pero debemos preguntar qué ocurre con los sistemas eléctricos críticos, en donde la calidad de energía es un factor muy importante para el desempeño y funcionamiento normal, asimismo debemos conocer si es adecuado utilizar la misma metodología que se usa para los estudios de calidad de los suministros eléctricos basados en la norma peruana de calidad de energía.

### **1.1. Objetivo**

Uno de nuestros objetivos será analizar la problemática de las normas para su aplicación en los sistemas eléctricos críticos, revisando normas peruanas e internacionales, su aplicación y sus limitaciones.



Debemos de reconocer los sistemas eléctricos críticos, evaluar su problemática y proponer alternativas de solución, mejorando las instalaciones realizando modificaciones, o con equipos de protección, o algún método adecuado para el sistema.

### **1.2 Alcances**

En nuestro trabajo revisaremos primero las definiciones de los parámetros de calidad de energía, la normativa peruana e internacional de calidad de energía y las herramientas que se tienen hoy en día para proteger a un sistema crítico de los agentes externos o internos que puedan causar un malfuncionamiento del sistema eléctrico crítico. Además se presentará un sistema crítico el cual fue analizado para luego, proponer las mejoras necesarias para su correcto funcionamiento, indicando la inversión económica necesaria para la implementación de dichas mejoras.

### **1.3 Limitaciones**

Debido a que la mayoría de los sistemas eléctricos críticos son dedicados para equipos finales y estos generalmente trabajan en baja tensión, por lo que nuestro trabajo se limitará a los sistemas eléctricos críticos de baja tensión.

### **1.4 Síntesis**

Para sintetizar el trabajo, en los siguientes capítulos revisaremos, la normativa actual de calidad de energía y su problemática con relación a los sistemas críticos, identificación y evaluación de un sistema crítico, conjunto de mejoras para el control de un sistema crítico, y la implementación práctica a un caso real, revisando la inversión y costos de la implementación.

## **CAPÍTULO II**

### **DEFINICIONES**

Antes de revisar la normativa debemos tener claro las definiciones de los parámetros de calidad de energía para poder entender los conceptos, sus causas y sus efectos, aunque muchos de los parámetros que mencionaremos no son abordados en la norma peruana, veremos la importancia de cada uno de ellos en el estudio de los sistemas eléctricos críticos de baja tensión.

En este capítulo revisaremos las definiciones de los parámetros de la calidad de energía los cuales requieren ser precisados debido a que con el fin de establecer su importancia en un sistema eléctrico crítico, cabe señalar que no revisaremos los parámetros básicos de electricidad como tensión y frecuencia.

#### **2.1 Flicker**

El Flicker es también conocido como parpadeo, se define como el nivel de molestia que percibe un observador como consecuencia de la variación de la luminosidad de una lámpara. Podemos inferir que el Flicker no es un parámetro que afecte al desempeño normal de un equipo o sistema crítico, ya que se entiende que se trata de una molestia para las personas a causa de variaciones en el flujo luminoso de una lámpara, sin embargo explicaremos un poco más sobre las causas de este parámetro.

El Flicker es ocasionado por fluctuaciones en la tensión de la red de suministro eléctrico, y las causas de estas variaciones de la red pueden ser ocasionadas por:

- Equipos cuya carga varíen rápidamente, como los hornos de arco, las máquinas de soldadura eléctrica, laminadoras, compresores, etc.
- Equipos con carga no fluctuante pero intermitente, como los motores con arranques frecuentes o algunos equipos domésticos, etc.

#### **2.2 Hueco de tensión.**

Los huecos de tensión son también conocidos como SAG, se define el hueco de tensión como una disminución brusca de la tensión de alimentación hasta un valor entre el 90% y el 1% de la tensión nominal del punto de medición, seguido por el restablecimiento de la tensión después de un corto instante. La duración de este hueco de tensión está entre medio ciclo y un (1) minuto.

Estos huecos de tensión pueden causar un mal funcionamiento de un equipo o

simplemente estos dejan de funcionar, ya sea porque no existe suficiente tensión, un error en el circuito de monitorización, el equipo falla por error en un relé, un relé actúa deteniendo el equipo como medida de protección, etc.

Los huecos de tensión generalmente son causados por fuertes incrementos de corriente o el aumento de la impedancia del sistema, los cuales son producto de eventos como:

- Arranque y puesta en marcha de grandes cargas. Los motores en su arranque pueden incrementar su corriente hasta siete (7) veces la corriente nominal.
- Cableado defectuoso o en malas condiciones.
- Cortocircuitos en cualquier lugar de las líneas de alimentación. Redes de distribución y en menor medida por redes de transmisión.

### **2.3 Sobretensión Temporal**

La sobretensión temporal también se le conoce como SWELL, se define la sobretensión temporal como un aumento de la tensión de alimentación con una duración relativamente larga, normalmente de unos cuantos periodos de frecuencia de la red, originados principalmente por operaciones o fallos de conmutación como: reducción brusca de una carga, desconexión de cortocircuitos, etc. El valor de una sobretensión temporal está entre 110% y 180% del valor nominal de la tensión en el punto de medición y al igual que el hueco de tensión su duración puede ser entre medio ciclo y un (1) minuto.

### **2.4 Sobretensión Transitoria**

La sobretensión transitoria también es conocida como transitorio de tensión, se define como una sobretensión oscilatoria o no oscilatoria de corta duración, generalmente fuertemente amortiguada y que dura solo unos milisegundos, es decir son variaciones bruscas del valor instantáneo de la amplitud de la tensión y que puede llegar a varias veces el valor de la tensión nominal, pudiendo llegar entre microsegundos y milisegundos (hasta medio ciclo de la tensión senoidal)

Por su origen pueden ser atmosféricos o por maniobras en el sistema eléctrico, y de acuerdo a sus características pueden ser impulsivos u oscilatorios.

Las sobretensiones transitorias pueden afectar a todos los elementos de un sistema eléctrico, sus efectos dependerán de la magnitud de la misma, incluso en algunos equipos puede presentarse daños y/o averías como en:

- Rectificadores de diodos
- Reguladores de velocidad de motores mediante tiristores, Triacs y GTO's.

Algunos equipos que pueden tener anomalías de funcionamiento:

- Sistemas digitales en general
- Sistemas de control
- Instrumentación

- Alarmas y sistemas de disparo
- Equipos de control de velocidad de motores.

## 2.5 Armónicos

Se define como armónicos a las ondas senoidales cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la red de alimentación, pueden evaluarse individualmente por el orden del armónico, o globalmente (THD) como la distorsión armónica total, y pueden ser armónicos de tensión o de corriente, siendo uno consecuencia del otro.

Los armónicos de corriente son generados al alimentar con una tensión senoidal a equipos con cargas no lineales, estas corrientes armónicas generan en la red eléctrica tensiones armónicas debido a que la corriente armónica al viajar por la red, genera caídas de tensión armónicas (debido a la impedancia de la red eléctrica) que resultan en una tensión distorsionada. Los efectos que generan los armónicos pueden ser instantáneos o retardados.

Entre los efectos instantáneos están:

- Perturbación de los dispositivos de regulación de los sistemas de potencia.
- Afectan a las condiciones de conmutación de los tiristores.
- Contadores de energía inductiva.
- Vibraciones y ruidos en los aparatos electromagnéticos.
- Campos giratorios adicionales al campo principal de los motores.

Entre los efectos retardados están:

- En los condensadores causan pérdidas, calentamiento y deterioro, resonancia entre los condensadores y la reactancia de la red.  
Pérdidas en los circuitos rotóricos de las maquinas.
- En los transformadores producen pérdidas en los devanados por efecto corona provocando calentamiento, perdidas por histéresis y perdidas por corrientes de Foucault.

## 2.6 Desequilibrio de Tensión

El desequilibrio de tensión de un sistema trifásico, es una condición en la que los valores eficaces de las tensiones de fase o de los ángulos de fase entre fases consecutivas no son iguales, y este puede ser originado por hornos de inducción o de fusión, instalaciones inductivas por calentamiento, hornos de fusión resistencia y de arco voltaico, calentamiento por arco voltaico, maquinas de soldadura por resistencia, sistemas de tracción eléctrica.

Los efectos que pueden producir el desequilibrio de tensión de un sistema eléctrico pueden ser entre otros el aumento de la intensidad (corriente) de los equipos finales, perdidas eléctricas en los motores por campo giratorio inverso, comportamiento anormal en los

equipos de regulación y control.

## **CAPÍTULO III**

### **NORMATIVA DE CALIDAD DE ENERGÍA**

En vista de que se el suministro eléctrico es un servicio que muy importante para los consumidores, se han elaborado estándares para controlar la buena calidad de dicho suministro, en el Perú se ha elaborado una norma para el control de la calidad de energía la cual se denomina: "Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos", esta norma sirve de apoyo para controlar que las empresas suministradoras de energía eléctrica cumplan con estándares mínimos para garantizar suministro de calidad hacia los usuarios. Revisaremos la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, con el fin de conocer los criterios de control de la calidad de energía en el Perú, luego revisaremos normas internacionales de calidad de energía y por ultimo haremos un contraste y análisis de las normas con el fin de evaluar problemática de la norma peruana y su aplicación a los sistemas críticos de baja tensión

#### **3.1 Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos**

En 1997 el gobierno peruano a través del decreto supremo N° 020-97-EM aprueba la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, con el fin de establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, y las obligaciones de las empresas de electricidad y los clientes.

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, que de ahora en adelante abreviaremos como NTCSE, realiza su control bajo los siguientes aspectos:

- Calidad del Producto, en donde se hace referencia a los parámetros eléctricos como tensión, frecuencia y a perturbaciones conocidas como "Flicker y Tensiones Armónicas"
- Calidad del Suministro, en donde se hace referencia a las interrupciones del suministro.
- Calidad del Servicios Comercial, donde se tocan temas referentes al trato al cliente, a los medios de atención y a la precisión de la medida del suministro eléctrica.
- Calidad de Alumbrado, donde se hace mención a las deficiencias del alumbrado público.

Es importante señalar que en el presente documento nos enfocaremos en la calidad del producto y la calidad del suministro ya que estos influyen directamente en la calidad de energía eléctrica.

##### **3.1.1 Calidad del Producto**

La Calidad del Producto evalúa por las de las tolerancias en los niveles de tensión,

frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega hacia los clientes, además cada uno de estos parámetros hace referencia a un indicador, un intervalo, la tolerancia y el rango de tolerancias.

### **a) Tensión**

Para evaluar la tensión de entrega, se toma como intervalo de medición quince (15) minutos y el indicador es la diferencia entre el promedio de los valores eficaces (RMS) instantáneos y el valor de la tensión nominal del mismo punto, este indicador será expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto medido.

$$\Delta V_k (\%) = (V_k - V_N) / V_N \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Donde:

V<sub>k</sub>: Promedio de los valores eficaces en el intervalo de medición

V<sub>N</sub>: Tensión nominal

La tolerancia admitida en todos los niveles de tensión es de  $\pm 5.0\%$  y en el caso particular de redes secundarias de servicios Urbano-rurales dicha tolerancia es de hasta  $\pm 7.5\%$ .

Finalmente se considera energía eléctrica de mala calidad si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del periodo total de la medición.

### **b) Frecuencia**

Para evaluar la frecuencia de entrega, se toma como intervalo de medición quince (15) minutos y el indicador es la diferencia entre el promedio de los valores de la frecuencia instantáneos y el valor de frecuencia nominal del sistema, este indicador será expresado como un porcentaje de la frecuencia nominal del sistema.

$$\Delta f_k (\%) = (f_k - f_N) / f_N \cdot 100\% \quad (3.2)$$

Donde:

f<sub>k</sub>: Promedio de los valores instantáneos en el intervalo de medición

f<sub>N</sub>: Frecuencia nominal

La tolerancia admitida para variaciones sobre la frecuencia nominal en todo nivel de tensión es  $\pm 0.6\%$ .

Finalmente se considera energía eléctrica de mala calidad si las variaciones sostenidas de frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo superior al cinco por ciento (1%) del periodo total de la medición.

Existen dos indicadores adicionales, las Variaciones Súbitas de Frecuencia y las Variaciones Diarias de la Frecuencia, que se miden en intervalos de un (01) minuto y 24 horas respectivamente.

Por razones prácticas no tomaremos en cuenta estos últimos indicadores ya que no influyen en el estudio de los sistemas críticos de baja tensión.

### c) Perturbaciones

Aunque existen muchos tipos de perturbaciones en la NTCSE se controla solo los indicadores de Flicker y las Tensiones Armónicas, cada uno de estos indicadores se evalúan por separado y el intervalo de medición es para ambos de diez (10) minutos.

#### ▪ Flicker

Se le conoce con este nombre a fluctuación de luminancia que puede llegar a ser una molestia para las personas, además el índice de severidad de corta duración por Flícker ha sido definido por normas IEC como el Pst.

La tolerancia el Flícker (Pst) indica que no debe superar la unidad ( $Pst \leq 1$ ) para todos los niveles de tensión. Se considera que el límite  $Pst = 1$  es el umbral de irritabilidad para fluctuación máxima de la luminancia.

#### ▪ Tensiones Armónicas

Para evaluar las tensiones armónicas individuales ( $V_i$ ) y la Distorsión Armónica Total (THD), se expresas sus valores eficaces (RMS) como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición, la NTCSE considera los armónicos individuales hasta el orden 40, y las tolerancias para cada uno se muestran en la Tabla 3.1

Finalmente se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si los indicadores de las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al 5% del período de medición, cada tipo de perturbación se evalúa por separado.

### 3.1.2 Calidad de Suministro

La Calidad de Suministro se expresa de acuerdo a la continuidad del servicio eléctrico, es decir de acuerdo a las interrupciones del servicio en un sistema eléctrico, en otras palabras la disponibilidad del suministro eléctrico.

En la Calidad de Suministro se evalúan dos (02) indicadores, Número Total de Interrupciones y la Duración Total Ponderada de Interrupciones por cliente, ambos indicadores se evalúan en periodos de seis (6) meses.

El Número Total de Interrupciones es la cantidad de interrupciones en el suministro eléctrico durante un tiempo definido.

La Duración Total Ponderada de Interrupciones es la sumatoria de las duraciones individuales de todas las interrupciones en el suministro eléctrico, cabe señalar que para ciertos tipos de interrupciones son multiplicados por un factor menor a la unidad, es el caso de las interrupciones programadas por expansión (0.25) y las interrupciones programadas por mantenimiento (0.5), así mismo no se consideran las interrupciones por rechazo de carga por mínima frecuencia.

Las tolerancias para los dos (02) indicadores varían dependiendo del nivel de tensión (Baja,



Media y Alta Tensión).

TABLA N° 3.1 - Tolerancia para los Armónicos Individuales y THD [1]

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA ó THD	TOLERANCIA  Vi'  ó  THD'   (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Para tensiones mayores a: 60kV	Para tensiones menores o iguales a: 60kV
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
mayores de 25	$0.1 + 2.5/n$	$0.2 + 2.5/n$
(Armónicas Impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.5
THD	3.0	8.0

Número de Total de Interrupciones.

- Clientes en Muy Alta y Alta Tensión: 02 Interrupciones/semestre
- Clientes en Media Tensión: 04 Interrupciones/semestre
- Clientes en Baja Tensión: 06 Interrupciones/semestre

Duración Total Ponderada de Interrupciones

- Clientes en Muy Alta y Alta Tensión: 04 horas/semestre

- Clientes en Media Tensión: 07 horas/semestre
- Clientes en Baja Tensión: 10 horas/semestre

### 3.2. Normas y Estándares Internacionales

Existen algunas normas y estándares internacionales que hacen referencia a la calidad de energía, dentro de ellas se encuentra la norma EN 50160, de donde se basa la norma peruana NTCSE y que tienen varios indicadores en común, también es bastante difundido el estándar IEEE 519 el cual se enfoca en el control de armónicos.

#### 3.2.1 Norma EN 50160

También conocida como estándar EN 50160, elaborada por el comité europeo de estandarización y forma parte los Estándares Europeos (EN), esta norma tiene como título "Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución" describe de manera general a las perturbaciones de la tensión.

La EN 50160 proporciona los indicadores de tensión y las desviaciones permitidas en el punto de entrega o acoplamiento de usuarios de sistemas públicos de electricidad, tanto en baja tensión (BT) como media tensión (MT), para condiciones normales.

Cabe señalar que la EN 50160 solo proporciona límites generales factibles de mantener por el proveedor de energía.

Entre los indicadores tenemos: la frecuencia, variaciones de la tensión, cambio bruscos de la tensión, huecos, interrupciones breves y sostenidas, sobretensiones temporales y transitorias, desequilibrio de la tensión, tensión armónica e interarmónica.

En la Tabla 3.2 se muestran los requerimientos de la EN 50160 para los parámetros anteriormente descritos.

La tensión inter-armónica todavía no tiene limitaciones en la EN 50160 debido a que se encuentra en estudio.

En la Tabla 3.3 se señalan los límites de la tensión armónica individual según la norma EN 50160.

TABLA N° 3.2 - Requerimientos de la EN 50160 y la EN 61000 [2]

No	Parámetro	Características de la tensión de entrada según la Norma EN 50160
1	Frecuencia	BT, MT: valor medio de la fundamental medida a los largo de 10 seg. $\pm 1\%$ (49.5 - 50.5 Hz) durante el 99.5% de la semana - 6%/+4% (47 - 52 Hz) durante el 100% de la semana

2	Variaciones de la tensión suministrada	BT, MT $\pm 10\%$ durante 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos (Figura 1)
3	Cambios bruscos de tensión	BT: 5% normal 10% infrecuente Plt $\leq 1$ para el 95% de la semana
4	Huecos en la tensión suministrada.	La mayoría: duración $< 1$ seg., caída $< 60\%$ Caídas locales limitadas causadas por una carga al conectarse: BT: 10 - 50%, MT: 10-50% (Figura 1)
5	Interrupción breve de la tensión de suministro	BT, MT: (hasta 3 minutos) Pocas decenas - Pocas centenas / año Duración del 70% de las interrupciones $< 1$ seg.
6	Interrupción prolongada de la tensión de suministro	BT, MT: (mayor de 3 minutos) $< 10 - 50$ /año
7	Sobretensión temporal a la frecuencia de la red	BT: $< 1.5$ kV rms MT: 1,7 Uc (directamente a tierra o a través de una impedancia) 2,0 Uc (sin toma de tierra o tierra compensada)
8	Sobretensiones transitorias	BT: generalmente $< 6$ kV, ocasionalmente mayor, tiempo de subida: ms - $\mu$ s. MT: No definido
9	Desequilibrio de tensión de suministro	BT, MT hasta 2% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos, hasta el 3% en algunos lugares
10	Tensión armónica	BT, MT, de acuerdo a tabla de armónicos
11	Tensión Inter-armónica	BT, MT: en estudio

### 3.2.2 Norma IEEE 519

Esta norma se enfoca en las recomendaciones y requerimientos de la IEEE para control de armónicos, si bien no es una norma que abarca la calidad de energía en su totalidad, es una herramienta muy útil para el diseño de sistemas eléctricos que incluyan cargas lineales y no lineales.

Tabla N° 3.3 - Armónicos Individuales según EN 50160 [2]

Armónicos impares				Armónicos pares	
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3			
Orden $h$	Tensión relativa (%)	Orden $h$	Tensión relativa (%)	Orden $h$	Tensión relativa (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 .... 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				

En la IEEE 519 se revisan temas muy relacionados con el control de armónicos, desde su generación, la respuesta de un sistema a la presencia de armónicos, los efectos que causan los armónicos en equipos como transformadores, motores, conductores, condensadores, equipos electrónicos, medidores, mecanismos de control, relés, telefonía y convertidores de potencia estática.

Dentro de la norma también se señalan las prácticas para consumidores individuales y subestaciones alimentadores con referencia el control de los armónicos tanto de tensión como de corriente, de los cuales podemos rescatar la Tabla 3.4 y la Tabla 3.5, sobre los límites de corriente armónica y tensión armónica respectivamente.

### 3.3 Análisis y Problemática de la Norma Peruana

Luego de hacer una revisión breve de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), la norma europea EN 50160, y la IEEE 519, haremos un análisis de la NTCSE buscando los vacíos y omisiones con respecto a estas normas internacionales, si bien la NTCSE tiene muchos aspectos similares a la EN 50160, se dejan de lado muchos criterios que son importantes para el control de la calidad de energía. Entre los criterios similares podemos encontrar: la frecuencia, las variaciones de tensión, las interrupciones, los armónicos de tensión, sin embargo podemos observar que las tolerancias de los indicadores, los intervalos y los rangos de medición no son los mismos, por lo que podemos decir que la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos es muy similar la norma europea EN 50160, pero no son iguales una a la otra ya que cuentan con diferencias que las hacen particulares.

TABLA N° 3.4 - Límites de distorsión de corriente para Sistemas de Distribución (120V a 69KV) [3]

Máxima Distorsión de Corriente Armónica en Porcentaje de $I_L$						
Orden Armónico Individual (Armónicos Impares)						
$I_{sc} / I_L$	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20°	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Donde:

I<sub>sc</sub>: Máxima corriente de cortocircuito en el punto de acoplamiento (punto de medición)

I<sub>L</sub>: Máxima corriente de carga demandada (componente de frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento (punto de medición).

TDD: Distorsión de la corriente armónica en porcentaje (%) de la máxima corriente de carga demandada.

TABLA N° 3.5 - Límites de distorsión de Voltaje [3]

Voltaje de Barra en el PCC	Distorsión de Voltaje	
	Individual (%)	Total THD (%)
69 kV y por debajo	3.0	5.0
69.001 V a 161 kV	1.5	2.5
161.001 V y por encima	1.0	1.5

Ambas normas están dirigidas al control de la calidad de energía de los suministradores y clientes finales, sin embargo es importante señalar los criterios que se dejan de lado en la NTCSE y que se aplican en la EN 50160, los cuales se enfocan en las perturbaciones de la red es decir a comportamientos anormales, como los huecos de tensión, sobretensiones temporales, sobretensiones transitorias y el desequilibrio de la tensión.

Desde el punto de vista de la IEEE 519, la NTCSE controla la tensión armónica tanto individual como total (THD), pero la norma peruana no contempla el control de la corriente armónica, siendo este último un indicador importante ya que se relaciona con la tensión armónica, debido que para el control de tensión armónica y la identificación de la generación de los armónicos se requiere controlar la corriente armónica.

Luego de este análisis podemos indicar que la NTCSE no contempla muchos de los indicadores importantes, lo cual hace que la normativa peruana sea insuficiente para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos críticos de baja tensión, el ideal sería que la norma peruana incluya el control de todos los indicadores restantes lo que significaría un incremento en el nivel de la calidad de energía para usuarios finales.

Esta alternativa de mejorar los indicadores de la NTCSE resultaría muy beneficiosa para los clientes finales, pero de poca aceptación por parte de los suministradores y generadores ya que requeriría de una inversión muy alta el mantener los estándares de una norma tan compleja como la que se propondría, cabe señalar que la norma actual ha sido suspendida para algunas locaciones y sistemas debido a que los suministradores no pueden llegar a garantizar el nivel de calidad de energía de la NTCSE, además durante un tiempo la compensación por mala calidad fue suspendida durante unos años con la justificación de problemas en las líneas de transmisión.

Desde el punto de vista de disponibilidad de energía, la NTCSE tampoco garantiza un 100% de disponibilidad del suministro eléctrico, para los sistemas de baja tensión señala como tolerancia 6 interrupciones por semestre y una pérdida total de energía de 10 horas que en algunos casos puede ser hasta más del doble si se tratan de interrupciones del servicio a causa de mantenimientos o fallas en el sistema, recordemos que para un sistema eléctrico crítico una interrupción resulta en pérdidas importantes, por lo que se debe buscar alternativas que garanticen un suministro con disponibilidad muy alta.

Luego de este análisis, podemos decir que la NTCSE es aplicable para usuarios finales comunes incluso con las limitantes mencionadas, pero resulta insuficiente para sistemas críticos, ya que el no incluir una serie de indicadores y no contar con un suministro confiable en lo que respecta a disponibilidad, se está dejando a los equipos críticos a merced de cualquier falla, mal funcionamiento o interrupción del suministro eléctrico.

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CRÍTICO DE BAJA TENSIÓN.**

En este capítulo evaluaremos los sistemas críticos de baja tensión más comunes y los problemas que pueden presentar en presencia de calidad de energía no adecuada, en muchos casos estos sistemas eléctricos son separados de las demás cargas con el fin de reducir las fallas o problemas derivados de las otras cargas, estos sistemas eléctricos críticos se caracterizan por energizar equipos muy importantes para la empresa o institución que los usa, estas empresas generalmente brindan servicios muy importantes o cuentan con una línea de producción la cual no debe de parar, mencionaremos algunos sistemas críticos los cuales se encuentran muy a menudo en empresas e instituciones importantes.

#### **4.1 Sistemas de Cómputo**

Desde hace algunos años las computadoras se han convertido en herramientas fundamentales para el desarrollo sostenible de una empresa o institución, y son tan importantes que la ausencia de los servicios que son provistos por los sistemas de cómputo se traduce en pérdidas muy elevadas, por lo que cada vez se invierte más en mantener un sistema eléctrico confiable y de alta calidad.

Los centros de cómputo son los principales sistemas de cómputo, son conocidos como Centros de Datos o Data Centers, son ambientes dedicados para el correcto funcionamiento de los equipos de cómputo como servidores, centrales telefónicas, equipos de comunicación, sistema de cableado de redes, etc., estos ambientes han sido adecuados para un funcionamiento independiente de las otras cargas, en los centros de cómputo se han implementado diversos sistemas para asegurar la mayor disponibilidad de los servicios, entre ellos el suministro eléctrico, el cual debe ser de alta calidad y contar con una alta disponibilidad para asegurar el buen funcionamiento de todos los equipos.

Los centros de cómputo son uno de los sistemas eléctricos más críticos que podemos encontrar a menudo, ya que las pérdidas por un mal funcionamiento o falla del mismo pueden ascender a cifras muy altas, un ejemplo de ello lo podemos ver en los bancos, ellos invierten millones de dólares en potenciar sus centros de cómputo, cuyo funcionamiento depende de contar con un buen suministro eléctrico, imaginemos las pérdidas que afrontaría un banco por no contar con su centro de cómputo principal durante unas horas,

no se pueden ejecutar operaciones, sus trabajadores se quedan sin su herramienta principal de trabajo, y peor aún si alguno de los equipos de cómputo resulta dañado debido a una mala alimentación eléctrica.

Podemos decir que los sistemas de cómputo dependiendo de la importancia en el funcionamiento de una empresa o institución deberá contar con un nivel de calidad de energía alto, para una empresa donde los sistemas de cómputo son necesarios pero no indispensables, las exigencias en la calidad de energía no serán tan altas.

#### **4.2 Sistemas de Control**

Los sistemas de control de equipos de una línea de producción generalmente son cargas críticas, esto debido a que controlan un conjunto de equipos y maquinas las cuales cumplen una tarea determinada para lograr un producto o trabajo final, al ser el sistema de control el que comanda a todos los equipos y maquinas, una falla por un suministro de energía inadecuado causa una parada de toda la línea de producción, un ejemplo de este tipo de sistemas se ve en las pesqueras, cuando se levanta la veda (periodo de prohibición de pesca) las embarcaciones empiezan a traer gran cantidad de pescado que debe procesarse rápidamente mientras están frescos, una parada no deseada a causa de un fallo del sistema eléctrico en el sistema de control, trae retrasos, perdida de materia prima, movilización del personal para un nuevo arranque de la línea de producción, etc.

En los sistemas de control requieren un alto nivel de calidad de energía cuando se tratan de sistemas sensibles a las perturbaciones eléctricas, además dependiendo de la importancia del sistema para la continuidad operativa de una línea de producción y una planta, se debe evaluar cuan necesario es contar con un nivel de calidad de energía alto.

#### **4.2 Sistemas de Soporte de vida**

Los sistemas de soporte de vida quizá sean los más críticos, la alimentación eléctrica adecuada debe estar asegurada a un 100%, los sistemas de soporte de vida podemos encontrarlos en hospitales y clínicas, generalmente alimentan a equipos como incubadoras, respiradores artificiales, bypass cardiacos y otros, también se considera dentro de los sistemas de soporte de vida a las salas de cirugía, por lo cual es bastante claro que las perdidas por un mal funcionamiento de los sistemas de soporte de vida pueden llegar a ser irreparables, por lo que generalmente se debe considerar que los sistemas de soporte de vida cuenten con un nivel de calidad de energía muy alto, ya que conociendo la importancia de estos sistemas el requerimiento de calidad es muy alto para un desempeño sin problemas y evitar cualquier pérdida, ya que se pone en riesgo las vidas humanas.

#### **4.3 Sistemas Especiales**

Existen ciertos sistemas y equipos que no son críticos pero que como parte de una



solución se transforma en un sistema crítico, veamos un ejemplo de un sistema común que al convertirse en parte de una solución se vuelve muy importante y por lo tanto pasa a ser un sistema crítico.

Un ventilador es un equipo que no es crítico ya que su función solo se limita a realizar intercambio de aire para un ambiente o zona, la falla de este equipo no produce algún tipo de pérdidas, pero si el mismo ventilador es colocado como parte de una solución de extracción de aire de una mina, la solución se vuelve crítica, es decir el equipo no es crítico pero la solución si lo es, así como este ejemplo, existen muchos equipos que no se les da la importancia debida sino hasta que son parte de una solución la cual si es crítica.

Al igual que los otros sistemas críticos, los sistemas especiales deben contar con un nivel de calidad de energía alto, pero dependiendo de la necesidad de la empresa o institución la solución puede llegar a ser indispensable

## **CAPÍTULO V**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CRÍTICO DE BAJA TENSIÓN**

En los capítulos anteriores hemos visto que muchos parámetros de calidad de energía no son considerados en la norma peruana (NTCSE), pero dichos parámetros son importantes para mantener un estándar alto en la calidad de energía, los sistemas eléctricos críticos deben contar con niveles de calidad de energía eléctrica muy altos, incluso por encima de los estándares de las normas internacionales, pero al contar con niveles de calidad de energía solo lo suficiente para pasar la norma peruana se deben buscar alternativas para los sistemas eléctricos críticos, hemos visto que la alternativa de aumentar los estándares de calidad de la norma peruana no es factible, por lo que la única alternativa para mejorar los niveles de calidad de energía en los sistemas críticos es con el uso de mecanismos y herramientas que aseguren un nivel de calidad de energía para los sistemas críticos.

A continuación revisaremos equipos y herramientas que podemos utilizar para solucionar la problemática de calidad de energía de los sistemas eléctricos críticos de baja tensión.

#### **5.1 Grupo Electrónico**

Los grupos electrógenos son una alternativa muy simple para los sistemas eléctricos críticos, generalmente son utilizados para generar electricidad en lugares donde no llega suministro eléctrico, como zonas apartadas y muy poco habitadas, una aplicación adicional es el uso como fuente alternativa de energía eléctrica cuando el suministro primario de electricidad no está disponible, un grupo electrógeno resulta ser una alternativa muy interesante para el problema de la calidad de energía en los sistemas eléctricos críticos ya que básicamente se trata de un generador propio y dedicado para el sistema, lo cual implica no tener las perturbaciones provenientes de la red y las interrupciones no programadas.

Ahora revisemos los componentes y accesorios del grupo electrógeno, su funcionamiento y su aplicación en los sistemas críticos de baja tensión.

##### **5.1.1 Componentes de un grupo electrógeno**

Los grupos electrógenos constan de las siguientes partes:

###### **a) Motor**

El motor generalmente es de tipo diesel y es el encargado de accionar al grupo

eléctrico, de buen rendimiento y está dotado de accesorios que le proporcionan un fiable suministro de potencia. Los accesorios incluyen, filtro de aire, turbocompresor, regulador de velocidad mecánico o electrónico.

#### **b) Sistema Eléctrico**

Generalmente consta de un sistema de arranque eléctrico, unas baterías y en los casos de los grupos de gran tamaño un alternador para carga de la batería.

#### **c) Sistema de refrigeración**

Consta de un radiador, un ventilador de gran potencia y un termostato. El aire es empujado a través del radiador por consiguiente, el aire de refrigeración es aspirado a lo largo del alternador (el alternador tiene su propio ventilador), después a lo largo del motor y por último empujado a través del radiador.

#### **d) Alternador**

La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y muchas veces sin escobillas, es acoplado con precisión a la salida del grupo eléctrico.

#### **e) Depósito de combustible.**

La mayoría de los grupos a excepción de los más grandes incluyen un depósito de combustible con una capacidad variable, generalmente de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

#### **f) Accesorios complementarios**

Al grupo eléctrico se le adicionan algunos accesorios los cuales lo complementan como solución, no son necesarios para el funcionamiento del grupo eléctrico pero son muy útiles para su desempeño normal.

- Aislamiento de la vibración, son aisladores diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el motor hacia los cimientos sobre los que está instalado el grupo eléctrico.
- Silenciador y sistema de escape, el primero ayuda a reducir la emisión de los ruidos emitidos por el motor, y el segundo es para controlar los gases de escape conduciéndolos hacia salidas que no produzcan peligro.
- Sistema de control, se trata de un panel y sistema de control para el funcionamiento y salida del grupo, para protegerlo contra posibles fallas.
- Interruptor de salida, para la protección del alternador sobre una posible falla de la carga.
- Sistema de transferencia automática, para nuestro estudio el más importante accesorio, realiza un intercambio de fuentes de alimentación hacia la carga de manera automática. Es decir ingresan 2 o más fuentes de energía de diferente

lugares por ejemplo del suministrador de energía y del grupo electrógeno para alimentar a una sola carga.

El sistema de transferencia, es instalado fuera del grupo electrógeno y es instalado en un tablero eléctrico. Puede constar de interruptores con mando motorizado, o conmutadores.

En la Figura 5.1 se muestra un grupo electrógeno abierto, a simple vista se pueden apreciar algunos de sus componentes, en la Figura 5.2 se muestra un grupo electrógeno cerrado, estos se instalan en ambientes abiertos, con el fin de reducir los ruidos que producidos por el motor.

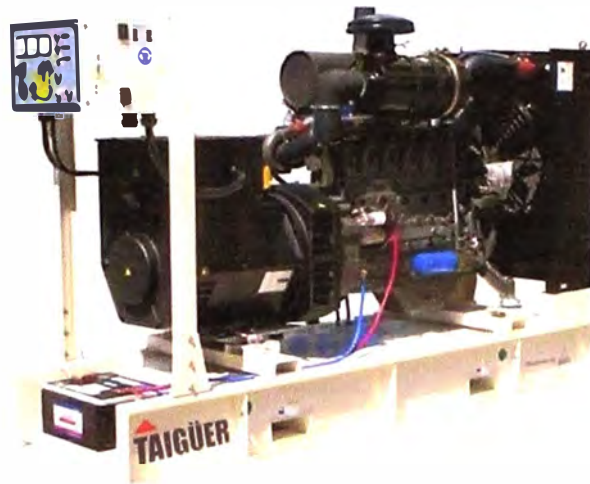


Fig. 5.1 –Grupo electrógeno abierto

### 5.1.2 Funcionamiento de un grupo electrógeno

Los grupos electrógenos tienen un sistema de funcionamiento muy simple, el motor que es alimentado por combustible diesel o gasolina, gira a una velocidad determinada, este motor está acoplado con el alternador que básicamente es un generador eléctrico, el grupo automáticamente regula la tensión de salida y la frecuencia de acuerdo a los requerimientos de la red.

El grupo puede ser accionado manualmente o a través de un panel de control, su arranque generalmente es muy rápido lo que ayuda a reducir los tiempos de interrupción, un grupo electrógeno es básicamente una central térmica de combustible pequeña, sabemos que las centrales térmicas como la que funciona con combustible diesel son de rápido arranque similar al grupo electrógeno, además este tipo de centrales son las menos económicas ya que funcionan con combustible cuyos precios tienden a elevarse día a día.

Los grupos electrógenos tienen dos tipos de potencia, la potencia prime o principal y la potencia stand-by o emergencia, la potencia prime es la potencia del grupo para funcionamiento continuo, mientras que la potencia stand-by es para un funcionamiento eventual, como su mismo nombre lo dice para casos de emergencia, además los grupos

electrógenos tienden a ser equipos muy grandes dependiendo de su potencia, para el funcionamiento correcto del grupo electrógeno este debe ser correctamente dimensionado para la carga requerida lo que conlleva a una necesidad de espacio para la instalación.



Fig. 5.2–Grupo electrógeno cerrado

### 5.1.3 Aplicación de los grupos electrógenos en los sistemas críticos

El utilizar los grupos electrógenos presenta muchas ventajas, en los sistemas críticos permite el contar con un suministro propio que no dependa de variables y perturbaciones externas, entonces veamos cómo y cuándo podemos aplicarlos a los sistemas críticos de baja tensión.

Supongamos un sistema eléctrico crítico el cual no puede dejar de funcionar en ningún momento, es decir se requiere una disponibilidad del 100% y además de que la calidad de energía de dicho sistema sea la más alta, si el grupo electrógeno fuese el que alimentara a este sistema crítico la calidad de energía sería muy alta, pero la disponibilidad del mismo no está asegurada al 100%, ya que como todo equipo el grupo electrógeno requiere mantenimientos para asegurar su correcto funcionamiento, por lo que en algún momento determinado no estará disponible, la ventaja es que se puede programar la parada del grupo para su mantenimiento, una desventaja de utilizar el grupo electrógeno como única fuente de energía para el sistema crítico son los costos de la energía, ya que la energía producida con combustibles fósiles es la más costosa, por lo que tener un sistema eléctrico de este tipo no es rentable, más aun si tiene que agregarse los costos de mantenimiento y operación del grupo electrógeno.

Podemos hacer uso de los accesorios de los grupos electrógenos para volver el sistema eléctrico crítico más confiable, podemos usar un sistema de transferencia automática para que el grupo y la red alimenten a la carga, el problema del sistema de transferencia

automática es que al operar como alimentación principal de la red y esta falla, la transferencia se realiza automáticamente, pero existe un lapso de tiempo que no se provee de energía al sistema, generalmente ese tiempo se alarga debido a que se enciende el grupo y se espera a que sus parámetros se encuentren dentro de los límites aceptables.

Una alternativa es el uso de 2 grupos electrógenos en paralelo, cada uno capaz de dar el total de la energía requerida a la carga, para que en casos de mantenimientos no se vea afectada la carga, obviamente esta alternativa requiere de mucha más inversión, por lo que no es factible a no ser una carga indispensable.

Entonces podemos decir que el uso del grupo electrógeno como única fuente para un sistema eléctrico crítico que requiere una disponibilidad del 100% no es recomendable, sin embargo puede usarse en sistemas críticos, donde pueden realizarse cortes de energía programados, pero es importante señalar que el costo de mantener un grupo electrógeno en operación continua son altos.

## **5.2. UPS**

El UPS es también conocido como SAI, viene abreviatura de “Uninterruptible Power Supply” que significa Sistema de Alimentación Ininterrumpida, son dispositivos que suministran energía eléctrica cuando ocurre un corte de energía inesperado, gracias a que cuentan con baterías que proveen energía durante un cierto tiempo.

Los UPS son los equipos predilectos por los usuarios para garantizar energía de calidad para las cargas y sistemas críticos, debido a que son los únicos dispositivos que pueden brindar energía sin problemas durante un corte de energía.

Por la tecnología con la que cuentan existen muchos tipos de UPS, entonces haremos un breve repaso de los tipos de UPS y su aplicación en los sistemas eléctricos críticos.

### **5.2.1 Tipos de UPS**

Los diferentes tipos de UPS y sus atributos generalmente causan confusión entre los usuarios finales, la creencia generalizada es que existen solamente dos tipos de sistemas UPS, fundamentalmente la UPS Stand-by y la UPS on line, estos dos términos de uso común no describen correctamente muchos de los sistemas UPS disponibles, es importante identificar correctamente los diferentes tipos de topologías UPS, ya que la topología UPS indica la naturaleza básica del diseño de la UPS, y casi todos con diseños o topologías similares, pero con características de rendimiento muy diferentes en cada uno de los casos.

#### **a) UPS Stand-by**

Es el más común, generalmente se utiliza para computadoras personales dando energía de respaldo durante un corte mientras se realiza el apagado.

Para conocer el funcionamiento de este tipo de UPS veamos la Figura 5.3.

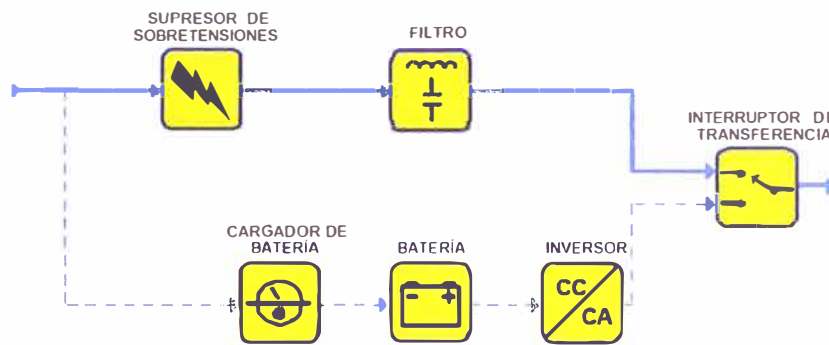


Figura 5.3 – Diagrama de funcionamiento del UPS Standby

El UPS tiene un interruptor de transferencia que está programado para seleccionar la entrada de la red ya filtrada como fuente de energía primaria, y conmutar al modo de batería - inversor como fuente de respaldo en caso de que falle la fuente primaria, el inversor solo se enciende cuando falla la energía, y los principales beneficios que ofrece este diseño son altos niveles de eficiencia, tamaño reducido y bajo costo, además cuentan con un circuito de filtro y de sobretensión adecuado, por lo que estos sistemas además pueden brindar funciones apropiadas de filtrado de ruido y supresión de sobretensiones de la red eléctrica.

#### b) UPS Línea Interactiva

Su uso es más común para equipos de carga entre 0.5 y 5 kVA. En la figura 5.4 se muestra el diagrama de funcionamiento del UPS interactivo.

En este tipo de diseño, el inversor de batería a alimentación AC siempre está conectado a la salida del sistema UPS, el mismo inversor en reversa sirve para realizar la carga de la batería cuando la alimentación AC de entrada es normal, cuando falla la alimentación de entrada, el interruptor de transferencia se abre y el flujo de energía se produce desde la batería hasta la salida del sistema UPS, con el inversor siempre activo y conectado a la salida, este diseño ofrece un filtro adicional y produce transitorios de conmutación reducidos comparado a los UPS Stand-by.

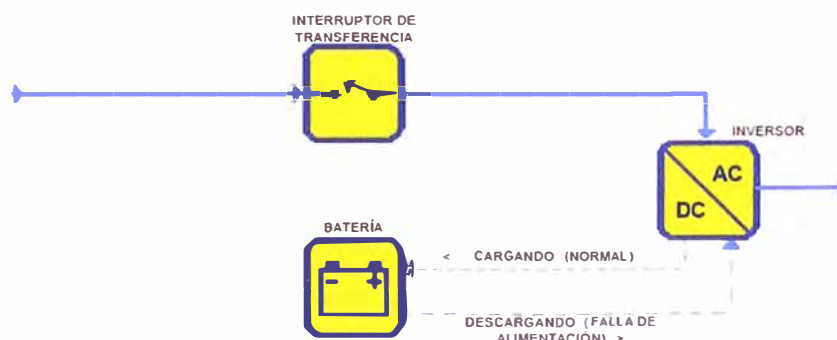


Figura 5.4 – Diagrama de funcionamiento del UPS Línea Interactiva

### c) UPS Stand-by-Ferro

Este tipo de UPS eran los más usados para rangos de potencia de entre 3 y 15kVA, su funcionamiento que podemos apreciar en la Figura 5.5, es muy similar al del UPS tipo Stand-by, pero incorporaba un transformador ferro-resonante a la salida, el cual suministra una regulación de tensión limitada y corrige la tensión de salida.

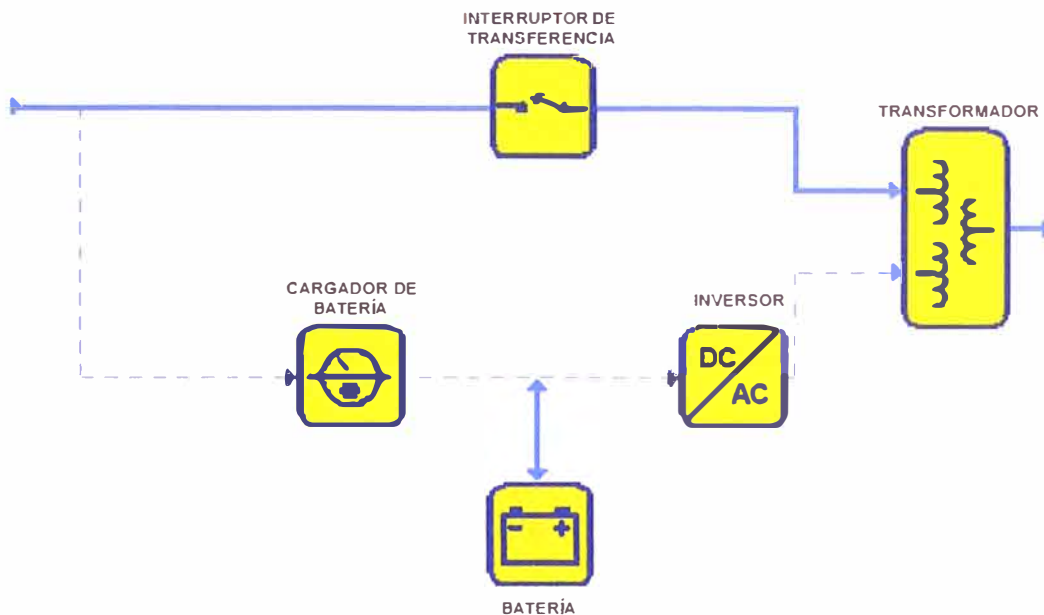


Figura 5.5 – Diagrama de funcionamiento del UPS Stand-by-Ferro

El problema de este tipo de UPS es su gran tamaño y peso, ya que los transformadores ferro-resonantes son mucho más grandes que un transformador habitual, son poco eficientes y aunque su principal beneficio es la confiabilidad y su excelente filtrado, con el uso de las fuentes de los nuevos equipos de cómputo se vuelven muy inestables, generando resonancia con los circuitos causando altas corrientes, severas distorsiones y transitorios en la tensión de salida.

### d) UPS Doble Conversión On Line

Este tipo de UPS son los más utilizados en para potencias mayores a 5 kVA, de acuerdo a la figura 5.6, en el diseño del UPS on line, la interrupción del suministro de la alimentación de entrada no provoca la activación del interruptor de transferencia, el inversor es siempre el circuito primario, la alimentación de entrada está cargando la batería de respaldo que suministra alimentación al inversor de salida, entonces durante una interrupción en el suministro de alimentación de entrada, la operación on line no registra tiempo de transferencia, por lo que este UPS no registra ningún transitorio, además este tipo de UPS cuenta con switch o interruptor de bypass estático que sirve para desviar la alimentación de la red directamente hacia la carga.



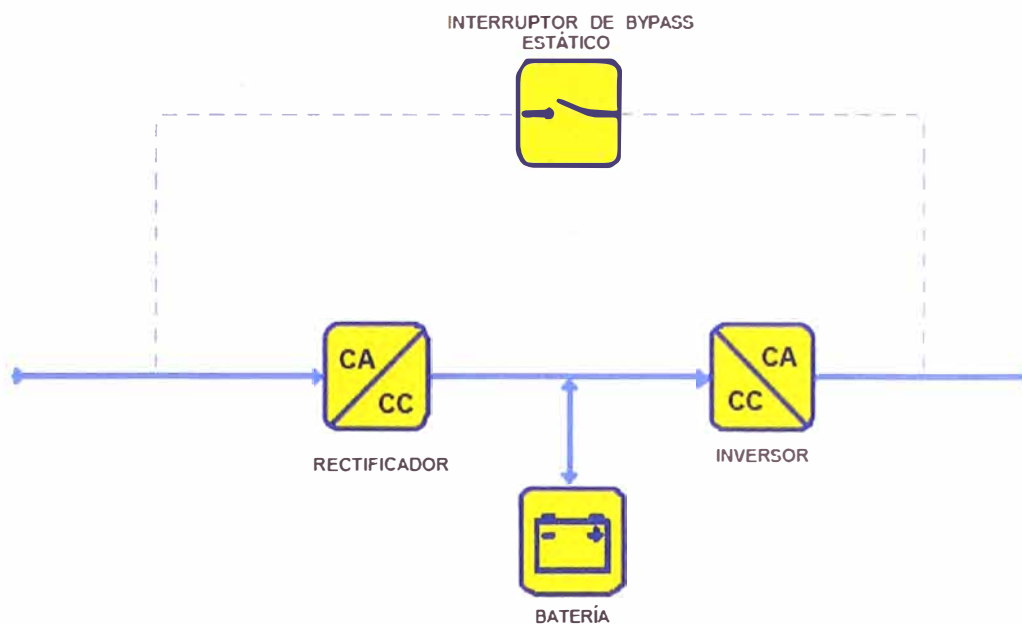


Figura 5.6 – Diagrama de funcionamiento del UPS Doble Conversión On Line

Los UPS on line son los más utilizados en potencias grandes, incluso a pesar de sus desventajas como la baja eficiencia y el constante desgaste de sus componentes, debido a que su buen desempeño en la salida que es casi ideal.

#### e) UPS On Line Conversión Delta

Este tipo de UPS tiene un diseño similar al UPS on line de doble conversión, posee un inversor que suministra tensión a la carga, pero cuenta con un convertor delta adicional que también aporta alimentación a la salida del inversor, durante una falla o perturbaciones en la alimentación de CA, este diseño exhibe un comportamiento idéntico al de la UPS on line de doble conversión, en la figura 5.7 podemos apreciar el diagrama del UPS on line conversión delta.

En el diseño on line de conversión delta, el convertor delta controla las características de la alimentación de entrada, esta unidad de entrada activa toma potencia en forma senoidal, lo que minimiza las armónicas reflejadas en la red eléctrica, por lo que reduce el calentamiento y el desgaste del sistema.

La UPS on line de conversión delta brinda las mismas características de salida que el diseño on line de doble conversión, sin embargo, las características de entrada frecuentemente son distintas, además los diseños on line de conversión delta brindan una entrada con corrección del factor de potencia y control dinámico sin el uso ineficiente de bancos de filtros asociados con las soluciones tradicionales. El beneficio más importante es una reducción significativa en las pérdidas de energía es decir es una solución mucho más eficiente.

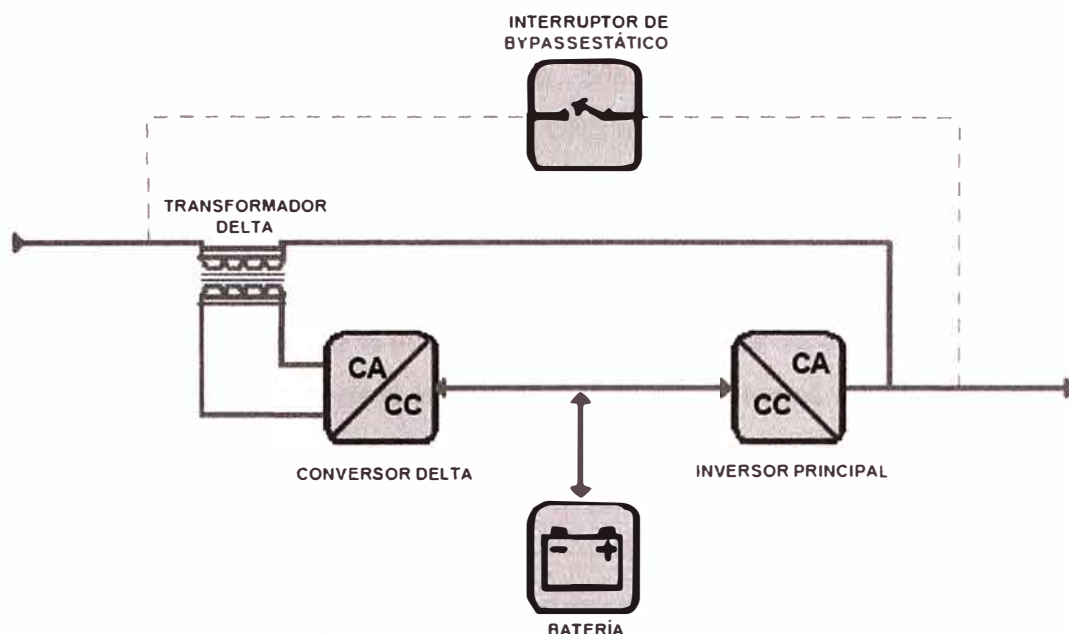


Figura 5.7 – Diagrama de funcionamiento del UPS On Line Conversión Delta

### 5.2.2 Aplicación de los UPS en los sistemas críticos

Los UPS son los equipos más usados en los sistemas eléctricos críticos de baja tensión, ya que no solo suministran energía durante un corte de energía sino que filtran la tensión de muchas de las perturbaciones de la red, inicialmente su uso se limitaba a los sistemas de cómputo, sin embargo desde hace un tiempo se ha ido implementando UPS para alimentar cargas críticas en hospitales e industrias.

Si bien es cierto que el UPS soluciona muchos de los problemas de calidad de energía de los sistemas críticos de baja tensión, al igual que sucede con el grupo electrógeno no es una solución completa.

En ausencia de la red de alimentación el UPS puede brindar energía pero durante un tiempo determinado de acuerdo a la cantidad de baterías con las que cuente el UPS, generalmente los UPS cuentan con una autonomía de 15 a 30 minutos, pero puede aumentarse con bancos de baterías adicionales, el problema es que las baterías tienen un tiempo de vida corto, de entre 2 y 3 años dependiendo de su uso.

Otro de los inconvenientes de los UPS es que contaminan de armónicos a la red de alimentación, generando los problemas de armónicos que ya conocemos, además los UPS también requieren de mantenimientos programados para evitar cualquier mal funcionamiento de los mismos y para poder dar un mantenimiento al UPS se requiere un tablero de bypass que permita alimentar a la carga directamente de la red sin realizar un corte de energía.

Con el fin de evitar cualquier tipo de falla del sistema crítico a causa de un malfuncionamiento del UPS, se cuenta con soluciones especiales como UPS en paralelo, y

UPS con redundancia interna. Los UPS en paralelo y los UPS con redundancia aseguran una mayor disponibilidad hacia la carga crítica, ya que pueden soportar un malfuncionamiento del UPS (en el caso de los UPS en paralelo) o un fallo de algún módulo de potencia (en el caso de los UPS con redundancia interna).

### **5.3 Estabilizador de Tensión**

Los estabilizadores de tensión o reguladores de tensión, son equipos electrónicos que buscan mantener constante la tensión de salida con la que se alimenta a la carga y su función principal es la de tratar de evitar las fluctuaciones de tensión de la red, a diferencia del UPS no pueden suministrar energía de respaldo ante una interrupción total de la alimentación eléctrica, solo pueden estabilizar la tensión dentro de un rango de la tensión nominal.

Los estabilizadores más usados para los sistemas críticos de baja tensión son los de estado sólido, tanto en ambientes industriales, comerciales y el sector de cómputo.

Los estabilizadores de estado sólido regulan la tensión con un autotransformador con derivaciones que a través de circuitos electrónicos conmutan para obtener la tensión deseada, dicha conmutación es realizada por Triacs.

En algunos casos los estabilizadores pueden contar con accesorios adicionales como filtros EMI-RFI, supresor de transitorios y bypass manual de mantenimiento. Con el fin de elevar el nivel de calidad de energía la disponibilidad del equipo.

En la Figura 5.8 mostramos un estabilizador de estado sólido trifásico, a simple vista podemos ver sus bornas de entrada y salida, su interruptor de entrada y su ventilador.

#### **5.3.1 Aplicación de los estabilizadores en los sistemas críticos**

Los estabilizadores han venido usándose como complemento de los equipos informáticos, para computadoras personales e incluso para dar energía estabilizada a un grupo de computadoras personales, y en la mayoría de proyectos para edificios destinados a oficinas, se utilizan los estabilizadores, con el fin de dar una energía de mejor calidad a los usuarios, a estos circuitos que tienen un estabilizador se les llama sistema estabilizado.



Figura 5.8 – Estabilizador de estado sólido trifásico.

Los estabilizadores pueden aplicarse en los sistemas eléctricos críticos para mejorar la calidad de la energía en los parámetros de las variaciones de tensión y en algunos casos proporcionan protección contra sobretensiones transitorias y ruido, pero quedaría desprotegido de las perturbaciones como armónicos, desequilibrio, tampoco pueden brindar energía durante una interrupción de la energía, por lo que no puede utilizarse el estabilizador como única solución para un sistema crítico, debe complementarse con otros equipos adicionales que puedan brindar el resto de protecciones necesarias.

#### 5.4 Transformador de aislamiento.

Llamado también transformador de ultra aislamiento, son equipos recomendados para aislar eléctricamente y reducir los disturbios eléctricos hacia las cargas sensibles, este equipo es muy útil y confiable para alimentar sistemas eléctricos críticos como, sistemas médicos, sistemas de cómputo y telecomunicaciones, sistemas de control e instrumentación, a la vez permite adecuar las fases para obtener cero (0 voltios) entre neutro y tierra; y 220 voltios entre fase y tierra, normativa ideal para centros de cómputo. Pueden ser de factor K para cargas no lineales, no produce distorsión armónica, y dependiendo del tipo de transformador puede reducir los armónicos.

El Transformador de Aislamiento, se construye con bobinas primarias y secundarias, proporciona al sistema aislamiento galvánica y bajo acoplamiento capacitivo con respecto a las líneas de la instalación eléctrica, lleva incorporado una pantalla electrostática que filtra y conduce a tierra las señales de alta frecuencia indeseadas, la aislación galvánica que otorga al sistema permite aterrizar el neutro de salida, si es requerido, además de disminuir el ruido eléctrico propagado de la red hacia la carga. En la figura 5.9 podemos un diagrama eléctrico de un transformador de aislamiento trifásico, en la figura 5.10 se muestra físicamente un transformador de aislamiento común.

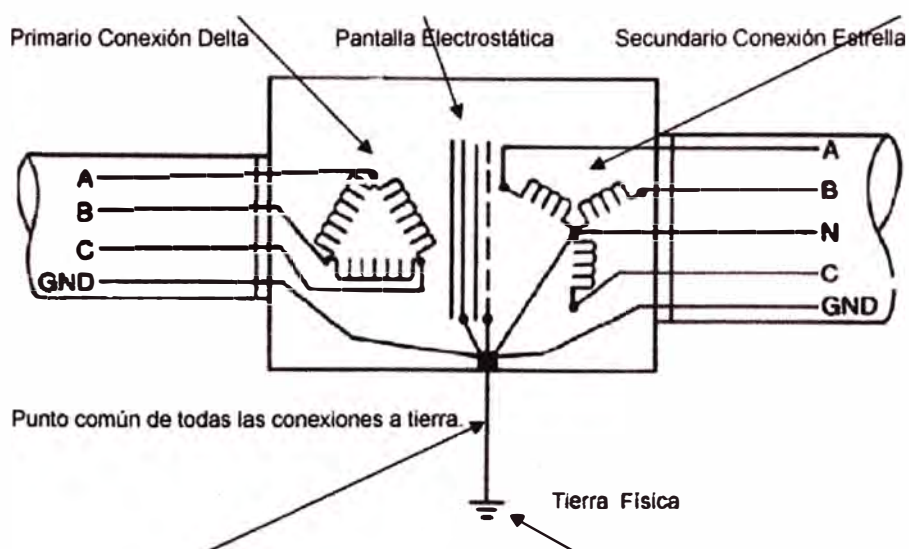


Figura 5.9 – Diagrama de Transformador de aislamiento trifásico.



Figura 5.10 – Transformador de aislamiento trifásico.

#### 5.4.1 Factor K de un transformador

Cuando un transformador alimenta a cargas no lineales como fuentes de alimentación de conmutación por sistemas de estado sólido se generan corrientes armónicas y estas a su vez generan pérdidas adicionales que hacen que el transformador y el neutro del sistema sobrecalienten y deterioren al punto de falla.

Los transformadores con especificaciones del factor K están proyectados para reducir los efectos del calentamiento de las corrientes armónicas creadas por cargas no lineales, la clasificación del factor K asignado a un transformador es un índice de capacidad del transformador para soportar un contenido armónico en su corriente de carga mientras se mantiene dentro de sus límites de la temperatura de funcionamiento.

Hasta la fecha, las literaturas industriales y comentarios se refieren a un número limitado de las clasificaciones del factor K: K-1, K-4, K-9, K-13, K-20, K-30, K-40. En la Tabla 5.1 se muestra del factor K para algunos tipos de carga.

#### 5.4.2 Aplicación de los transformadores de aislamiento en los sistemas críticos

Los transformadores de aislamiento se utilizan para aislar el sistema eléctrico crítico de las demás cargas de la instalación, reduce los disturbios eléctricos hacia la carga, filtra señales de alta frecuencia, genera el neutro aterrado que es necesario para instalaciones de cómputo. En algunos casos ayuda a reducir los armónicos de la red a la carga o viceversa. Si bien es un equipo que pueda brindar una solución al problema de calidad de energía, sirve como complemento de soluciones por lo que su aplicación será muy recurrente en los sistemas eléctricos críticos de baja tensión.

Tabla 5.1 – Factor K según el tipo de carga.[6]

CARGA	FACTOR K
Iluminación con lámparas de descargas	K-4
UPS con opcional de filtro de entrada	K-4
Maquinas de Soldadura	K-4
Equipos de calentamiento por inducción	K-4
PLCs y controles de estado sólido (otros allá de los drives variadores de velocidad).	K-4
Equipos de Telecomunicación	K-13
UPS sin filtros de entrada	K-13
Alimentación de receptáculos con cableado múltiple por lo general en áreas con herramientas para el cuidado de la salud y las aulas de las escuelas, etc.	K-13
Fuentes de los circuitos con receptáculos de cableado múltiple para equipos de inspección y pruebas en los sectores productivos o líneas de producción.	K-13
Las cargas de los servidores (mainframe)	K-20
Drives de estado sólido para motores (Drives Variadores de Velocidad)	K-20
Alimentación del circuito con receptáculos en áreas clave de seguridad y salas de cirugía recuperación de hospitales.	K-20

### 5.5 Supresor de transitorios de tensión

El supresor de transitorio es también llamado TVSS o supresor de picos, es un dispositivo usado para proteger los equipos contra las sobretensiones transitorias que puedan ocurrir en un sistema eléctrico, son diseñados para suprimir los transitorios provocados, por: conmutaciones internas en las edificaciones (bancos de capacitores, grandes motores), descargas electrostáticas, inducciones de rayos, etc, además el supresor de transitorio es capaz de disipar la energía contenida en un pulso de sobretensión de corta duración, pero no en instalaciones con problemas de regulación de tensión en la red de alimentación que tenga una sobretensión sostenida por encima del máximo de operación (el supresor no es un regulador de tensión).

Las sobretensiones de origen externo son ocasionadas por descargas eléctricas tipo atmosférico, los transitorios de origen interno están asociados con las sobretensiones por maniobra y conmutación, prácticamente todas las conmutaciones en las redes industriales y particularmente las de elevada potencia producen sobretensiones transitorias.

La apertura de circuitos de protección o de mando compuestos por contactores y relés, en

aplicaciones de transferencia de redes, bancos de condensadores, puesta en marcha de motores de gran potencia, encendido de soldadores y balastos, generan sobretensiones de tipo oscilatorio, de alta frecuencia y con tiempos de amortiguación rápida, los cuales pueden perturbar el funcionamiento de ciertas cargas sensibles como las de los sistemas de cómputo.

### 5.5.1 Clasificación de los Supresores de transitorios

La norma IEEE C62.41 determina 3 categorías de utilización de los supresores que depende del lugar donde serán instalados

#### a) Supresores tipo A

También se le conoce como supresor tipo 3, y son aquellos que se instalan como protección directa de las cargas, (salidas de tomacorriente, multitomas).

#### b) Supresores tipo B

También se le conoce como supresor tipo 2, y son aquellos que se instalan como protección de alimentadores de gran potencia y circuitos ramales cortos (en tableros de distribución secundarios).

#### c) Supresores tipo C

También se le conoce como supresor tipo 1, y son aquellos que se instalan como protección primaria en la cabecera de la instalación contra sobretensiones externas, el punto de entrada entre el transformador y el primer medio de desconexión (en tableros de distribución principales).

La norma ANSI/IEEE C62.41 establece varios tópicos para la selección de un TVSS. Clasificación, nivel de exposición, voltaje y conexión, clamping o residual (tensión remanente del transitorio que el supresor desvía a tierra), corriente de cortocircuito de la instalación. En la figura 5.11 se muestra a un Supresor de tipo B de montaje como gabinete de pared, en la figura 5.12 se ilustra la el tipo de supresor dependiendo de su ubicación.

### 5.5.1 Aplicación de los supresores de transitorios en los sistemas críticos

Las sobretensiones transitorias o transitorios son las perturbaciones eléctricas que pueden causar más daños a los sistemas críticos.



Figura 5.11 – Supresor de transitorios tipo B marca APC.

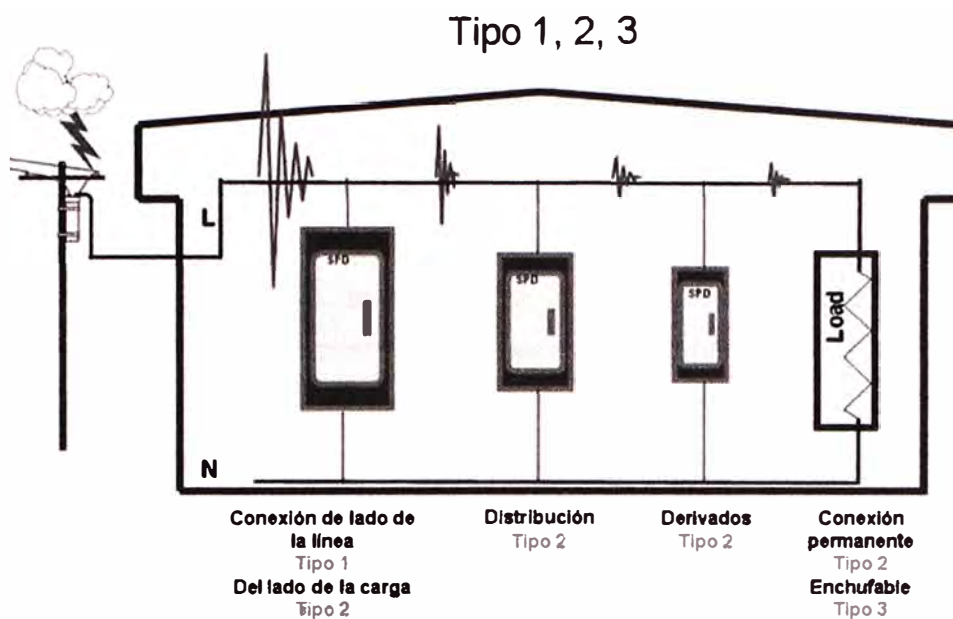


Figura 5.12 – Tipo de supresor dependiendo de su aplicación

Cuando es bien seleccionado el supresor de transitorios, asegura el correcto la protección del sistema ante cualquier fallo de sobretensión transitoria. Entonces queda claro que cualquier sistema eléctrico crítico debe considerar un supresor de transitorios que asegure la protección ante un evento de este tipo de perturbaciones.

### 5.6 Filtro de armónicos

Habíamos comentado que las cargas no lineales, por ejemplo, variadores de velocidad, inversores, UPS, hornos de arco, transformadores, filtro y lámparas de descarga, provocan perturbaciones en la red de tipo armónico, estos generan sobrecarga de cables, provoca fallos en relés e interruptores automáticos, y altera el funcionamiento de muchos tipos de equipo como, computadoras, sistemas de control, centrales telefónicas, etc.

Para controlar los armónicos se requiere colocar equipos adicionales que contrarresten el efecto producido por estos, cabe señalar que ciertos equipos que generan gran cantidad de armónicos como los variadores de velocidad y los UPS tienen accesorios adicionales que ayudan a reducir su emisión de armónicos a la red, pero para casos donde no se cuenten con estos accesorios o los equipos son diversos o cuando los armónicos provienen de la red se puede utilizar los filtros de armónicos.

Los filtros de armónicos eliminan la mayoría de los problemas de calidad de energía asociados a los armónicos, además limitan las fluctuaciones de tensión, mejoran la eficiencia, las condiciones de funcionamiento y permiten la optimización de la red.

Dependiendo de la presencia de armónicos en el sistema se selecciona el tipo de filtro adecuado, por ejemplo si se ha identificado el armónico o los armónicos característicos del sistema se puede implementar un filtro pasivo diseñado para contrarrestar los armónicos



identificados, sin embargo en muchos casos si no se puede identificar los armónicos característicos o son demasiados como realizar un diseño de un filtro pasivo, se puede hacer uso de filtros activos.

Los filtros activos controlan la corriente de línea en tiempo real y procesa los armónicos medidos como señales digitales en un procesador digital de señales de alta potencia, que a la vez controla los módulos de un PWM que mediante reactancias de línea inyectan corrientes armónicas con exactamente la fase opuesta a aquellas que se deben filtrar, en la Figura 5.13 se muestra un filtro activo compacto de uso comercial y para las pequeñas industrias.

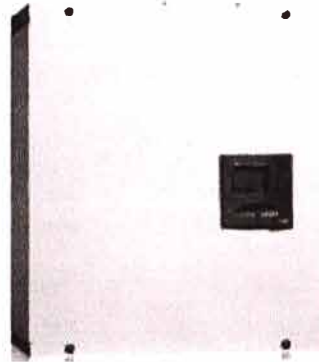


Figura 5.13 – Filtro activo compacto

### 5.6.1 Aplicación de los filtros de armónicos en los sistemas críticos

Los filtros armónicos pueden cumplir una doble función en los sistemas críticos de baja tensión, ya sea limitando los armónicos de la red hacia el sistema crítico o eliminando los armónicos de algún equipo específico del sistema crítico que pueda causar mal funcionamiento de los demás equipos del sistema crítico, generalmente los filtros activos se instalan luego de haber realizado un estudio de calidad de energía y se ha detectado la presencia de armónicos peligrosos en el sistema estudiado, sin embargo muchas veces cuando se conoce de ante mano algún equipo que pueda generar armónicos, se evalúa la mejor manera de reducir los armónicos que genere, por ejemplo en el caso de un variador de velocidad, se sabe que estos equipos distorsionan la red al tener una etapa de rectificación, por lo que generan armónicos característicos, el fabricante de los variadores de velocidad cuenta con soluciones preparadas para reducir la emisión de armónicos de sus equipos, en este caso los variadores de velocidad cuentan con filtros de línea que ayudan a mejorar la distorsión armónica generada por ellos.

Para los sistemas eléctricos críticos será importante identificar la calidad de energía del sistema, si se encuentra con un nivel de armónicos alto, o se instalara un equipo que genere armónicos, de acuerdo a eso se evalúa y se implementa la solución más adecuada para mitigar la presencia de los armónicos en el sistema.

## **5.7 Relés de detección de fallas.**

Los relés de detección son equipos que permiten conocer si existe algún comportamiento anormal de la red, para el control de la calidad de energía más comunes son: los de control de frecuencia, de secuencia de fases, de pérdida de fase, de asimetría, de subtensión, sobretensión, de subintensidad, sobreintensidad, y de falla a tierra, generalmente cuentan con temporizadores incorporados que sirven para retardar durante un tiempo determinado el disparo o alarma provocada por la falla.

Los relés solo cumplen función de detección de la falla, los relés no protegen directamente sino que a través de sus contactos auxiliares, comandan a otros dispositivos complementarios con los que si pueden realizar la función de protección.

### **5.7.1 Aplicación de los relés en los sistemas críticos**

Los relés proveen protecciones adicionales para los sistemas eléctricos críticos de baja tensión, aunque su función es sólo la de detección, como solución junto a los demás dispositivos pueden garantizar protección ante los comportamientos anormales de la red y que pueden ser perjudiciales, por ejemplo si se desea tener una protección contra una sobretensión sostenida debido a que puede dañar los equipos de un sistema crítico, se puede incorporar un relé de sobretensión asociado al interruptor del circuito que se desea proteger, con lo cual al presentarse dicho fenómeno se apertura el interruptor evitando que las tensiones peligrosas dañen a los equipos del sistema.

Debido a que el relé solo es un dispositivo de detección y requiere un equipo adicional que ejecute la función de protección, la protección dependerá del dispositivo adicional asociado al relé, por lo que las aplicaciones de estos en los sistemas eléctricos críticos pueden ser variadas.

## **5.8 Soluciones compuestas**

Anteriormente hemos visto los diferentes equipos que pueden ayudar a solucionar los problemas de la calidad de energía en los sistemas críticos de baja tensión, pero cada equipo presenta una solución para determinado problema de calidad de energía por lo que no es adecuado el uso de un solo equipo cuando se implementa un sistema eléctrico crítico, es necesario evaluar el sistema crítico e indicar el nivel de calidad de energía al que se debe desear.

Es común en un sistema crítico combinar los diferentes tipos de equipos para lograr una solución compuesta la cual pueda asegurar una calidad de energía adecuada para la aplicación deseada, por ejemplo en los sistemas de cómputo es muy común el uso del UPS, pero ya vimos el UPS es un equipo que solo llega a corregir los niveles de tensión para la carga y da energía de respaldo por unos minutos cuando ocurre una caída o interrupción del suministro eléctrico, entonces para continuar mejorando la calidad de

energía de ese sistema de cómputo podemos aislar todo el sistema a través de la instalación de un transformador de aislamiento, con el fin de disminuir cualquier perturbación de la red al sistema, además se puede incorporar supresores de transitorios y un relé de protección de sobretensiones sostenidas.

Estas son algunas maneras de ir eliminando perturbaciones que puedan afectar a las cargas críticas, con un conjunto de equipos, que al final será una solución compuesta por diferentes mejoras al sistema eléctrico crítico de baja tensión.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA UN SISTEMA CRÍTICO DE BAJA TENSIÓN**

En este capítulo revisaremos un caso práctico de un sistema crítico de baja tensión, en donde se encontraron muchas deficiencias en el sistema eléctrico, era muy poco confiable para los usuarios y equipos instalados, por lo que se requería de manera urgente elevar el nivel de calidad de energía para todo sistema eléctrico crítico proponiendo una gran cantidad de mejoras y alternativas.

#### **6.1 Clínica Privada**

Una clínica privada, con sedes en Lima Cercado y San Borja, y con medicentros en San Isidro, Surco, San Borja y la ciudad de Huaraz, tiene una base instalada de equipos de cómputo muy importante sin embargo los sistemas eléctricos que alimentan a estos equipos no son confiables, con los años ha ido sintiéndose más el problema de la calidad de energía de estos sistemas eléctricos ya que como la mayoría de empresas actuales, los servicios brindados por los equipos de cómputo se han vuelto cada vez más importantes para todos sus usuarios.

Esta clínica en su sede Cercado de Lima, ubicada en la Av. Garcilaso de la Vega 1421, tiene instalado su Centro de Cómputo o Data Center el cual es el más importante de toda su organización, dentro de este centro de cómputo se encuentran muchos equipos de cómputo como servidores, switches de comunicación, central telefónica, cableado de red, y otros servicios más, debido a muchos problemas que han ocurrido y una expansión se ha pensado en realizar mejoras o un nuevo sistema para todo el Data Center.

#### **6.2 Problemática del Centro de Datos**

El Centro de Datos o Data Center de la clínica privada de su sede de Cercado de Lima, es el más importante de la organización, concentra todos los servicios de cómputo de la sede, además de la central telefónica.

Desde hace unos años el crecimiento desordenado y la falta de información de parte de los usuarios y operadores del Data Center lo ha vuelto vulnerable, al punto de que muchos de los servicios son interrumpidos debido a algún desperfecto o mal funcionamiento, por lo que la clínica Internacional ha decidido realizar una mejora total en su Data Center, debido a que tienen programado la compra de nuevos equipos servidores de computo y switches de comunicación más modernos y potentes, buscando modernizar y mejorar los servicios que

pueda darles a sus usuarios y clientes.

Su Data Center no se encuentra preparado para recibir este nuevo equipamiento, su sistema eléctrico ha ido presentado deficiencias, la más cercana fue un fallo en la alimentación eléctrica de la central telefónica, dejándolo completamente inoperativo con lo cual se perdió totalmente la comunicación telefónica de la sede durante varios días.

Ya sabemos que los centros de datos o data centers son sistemas eléctricos críticos más aún si se trata de una clínica la cual debe contar con todos sus servicios operativos las 24 horas del día los 365 días del año, por lo que se tendrá que plantear no solo en la situación actual sino con el crecimiento proyectado para evitar cualquier problema de diseño al no contemplar un crecimiento estimado de al menos 5 años.

### **6.3 Situación Actual del Sistema eléctrico del Centro de Datos.**

Revisemos brevemente la situación actual del sistema eléctrico del Centro de Datos de la sede de Cercado de Lima de la Clínica privada.

El Centro de Datos se ubica en el sótano N° 1 y sus dimensiones aproximadas son 3.5 metros de ancho x 4.5 metros de largo y cuenta con la siguiente infraestructura eléctrica:

- Un Tablero General (TP-S1-2) que es alimentado directamente desde el cuarto eléctrico ubicado en el sótano N° 2, este tablero es monofásico y alimenta a todos las cargas del centro de cómputo, en el tablero se puede ver que están conectados tanto los UPS (sistema de alimentación ininterrumpida) y el equipo de aire acondicionado de precisión en la parte superior, y en la parte inferior se encuentran todos los circuitos de las cargas críticas, cabe señalar que el aire acondicionado de precisión es un equipo diseñado para controlar la temperatura y la humedad de todo el ambiente, ya que todos los equipos de cómputo generan calor y aumentan la temperatura a niveles que pueden causar un mal funcionamiento de ellos mismos, entonces el aire acondicionado de precisión también es una carga crítica, en la Figura 6.1 se muestra una fotografía del tablero general del centro del centro de datos.
- Está instalado un tablero adicional al costado del tablero general, este tablero adicional también alberga cargas críticas y se instalo debido a que por el crecimiento en equipos quedo insuficiente el espacio y no se pudo instalar más circuitos eléctricos, en la Figura 6.2 se muestra la fotografía del tablero adicional parte del sistema eléctrico crítico.
- Se observa que parte del centro de datos está siendo usado de almacén por los trabajadores del área de sistemas. en la figura 6.3 se muestra una fotografía del ambiente.
- No se le ha dado la debida importancia al sistema eléctrico hasta que han empezado a fallar servicios importantes como el de telefonía, ya que la central telefónica quedo inoperativa debido al suministro de energía inadecuado, dejando sin el servicio

telefónico a toda la clínica durante unos días.



Figura 6.1 – Tablero general del centro de datos



Figura 6.2 – Tablero complementario de cargas críticas



Figura 6.3 – Ambiente contiguo al centro de datos

- El sistema eléctrico del centro de datos cuenta con una solución de UPS monofásicos en paralelo dando una carga aproximada de 12kVA / 8.4kW, este es el único equipo con el que cuentan que mejora la calidad de energía del sistema. En la figura 6.4 se muestra una fotografía del UPS marca Minute Man instalado dentro de un gabinete de cómputo, por lo que la solución UPS no será capaz de abastecer a los nuevos equipos que serán instalados, como ya mencionamos la clínica tiene programada la adquisición de nuevos equipos como servidores y equipos de comunicaciones que serán instalados en dicho centro de datos.



Figura 6.4 – Solución UPS marca Minute Man instalada

- El centro de datos tiene instalado un piso técnico de 20 centímetros de altura, que es utilizado para que la distribución del cableado eléctrico y de datos para los equipos sea ordenado y de fácil acceso, pero esto no se ha aplicado de esa manera, el cableado eléctrico esta desordenado, no se puede identificar, no es seguro, por lo que vuelve a todo el sistema eléctrico vulnerable, en las figura 6.5 y 6.6 se muestra el estado del cableado eléctrico a los equipos.

Luego de revisar el estado del sistema eléctrico del centro de datos, se puede concluir lo siguiente:

1. El sistema eléctrico del centro de datos que es una carga crítica no brinda un suministro eléctrico de calidad, debido a las deficiencias encontradas.
2. El sistemas eléctrico del data center es alimentado desde el cuarto eléctrico ubicado en el sótano N° 2. En el tablero de la subestación que alimenta al centro de datos están conectadas diversas cargas que puede ocasionar perturbaciones al sistema crítico.
3. El sistema eléctrico no cuenta con un sistema de respaldo ante una interrupción imprevista prolongada.
4. El sistema eléctrico no cuenta con un sistema de protección contra las sobretensiones transitorias.
5. El sistema eléctrico alimenta en un mismo tablero a las cargas como UPS y aire acondicionado de precisión que básicamente es una carga motor lo cual no se recomienda ya que como se sabe las cargas tipo motor en su arranque pueden causar huecos de tensión o alguna otra perturbación.
6. El cableado eléctrico del sistema no es seguro debido a que ha sido instalado de manera deficiente, no está señalizado y se encuentra en un completo desorden.
7. El sistema eléctrico no está preparado para soportar el incremento de carga consecuencia de la instalación de los nuevos equipos de cómputo.

#### **6.4 Propuesta para de Sistema Eléctrico del Centro de Datos.**

En vista que el sistema eléctrico actual del centro de datos cuenta con muchas deficiencias que no aseguran la entrega de energía eléctrica de calidad a las cargas críticas, por lo que se debería de proponer un conjunto de mejoras para elevar el nivel de calidad de energía del sistema eléctrico.

Se propone implementar todo un nuevo sistema eléctrico que cumpla con los requisitos necesarios para asegurar los más altos estándares de calidad de energía y de disponibilidad de suministro para los equipos críticos.

El nuevo sistema eléctrico propuesto deberá contar con la capacidad de crecimiento futuro ya que la clínica privada decidió construir un nuevo centro de datos pensando en su crecimiento de hasta 10 años.





Figura 6.4 – Cableado eléctrico por debajo del piso técnico



Figura 6.5 – Cableado eléctrico dentro de los gabinetes de equipos

La nueva ubicación del data center será en el mismo sótano N° 1, muy cerca del centro de datos actual, pero este será de mayor área, con esta premisa se empieza a elaborar el diseño del nuevo sistema eléctrico para el centro de datos, a partir del diseño, elaboramos la propuesta del nuevo sistema eléctrico, donde veremos aplicados todas las herramientas

y equipos que tenemos a disposición para proteger de forma adecuada a un sistema eléctrico crítico.

#### **6.4.1 Criterios de diseño del Sistema Eléctrico para el nuevo Centro de Datos**

Para la clínica es vital que el nuevo centro de datos cuente con la mayor disponibilidad, ya que servicios usados día a día como el correo, telefonía, base de datos, etc., son provistos por el centro de datos, por lo que la falta de alguno de estos servicios resultará en pérdidas significativas para la clínica.

Con la premisa de tener la mayor disponibilidad posible del centro de datos revisaremos los criterios para el diseño y posterior construcción de acuerdo al Estándar TIA 942 [10].

##### **a) Grupo Electrónico**

En vista que se requiere un sistema con la mayor disponibilidad, se debe contemplar un grupo electrónico que brinde energía cuando no se cuente con suministro eléctrico público, recordemos que la cantidad y el tiempo que dure una interrupción forman parte de los indicadores de calidad de energía.

##### **b) Solución UPS**

La solución UPS que debe implementarse para el nuevo sistema debe ser la de más alta disponibilidad, con autonomía mínima de 30 minutos, no se requiere mayor autonomía para no encarecer la solución y al contar con un grupo electrónico solo será necesario unos minutos, la solución UPS se encarga solucionar los problemas de las variaciones de tensión.

##### **c) Transformador de aislamiento**

Se deberá aislar las cargas críticas de la red normal, contener los armónicos que puedan generar la solución UPS para que no contamine a la red eléctrica y viceversa, y para que las perturbaciones de la red no ingresen al sistema crítico, cabe señalar que para que en los transformadores trifásicos de tipo D/Y o Y/D los armónicos de orden 3 y sus múltiplos no se propagan del primario al secundario y viceversa.

##### **d) Supresor de transitorios**

Se requerirá de supresores de transitorios para proteger al sistema crítico, los tableros de distribución de las cargas críticas y los UPS.

Con estos equipos protegiendo al sistema se asegura una calidad de energía muy alta para el sistema eléctrico del nuevo Data Center ya que se controlan los fenómenos eléctricos que pueden causar algún mal funcionamiento de los equipos críticos.

En la actualidad los equipos de cómputo para centros de datos como servidores, switches y otros, cuentan con la posibilidad de tener dos (2) fuentes de alimentación, a esto se le conoce como redundancia, lo cual asegura que ante la falla en una de las fuentes la otra posibilita que el equipo funcione sin sentir la falla.

### 6.4.2 Esquema del nuevo sistema eléctrico

En la Figura 6.6 se muestra un esquema de la solución para el nuevo sistema eléctrico.

La solución consta de los siguientes elementos:

- Grupo electrógeno con su tablero de transferencia automática
- Transformadores de aislamiento para cada UPS
- 02 UPS de tipo on line, tecnología modular y escalable.
- Supresores de transitorios para proteger al UPS y las cargas
- Tableros de distribución para alimentar cargas críticas
- El grupo electrógeno también alimentará a las cargas complementarias del centro de datos como el aire acondicionado de precisión, tomacorrientes y luminarias.

Los diagramas unifilares, y las especificaciones técnicas de los equipos se adjuntan en los Anexos.

### 6.4.3 Dimensionamiento de los equipos

Realizaremos el dimensionamiento de cada uno de los equipos

#### - UPS

Carga Actual:	12 kVA / 8.4 kW
Incremento por proyecto programado:	7.2 kW
Potencia de reserva:	5 kW
Total requerido:	20.6 kW
Potencia mínima del UPS:	20.6 kW

El UPS deberá contar con al menos 20.6 kW de potencia, y deberá tener redundancia interna y capacidad de crecimiento, es decir el UPS deber ser modular y escalable, su potencia base deberá ser al menos de 20.6 kW y deberá tener un modulo adicional que garantice los 20.6 kW de funcionamiento, al arreglo de los UPS con la posibilidad de falla de uno esto se le conoce como redundancia N+1.

Para elevar el nivel de disponibilidad se eleve el nivel de redundancia a 2(N+1) es decir dos UPS con redundancia interna.

El equipo seleccionado para este caso es el UPS modelo Symmetra PX, con módulos de 16 kW, y crecimiento hasta 96 kW, se requerirá tres (3) módulos de 16 kW (dos módulos para asegurar la potencia mínima requerida y un modulo adicional para dar redundancia N+1 al UPS).

El UPS cuenta con un gabinete de baterías, estas baterías trabajan correctamente dentro un ambiente que no supere los 25°C, entonces, será necesario un sistema de enfriamiento con aires acondicionados de confort, para la sala eléctrica donde estará ubicados los UPS y sus gabinetes de baterías, para el correcto funcionamiento de los mismos.

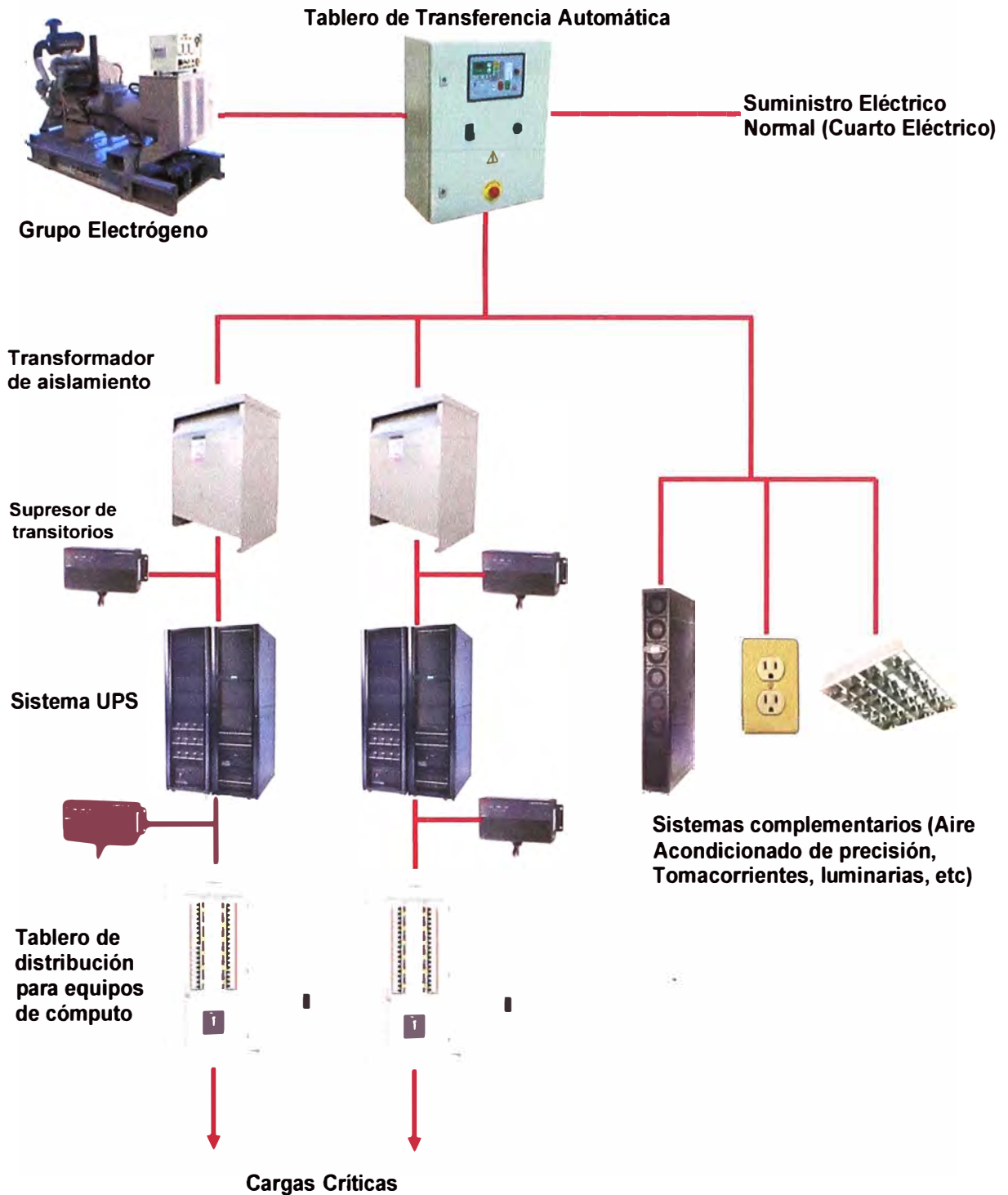


Figura 6.6 – Solución de energía para el nuevo centro de datos

- **Transformador de aislamiento**

Potencia del UPS: 32 kW / 32 kVA

Crecimiento futuro (50%): 48 kW / 48 kVA

Transformador requerido (125% de 48kVA): 60 kVA

El transformado de aislamiento se dimensionará para cada UPS, y su crecimiento futuro,

ya que debido a que los UPS son modulares y escalables su potencia puede crecer tan solo instalándole un módulo adicional, por lo que se requiere que el Transformador de aislamiento este dimensionado para este crecimiento. Cabe señalar que el transformador de aislamiento se sobredimensiona un 25% para evitar el sobrecalentamiento generado por los armónicos del UPS.

- **Grupo electrógeno**

Potencia del transformador de aislamiento:	60 kVA
Potencia de los equipos complementarios	40 kVA
Grupo requerido:	100 kVA

Si bien la solución contempla dos (2) transformadores de aislamiento, la carga necesaria solo es la de uno de ellos, la carga es dividida entre los dos transformadores, pero cuando uno falle el otro asumirá toda la carga.

El tablero de transferencia automática estará dimensionado para la carga del grupo electrógeno

- **Supresores de transitorios**

Los supresores de transitorios al ser instalados en tableros eléctricos de distribución y para proteger a los UPS serán del tipo 2 o B.

- **Requerimientos adicionales**

Debido a los últimos problemas ocurridos con la central de telefonía, se ha propone aislar dicha carga del resto de cargas críticas a través de un transformador de aislamiento, de igual manera se considera la instalación de un supresor de transitorios tipo 2 exclusivo para la central de telefonía.

#### **6.4.4 Presupuesto del nuevo sistema eléctrico**

A continuación mostramos el presupuesto del nuevo sistema eléctrico considerando todos los elementos antes descritos, los servicios de instalación y la puesta marcha de toda la solución.

De la tabla 6.1 a 6.7, se muestra los presupuestos de solución UPS, Transformador de Aislamiento, Grupo electrógeno, Tableros eléctricos, Canalizaciones, Cableado eléctrico, y equipos y servicios complementarios respectivamente.

El total de la inversión requerida para implementar el nuevo sistema eléctrico para el nuevo centro de datos de la clínica privada es de \$ 191,066.00 sin incluir el impuesto general a las ventas (I.G.V.)

#### **6.4.5 Tiempo de implementación.**

El tiempo de implementación del nuevo sistema es de aproximadamente 3 meses. El tiempo de implementación es bastante largo debido a que los UPS son importados desde su país de fabricación lo cual toma aproximadamente 2 meses.

Tabla 6.1 – Presupuesto de la solución UPS y supresor de transitorios. [9]

Item	Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Solución energía UPS (garantía por 1 año incluye soporte técnico)</b>				
1	2	UPS modelo Symmetra PX marca APC 32kW Escalable a 96kW, 380V	34845.00	69690.00
2	2	Módulo de 16kW para Symmetra PX para redundancia	5822.00	11644.00
3	8	Modulo de baterías para Symmetra PX	1852.00	14816.00
4	2	Contrato de Servicio de emergencia y mantenimiento preventivo para el UPS	2470.00	4940.00
5	2	Servicio de tiempo de respuesta de 4Hr y atención 7x24	826.00	1652.00
6	4	Supresor de transitorios TVSS 80kA trifásico 380VAC	552.00	2208.00
7	2	Ensamblaje y puesta en marcha del UPS Symmetra PX	954.00	1908.00
8	1	Transporte de los UPS hacia el sitio	488.00	488.00

Tabla 6.2 – Presupuesto del Transformador de Aislamiento. [9]

Item	Cant	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Transformadores de Aislamiento</b>				
9	2	Transformador de aislamiento Trifásico 60kVA Factor K-13 220/ 380VAC	3963.00	7926.00

Tabla 6.3 – Presupuesto del Grupo Electrónico y sus accesorios. [9]

Item	Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Solución grupo electrónico</b>				
10	1	Grupo electrónico, Marca Caterpillar-Olympian de 100kVA de Potencia de Emergencia	20552.00	20552.00
11	1	Encapsulado e insonorizado de Grupo GeneradorGEP65	5230.00	5230.00
12	1	Silenciador residencial	341.00	341.00
13	1	Tubo flexible de acero inoxidable	250.00	250.00
14	1	Cargador automático de batería 12V – 5A Deep Sea Electronics	191.00	191.00
15	1	Traslado del grupo electrónico	1251.00	1251.00
16	1	Servicio de Instalación	1889.00	1889.00
17	1	Fabricación de losa de concreto para montaje de grupo electrónico	610.00	610.00

Tabla 6.4 – Presupuesto de los Tableros eléctricos. [9]

Item	Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Tableros eléctricos</b>				
18	1	Tablero general del Data Center	2073.00	2073.00
19	2	Tablero de bypass	1768.00	3536.00
20	1	Tablero de transferencia automática 3x400A Deep Sea Electronics	4226.00	4226.00
21	2	Tablero de distribución de circuitos de cómputo	1020.00	1020.00
22	6	Servicio de instalación de tableros eléctricos, y accesorios de fijación, acondicionamiento, peinado y conexión de cables	390.00	2340.00

Tabla 6.5 – Presupuesto de las canalizaciones. [9]

Item	Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Canalizaciones</b>				
23	100	Suministro e instalación de tubería de PVC-P de 2"1/2Ø, desde Sub estación hasta el tablero de transferencia automática incluye soportes y accesorios de fijación	20.00	2000.00
24	40	Suministro e instalación de tubería de PVC-P de 2"1/2Ø, desde tablero de transferencia automática hacia el cuarto eléctrico, incluye soportes y accesorios de fijación	20.00	800.00
25	50	Suministro e instalación de tubería de PVC-P de 1"1/2Ø, desde tablero de maniobras de UPS a tablero de distribución, incluye soportes y accesorios de fijación	15.00	750.00
26	50	Suministro e instalación de bandeja portacables tipo rejillas para la distribución del cableado a los equipos finales	20.00	1000.00
27	1	Obras civiles de canalizaciones	976.00	976.00

Tabla 6.6 – Presupuesto del Cableado Eléctrico. [9]

Item	Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Cableado eléctrico</b>				
28	100	Suministro e instalación de Cable NYY de 3-1x120mm <sup>2</sup> +1x70 mm <sup>2</sup> (T) desde subestación hasta tablero de transferencia automática	88.00	8800.00
29	40	Suministro e instalación de Cable NYY de 3-1x120mm <sup>2</sup> +1x70 mm <sup>2</sup> (T) desde tablero de transferencia automática a tablero general del Data Center	88.00	3520.00
30	20	Suministro e instalación de cable NYY de 3-1x70 mm <sup>2</sup> +1x50mm <sup>2</sup> (T) desde tablero general del UPS a transformadores de aislamiento	55.00	1100.00
31	20	Suministro e instalación de cable NYY de 4-1x25 mm <sup>2</sup> +1x25mm <sup>2</sup> (T) desde los transformadores de aislamiento hacia el Tablero de maniobras del UPS (retorno)	32.00	640.00
32	40	Suministro e instalación de cable NYY de 4-1x25mm <sup>2</sup> +1x25mm <sup>2</sup> (T) desde tablero maniobras del UPS hacia UPS1 y UPS2 (ida y vuelta).	32.00	1280.00
33	50	Suministro e instalación de cable NYY de 4-1x25mm <sup>2</sup> +1x25mm <sup>2</sup> (T) desde tablero general del UPS hacia tableros de distribución.	32.00	1600.00
34	40	Suministro e instalación de cable NPT de 3x10AWG desde tablero de distribución a equipos de cómputo	30.00	1200.00

Tabla 6.7 – Presupuesto Equipos y servicios complementarios. [9]

Item	Cant.	Descripción	Costo Unit.	Costo Total
<b>Sistema de Aire acondicionado para cuarto eléctrico</b>				
35	2	Aire acondicionado de 24000BTU incluye instalación.	1598.00	3196.00
36	1	Modulo de automatismo para aires acondicionados	268.00	268.00
<b>Protección de la Central telefónica</b>				
37	1	Transformador de aislamiento Monofásico 3kVA Factor K-13 220/ 220 V para central telefónica	395.00	395.00
38	1	Switch de transferencia automática para rack 16A/230V, C20 IN, (8) C13 (1) C19 OUT	822.00	822.00
39	1	Supresor de transitorios TVSS 80kA trifásico 380VAC	552.00	552.00
<b>Servicios y otros</b>				
40	1	Miscelaneos y consumibles	610.00	610.00
41	1	Pruebas Eléctricas	488.00	488.00
42	1	Entregables del proyecto	488.00	488.00
43	1	Jefe de Proyecto	1800.00	1800.00



## CONCLUSIONES

- 1) Los sistemas eléctricos críticos de baja tensión son definidos de acuerdo a la importancia que tienen para la empresa, institución u organización, en algunos casos los sistemas eléctricos son muy críticos debido a que el fallo o malfuncionamiento del sistema se traduce en pérdidas muy grandes.
- 2) Luego de revisar la norma peruana de calidad de energía (Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos) se encuentra que muchos criterios no son considerados para evaluar la calidad de la energía, por lo tanto podemos decir que la norma peruana no puede usarse para analizar un sistema eléctrico crítico, menos aún el suministro eléctrico público es lo suficientemente confiable para dar energía de calidad a un sistema eléctrico crítico.
- 3) La forma de garantizar un suministro de calidad para un sistema eléctrico crítico es a través de mejoras implementadas por el mismo usuario, con equipos y herramientas adecuadas para reducir el impacto de las perturbaciones o variaciones del suministro eléctrico.
- 4) Los sistemas críticos de baja tensión más comunes son los centros de cómputo, los sistemas de control, los sistemas de soporte de vida, y algunos sistemas especiales, cada uno de ellos cuenta con una problemática diferente y debe realizarse un análisis para proponer un conjunto de mejoras de acuerdo en base a criterios particulares de cada sistema.
- 5) En la actualidad tenemos una serie de equipos que ayudan a mejorar los niveles de calidad de energía de un determinado sistema, sin embargo ninguno de los equipos es una solución completa para la problemática de calidad de energía de los sistemas críticos de baja tensión, sino que cada equipo ayuda a mejorar un determinado parámetro, por lo que generalmente se elabora una solución compuesta por varios dispositivos de protección.
- 6) En el caso revisado del centro de datos de la clínica privada, este solo cuenta con uno de los dispositivos que ayudan a corregir el problema de calidad de energía, por lo que muchas de las perturbaciones pueden afectar al desempeño actual del sistema eléctrico.
- 7) La pérdida de servicios del centro de datos de la clínica privada afecta al desempeño normal de la misma, pero no la deja inoperativa, por lo que debería de ser aceptable

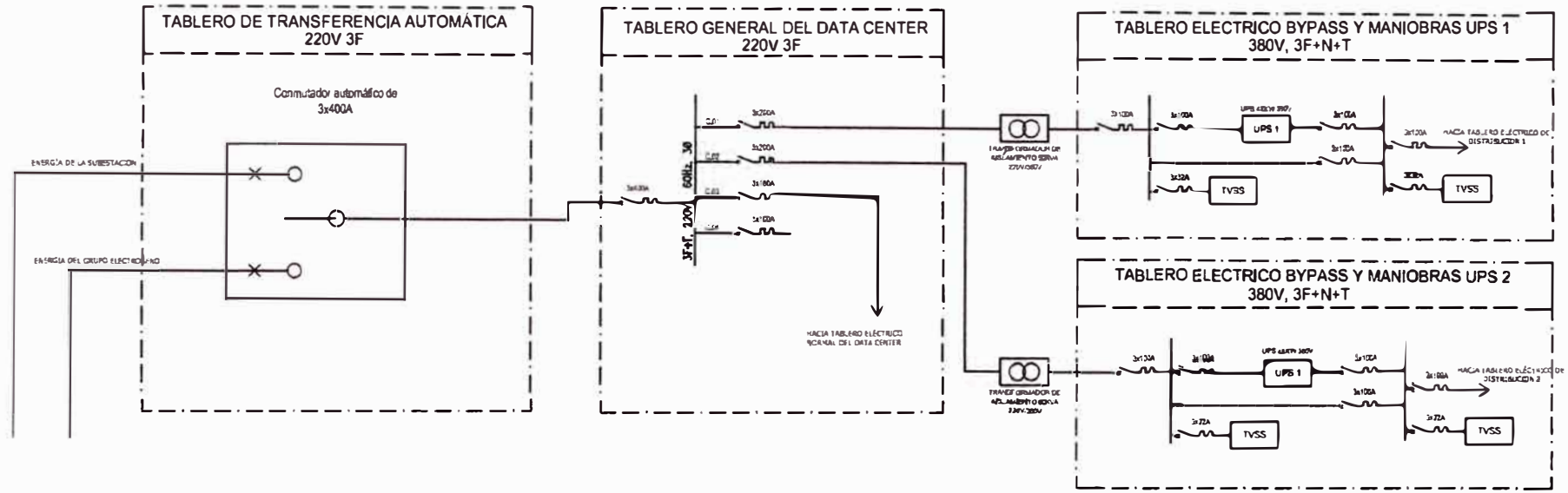
algún problema eventual en el centro de datos, sin embargo la clínica decidió que el nuevo sistema eléctrico para el nuevo centro de datos sea considerado como una carga crítica e indispensable, que no acepta ningún tipo de perturbación ni problema. Por lo que la solución presentada es la que asegura el mejor funcionamiento para un sistema eléctrico de un centro de cómputo.

- 8) El presupuesto para implementar toda la solución asciende a \$ 225,458.00 con los impuestos y el tiempo de implementación es 3 a 4 meses, queda claro que implementar un sistema eléctrico crítico con las mejores protecciones para asegurar un buen nivel de calidad de energía a la carga final, requiere de una gran inversión económica y de un tiempo considerable.

## **ANEXOS**

ANEXO A: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SOLUCION PROPUESTA

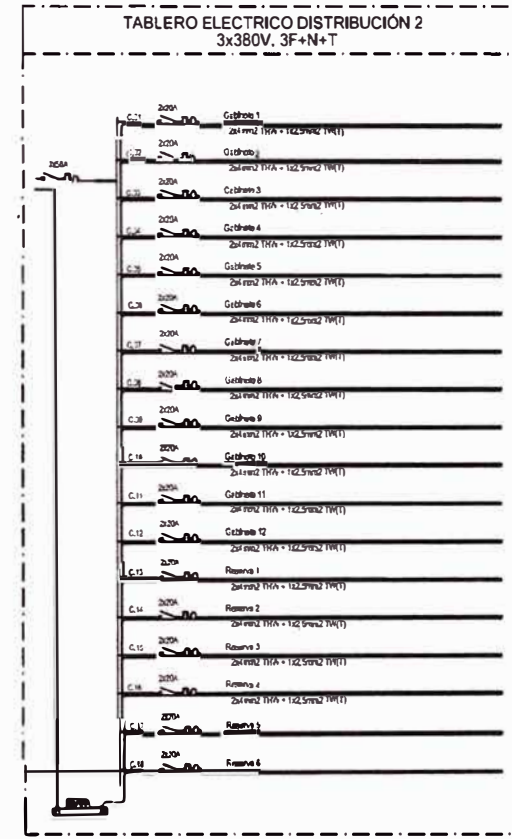
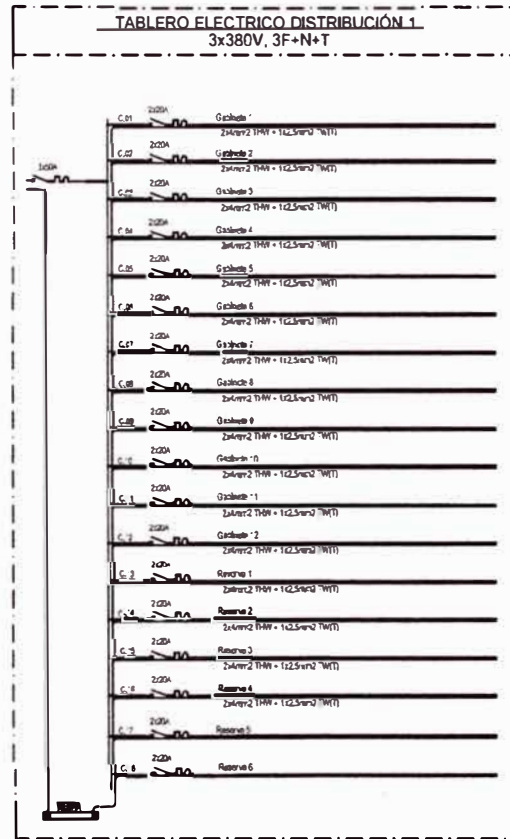
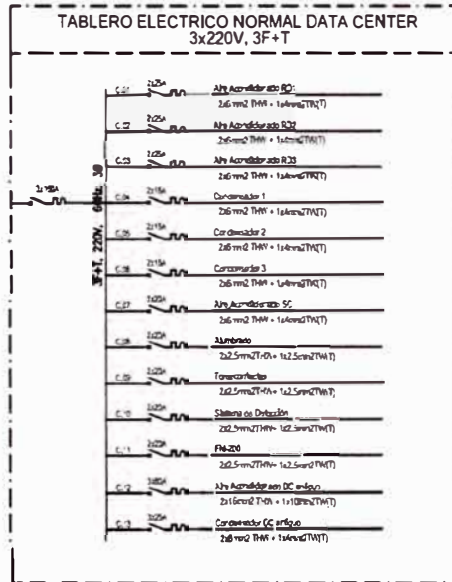
# DIAGRAMAS UNIFILARES



Clínica Internacional Sistema Eléctrico

PROYECTO:	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - SISTEMA ELÉCTRICO	UNIDAD:	IE-10
CONTRATISTA:	COSAPI DATA S.A.	FECHA:	
PLANO:	DIAGRAMA UNIFILAR	REV:	
REVISOR:		ELABORADO:	
INGENIERO RESPONSABLE:		PROYECTISTA RESPONSABLE:	

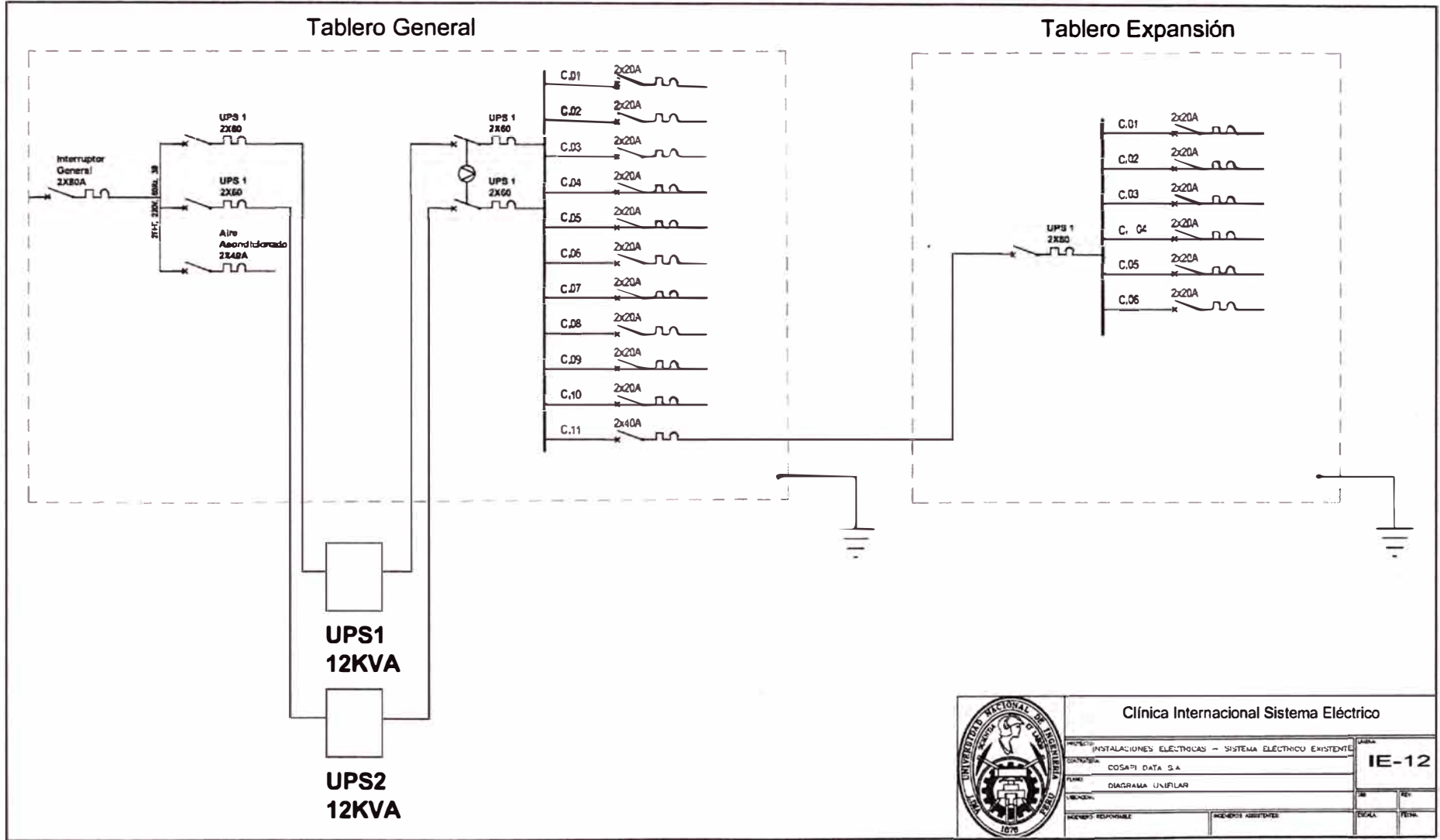
# DIAGRAMAS UNIFILARES



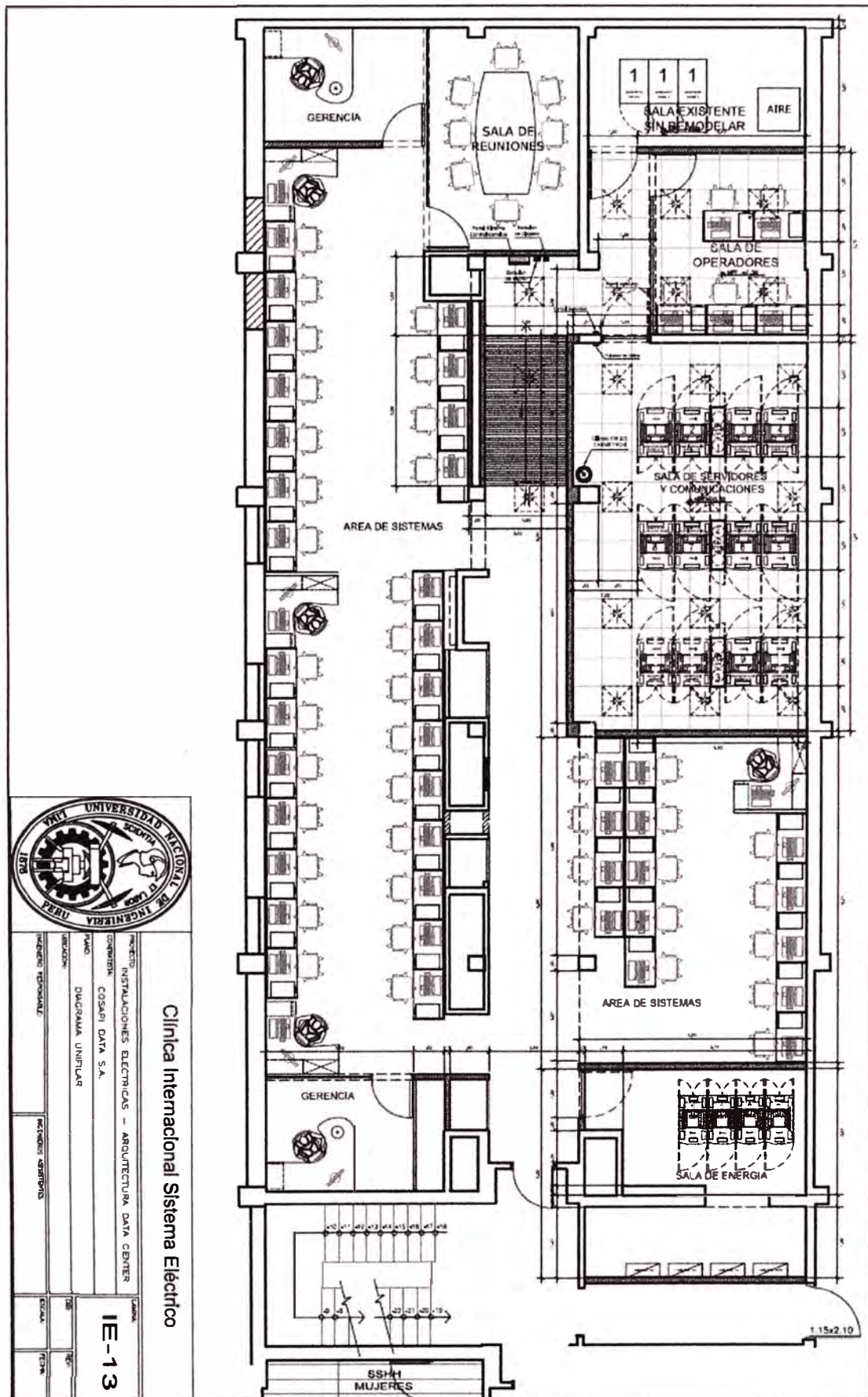
Clínica Internacional Unifilar Data Center	
PROYECTO	DISTRIBUCIONES ELECTRICAS - DATA CENTER
CLIENTE	COBAPI DATA S.A.
TIPO DE DIAGRAMA	DIAGRAMA UNIFILAR
FECHA DE ELABORACION	
FECHA DE REVISION	

IE-11

ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR ACTUAL



**ANEXO C: PLANO DE ARQUITECTURA DEL NUEVO CENTRO DE DATOS**



## ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

### Solución UPS de 48kVA / 48kW crecimiento hasta 96kW

La solución consta de 2 UPS 48kVA / 48kW 380VAC  
Funcionamiento automático como UPS (n+1) de 32kVA /32kW



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### General

Conexión de bypass	5 wire (3PH + N + G)
Máxima corriente de entrada en bypass	139A
Dispositivo para protección de bypass	160A

#### Salida

Capacidad de Potencia de Salida	48 kW / 48kVA
Máxima potencia configurable	96 kW / 96`kVA
Tensión de salida nominal	230V, 400V 3PH
Nota de tensión de salida	Configurable para tensión de salida nominal de la fase 3 de 380 : 400 o 415V
Eficiencia con carga completa	95.0%
Distorsión de tensión de salida	Menos que 2%
Frecuencia de salida (sincronizada a red eléctrica principal) ajustable por el usuario +/- 0,1	50/60 Hz +/- 3 Hz
Factor de cresta	Ilimitado
Tipo de forma de onda	Ondasenoidal
Conexiones de salida	(1) Hard Wire 5-wire (3PH + N + G)
Distorsión armónica total en tensión de salida	< 2% for 0 to 100% linear load and < 6% for full n
Funcionamiento con sobrecarga	10 minutes @ 125% and 60 seconds



Eficiencia a media carga	@ 150%
Protección de corriente de salida requerida	95%
Corriente de salida en conductor neutro	160A
Desviación	80A
	Desviación estática incorporada

### Entrada

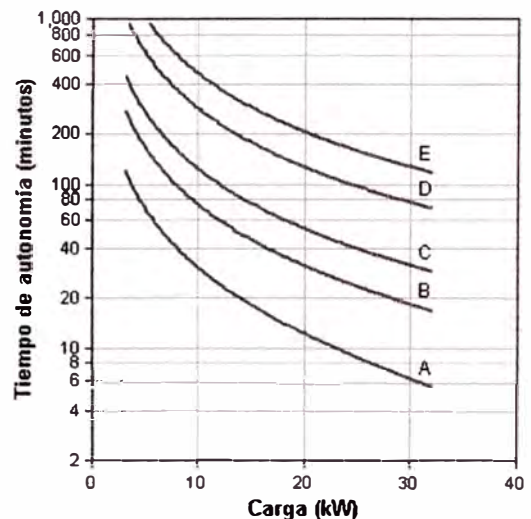
Entrada de voltaje	400V 3PH
Frecuencia de entrada	40 - 70 Hz
Tipo de enchufe	Hard Wire 5-wire (3PH + N + G)

Variación de tensión de entrada para operaciones principales	340 - 477V
Corriente máxima de entrada	59A
Capacidad del disyuntor de entrada	200.0 A
Nivel máximo de régimen en cortocircuito (IOC)	30.0 kA
Distorsión armónica total de entrada:	
Less than 5% for full load	

### Baterías y autonomía

Tipo de batería	VRLA
Baterías pre-instaladas	7
Ranuras libres para baterías	2
Tiempo típico de recarga	3.50 hora(s)
Cantidad de cartuchos de batería de recambio	4
Tensión nominal de baterías	+/-192 V
Tensión de la batería al final de la descarga	+/-154 V
Protección contra sobrecarga de corriente continua	189A
Máxima corriente de cortocircuito disponible	2 kA
Eficiencia en funcionamiento a batería	94%
Corriente máxima de batería al final de la descarga	111
Funcionamiento con sobrecarga	10 minutes @ 125% and 60 seconds @ 150%

Curve	Part Number(s)
A	SY32K96H
B	SY32K96H + (3)SYBT9-B4
C	SY32K96H + (6)SYBT9-B4
D	SY32K96H + (1)SYCFXR9-9
E	SY32K96H + (2)SYCFXR9-9



**Autonomía de la solución completa:**

31 minutos a plena carga 48kW (4baterías adicionales en cada UPS)

**Comunicaciones y manejo**

Puerto de interfaz	SmartSlot
Cantidad de interfaces SmartSlot™	2
Panel de control control	Estatus multifuncional LCD y consola con control
Alarma audible	Alarma de batería encendida: alarma distintiva de carga de batería baja: retrasos configurables
Interruptor de emergencia (EPO)	Sí

**Físico**

Dimensiones de altura máxima	1991.00 mm
Dimensiones de anchura máxima	1200.00 mm
Dimensiones de profundidad máxima	1070.00 mm
Altura del rack	42U
Peso neto	1029.00 kG

**Ambiental**

Ambiente operativo	0 - 40 °C
Humedad relativa de operación	0 - 95%
Elevación de operación	0-999.9 metros
Temperatura de almacenamiento	-15 - 40 °C
Humedad relativa de almacenamiento	0 - 95%
Elevación de almacenamiento	0-15000 metros
Ruido audible a 1 metro de la superficie de la unidad	63.00 dBA
Disipación térmica en línea	5748.00 BTU/hora
Clase de protección	NEMA 1

**Conformidad**

Aprobaciones	CE,EN 50091-1,EN/IEC 62040-3,EN/IEC 62040-1-1,FCC Part 15 Clase A,VFI-SS-111
Garantía estándar	Reparación en el establecimiento durante un año o reemplazo por puesta en marcha con autorización del fabricante.

## TVSS –Supresor de Transitorios 380/220V, 80kA/f

Instalación a la entrada y salida del UPS.



### Entrada

Frecuencia de entrada 50/60 Hz

Tipo de enchufe

Hard Wire 4-wire (3F + N)

### Protección

Pico de corriente en modo normal 80 (/PH) kAmps

Pico de corriente en modo común 80 kAmps

NM tiempo de respuesta en sobrevoltajes (ns) 1 ns

### Físico

Peso neto 1.36 kG

Dimensiones de altura máxima 200.00 mm

Dimensiones de anchura máxima 76.00 mm

Dimensiones de profundidad máxima 76.00 mm

### Ambiental

Ambiente operativo -40 - 60 °C

Humedad relativa de operación 0 - 95%

Elevación de operación 0-3000 metros

Temperatura de almacenamiento -55 - 60 °C

Humedad relativa de almacenamiento 0 - 95%

Elevación de almacenamiento 0-3000 metros

### Conformidad

Aprobaciones En la lista de cUL, En la lista de UL

Garantía estándar 5 años para reparación o sustitución

## **Transformador De Aislamiento**

Para el dimensionamiento de La Potencia del transformador de aislamiento será tal para soportar la carga del UPS.

Máxima Potencia configurable del UPS: 48kVA/48kW con crecimiento hasta 96kVA/96kW

### **Transformador de Aislamiento 60KVA Factor K-13 certificado por la UNI**

#### **CARACTERISTICAS TECNICAS**

##### **VARIABLES DE ENTRADA**

Marca:	<b>NACIONAL</b>
Rango de Voltaje de Nominal:	220 V
Rango dinámico Porcentual:	-20% +15%
Tensión de entrada:	220 V
Fases:	Trifásico
Frecuencia Nominal:	60 Hz.
Factor de potencia:	0.95

##### **VARIABLE DE SALIDA**

Voltaje Nominal:	380 V + N
Frecuencia:	60Hz.
Nivel de Aislamiento:	0.6 / 2.5 KV.
Eficiencia:	mayor a 96%
Protección:	Externa.
Montaje:	Interior
Refrigeración:	AN Servicio : Continuo.

#### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Gabinete: Estará Instalado en un Gabinete metálico, grado de protección IP21, con tapa en la parte del frente y accesible por los lados. Esta provista de orificios de ventilación. La entrada y salida de cables es por la parte posterior del equipo.

Acabados y Color: El Gabinete será sometido a un proceso Anticorrosivo de tipo fosfatizado (El material a usar estará. Libre de grasa y polvo, con una capa de base). El acabado en color, gris claro o en RAL 7032.

## Grupo Electrónico, Marca Caterpillar-Olympian

**Modelo gep65-7, 100kW de potencia de emergencia a nivel del mar;** con tablero de instrumentos incorporado, chasis tanque tipo patín e interruptor termomagnético.

Este equipo está conformado por lo siguiente:

### Motor

Marca : Perkins (ingles)  
 Modelo : 1104C-TAG2  
 Potencia de emergencia : 158 HP  
 Velocidad : 1800 rpm  
 N° de cilindros : 4 en linea  
 N° de tiempos : 4  
 Diámetro del cilindro : 105 mm  
 Carrera del pistón : 127 mm  
 Desplazamiento : 4.4 litros  
 Relación de compresión : 18,3:1  
 Sistema de admisión : Turbocargado.  
 Sistema de combustión : inyección directa.  
 Regulación de velocidad +-4% gobernación mecánica.

### **Sistema de refrigeración: por agua con radiador.**

Sistema eléctrico : 12vdc, arrancador, alternador de carga y batería con sus cables y terminales.  
 Sistema de escape : silenciador industrial para trabaja pesado  
 Consumo de combustible : 5.3 galones / hr al 75% de carga.

### Generador

Marca : Olympian, fabricado por LeroySomer.  
 Modelo : LL3014B  
 Tipo : sin escobillas, trifásico, autoregulado, auto-excitado.  
 Regulación de voltaje : +-0.5% entre vacío y plena carga.  
 Potencia continua : 90.4kW a nivel del mar  
 Potencia de emergencia : 100 kW a nivel del mar  
 Factor de potencia : 0.8  
 Velocidad : 1800 rpm  
 Voltaje : 220 V, 380, 440V (cambiable de acuerdo al requerimiento)  
 Frecuencia : 60 Hz  
 Eficiencia : 91.9%  
 Aislamiento : clase H

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Ministerio de Energía y Minas “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos”, Lima–Perú 1997
- [2]. CENELEC “Norma UNE-EN 50160 – Características de la tensión suministrada por las redes de distribución”, España2001
- [3]. IEEE Standards Coordinating Committee 22 “IEEE Std 1159-1995– IEEE Recommended Practice forMonitoring Electric Power Quality”, EstadosUnidos1995
- [4]. Neil Rasmussen “Informe Interno N° 1 – American PowerConversion”, Estados Unidos 2004
- [5]. Servicio de Evaluación Ambiental, “Grupo electrógeno”,[http://www.e-seia.cl/archivos/Anexo\\_3\\_\\_Descripcion\\_del\\_Grupo\\_Electrogeno\\_.pdf](http://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_3__Descripcion_del_Grupo_Electrogeno_.pdf), Consultado Febrero 2012.
- [6]. Manuel PerezDonsion, “Material Docente Calidad de energía”,<http://www.donsion.org/calidad.htm>, Consultado Febrero 2012
- [7]. GZ Ingeniería, “Supresores de Picos (TVSS)”[http://www.gzingenieria.com/pro\\_tvss.html](http://www.gzingenieria.com/pro_tvss.html), Consultado Marzo 2012
- [8]. APC by Schneider Electric, “Productos y servicios para grandes empresas”<http://www.apc.com/site/products/index.cfm/largecorp/?segmentID=3>, Consultado Marzo 2012
- [9]. Proyecto de Sistema Eléctrico de la Clínica Internacional, Sede Centro de Lima.
- [10]. Estándar TIA – 942, Asociación de Industria de Telecomunicación.