

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA



**FABRICACIÓN DE UN BANCO AUTOMÁTICO DE
CONDENSADORES, CON REACTANCIAS EN SERIE
PARA ATENUAR EL EFECTO DE LAS ARMÓNICAS
EN BAJA TENSIÓN**

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

**PRESENTADO POR:
FISHER ANDRÉS ARENAS HUILLCA
PROMOCIÓN 2006-I**

**LIMA - PERÚ
2012**

**FABRICACIÓN DE UN BANCO AUTOMÁTICO DE
CONDENSADORES, CON REACTANCIAS EN SERIE
PARA ATENUAR EL EFECTO DE LAS ARMÓNICAS EN
BAJA TENSIÓN**

**Agradezco a mis padres
por todo el apoyo brindado**

SUMARIO

El fenómeno de distorsión armónica es cada vez más común en instalaciones eléctricas comerciales e industriales debido a que una buena parte de la carga que se alimenta es no lineal, lo que produce riesgo de daño en los componentes de suministro eléctrico, por tal motivo se ha realizado el presente informe que consiste en un proyecto de ingeniería para la fabricación de un banco de condensadores con reactancias conectándolas en serie con cada condensador actuando como filtro de rechazo de armónicos para de forma complementaria mitigar la amplificación de los armónicos en los condensadores evitando el efecto de resonancia.

La fabricación se realiza en base a las especificaciones técnicas y diagramas unifilares presentados por el departamento técnico del cliente, luego se muestra un diagrama de flujo de los pasos a seguir en el procedimiento de fabricación desde el diseño por parte del área de ingeniería del fabricante hasta la culminación de la fabricación con la conformidad por parte del usuario.

Con la finalidad de mantener la calidad de la tensión y corriente que exige el mercado eléctrico, de acuerdo con las recomendaciones vigentes que han establecido límites de distorsión armónica, que se consiguen atenuando los armónicos con este banco de condensadores.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivos del trabajo.....	3
1.3 Evaluación del problema	3
1.4 Alcance del trabajo	5
1.5 Síntesis del trabajo	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Distorsión armónica.....	6
2.1.1 Definición de armónicos.....	6
2.1.2 Análisis de Fourier	7
2.1.3 Normatividad aplicable	7
2.1.4 Distorsión armónica total (THD)	8
2.2 Factor de potencia en presencia de armónicos	9
2.2.1 Factor de potencia.....	9
2.2.2 Factor de potencia con armónicos	9
2.2.3 Factor de desplazamiento	10
2.2.4 Efectos de los armónicos sobre el factor de potencia.....	10
2.3 Banco de condensadores en ambiente armónicos.....	10
2.3.1 Método de compensación centralizada de energía reactiva	10
2.3.2 Tipos de compensación.....	11
2.3.3 Razones a considerar en banco de condensadores en presencia de armónicos..	11
2.4 Resonancia y sus efectos	12
2.4.1 Transitorio oscilatorio por la conmutación de un banco de condensadores	12
2.4.2 Resonancia	12
2.4.3 Efecto sobre condensadores	14
2.5 Técnicas de amortiguación de armónicos	14
2.5.1 Capacitores con reactancias (filtros anti-armónicos)	14

2.5.2	Filtros desintonizados	15
2.5.3	Fundamentos de componentes L-C	16
2.5.4	Comportamiento del filtro L- C	17
2.6	Descripción de términos en la fabricación del banco de condensadores	19
2.6.1	Objetivos	19
2.6.2	Alcances	19
2.6.3	Definiciones	19
2.6.4	Políticas	19
2.6.5	Responsabilidades	19
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA		20
3.1	Marco situacional.....	20
3.1.1	Generalidades	20
3.1.2	Instalaciones eléctricas.....	21
3.1.3	Planos	22
3.2	Planteamiento de solución.....	28
3.3	Procedimiento a seguir para la fabricación del banco de condensadores	28
CAPÍTULO IV		
DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES		30
4.1	Diseño	30
4.2	Fabricación.....	38
4.2.1	Mecanizado y soldadura.....	39
4.2.2	Pintado	40
4.2.3	Ensamblaje.....	40
4.3	Lista de materiales a utilizar en el banco de condensadores	42
4.4	Fotos del tablero indicando equipos	43
4.5	Pautas básicas de montaje e instalación, puesta en servicio y mantenimiento....	46
4.5.1	Pautas básicas de montaje e Instalación.....	46
4.5.2	Pautas básicas de puesta en servicio.....	49
4.5.3	Pautas básicas de mantenimiento	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		52
ANEXO A PLANO DE DISPOSICIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES.....		54
ANEXO B ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES.....		56
ANEXO C ESQUEMA UNIFILAR.....		62
ANEXO D CATÁLOGO DE REACTANCIAS		64
BIBLIOGRAFÍA.....		68

INTRODUCCIÓN

La problemática a la que enfrenta este trabajo es atenuar y reducir los riesgos de daño en los componentes eléctricos como cables, motores y transformadores sobrecalentados, pérdida de datos en PCs, error en equipos de medición y la presencia de resonancia en el banco de condensadores, debido a la distorsión armónica, ocasionada por las cargas no lineales.

El presente trabajo tiene como objetivo, desarrollar la metodología para el diseño, fabricación, protocolo de pruebas, de un banco de condensadores con filtro de rechazo de armónicos, constituyendo un filtro de rechazo de armónicos. Con la instalación de este filtro, la quinta armónica no es amplificada.(es la armónica que indica el proyecto) teniendo como caso de estudio el banco de condensadores del proyecto Centro Comercial Wong "Tomás Marsano",

El presente informe está organizado en cuatro capítulos, además de cuatro anexos y las conclusiones y recomendaciones:

- Capítulo I "Planteamiento de ingeniería del problema".- En donde se expone el problema de ingeniería así como los objetivos, complementariamente se evalúa la problemática y se precisa el alcance del trabajo así como se hace una síntesis del informe realizado.

- Capítulo II "Marco teórico conceptual".- En donde se desarrollan los conceptos relacionados con la solución del problema: Distorsión armónica (Definición de armónicos, análisis de Fourier, normatividad aplicable, distorsión armónica total, síntomas y efectos de los armónicos), factor de potencia en presencia de armónicos (factor de potencia, factor de potencia con armónicos, factor de desplazamiento, efectos sobre el factor de potencia) , banco de condensadores en ambiente armónicos (método de compensación centralizada de energía reactiva, tipos de compensación, razones a considerar en banco de condensadores en presencia de armónicos), Resonancia y sus efectos (transitorio oscilatorio por la conmutación de un banco de condensadores, resonancia, efecto sobre condensadores), Técnicas de amortiguación y eliminación de armónicos (Capacitores con filtros anti-armónicas, filtros desintonizados, fundamentos del circuito L-C, comportamiento del filtro L-C).

- Capítulo III "Metodología para la solución del problema".- Se desarrolla el marco situacional (generalidades, instalaciones eléctricas, planos), así como el planteamiento de

solución, y el diagrama de flujo para la fabricación del banco de condensadores con reactancias.

- Capítulo IV "Diseño y fabricación del banco de condensadores".- Se desarrollan los siguientes tópicos: diseño, fabricación, lista de materiales a utilizar en el banco de condensadores, fotos del tablero indicando equipos, pautas básicas de montaje e instalación, puesta en servicio y mantenimiento de banco de condensadores.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello primeramente se describe el problema y luego se expone el objetivo del trabajo, también se evalúa el problema y se precisan los alcances del informe, para finalmente presentar una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del Problema

Riesgo de daño en los componentes eléctricos como cables, motores y transformadores sobrecalentados, pérdida de datos en PCs, error en equipos de medición y la presencia de resonancia en el banco de condensadores, debido a la distorsión armónica, ocasionada por las cargas no lineales.

1.2 Objetivos del trabajo

Diseño y fabricación de un banco de condensadores en serie con reactancias para atenuar las armónicas producidas por cargas no lineales.

1.3 Evaluación del problema

A pesar de no existir ningún tipo de penalización por inyectar armónicos a la red; estos producen pérdidas en receptores y líneas, y estas pérdidas son kWh que consumimos innecesariamente.

En los transformadores se producen pérdidas en vacío y en carga, siendo estas últimas las afectadas por la presencia de armónicos en la corriente del secundario y comprenden tanto pérdidas en los devanados como en el hierro.

En los motores también se producen pérdidas similares a parte de vibraciones mecánicas, efectos que se mencionan en la Tabla 1.1.

En consecuencia se podría decir que los armónicos son caros de mantener y por tanto no está de más evitarlos y si esto no es posible será conveniente atenuarlos. Todos estos efectos contribuyen además a reducir la vida de las máquinas.

En los cables eléctricos causan pérdidas por el aumento del valor eficaz de la corriente y por acentuar el efecto skin, en castellano llamado efecto pelicular.

Ese fenómeno produce un aumento de la resistencia de los conductores al reducir la sección de paso de la corriente al concentrarse ésta en la periferia del conductor.

Según la problemática expuesta, es muy importante para las empresas el aumento

del factor de potencia, así como la reducción/eliminación de los armónicos que se presenten en la red por las cargas no lineales antes mencionadas.

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica tienen tarifas regidas por OSINERGMIN. Es una norma general para todo proveedor que se aplique un cargo por energía reactiva cuando se excede del 30% del total de la energía activa. Como referencia una empresa de distribución que hace estos cobros es EDELNOR [1]

Tabla 1.1 Efectos de la presencia de armónicos (S/N).

Detalle	Efectos de la distorsión armónica
Equipo transformador	Sobrecalentamiento del equipo
Condensadores	Quemaduras si la corriente es 1.3 veces más su nominal.
Motores de inducción	Sobrecalentamiento y vibraciones excesivas si la distorsión es superior al 5%
Cables de conexión	Sobrecalentamiento
Equipos de computación	Perdidas de datos y daños en algunos componentes electrónicos
Equipos de medición digital	Error en la lectura, con daños en los componentes electrónicos y con probables riesgo de malograr el equipo.

Para mantener la calidad de la tensión y la corriente de red dentro de un nivel aceptable para el mercado eléctrico moderno, las reglamentaciones vigentes exigen trabajar con armónicas que no superen ciertos valores límites establecidos [2]. Por ejemplo, IEEE 519 "Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el Control de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia, o las Tablas 1 y 2 de las resoluciones 465/96 y 99/97 del ENRE-Entidad Reguladora de Energía Eléctrica Argentina [3].

Cuando un sistema tiene armónicas, los condensadores para mejorar el bajo factor de potencia crean otro problema. La capacitancia e inductancia de cualquier sistema forman un circuito sintonizado a una determinada frecuencia. Esta frecuencia es donde la reactancia capacitiva iguala a la reactancia inductiva, en transformadores principalmente. Si el circuito es expuesto a una armónica cercana a la frecuencia de resonancia, el circuito comenzará a oscilar con corrientes considerablemente más altas que las consideradas normales, (fenómeno llamado RESONANCIA), lo que causará el disparo "inexplicable" de interruptores automáticos, la falla de transformadores, fusibles fundidos, y bancos de condensadores dañadas. Inclusive, daña los condensadores de los motores monofásicos, o bien la sobrecarga de los transformadores.

Añadiendo reactancias para filtros de armónicos se mejora la situación. La reactancia inductiva varía directamente con la frecuencia. Si la frecuencia aplicada sube, la

impedancia del reactor también. Instalando reactores o reactancias de línea entre los condensadores de corrección del factor de potencia y las cargas no lineales, productoras de altas frecuencias armónicas, se disminuye las corrientes excesivas cuando se conectan los condensadores, esto es, porque se cambia la frecuencia de resonancia.

En particular, al incorporar un banco de condensadores de compensación de potencia reactiva en una instalación con equipos productores de armónicas, se debe tener en cuenta que: aunque los condensadores son cargas lineales (y por lo tanto no crean armónicas por sí mismos) pueden contribuir a producir una amplificación importante de los armónicos existentes.

Es por ello la existencia de empresas de servicios eléctricos que se dedican a solucionar estos problemas, una forma de solución para atenuar las armónicas es la fabricación de banco de condensadores en serie con reactancias. Dada la importancia del tema, es que este informe justifica el desarrollo del objetivo antes planteado: Diseño, fabricación, protocolo de pruebas, además de pautas para la instalación, puesta en servicio y mantenimiento de un banco de condensadores con reactancias para el filtrado de armónicos.

1.4 Alcance del trabajo

El caso de estudio es la fabricación de un banco de condensadores para el proyecto centro Comercial Wong "Tomás Marsano" [4], a la cual se le dedica un capítulo completo (Capítulo "Caso de Estudio") para explicar la situación del escenario, es decir, los aspectos eléctricos (especificaciones técnicas, diagramas unifilares, descripción de tableros, cables alimentadores etc.). Se indica además el diagrama de flujo, indicando los pasos que sigue el fabricante para el proceso de fabricación de dicho banco. Fig. 3.2

1.5 Síntesis del trabajo

Al instalar un banco de condensadores solamente se corrige el problema del bajo factor de potencia pero, incrementa el de la distribución de armónicas.

Por ello, se procedió a buscar una solución que considere ambos aspectos, es decir, corregir el factor de potencia y evitar la magnificación de las armónicas.

La solución presentada en este proyecto consiste en la fabricación de un banco de condensadores en serie con reactancias constituyendo un filtro de rechazo de armónicas.

Este banco de condensadores se desarrollo en base a las especificaciones técnicas y diagramas unifilares. En estos documentos el proyecto indica que se debe considerar el suministro de un banco de condensadores de 252 kVAR a 380 V con Filtro de Rechazo de Armónicas, para una frecuencia de resonancia de 227 Hz (para redes de 60Hz) que es el valor más frecuente de sintonía para evitar la resonancia de la quinta armónica.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe. El capítulo está organizado en las siguientes secciones: distorsión armónica, factor de potencia en presencia de armónicos, banco de condensadores en ambientes armónicos, resonancia y sus efectos, técnicas de amortiguación armónicos.

2.1 Distorsión armónica

En esta sección se desarrollan los siguientes ítems: definición de armónicos, análisis de Fourier, normatividad aplicable, distorsión armónica total.

2.1.1 Definición de armónicos

Para definir este concepto es importante definir primero la calidad de la onda de tensión la cual debe tener amplitud y frecuencia constantes al igual que una forma sinusoidal. La Figura 2.1 representa la forma de la onda sin contenido de armónicos, con una frecuencia constante de 60Hz y una amplitud constante.

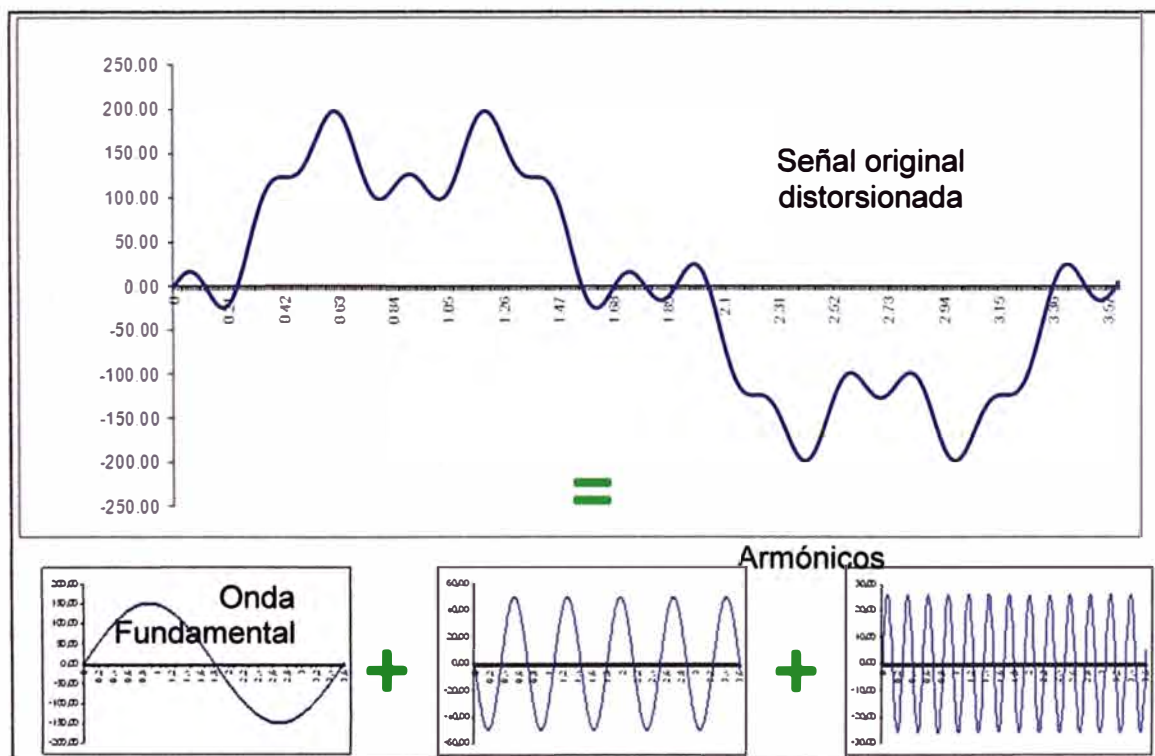


Figura 2.1 Descomposición de señales en fundamental y armónicos (Fuente: Propia)

Cuando una onda periódica no tiene esta forma sinusoidal se dice que tiene contenido

armónico, lo cual puede alterar su valor pico y/o valores RMS causando alteraciones en el funcionamiento normal de los equipos que estén sometidos a esta tensión. La frecuencia de la onda periódica se denomina frecuencia fundamental y los armónicos son señales cuya frecuencia es un múltiplo entero de esta frecuencia. Como puede observarse, el contenido armónico de esta onda ha aumentado respecto a su valor pico.

2.1.2 Análisis de Fourier

El teorema de Fourier dice que toda onda periódica no sinusoidal puede ser descompuesta como la suma de ondas sinusoidales, mediante la aplicación de la serie de Fourier, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Que la integral a lo largo de un periodo de la función sea un valor finito.
- Que la función posea un número finito de discontinuidades en un periodo.
- Que la función posea un número finito de máximos y mínimos en un periodo.

Cualquier función $F(x)$ con periodo $2p$ tiene su representación en series de Fourier.

2.1.3 Normatividad aplicable

Debido a que el problema de distorsión armónica cada vez se ha generalizado más dentro de las instalaciones eléctricas, entonces diversos organismos nacionales e internacionales se han preocupado por trabajar en conjunto para establecer límites permisibles de armónicas que mientras sean mantenidos, entonces el problema no es severo. Entre estos organismos se encuentra el IEEE que generó la norma IEEE Std 519-1992, la cual establece límites para que los usuarios contribuyan con corrientes armónicas a la red eléctrica, (tabla 2.1) asimismo, indica límites para que las compañías suministradoras proporcionen un voltaje distorsionado que no afecte a los usuarios.

a. Norma IEEE 519 sobre control de armónicos

Los límites de distorsión que los armónicos pueden producir se miden en la frontera entre la empresa suministradora de energía y el usuario. La distorsión que el usuario produce a la empresa de energía depende de las corrientes armónicas que le inyecte y de la respuesta de impedancia del sistema a estas frecuencias. En ese sentido se ha establecido que los límites de distorsión armónica permitidos a los usuarios se midan en corrientes.

La distorsión que la empresa de energía le produce al usuario se mide en la forma de onda de la tensión en el punto de frontera entre ambos. Aunque existen varios índices para establecer el grado de contaminación armónica en un punto de frontera, los índices más usados son la distorsión armónica individual y la distorsión armónica total tanto en tensión como en corriente.

b. Límites aplicables al usuario

En general el usuario debe verificar que:

- No existan sobrecargas en condensadores dentro de la planta.
- No ocurran resonancias series o paralelo a las frecuencias generadas.
- El nivel de armónico en el punto de frontera con la empresa de energía no sobrepase los límites establecidos.
- La filosofía de establecer límites de distorsión armónica al usuario, busca:
- Limitar la inyección de armónicos de cada usuario individual para que no produzca distorsiones inaceptables de la tensión en funcionamiento normal.
- Evitar que el efecto producido por dicha inyección se refleje en otros usuarios a través de una onda de tensión distorsionada.
- Evitar que entre todos los usuarios se vaya presentando un efecto acumulativo de distorsión de la forma de onda de tensión inaceptable.
- Los índices armónicos aplicables a los usuarios recomendados por la norma ANSI/IEEE-519 de 1992, se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Base para los límites de corrientes armónicas (Fuente: IEEE 519-1992)

Relación de Cortocircuito en el PCC	Voltaje máximo Individual de Frecuencia armónica (%).	Armónico máximo permisible de corriente A.
10	2.5-3.0	Sistema dedicado
20	2.0-2.5	1-2 Clientes grandes
50	1.0-1.5	Pocos clientes relativamente grandes
100	0.5-1.0	5-20 Clientes medianos
1000	0.05-0.10	Muchos clientes pequeños

2.1.4 Distorsión armónica total (THD)

Es el índice más común, el cual es definido como la razón del valor rms de los armónicos componentes con el valor rms de la componente fundamental expresada en porcentaje. La ecuación (2.1) define a la distorsión armónica en voltaje, mientras la ecuación (2.2) define a la distorsión armónica en corriente. (h: orden del armónico)

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad (2.1)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (2.2)$$

Este indicador es usado para medir la desviación de una onda periódica que contiene armónicos con una senoide. Para una onda senoidal perfecta con frecuencia fundamental el THD es cero. THD significa en inglés Total harmonic distortion, traducido en castellano distorsión armónica total.

2.2 Factor de potencia en presencia de armónicos

En esta sección se desarrollan los siguientes ítems: factor de potencia, factor de potencia con armónicos, factor de desplazamiento, efectos de los armónicos sobre el factor de potencia.

2.2.1 Factor de potencia

Para definir la relación de potencias en sistemas eléctricos se utiliza ampliamente la relación: $S = P + j Q$.

Donde:

S: Potencia aparente

P: Potencia activa

Q: Potencia reactiva

Su representación fasorial es el triángulo de potencias y muestra que P se ubica en el eje real, mientras Q esta en el imaginario, estando ambos en cuadratura y S es la resultante.

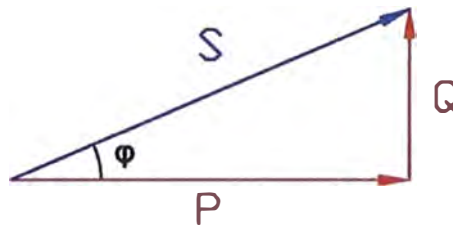


Figura 2.2 Triangulo de potencias.

Estos conceptos son válidos mientras el sistema sea lineal, es decir no exista distorsión armónica.

Las cargas no lineales son las que generan la distorsión armónica en corriente, que al fluir por el cableado y el transformador de distribución, producen la distorsión en voltaje.

2.2.2 Factor de potencia con armónicos

El factor de potencia es un concepto que aparece aplicado en sistemas a 60 Hz y su manejo en presencia de armónicos depende del tipo de medidor. En términos generales el efecto de los armónicos sobre el factor de potencia es el de disminuirlo ya que aumenta la potencia aparente total. El factor de potencia en presencia de armónicos está dado por la ecuación siguiente:

$$F.P = \frac{P}{S} = \frac{P}{V \times I_{RMS}} = \frac{P}{V \times \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}} \quad (2.3)$$

En la Figura 2.3 se muestra la representación gráfica del factor de potencia en presencia de armónicos. La potencia reactiva Q está dada por las componentes fundamentales de corriente y tensión, mientras que los contenidos armónicos generan la

componente D. En este caso: $S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$.

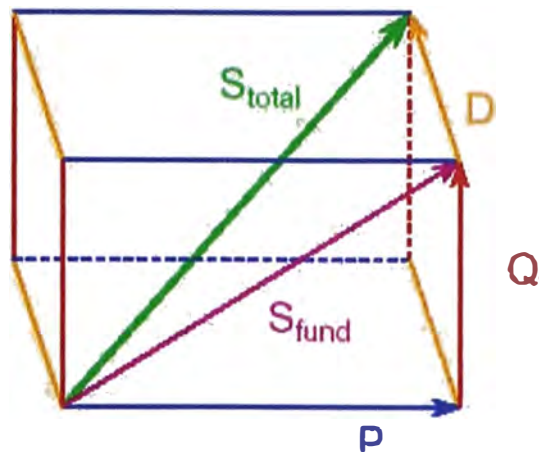


Figura 2.3 Factor de potencia en presencia de armónicos

2.2.3 Factor de desplazamiento

Antes debemos de precisar que el factor de potencia no es igual al $\cos\phi$, el cual deberíamos llamar factor de desplazamiento en redes con armónicos. Así el factor de potencia (FP) debe de expresarse por: $FP = \lambda \cos\phi$ [5].

Siendo $\lambda=1$, el cociente entre la corriente fundamental y eficaz del circuito en cuestión. Por supuesto, si no fuera por esos armónicos $I_1=I$ y por tanto $\lambda=1$ y $FP= \cos\phi$ como siempre se ha venido diciendo.

2.2.4 Efectos de los armónicos sobre el factor de potencia

La afirmación, por tanto, es correcta y los armónicos si bien no afectan al $\cos\phi$ sí empeoran el factor de potencia ya que la corriente eficaz en estos casos es superior a la fundamental.

Así mejorar el Factor de Potencia en cargas no lineales supone en la mayoría de casos reducir las corrientes armónicas producidas. Este sería por ejemplo el caso de las lámparas fluorescentes con reactancias electrónicas puesto que su $\cos\phi=1$, es decir no consumen energía reactiva.

Es conveniente recordar que un Factor de Potencia bajo implica reducir la potencia aparente disponible en una red y por tanto infrutilizar transformadores y líneas.

2.3 Banco de condensadores en ambiente armónicos

En esta sección se desarrollan los siguientes aspectos: El método de compensación centralizada de energía reactiva, tipos de compensación, razones a considerar en banco de condensadores en presencia de armónicos.

2.3.1 Método de compensación centralizada de energía reactiva

El comportamiento diario de las cargas tiene una importancia fundamental para la elección del tipo de corrección más conveniente.

En instalaciones con muchas cargas, en las que todos sus elementos funcionan de

forma simultánea y/o algunos están conectados sólo unas pocas horas al día, la solución de la corrección distribuida resulta demasiado costosa, quedando durante largos periodos inutilizados muchos de los condensadores instalados.

Por tanto, el uso de un único sistema de corrección en el punto inicial de la instalación permite reducir notablemente la suma de potencias de los condensadores instalados.

En la corrección centralizada se emplean normalmente complejos automatismos, con baterías fraccionadas en más escalones, instalados directamente en los tableros generales de distribución. El uso de una batería distribuida sólo es posible si la absorción de energía reactiva es suficientemente regular durante todo el día. La solución centralizada permite optimizar los costos de la batería de condensadores.

2.3.2 Tipos de compensación

Cuando se tiene calculada la potencia reactiva necesaria para realizar la compensación, se nos presenta la posibilidad de elegir entre una compensación fija y una compensación automática.

a. Compensación fija

Es aquella en la que se suministra a las cargas instaladas del usuario, de manera constante, la misma potencia reactiva. Debe utilizarse cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante.

b. Compensación variable

Es aquella en la que se suministra la potencia reactiva según las necesidades de las cargas. Debe utilizarse cuando nos encontremos ante una instalación donde la demanda de reactiva sea variable.

2.3.3 Razones a considerar en banco de condensadores en presencia de armónicos

Existen dos razones que se deben considerar cuando se instalen condensadores para corregir el factor de potencia en presencia de armónicos.

La primera razón, es que los condensadores son por naturaleza un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas, esto es, absorben la energía a las altas frecuencias. Este aumento en las corrientes, incrementa la temperatura del capacitor y por consiguiente reduce su vida útil.

La segunda razón, y potencialmente más peligrosos, es el efecto de resonancia [6].

Cuando los condensadores son conectados al sistema eléctrico ellos forman un circuito de resonancia en paralelo junto con las inductancias del sistema (transformador).

Si llegase a existir una corriente armónica cercana al punto de resonancia formado, entonces, el efecto se magnifica. Este efecto amplificado, puede causar serios problemas como un exceso en la distorsión de voltaje, niveles de aislamiento estresados de transformadores y conductores.

Los Bancos de condensadores también pueden funcionar como filtros de armónicos para lo cual es necesario insertar una inductancia en serie con cada paso de condensadores.

Los armónicos son un fenómeno que genera problemas tanto para los usuarios como para la entidad encargada de la prestación del servicio de energía eléctrica ocasionando diversos efectos nocivos en los equipos de la red eléctrica.

2.4 Resonancia y sus efectos

Se desarrollan los siguientes tópicos: transitorio oscilatorio por la conmutación de un banco de condensadores, Resonancia, efecto sobre condensadores.

2.4.1 Transitorio oscilatorio por la conmutación de un banco de condensadores

Un transitorio oscilatorio consiste de un cambio rápido de polaridad en el valor instantáneo de tensión, corriente o ambos, en un sistema eléctrico. Las dos fuentes principales de transitorios oscilatorios son: las descargas atmosféricas y la conmutación de bancos de condensadores. Este último es el que se describe.

Los bancos de condensadores son utilizados primordialmente para inyectar potencia reactiva al sistema para corregir el factor de potencia, lo cual genera como consecuencia menos pérdidas y ayuda a mantener los niveles de tensión. La principal desventaja que estos aparatos presentan es, como se mencionó anteriormente, que provocan transitorios oscilatorios en el sistema al ser conmutados, y podrían además generar resonancia, dependiendo las características particulares y parámetros del sistema eléctrico.

Este tipo de fenómeno que afecta la calidad de la energía, tiene como síntoma que aparece a horas muy similares todos los días. Esto se debe a que en alimentadores de distribución que abastecen cargas industriales, los bancos de condensadores son conectados al sistema a una hora específica del día, conociendo de antemano que en ese instante se incrementará la carga.

2.4.2 Resonancia

Es definida como una amplificación de la respuesta de un sistema de potencia a una excitación periódica cuando la frecuencia de excitación es igual a la Frecuencia natural del sistema. Para un simple circuito LC excitado por una corriente armónica, las reactancias inductivas y capacitivas vistas desde la fuente de corriente armónica serán igual en la frecuencia de resonancia.

En un sistema de potencia los problemas más significativos de resonancia son causados por un gran capacitor instalado para la corrección del desplazamiento del factor de potencia o para propósitos de regulación.

La frecuencia de resonancia del sistema inductivo con la reactancia del capacitor puede ocurrir cerca de la quinta ó séptima armónica. Sin embargo los problemas de

resonancia en la 11 o 13 armónica podrían ocurrir.

La resonancia serie es una baja impedancia al flujo de la corriente armónica y la resonancia paralelo es una alta impedancia al flujo de la corriente armónica.

Estos armónicos, cada vez más presentes en la actual industria moderna, tienen especial influencia en los condensadores dada su característica física frente a frecuencias más elevadas.

Las intensidades a frecuencias más elevadas que la industrial de 60 Hz encuentran un camino más fácil por donde circular a través del condensador.

Cuando el sistema alcanza un factor de potencia próximo a 1.00 se producen fenómenos de resonancia que provocan la amplificación de los armónicos por parte del condensador (resonancia en paralelo). Para evitar estos fenómenos se utilizan reactancias en serie de forma que se evita la entrada de intensidades armónicas en el condensador y su efecto de resonancia.

En electricidad la resonancia se produce en los circuitos eléctricos con inductancia y capacidad. La inductancia es propia de todas las máquinas eléctricas y líneas aéreas fundamentalmente y la capacidad, al menos las grandes capacidades, los constituyen las baterías de condensadores, según ambos elementos estén en serie o paralelo se produce los dos tipos clásicos de resonancia.

a. Resonancia Serie

Si un banco de condensadores está en serie con la reactancia del sistema y crea una trayectoria de baja impedancia a la corriente armónica, puede resultar una condición de resonancia serie. Se muestra en la Figura 2.4.

La resonancia serie puede causar altos niveles de distorsión de tensión entre la inductancia y el capacitor en el circuito debido a la corriente armónica concentrada en la trayectoria de baja impedancia. La resonancia serie frecuentemente causa fallas en el capacitor o en los fusibles debido a la sobrecarga.

La frecuencia de resonancia serie está dado por la ecuación 2.5.

$$h_r = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} \quad (2.5)$$

Figura 2.4 Resonancia en serie.

b. Resonancia paralela

La resonancia paralela ocurre cuando la reactancia inductiva del sistema y la

reactancia capacitiva en paralelo son iguales en cierta frecuencia, y la combinación paralela aparece como una gran impedancia a la fuente de armónicos. (Figura 2.5).

La frecuencia donde la gran impedancia ocurre es la frecuencia de resonancia. Como muestra la ecuación (2.6). Cuando la resonancia paralela existe, una significativa distorsión de tensión y amplificación de corriente puede ocurrir. La alta distorsión de la tensión puede causar el flujo de corriente distorsionadas en los circuitos adyacentes. La amplificación de la corriente puede resultar en una falla del equipo.

$$h_r = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} = \sqrt{\frac{\text{MVA}_{SC}}{\text{MVAR}_{CAP}}} \quad (2.6)$$

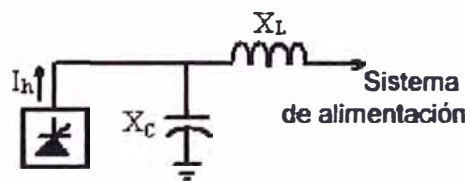


Figura 2.5 Resonancia en paralelo.

2.4.3 Efecto sobre condensadores

Cuando en un sistema de potencia se tienen condensadores instalados existe la posibilidad de encontrar resonancia entre estos y el sistema. Este efecto produce voltajes y corrientes de magnitud considerablemente más alta que en el caso de no haber resonancia.

Dado que la reactancia de los condensadores decrece con el aumento de la frecuencia, este se comportará como un “sumidero” para corrientes con alta frecuencia armónica. Este efecto incrementa el esfuerzo dieléctrico y el calentamiento dentro del capacitor. El calentamiento no es ningún problema debido a que existen condensadores diseñados con películas y laminillas que reducen considerablemente las pérdidas. Por otro lado el esfuerzo dieléctrico es importante tenerlo en cuenta ya que los voltajes en los condensadores son aditivos al pico de voltaje de la fundamental. A pesar de que el diseño laminado del dieléctrico de los condensadores permite altos voltajes, estos producen disminución en su vida útil y fatigan el dieléctrico cuando es sometido a sobretensiones por largos periodos de tiempo.

2.5 Técnicas de amortiguación de armónicos

En esta sección se desarrollan los siguientes ítems: capacitores con filtros anti-armónicas, filtros desintonizados, fundamentos armónicos y circuito equivalente, comportamiento del circuito descrito.

2.5.1 Capacitores con reactancias (filtros anti-armónicos)

El uso de reactores conectados en serie con los capacitores demostró ser una solución efectiva en instalaciones con elevado contenido de armónicas.

El uso de reactores conectados en serie con los capacitores demostró ser una solución efectiva en instalaciones con elevado contenido de armónicas.

El reactor tiene dos objetivos:

- Aumentar la impedancia del capacitor contra corrientes armónicas
- Desplazar la frecuencia de resonancia (F_r) del conjunto transformador-capacitor por debajo de las principales frecuencias armónicas presentes en la instalación.

Para frecuencias por debajo de F_r s el sistema capacitor /reactor se comporta como una capacitancia y compensa la energía reactiva. (F_r s : frecuencia resonancia serie).

Para frecuencias superiores a F_r s el sistema capacitor /reactor se comporta como una inductancia que, en paralelo con el transformador elimina cualquier riesgo de resonancia paralelo.

Para instalaciones con elevada distorsión armónica, el usuario puede enfrentar dos requerimientos:

- Compensar la energía reactiva y proteger los capacitores que serán instalados.
- Reducir la distorsión de la tensión a límites compatibles con la necesidad de los equipos presentes en la instalación

2.5.2 Filtros desintonizados

Son filtros pasivos que están compuestos por una inductancia en serie con un capacitor. En esencia los filtros desintonizados tienen el mismo arreglo y conexión a la red que el sintonizado pero se sintonizan a una frecuencia que no se espera que exista en el sistema y muy por debajo de la armónica característica de menor orden, típicamente entre la 3ª y 4ª armónica. Su aplicación principal es cuando se requiere compensar el factor de potencia de desplazamiento en un sistema donde la proporción de la carga no lineal con relación a la total es inferior al 40% y se desea proteger a los capacitores contra sobrecargas armónicas. Al establecer la frecuencia de sintonía en un valor bajo, presentará una impedancia reducida a mayores frecuencias absorbiendo una proporción de armónicas. Los filtros desintonizados tienen la ventaja con respecto a los sintonizados de ser mas económicos, ya que sus componentes están expuestos a corrientes armónicas menores y pueden funcionar adecuadamente ante ciertas ampliaciones de carga no lineal, sin embargo su aplicación no será conveniente cuando la carga distorsionante exceda el 40% de la total y se requiera cumplir con los límites establecidos en la norma IEEE 519.

Su funcionamiento debe estar coordinado con la demanda de potencia reactiva de la carga para evitar sobrecargar al transformador de distribución.

Los efectos más importantes de los filtros desintonizados en el sistema son:

- Proteger a los capacitores.

- Evitar resonancias.
- Compensar el factor de potencia de desplazamiento

Están diseñados para presentar una frecuencia de resonancia por debajo de la menor armónica que ofrece el sistema (generalmente la 5^o). El valor de frecuencia de desintonía se encuentra comprendido generalmente entre 179 y 223 Hz y se logra agregando un reactor de desintonía en serie con los capacitores de uso convencional. Dicho reactor elevará la tensión del capacitor por sobre la tensión de la red, siendo por lo tanto que la tensión nominal de éste deberá elegirse superior al valor resultante. El valor de la sobretensión en el capacitor dependerá del grado de desintonía elegido. Este tipo de instalación tiene además un efecto parcial de filtrado permitiendo la reducción importante a medida que la frecuencia de resonancia del filtro se aproxima a la frecuencia de resonancia armónica natural, dicho en otros términos cuanto mayor es el grado de desintonía menor será la absorción de armónicas. Un mayor efecto de absorción (grado de filtrado) siempre depende de la impedancia de corto circuito del sistema y la resistencia residual del circuito de filtrado.

2.5.3 Fundamentos de componentes L-C

Se dice que un circuito que tenga inductancia y capacitancia está en resonancia cuando el voltaje y la corriente están en fase a una frecuencia dada, esto es, cuando la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva se anulan. Estamos interesados en la condición de resonancia paralelo que provoca que la impedancia que ve una corriente que se inyecta sea muy elevada como lo veremos más adelante.

Las cargas no lineales se pueden representar como fuentes de corriente en paralelo, cada una operando a distinta frecuencia. La suma de estas corrientes nos da como resultado la corriente total que es consumida por la carga no senoidal.

Dado que este circuito tiene fuentes de corriente que operan a distintas frecuencias, podemos aplicar el teorema de superposición y resolverlo para cada frecuencia. Así, para la frecuencia de 60 Hz, tenemos que nuestro circuito contiene una fuente de voltaje, una fuente de corriente, la inductancia y la capacitancia.

Este es un circuito denominado tanque y presenta una frecuencia de resonancia la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.7)$$

Para obtener la corriente del condensador se aplica la técnica de división de corriente y queda:

$$I_c = I_n \times \frac{\omega L}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} \quad (2.8)$$

Observando esta ecuación, vemos que conforme se varíe la frecuencia, va llegar un momento en que el denominador de dicha ecuación se haga cero o casi cero, lo cual va traer como consecuencia un aumento considerable en la corriente que circula por el capacitor.

De esta forma vemos que no necesitamos estar exactamente en la frecuencia de resonancia para obtener corrientes elevadas en el capacitor, sino que basta con estar un poco cerca. En un sistema de potencia real, la corriente no se va hacer infinita o excesivamente grande ya que los conductores y las uniones presentan una resistencia inherente la cual limita en cierta medida la corriente.

Si los valores de capacitancia y de inductancia dan lugar a una resonancia que coincida con una de las armónicas presentes en la carga no lineal el voltaje en el capacitor se haría infinito, obviamente esto no es posible. No olvidemos que la carga no está formada por fuentes sino por elementos pasivos. Si la impedancia del sistema de alimentación y el banco de condensadores bloquea la corriente de cierta armónica, entonces el valor de la fuente de corriente que representa a dicha armónica se haría pequeño.

Añadiendo reactancias se mejora la situación. La reactancia inductiva varía directamente con la frecuencia. Si la frecuencia aplicada sube, la impedancia del reactor también. Instalando reactores o reactancias de línea entre los capacitores de corrección del factor de potencia y las cargas no lineales, productoras de altas frecuencias armónicas, se disminuye las corrientes excesivas cuando se conectan los capacitores. Esto es, porque se cambia la frecuencia de resonancia.

Para evitar los inconvenientes mencionados en muchos casos es necesario conectar en serie con los condensadores reactancias de características apropiadas, con lo cual se dispone de un filtro de armónicos.

En estos casos se instalan equipos con filtros de rechazo o baja sintonización (frecuencia de sintonización L-C de 227 Hz para frecuencia de red de 60Hz y 189 Hz para 50Hz)

Si se evita la resonancia o aproximaciones a ella se elimina el problema.

2.5.4 Comportamiento del filtro L-C

La reactancia de tal circuito es la diferencia de las reactancias inductiva (L) y capacitiva (C), $X_F = X_L - X_C$. La primera es proporcional al orden del armónico h que se considere y la segunda inversamente proporcional al mismo.

La explicación respecto a la Figura 2.6 servirá para comprender el comportamiento de un filtro L-C como el citado. A la frecuencia de red X_L tiene un valor muy pequeño comparado con X_C , luego el filtro se comporta como un condensador. A la frecuencia de

resonancia del filtro, en nuestro caso hemos elegido 189Hz, ambas reactancias se igualan pero a partir de esta frecuencia $X_L > X_C$ y el filtro se comporta como una reactancia inductiva. Por tanto, a partir de este valor no es posible que se produzca ninguna resonancia con la red, ya que hemos logrado hacer desaparecer la capacidad.

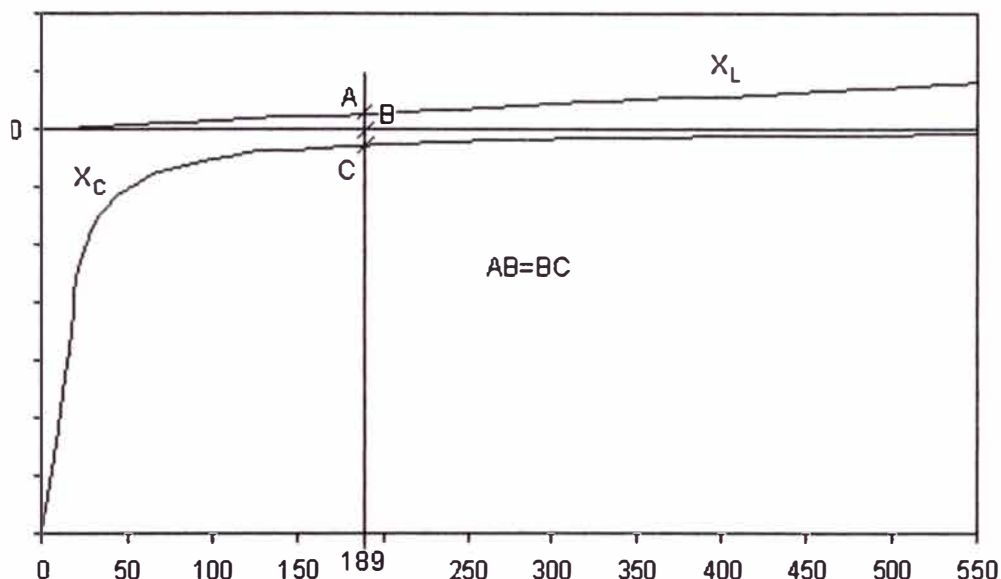


Figura 2.6 Circuito o filtro L-C para bloqueo de armónicos ($f_0=189$ Hz)

A la frecuencia de sintonización del filtro de 189 Hz, la reactancia del filtro sería nula y por tanto sería como un cortocircuito a esa frecuencia, sin embargo, se ha de tener presente que no existe por definición ningún armónico de 189 Hz. (para redes de 50Hz)

El por qué de los 189 Hz es debido a que, para optimizar el costo de una reactancia interesa un valor elevado de la frecuencia de sintonización, lo que supone menos espiras de hilo de cobre. Para ello, se debería acercarse lo máximo posible a 300Hz. Pero como por otra parte el coste aumenta con la corriente que debe soportar y esta aumenta al acercarnos a 300 Hz, la solución óptima se halla en un punto intermedio ni muy cerca ni muy lejos de 300 Hz, es decir, en 189 Hz. Por otra parte, este tipo de filtros son más “robustos”, es decir, soportan mejor altas tasas de armónicos.

El filtro elimina el riesgo de resonancia como ya se ha descrito y además nos absorbe de un 20% a un 40% de armónicos, básicamente de orden 5. Y eso porque presenta una reactancia baja a esta frecuencia. En resumen, hemos logrado el objetivo de hacer frente a los armónicos: no los hemos vencido pero sí debilitado. Las armónicas producen sobretensiones y sobrecorrientes en los capacitores.

Si la distorsión armónica total de tensión (THD-V) alcanza el 5%, los daños a la instalación pueden ser serios por la resonancia del circuito.

La operación de los capacitores por encima de los límites de su categoría de temperatura acelerará la degradación del dieléctrico y acortará la expectativa de vida de los mismos.

2.6 Descripción de términos en la fabricación del banco de condensadores

La descripción del procedimiento considera la descripción en sus lineamientos: objetivo, alcances, definiciones, políticas y responsables.

2.6.1 Objetivo.

Describir las actividades a seguir en el proceso de diseño y fabricación de tableros eléctricos elaborados.

2.6.2 Alcances.

Este procedimiento es aplicable desde la entrega de toda la documentación del área de ventas a ingeniería para la elaboración del diseño y/o desarrollo, hasta la recopilación de la validación del cliente.

2.6.3 Definiciones

- Diseño: Creación o modificación de un producto que cumpla los requisitos de entrada establecidos por el cliente o la empresa. Para ser considerado un diseño o desarrollo de producto debe de requerir al menos un equipo de los estándares utilizados por la empresa fabricante.
- Desarrollo: Se establece como desarrollo a la fabricación de tableros eléctricos bajo requerimiento del cliente cuyos equipos son estándares y solo se requiere verificar la compatibilidad entre ellos y su diseño previo.
- Características técnicas del producto: Elementos de entrada para el proceso de diseño que son proporcionados principalmente por el cliente como son diagramas unifilares, bocetos de planos, especificaciones técnicas, entre otros y/o complementados por el fabricante.
- Validar: Confirmar que un producto cumple con los características técnicas del producto después de haberlo demostrado.

2.6.4 Políticas

El Responsable de Diseño tiene la responsabilidad de registrar en el documento respectivo, los elementos de entrada, planificación, recursos y pruebas.

2.6.5 Responsables

- Gerente General, responsable de aprobar los cambios al presente procedimiento.
- Jefe de Ingeniería, es responsable de verificar el cumplimiento del presente procedimiento referido al diseño.
- Jefe de Producción, es responsable de realizar las actividades del procedimiento referido al proceso de fabricación.
- Responsable de Diseño, es responsable de realizar el diseño de planos en AUTOCAD.
- Asesor técnico comercial: coordina con el cliente las actividades descritas.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El informe, materia de estudio es el banco de condensadores del centro comercial WONG. Se toma como referencia a este proyecto porque presenta un banco de condensadores con reactancias en serie para el filtrado de armónicos producidos por cargas tipo aire acondicionado, transformador de aislamiento, conmutadores, estabilizadores, UPS, que son cargas no lineales.

Se desarrollan los siguientes ítems: marco situacional, planteamiento de solución, procedimiento a seguir para la fabricación del banco de condensadores.

3.1 Marco situacional

El proyecto al que hace referente el informe es el banco de condensadores con filtro de rechazo de armónicas ubicado físicamente en la sala eléctrica ubicada en la azotea del centro comercial WONG encuentra ubicado en la Av. Tomas Marsano con la calle Andrés Tinoco en el distrito de Surco. La empresa constructora es HV CONTRATISTAS y el proyecto fue desarrollado por POCH ingeniería.

Se toma como modelo de estudio a este proyecto porque considera como parte de su innovación, el suministro de un banco de condensadores con filtro de rechazo de armónicas, este banco es alimentado de un circuito derivado del tablero general, complementando el sistema de baja tensión, para la entrega de energía de calidad.

3.1.1 Generalidades

El presente documento establece las Especificaciones Técnicas Generales que deberán seguir los contratistas para las cotizaciones y ejecución de todas las Instalaciones Eléctricas que componen la obra "Wong Tomás Marsano".

Los alcances de la licitación se detallan en las Especificaciones Técnicas, donde se contemplan los suministros de equipos, materiales, mano de obra, supervisión y todos los servicios que sean necesarios para la ejecución de las instalaciones eléctricas de alumbrado, clima, fuerza, control, que se requieran en las distintas etapas de trabajo. Esta información está complementada con los planos, las notas en ellos indicados y con las instrucciones que aporta la Supervisión, durante la construcción.

Se podrá rechazar en obra el material que a juicio del proyectista, del mandante o a quién él designe, esté defectuoso. Esto no da derecho a indemnización o pagos extras

aún cuando los materiales rechazados ya se encuentren utilizados.

Si en la Documentación asociada a la licitación faltaran especificaciones, o éstas contuvieran errores, el Contratista deberá suplir tal situación, aportando en cada caso, una solución que cumpla con los requisitos reglamentarios y las reglas del buen arte.

En caso de suscitarse dudas o contradicciones entre estas Especificaciones Técnicas Generales y las Especificaciones Técnicas Particulares y/o planos, serán válidas las indicaciones dadas en estos últimos. No obstante, ante cualquier contradicción, se deberá consultar a la Supervisión Técnica de la Obra qué criterio o solución prevalecerá.

El proyecto ha sido desarrollado de acuerdo a los planos de Arquitectura elaborados para este local y aprobados por la Municipalidad de Surco. El proyecto Comprende Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas y Planos para ejecutar las Instalaciones Eléctricas para alumbrado, tomacorrientes y fuerza y otros usos en los diferentes ambientes del local.

El Local contempla la construcción de:

- 2 niveles de tiendas.
- 1 Sótano de servicios y estacionamiento.
- 1 Azotea (sala de tableros eléctricos)

El local tiene proyectado alimentarse desde las redes eléctricas en media tensión, sistema trifásico, 60 Hz. Para lo cual se tenderá un alimentador desde las redes de Luz del Sur hasta la subestación propia, tal como se indica en los planos respectivos.

La zona de instalación es de clima cálido y húmedo, poco favorable para la buena conservación de los materiales aislantes eléctricos, quedando por lo tanto descartada la utilización de materiales alterables por la humedad.

La temperatura ambiente máxima en el lugar de instalación es de 40° C, mientras que la humedad relativa del aire puede alcanzar valores de saturación. En consecuencia la sala eléctrica deberá ser diseñada, construida y ensayada de acuerdo a las condiciones ambientales expuestas.

3.1.2 Instalaciones eléctricas

El tablero general del local se alimenta del sistema de utilización en media tensión. Desde el tablero general se derivarán los alimentadores a los diferentes tableros de distribución del local. Desde los tableros de distribución se derivarán los diferentes circuitos derivados, tanto de alumbrado, tomacorrientes, fuerza.

Los tableros generales serán del tipo autosoportado, y los tableros de distribución serán del tipo para empotrar o adosar, en gabinete metálico con grado de protección mínimo IP40 y todos llevarán interruptores automáticos termomagnéticos del tipo NO FUSE de 10 kA, 380 V. 60 Hz. Todos los conductores a usarse en alimentadores, serán

de cobre electrolítico de 99.9 % de conductibilidad. Serán sólidos hasta la sección de 6 mm² inclusive y cableado para secciones mayores, tendrán aislamiento termoplástico del tipo THW, para 600 V. No se usarán conductores con secciones inferiores a 2.5 mm² para circuitos de alumbrado y 2.5 mm² para tomacorriente y fuerza. En caso de emergencia se ha proyectado un grupo electrógeno con arranque y tablero de transferencia automática.

3.1.3 Planos

Complementariamente a la memoria descriptiva, el proyecto se integra con los planos y especificaciones técnicas del proyecto, las cuales tratan de presentar y describir un conjunto de partes esenciales para la operación completa del sistema eléctrico propuesto, debiendo por lo tanto el contratista suministrar y colocar todos aquellos elementos necesarios para tal fin, estén o no específicamente indicados en los planos o especificaciones. En la Figura 3.1 se muestra en resumen como van los tableros señalando sus principales características (según los esquemas unifilares, Anexo C).

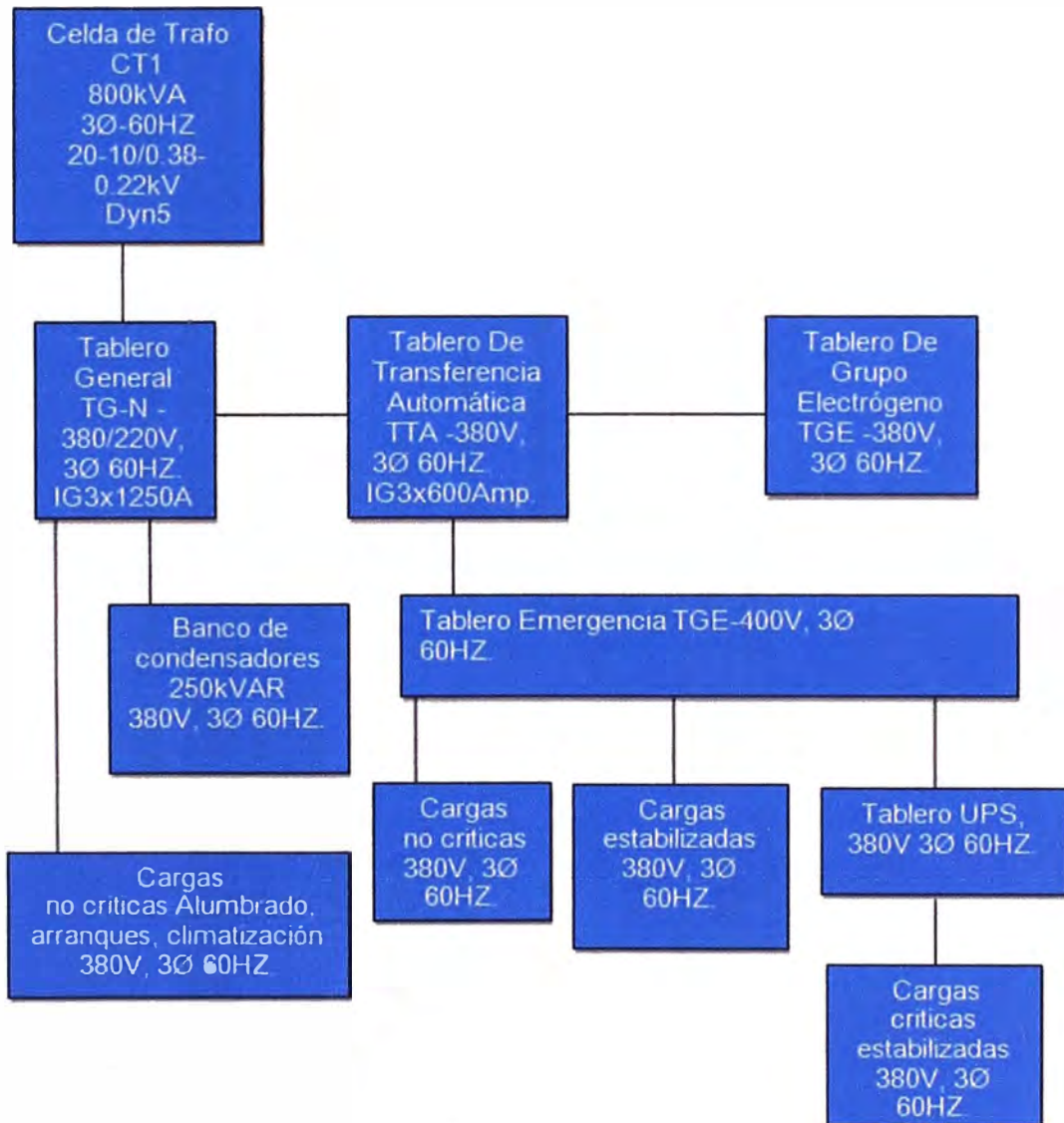


Figura 3.1 Tableros y características (ver esquema unifilar, Anexo C)

Tabla 3.1 Tableros, interruptores generales y cables alimentadores principales (S/N).

			LISTADO ALIMENTADORES PRINCIPALES		
CTO	TAG EQ	ITM	Descripción	Alimentador	Ubicación
CA-01	CA-01	3x50A	Celda de protección media tensión	1 X3 X 50mm2 N2XSY	Trastienda
CA-02	TR-1	3x50A	Transformador	1 X3 X 50mm2 N2XSY	Trastienda
TR-N	TG-N	3x50A	Tablero general normal	4 X3 X 185mm2 LSOH (RST) + 4 X3 X 185mm2 LSOH (N) + 95mm2 LSOH (T)	Trastienda
TT-G	T-T	3x50A	Tablero de transferencia (desde grupo)	2 – 3X1X185mm2-LSOH (RST)+ 2-3X1X185mm2 LSOH(N)+95mm2 LSOH (T)	Sala eléctrica
TT-N	T-T	3x50A	Tablero de transferencia (desde TG-N)	2 – 3X1X185mm2-LSOH (RST)+ 2-3X1X185mm2 LSOH(N)+95mm2 LSOH (T)	Sala eléctrica
TT-E	TG-E	3x50A	Tablero general emergencia	2 – 3X1X185mm2-LSOH (RST)+ 2-3X1X185mm2 LSOH(N)+95mm2 LSOH (T)	Sala eléctrica

Tabla 3.2 Tableros, interruptores generales y cables alimentadores (S/N).

			LISTADO ALIMENTADORES TG-N		
CTO	TAG EQ	ITM	Descripción	Alimentador	Ubicación
TG-N01	TDA-1N	3x100A	Tablero de alumbrado normal	3 X1 X 35mm ² LSOH (RST) + 35mm ² LSOH (N) + 25mm ² LSOH (T)	Trastienda
TG-N02	TDA-2N	3x80A	Tablero de alumbrado normal exterior	3 X1 X 25mm ² LSOH (RST) + 25mm ² LSOH (N) + 16mm ² LSOH (T)	Trastienda
TG-N03	TDF-3N	3x100A	Tablero de arranques normal góndolas	3 X1 X 35mm ² LSOH (RST) + 35mm ² LSOH (N) + 25mm ² LSOH (T)	Trastienda
TG-N04	TDF-4N	3x630A	Tablero de equipos aire acondicionado	2 – 3X1X185mm ² -LSOH (RST)+ 2-3X1X120mm ² LSOH(N)+120mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-N05	TDF-5N	3x80A	Tablero de equipos de extracción y ventilación	3 X1 X 25mm ² LSOH (RST) + 25mm ² LSOH (N) + 16mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-N06	TDF-6N	3x100A	Tablero de arranques equipos auxiliares	3 X1 X 35mm ² LSOH (RST) + 35mm ² LSOH (N) + 25mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-N07			Disponible		Sala eléctrica
TG-N08			Disponible		
TG-N09			Disponible		
TG-N10			Banco de condensadores	2-3 X95mm ² LSOH (RST) + 70mm ² LSOH (N) + 50mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica

Tabla 3.3 Tableros, interruptores generales y cables alimentadores (S/N).

LISTADO ALIMENTADORES TG-E					
CTO	TAG EQ	ITM	Descripción	Alimentador	Ubicación
TG-EQ1	TDA-1E	3x100A	Tablero de alumbrado emergencia	3 X1 X 35mm ² LSOH (RST) + 35mm ² LSOH (N) + 25mm ² LSOH (T)	Trastienda
TG-EQ2	TDA-2E	3x80A	Tablero de alumbrado emergencia exterior	3 X1 X 25mm ² LSOH (RST) + 25mm ² LSOH (N) + 16mm ² LSOH (T)	Trastienda
TG-EQ3	TDA-3E	3x80A	Tablero de arranques panadería	3 X1 X 25mm ² LSOH (RST) + 25mm ² LSOH (N) + 16mm ² LSOH (T)	Trastienda
TG-EQ4	TDA-4E	3x63A	Tablero de tomacorrientes trastienda	3 X1 X 16mm ² LSOH (RST) + 16mm ² LSOH (N) + 10mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-EQ5	TDA-5E	3x63A	Tablero general sistemas	3 X1 X 16mm ² LSOH (RST) + 16mm ² LSOH (N) + 10mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-EQ6	TDA-6E	3x125A	Tablero de equipos auxiliares emergencia	3 X1 X 50mm ² LSOH (RST) + 50mm ² LSOH (N) + 35mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-EQ7	TDA-7E	3x63A	Tablero de tomacorrientes sala ventas	3 X1 X 16mm ² LSOH (RST) + 16mm ² LSOH (N) + 10mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-EQ8	TDA-8E	3x50A	Tablero auxiliar línea cajas	3 X1 X 10mm ² LSOH (RST) + 10mm ² LSOH (N) + 6mm ² LSOH (T)	
TG-EQ9	TDA-9E	3x400A	Tablero locales comerciales	3 X1 X 95mm ² LSOH (RST) + 95mm ² LSOH (N) + 95mm ² LSOH (T)	
TG-E10	TDF-SB	3x63A	Tablero sala de bombas	3 X1 X 16mm ² LSOH (RST) + 16mm ² LSOH (N) + 10mm ² LSOH (T)	Sala eléctrica
TG-E10	TDF-11E	3x250A	Tablero frio alimentario	3 X1 X 120mm ² LSOH (RST) + 120mm ² LSOH (N) + 70mm ² LSOH (T)	

Tabla 3.4 Tableros, interruptores generales y ubicación (S/N).

	ITM	Tableros	Ubicación
TDA-1N	3x100A	Tablero normal – alumbrado salón de ventas y trastienda	Pasillo trastienda – semisótano
TDA-2N	3x80A	Tablero normal – alumbrado salón de ventas y trastienda	Sala estabilizadores y oficinas
TDF-3N	3x63A	Tablero normal – alumbrado y arranques góndolas	Pasillo trastienda – semisótano
TDF-4N	3x630A	Tablero normal – aire acondicionado y ventilación	Sala eléctrica
TDF-5N	3x63A	Tablero equipos – ventilación y extracción	Sala eléctrica
TDF-6N	3x63A	Tablero normal – equipos auxiliares	Sala estabilizadores
TDA-1E	3x100A	Tablero emergencia – alumbrado salón ventas y trastienda	Pasillo trastienda – semisótano
TDA-2E	3x80A	Tablero emergencia – alumbrado salón ventas y trastienda	Sala estabilizadores y tableros
TDF-3E	3x80A	Tablero emergencia – panadería	Pasillo trastienda – semisótano
TDF-4E	3x80A	Tablero emergencia – tomacorrientes y arranques trastienda	Sala eléctrica
TDF-5E	3x80A	Tablero emergencia – tablero general sistemas	Sala eléctrica
TDF-5E-1	1x63A	Tablero tensión estabilizada	Sala de comunicación
TDF-5E-2	1x32A	Tablero emergencia –balanzas	Sala estabilizadores y tableros
TDF-5E-3	1x63A	Tablero emergencia- computación	Sala estabilizadores y tableros
TDF-5E-4	1x20A	Tablero emergencia- servidores	Sala estabilizadores y tableros
TDF-6E	3x160A	Tablero emergencia- equipos auxiliares	Sala eléctrica
TDF-7E	3x100A	Tablero emergencia- tomacorrientes y arranques s. Ventas	Sencillo
TDF-8E	3x50A	Tablero emergencia- cajas servicios auxiliares	Sala de comunicación
TDF-9E	3x50A	Tablero – locales comerciales	Sala de comunicación
TDF-SB	3x63A	Tablero sala de bombas	Sala de bombas
TDF-11E	3x250A	Tablero rack de frio	Sala – frio

TCL		Tablero de control de alumbrado	Sala reloj control
TCV		Tablero de control de ventilación	Sala reloj control
TCF		Tablero de control de frio	Sala reloj control
CCA		Tablero de control centralizado aire acondicionado	Sala reloj control
RP1	3x50A	Rack de comunicaciones para servidores	Sala estabilizadores
RP2	3x50A	Rack de comunicaciones secundario para sala de ventas	Sala de comunicación
		UPS	Sala estabilizadores y tableros
		Transformador para UPS	Sala estabilizadores y tableros
		UPS de computación	Sala estabilizadores y tableros
		UPS de balanzas	Sala estabilizadores y tableros
		Gabinete Telefónica	Sala estabilizadores y tableros
		Gabinete TELMEX	Sala estabilizadores y tableros
		UPS cto. 1	Sala comunicación
		UPS cto. 2	Sala comunicación
		Transformador UPS cto. 1	Sala comunicación
		Transformador UPS cto. 2	Sala comunicación
		Tablero correo neumático	Sala recuento
TG-N	3x1250A	Tablero general normal	Sala eléctrica
TG-E	3x800A	Tablero general – emergencia	Sala eléctrica
TT	3x600A	Tablero de transferencia	Sala eléctrica
GG	3x400A	Grupo generador	Sala eléctrica
BCO-C	3x400A	Banco de condensadores	Sala eléctrica
TRAFO		Transformador	Sala eléctrica
CELDA		Tablero de control centralizado televisión	Sala CCTV
CAI		Tablero de alarma incendio	Sala CCTV
CAP		Tablero de control agua potable	Sala CCTV

El problema de contaminación armónica en la red de baja tensión es una realidad que afecta de manera directa al equipamiento convencional utilizado en el proyecto que es materia de estudio.

Actualmente el centro comercial posee dos sistemas uno a 380 V y otro a 220 V suministrados por un transformador ubicado en las celda de transformación de la sala eléctrica, con transformador de 800kVA 10/0.38-0.22kV respectivamente.

Se puede observar la Tabla 3.1 donde se indican los tableros, sus respectivos interruptores termomagnéticos generales y sus cables alimentadores; así como en la Tabla 3.4 se indican los tableros, el tipo de cargas que se describen como: bombas, UPS, aire rack de frio, equipos de cómputo, ventiladores y subtableros que van a panadería o pollería que tienen hornos, cortadoras, secamanos, lámparas con balastos electrónicos todas las cargas descritas son cargas no lineales que generan armónicos.

3.2 Planteamiento de solución

La amplificación de corriente aunada a la distorsión de voltaje traerá como consecuencia daños al banco de capacitores, sobrecalentamiento del transformador y, probablemente, incumplimiento del estándar IEEE-519-1992.

Según el proyecto se solicita la fabricación del banco de condensadores con reactancias de rechazo de armónicas, que se realice en base a las especificaciones técnicas (Anexo B) y a los esquemas unifilares (Anexo C) donde indica suministrar un banco de condensadores de 250kVAR a 380 V con filtro de rechazo de armónicas a 227 Hz para redes de 60Hz, que es el valor más frecuente de sintonía para evitar la resonancia en la quinta armónica o superiores.

3.3 Procedimientos a seguir para la fabricación del banco de condensadores

En la Figura 3.2 ilustra los procedimientos para la fabricación del banco de condensadores en mención mediante un diagrama de flujo.

El proceso se inicia con la aprobación de la cotización enviada al cliente, luego el asesor técnico comercial envía al área de ingeniería para que se proceda con el diseño del plano de disposición de equipos del tablero de acuerdo a los requerimientos del cliente en base a los esquemas unifilares y a las especificaciones técnicas.

Se envía dicho plano al cliente para su aprobación, una vez aprobado se pasa al área de producción para su fabricación, paralelamente se envía al área de logística una lista de materiales para su compra. Si fuese defectuoso el material se devolverá al proveedor por su recambio.

El tablero ingresa al área de mecanizado y soldadura, luego a pintura y ensamblaje y tiene que fabricarse de acuerdo al plano de disposición aprobado por el cliente.

Se realiza el protocolo de pruebas, si se requiere en presencia del cliente, si no hay conformidad en el protocolo se tendrá que levantar dichas observaciones en el área que se encontró la observación. Luego se pasa a embalar el tablero para su respectivo despacho.

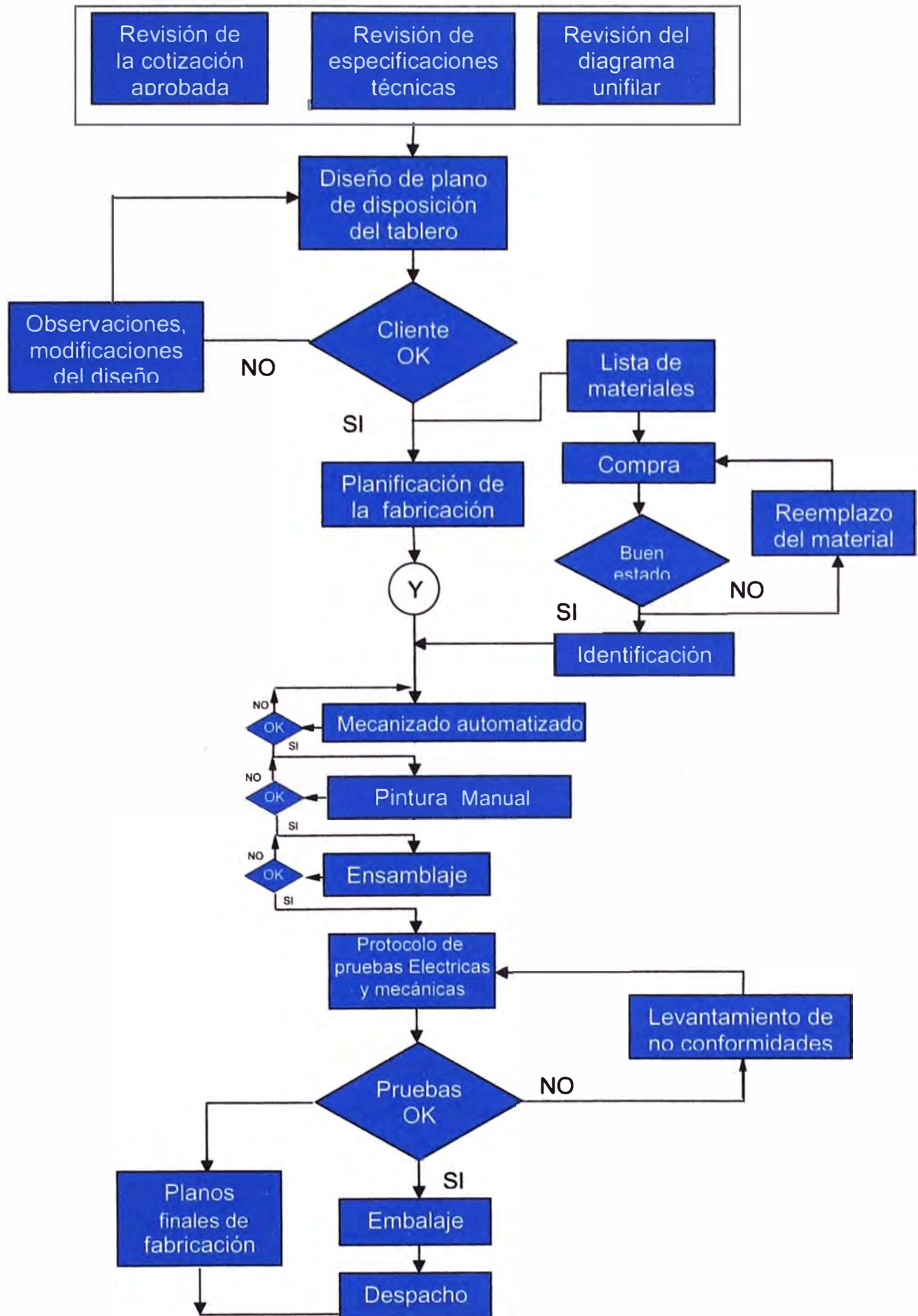


Figura 3.2 Diagrama de flujo del proceso de fabricación

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES CON REACTANCIAS

En este capítulo se desarrollan los siguientes aspectos:

- Diseño.
- Fabricación
- Lista de materiales a utilizar en el banco de condensadores.
- Fotos del tablero indicando equipos.
- Pautas básicas de montaje, puesta en servicio y mantenimiento de banco de condensadores.

4.1 Diseño

El área de ingeniería recibe alcances como son esquemas unifilares, el "Presupuesto" aprobado u otros documentos del Área de Ventas según el documento respectivo "Procedimiento de Ventas".

El Jefe de ingeniería coordina con el Asistente de Ingeniería (para desarrollo) / Responsable de Diseño (para diseño y desarrollo) la elaboración de planos de disposición y/o eléctrico.

El asistente de ingeniería elabora los planos de disposición y/o eléctricos del banco de condensadores (ANEXO A) colocándole en la parte inferior un cajetín con el logo de la empresa fabricante del tablero y las características necesarias y lo envía al Jefe de Ingeniería para su revisión.

El banco de condensadores desarrollado es de 252 kVAR en 380 V, se seleccionó 9 pasos de 28 kVAR (Tabla 4.2).y es capaz de compensar automáticamente cantidades variables de potencia reactiva. Para lograrlo, el banco cuenta con un conjunto de unidades capacitivas de valores idénticos agrupados para dar la capacidad nominal del banco, dispositivos de control y protección adecuados y un regulador de factor de potencia que mide el factor de potencia de la instalación por medio de una señal de corriente a través de un transformador de corriente situado aguas arriba del banco de condensadores en el tablero general TG-N.

El gabinete diseñado cumple la clase de protección a prueba de polvo y goteo de agua Tipo IP (Índice de Protección) IP54. El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (Ejem. polvo) y líquidos (Ejem. agua)

que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares incluyendo el IEC 60529 (Tabla 4.1)

El tercer dígito, referente a la protección contra impactos mecánicos es generalmente omitido. Así por ejemplo, una terminal con IP-64 está totalmente protegida contra la entrada de polvo y contra rocíos directos de agua de todas las direcciones.

Tabla 4.1 Grado de protección de gabinetes (S/N).

	Primer número- Protección contra sólidos	Segundo numero-Protección contra líquidos	Tercer numero- Protección contra impactos mecánicos
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	Protegido contra rocíos de agua a Baja presión en todas las direcciones entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 2.0 Joules
5	Protegido contra polvo entrada limitada permitida	Protegido contra fuertes chorros de aguas en todas las direcciones entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 2.0 Joules
6	Totalmente protegido contra polvo	Protegido contra chorros de aguas en todas las direcciones -entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 20 Joules
7		Protegido contra la inmersión 15mm-1cm	
8		Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	

La entrada de cables de alimentación está prevista para su acometida por la parte superior o inferior. El banco posee ventilación forzada suministrada como un sistema completo automático (ventiladores, sensores, rejillas, etc.). La operación normal a capacidad nominal y temperatura normal del banco de condensadores será sin la operación de la ventilación forzada, solo en caso de exceder los valores nominales de operación debe entrar en operación el sistema de ventilación forzada para protección del banco de condensadores.

Cada cuerpo posee una tapa cubre equipos (mandil), que impide contactos accidentales con partes energizadas del tablero, y que permite la operación de cada protección sin dificultades. Esta tapa cubre equipos está abisagrada y posee un sistema de cierre superior e inferior. Las bisagras han sido montadas sobre la estructura principal del tablero.

Sobre la puerta del tablero fueron montadas 9 luces pilotos color rojo (según norma IEC 60204-I piloto rojo para emergencia [7].) señalizadores de falla de sobret temperatura detectado por el termistor de las reactancias (al superar 90° C), un pulsador para quitar momentáneamente la alimentación de todas las lámparas anteriores verificando si los termistores persisten con la falla, una lámpara para presencia de tensión, y un selector de

2 posiciones de 22mm de diámetro para encender/apagar el regulador de factor de potencia (Figura 4.1), el cual también está colocado sobre la puerta del tablero.



Figura 4.1 Regulador de factor de potencia modelo Computer plus

El banco de condensadores está formado por escalones de energía reactiva. El valor del $\cos\phi$ se detecta por medio de un regulador, que actúa automáticamente en la conexión y desconexión de los escalones de la batería, adaptando la potencia de la batería a las necesidades de la energía reactiva a compensar y ajustando el máximo posible al $\cos\phi$ medido deseado requerido, el cual debe ser mayor a 0,9. El regulador de potencia reactiva debe ser capaz de mandar una señal de control a los contactores para conectar o desconectar los pasos de capacitores para obtener, en el menor tiempo y con el menor número de operaciones, el factor de potencia al valor deseado.

El regulador de factor de potencia detecta las potencias a través de los secundarios de un transformador de corriente, este transformador debe situarse aguas arriba del banco de condensadores en el tablero general TG-N.

El banco de condensadores permite la adaptación de la potencia de compensación a la potencia reactiva de la carga, evitando el envío de energía capacitiva a la red de suministro. Este problema suele suceder con compensaciones fijas, y su alternativa es solucionar el problema con banco de condensadores de regulación automática.

El regulador de factor de potencia controla la conexión y desconexión de los pasos o escalones del banco de condensadores en forma automática al presentarse un evento de pérdida de tensión, alta temperatura interna en el banco, condición de baja y alta tensión en el sistema y de acuerdo a las necesidades de potencia reactiva del sistema.

Los programas de conexión son para facilitar un mayor ajuste a la demanda de potencia reactiva de la instalación, se ha considerado para este caso las secuencias escalonadas 1.1.1.1.1.1.1.1.1

La corriente nominal de los componentes se determina de acuerdo al criterio expresado por la Norma CEI 60831 [8].

Ésta aconseja una corriente nominal comprendida entre 1,43 y 1,5 veces la corriente

nominal de la batería. La capacidad de corriente de los interruptores de protección se calculan con un criterio de dimensionado de 1,6 veces la corriente nominal. Los cables de los condensadores tienen que estar, como mínimo, dimensionados para soportar en permanencia 1,43 veces su corriente nominal. Los cables se han calculado para una temperatura de trabajo de 40 °C, en el interior del tablero.

Todos los condensadores son del tipo autoregenerante. En el caso de una perforación del dieléctrico producida, por ejemplo, por una sobre tensión transitoria, el mecanismo autoregenerante provoca la vaporización de la armadura metálica alrededor del punto perforado regenerándose y permitiendo que el condensador continúe trabajando con normalidad [9].

La conexión de condensadores de potencia en Baterías de regulación automática, puede producir elevados transitorios de conexión. Si el condensador que se conecta no se encuentra además suficientemente descargado, el transitorio de conexión aumenta considerablemente, pudiendo dañar tanto a los contactores como a los condensadores

La norma CEI 831 establece que los condensadores de potencia deben tener una tensión residual inferior al 10% de su tensión nominal en el momento de su conexión. Este valor de tensión no se puede alcanzar en condensadores únicamente dotados de resistencias de descarga convencionales, dados los reducidos tiempos de retardo empleados por los reguladores de energía reactiva.

En el caso de Baterías automáticas es imprescindible por tanto, el empleo de las denominadas resistencias de descarga rápida. Las resistencias de descarga rápida tienen un valor óhmico más reducido que el de las resistencias convencionales, y se conectan mediante dos contactos auxiliares (normalmente cerrados) que lleva el contactor, y que actúan en el momento de desconectar el condensador.

Cuando se produce el cierre del contactor asociado a un capacitor, se manifiesta un pico transitorio de corriente, de elevada frecuencia y amplitud (1 a 10kHz) la amplitud dependerá si hay capacitores ya conectados, etc. pero puede llegar a ser varias veces superior a la corriente nominal del capacitor (100 o 200 veces I_n).

Dichos componentes son básicamente resistencias del tipo de alambre con alta capacidad de disipación de energía, que se conectan por medio de un bloque especial de contactos auxiliares en paralelo con los contactos de fuerza del contactor, con la particularidad de que el bloque auxiliar (bloque de contactos adelantados al cierre) se conecta de forma anticipada a los contactos de fuerza, transitoriamente durante un breve tiempo (2-3 ms), logrando de esta forma una conexión inicial a través de las resistencias limitadoras para luego continuar circulando la corriente nominal del bloque de capacitores a través de los contactos de fuerza del contactor. Con este sistema se evitan pérdidas por

calor, la optimización del uso de dichas resistencias y reducción del espacio de montaje al no tener que sobredimensionar los contactores (Figura 4.2).

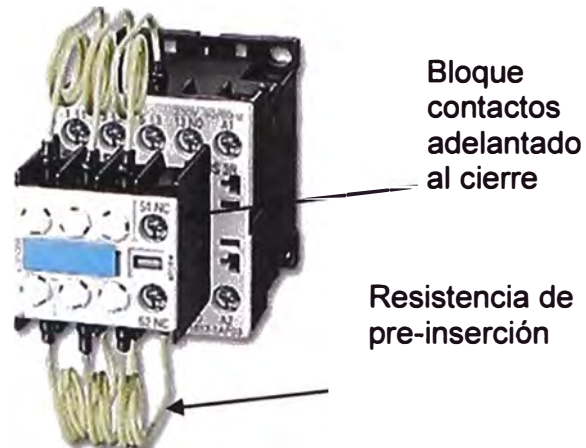


Figura 4.2 Contadores especiales para banco de condensadores

Un dato importante a tener en cuenta es la temperatura ambiente a la que estarán sometidos los contactores, ya que los mismos disminuyen su capacidad de maniobra con el aumento de la temperatura.

De acuerdo al modelo de condensador utilizado deberá verificar a que temperatura están indicados los valores nominales de trabajo. Como regla práctica se puede tomar los valores nominales a 45-50 °C, y su capacidad de maniobra disminuye en un porcentaje igual a la diferencia entre la temperatura ambiente existente y los 45-50 °C especificados. No debe superarse nunca la temperatura máxima admisible especificada por el fabricante. Por lo general los condensadores se denominan no por su capacidad sino por su potencia expresada en KVAR. Se consideró el modelo CLZ (Figura 4.3).



Figura 4.3 Condensador Circuitor modelo CLZ

Para la protección de los condensadores contra sobrecargas y cortocircuitos se seleccionaron interruptores termomagnéticos de 3x80 A con capacidad de ruptura 25kA en 380V. de caja moldeada.

El amperaje I_c se selecciono de acuerdo a la ecuación (4.1). Para una tensión de

380V y una potencia de cada de paso de 28kVAR.

$$I_c = 1.5 \times \frac{Pot \text{ (kVAR)}}{V \times \sqrt{3}} \quad (4.1)$$

Estos interruptores se alimentan con cables THW de calibre 4 AWG, según Tabla 4.3.

Las reactancias están conectadas en serie con cada condensador para una protección adecuada de los condensadores, y para evitar efectos de resonancia en la instalación.

Están diseñadas para operar con cargas capacitivas puras y ser capaces de soportar la corriente de energización de los capacitores. Se selecciono la reactancia RB-30-400, según se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Condensadores – reactancias (S/N).

	CODIGO	kVAR (60Hz)			PESO (kg)	REACTANCIA	DIMENSIONES Mm(d x h)
		380 V	440V	460V			
CLZ-FP-46/6,25	R20589	6	6,6	7,2	0,9	R-5-400	85x175
CLZ-FP-46/12,5	R2058D	12,5	13,7	15	1,2	R-12.5-400	85x245
CLZ-FP-46/15	R2058E	15	16,5	18	1,4	R-15-400	85x245
CLZ-FP-46/25	R2058G	25	27,4	30	2,1	RB-25-400	85x245
CLZ-FP-46/30	R2058H	28	32,9	36,6	3	RB-30-400	136x220

El filtro de rechazo dispone de una gama estándar de reactancias de rechazo $\rho = 7$ %, (factor de sobretensión) con una frecuencia de resonancia 227 Hz para redes de 60 Hz.

Este es el valor más frecuente de sintonía para evitar cualquier resonancia de la 5^a armónica y superiores. El conjunto condensador-reactancia absorbe parte de la corriente de la 5^a armónica y actúa como un filtro de rechazo para las frecuencias superiores [10].

La conexión se realiza mediante bornes adecuados. Se emplean reactancias con núcleo de chapa magnética con entrehierros múltiples, lo cual le confiere unas excelentes características y muy bajas pérdidas. Los bobinados son elaborados con banda de aluminio.

Las reactancias llevan una impregnación al vacío de barniz para aumentar el aislamiento, darle mayor consistencia mecánica y reducir el ruido. Las reactancias de rechazo están indicadas para su uso en baterías en instalaciones con un alto contenido de armónicos.

Tabla 4.3 Tabla de capacidad de corriente en cables (S/N).

Calibre Conductor	Sección Nominal	Numero Hilos	Diámetro Hilo	Diámetro Conductor	Espesor Aislamiento	Diámetro Exterior	Peso	Amperaje (*)	
								Aire	Ducto
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	22	15
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	29	20
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	45	30
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	65	45
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	90	65
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	120	85
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	160	115
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	195	125
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	230	150
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	265	175
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	310	200
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	360	230
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	400	255
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	445	285
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	505	310

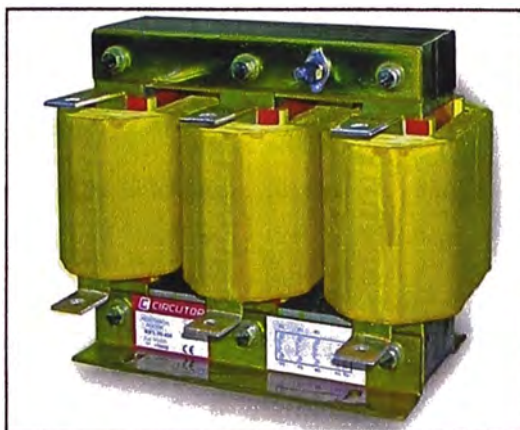


Figura 4.4 Reactancias RBX-30-400

Las barras están dimensionadas a la corriente nominal más un 25% como mínimo para resistir sin deformaciones los esfuerzos térmicos y dinámicos derivados de una corriente de cortocircuito. La capacidad de corriente de las barras son de 715 A, con barra de 40 x 10 mm de sección (Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Capacidad de corriente en barras (S/N).

Ancho x Espesor	Sección en mm	Peso Kg/m	Carga en Amperios					
			Corriente alterna					
			Pintadas			Desnudas		
			Número de pletinas			Número de pletinas		
			1	2	3	1	2	3
12x2	24	0,209	123	202		108	182	
15x2	30	0,262	148	240		128	212	
15x3	45	0,396	187	316		162	282	
20x2	40	0,351	189	302		162	264	
20x3	60	0,529	237	394		204	348	
20x5	100	0,882	319	560		274	500	
25x3	75	0,663	287	470		245	412	
25x5	125	1,11	384	662		327	586	
30x3	90	0,796	337	544		285	476	
30x5	150	1,33	447	760		379	672	
30x10	299	2,66	676	1200		573	1060	
40x3	120	1,05	435	692		366	600	
40x5	200	1,77	573	952	1140	482	836	1247
40x10	400	3,55	850	1470	2000	715	1290	1770
50x5	250	2,22	697	1140	1330	583	994	1260
50x10	500	4,44	1020	1720	2320	852	1510	2040

60x5	300	2,66	826	1330	1510	688	1150	1440
60x10	600	5,33	1180	1960	2610	985	1720	2300
80x5	400	3,55	1070	1680	1830	885	1450	1750
80x10	800	7,11	1500	2410	3170	1240	2110	2790
100x5	500	4,44	1300	2010	2150	1080	1730	2050

Los aisladores son de resina epoxi, sin fisuras, porosidad o escoriaciones, montados sobre soportes de planchas dobladas, no admitiéndose su fijación a los paneles de separación entre compartimientos o a paneles de cerramientos. Se instalaron 6 Aisladores 1/1000 para las barras principales en la parte superior e inferior de estas barras principales y 2 aisladores similares en la barra neutro que esta ubicada en la parte inferior del tablero. Se selecciono estos aisladores según Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Aisladores en barras de cobre (S/N).

BARRA DE SECCION RECTANGULAR		AISLADORES CARACTERISTICAS
15x3mm	1 unidad/punto de apoyo	0.5/400
20x5mm,20x3mm	1 unidad/punto de apoyo	0.5/400
30x5mm,30x10mm	1 unidad/punto de apoyo	1/750
40x10mm,50x10mm	1 unidad/punto de apoyo	1/1000
60x10mm,80x10mm	1 unidad/punto de apoyo	1.5/1250

En cada tablero a toda su longitud se extenderá una barra de tierra con capacidad mínima igual al 50% de la capacidad de las barras principales, directamente emperrado al gabinete con 2 agujeros, uno en cada extremo para conexión al sistema de tierra.

El asesor técnico comercial envía al Cliente los planos de disposición y/o eléctricos para su aprobación.

Una vez aprobado la selección y el diseño antes descritos, por el Cliente, según los planos de disposición y/o eléctricos con la firma y fecha de aprobación del Cliente; adjuntando el mail de aprobación del Cliente, El asesor técnico comercial procederá a coordinar con el área de ingeniería para su empezar el proceso de fabricación.

4.2 Fabricación

La estructura del tablero autosoportado se construye siguiendo los lineamientos de las Normas:

- Código Nacional de Electricidad – Utilización.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
- International Electrotechnical Commission (IEC).

La fabricación y ensamblaje del banco de condensadores se realizó cumpliendo criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez

energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados.

El área de ingeniería envía la orden de fabricación para su respectivo proceso. Paralelamente el área de logística recibe del área de ingeniería una lista de materiales para su compra, si es que no tiene en stock en almacén.

La fabricación se realiza con la respectiva supervisión del cliente y en el plazo estipulado en el presupuesto aceptado.

4.2.1 Mecanizado y soldadura

Las dimensiones del gabinete auto soportado está indicada en el plano de disposición. El gabinete se fabrica en el área de mecanizado donde se arma la estructura metálica de 2 cuerpos de dimensiones 2000x900+750x800mm de acuerdo al plano de disposición de equipos.

Utiliza planchas de acero del tipo laminado al frío según norma JIS 3141 para gabinetes de interiores. Tendrá en cuenta que los espesores de plancha debe ser de 1.90 mm de espesor + / - 0.05 mm hasta una altura de 2000 mm.

Los gabinetes metálicos auto soportados presentan las mismas bisagras ocultas de giro 180° y pernos de puesta a tierra de ¼" x 5/8" soldados por proceso MIG en las puertas, tendrá en consideración que las cerraduras del tipo Cremona para apertura de puerta tendrán una posición definida que deberá garantizar el adecuado grado de hermeticidad según la siguiente normatividad IP54.

Los paneles laterales y posteriores del gabinete serán desmontables, asegurados con tornillos milimétricos y tuercas enjauladas de cabeza redonda.

Cada puerta dispone de bisagras robustas y cerraduras tipo manija con llave que proporcionan hasta tres puntos de contacto con la estructura del Tablero.

Para el gabinete serán considerados 04 cáncamos para izaje cada uno de 4500 kilogramos de resistencia a la tracción y dispuestos según la Figura 4.5.

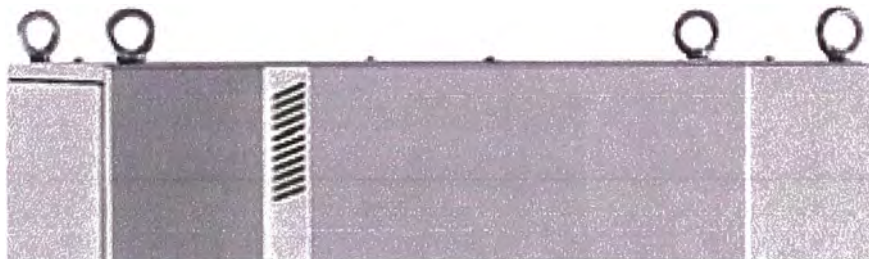


Figura 4.5 Cáncamos de izaje

Se realiza el calado de las lámparas, ventiladores, rejilla de ventilación, y regulador de potencia en la puerta antes que entre al proceso de pintura.

El supervisor de Mecanizado y Soldadura entrega al Supervisor de Pintura, las piezas para proceder al pintado según la "Orden de Fabricación".

4.2.2 Pintado

El operario de pintura realiza el decapado químico (sumergir el gabinete en un baño de ácidos) de las planchas Libre de grasas, impurezas y óxido.

El gabinete se coloca en el horno para el proceso de pintura poliéster a una temperatura mínima 180°C máxima 200°C durante 25 minutos.

Se verificar el espesor de capa de pintado mínimo 90 micras planchas LAF, el enfriamiento dura de 15 a 20 minutos.

Se realiza el recubrimiento del gabinete mediante pintura electrostática en polvo del tipo poliéster para ambos tipos de sustratos (plancha laminada al frío), considerando que el acabado de la pintura sea del tipo gofrado fino, el color será el estándar: Pintura poliéster en polvo RAL 7032.

El jefe de producción Informa al Responsable de Control de Calidad, el término de la producción para que realicen el control de calidad del gabinete, soldadura y pintura.

4.2.3 Ensamblaje

Se designa a un responsable para que solicite al almacén los equipos e insumos de la "Orden de Fabricación".

Se retira del área de Pintura, las piezas requeridas para el ensamblado del tablero eléctrico, según lo descrito en la "Orden de Fabricación".

El montaje de componentes eléctricos y cableados se desarrolla a partir de esquemas eléctricos, diseñados por el área de ingeniería según el diagrama unifilar del proyecto, plano de disposición de equipos previamente aprobado por el cliente. Se realizó el cableado de control siguiendo su respectivo diagrama (regulador de factor de potencia y contactores).

A lo largo del proceso de desarrollo de cada producto se aplican controles y ensayos permanentes. Al final del proceso completo pasa por control de calidad.

El panel de barras verticales tienen una capacidad de corriente del interruptor principal de 40x10mm de capacidad 715 A deberán estar en posición vertical, en la parte central superior del tablero, permitiendo la instalación de los interruptores de protección a ambos lados de las barras.

Los 9 interruptores termomagnéticos de 3x80A en caja moldeada serán conectados con barras de 20x3 mm al panel de barras verticales principales.

Se colocan los platos o soportes metálicos para que soporten los equipos. Los cables de fuerza y control están debidamente peinados y ordenados. Se colocaron placas de identificación de equipos.

Las baterías de condensadores están divididas en escalones de potencia. El programa de conexión define la proporción existente entre el primer y el resto de

escalones de la batería.

Del interruptor de 3x80 A se cableara hacia los contactores especiales para condensadores con cable THW calibre 4 AWG. De estos contactores se colocan en serie una reactancia en serie y de las reactancias a los condensadores.

Los condensadores son preferentemente montados en posición vertical, en bandeja sin conducción térmica al reactor. Se instalaron de forma vertical con los bornes de conexión hacia arriba. La reactancia es montada sobre perfiles para permitir circulación de aire entre los núcleos. Se tiene ventilación forzada.

Se deja un espacio de reserva si se desea añadir una nueva batería de condensador para futura ampliación. Se cablearon los condensadores a la barra a tierra respectiva con cable amarillo con verde.

Todas las partes metálicas son conectadas a una barra de tierra firmemente empernada a la estructura del gabinete autosoportado.

En la parte frontal del tablero se ha colocado una señal de advertencia de energizado, como advertencia.

Cada vez que se ajuste un perno, colocar una raya de pintura para diferenciarlos de los no ajustados

El supervisor de ensamble una vez que se termina el trabajo informa al Jefe de Producción, identifica el tablero eléctrico terminado por medio de una etiqueta "TERMINADO – Para control de calidad".

El protocolo de pruebas (Figura 4.6) se entrega con la documentación respectiva junto con la entrega del tablero al cliente. Estas pruebas se realizaron en presencia de la supervisión por parte del cliente. Se realiza por personal del área de control de calidad con los equipos descritos en el protocolo debidamente calibrados y certificados.

En el protocolo de pruebas se puede ver el nombre del cliente (HV Contratistas) y el nombre del proyecto (Wong Marsano), también se describe el elemento sujeto a prueba y la cantidad de elementos (en este caso solo es uno).

Posteriormente se puede ver la conformidad de la inspección general, verificándose que todo lo indicado se encuentra en óptimas condiciones (ej. Medidas exteriores, acabados de pintura, hermeticidad, acabados de cableado, etc.).

Seguidamente se informa sobre el resultado de las pruebas: Operación mecánica (accionamiento manual de interruptores), operación eléctrica (funcionamiento de circuito de control, de medición y de protección), de aislamiento (entre fases, fase-neutro, fase-tierra).

Finalmente se indican los equipos de prueba empleados, que en este caso fueron un multímetro digital y un megómetro digital.

PROTOCOLO DE PRUEBAS	
CLIENTE	O.T. / FORMULA
HV CONTRATISTAS	2-10322 / 41340001126
PROYECTO: WONG MARSANO	FECHA
DESCRIPCIÓN	05/11/10
TABLERO BANCO CONDENSADORES BC-3, 252 kVAR 380/230V 60Hz 3F + N	Cantidad: 1
1) Inspección General	
- Medidas Exteriores <input checked="" type="checkbox"/> OK	- Acabados de Pintura <input checked="" type="checkbox"/> OK
- Identificación del Gabinete <input checked="" type="checkbox"/> OK	- Ubicación de Equipos <input checked="" type="checkbox"/> OK
- Identificación de Equipos <input checked="" type="checkbox"/> OK	- Acabados de Cableado : Fuerza <input checked="" type="checkbox"/> OK Control <input checked="" type="checkbox"/> OK
- Numeración de Cables <input checked="" type="checkbox"/> OK	- Ajuste de Pemasas : Estructura <input checked="" type="checkbox"/> OK Barras/Cables <input checked="" type="checkbox"/> OK
- Mandiles Abisagrados Correctamente Instalados <input checked="" type="checkbox"/> OK	
2) Pruebas de Operación Mecánica	
- Accionamiento Manual de Interruptores <input checked="" type="checkbox"/> OK	- Otros () <input type="checkbox"/>
3) Pruebas de Operación Eléctrica	
- Funcionamiento Circuito de Control <input checked="" type="checkbox"/> OK	- Funcionamiento Circuito de Medición <input checked="" type="checkbox"/> OK
- Funcionamiento Circuito de Protección <input type="checkbox"/> NA	
4) Pruebas de Aislamiento Voltaje Aplicado: 1000 voltios	
- Aislamiento Entre Fases : L1-L2 <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ	L2-L3 <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ
L3-L1 <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ	
- Aislamiento Fase - Neutro : L1-N <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ	L2-N <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ
L3-N <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ	
- Aislamiento Fase - Tierra : L1-T <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ	L2-T <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ
L3-T <input checked="" type="checkbox"/> > 500 MΩ	
5) Equipos de Pruebas Empleados	
Multímetro Digital con Certificado de Calibración y Trazabilidad N° CEU-014-2010	
Megometro Digital con Certificado de Calibración y Trazabilidad N° CEU-013-2010	
6) Observaciones	
OK = APROBACION	
NA = NO APLICA	

Figura 4.6 Protocolo de pruebas

4.3 Lista de materiales a utilizar en el banco de condensadores

Los materiales son de procedencia americana de la marca Eaton-Cutler Hammer (interruptores, contactores, lámparas, etc.) y de la marca española Circuitur (regulador

reactancias y condensadores), garantizando la selectividad de los equipos del banco de condensadores. La tabla 4.6 describe el equipamiento del banco de condensadores.

Tabla 4.6 Lista de materiales (S/N).

	BANCO SINTONIZADO	Tablero Banco de Condensadores de 252 KVAR, 380V 3F 60Hz, con filtro de rechazo de armónicos sintonizado a 227Hz. Tablero autoportado de uso interior IP54.
9	E22HR3X8	Lámpara piloto para la línea de entrada + fusible 1A
3	T1000NB1	Terminales de AL CU para cables de entrada de 1000A, 3-240mm ² .
1	Computer Plus T14	Regulador de energía reactiva Automático,(12 pasos) ,con adaptador a neutro.
9	GES3080AFM	ITM 3x80A 35KA / 400VAC, serie GES
9	CLZ-FP-46/30	Condensador de 28kVAR, 380V 60Hz, para filtro desintonizado, CIRCUTOR
9	RBX-30-400	Reactancia de rechazo para filtros de armónicos de para condensador de 28kVAR, 380VAC 60Hz, sobretensión estándar 7% y frecuencia de resonancia 227 Hz. CIRCUTOR.
9	XTCC033D10B	Contactores para condensadores de 33kVAR/400V, bobina 220V/60Hz, EATON
3	D7PR2A + D7PA2	Relé de control de dos polos, 8 pines, bobina de 220VAC, incluye base.
2	S / N	Ventilación Forzada: Un ventilador con filtro 56 m ³ /hr 230V, Una rejilla de salida con filtro para VF56.
2	S / N	Iluminación Interior del tablero, con interruptor de protección e interruptor para encendido.
1	S / N	Selector 0-1 de 2 posiciones 22mm diámetro.
1	S/N	Trasformador de corriente 600/5A, clase 0.5, 15VA, 3x100x10mm
1	S/N	Bus Vertical de Barras de cobre, 715A, 3 fases 3 hilos. 1u-40x10mm.
1	S/N	Barra Neutro
1	S/N	Barra Conexión a Tierra

4.4 Fotos del tablero indicando equipos.

La Figura 4.7 es la vista frontal primer cuerpo. Se puede observar los interruptores

termomagnéticos trifásicos montados en un panel de barras verticales de 40x10mm. Se puede ver que se deja un espacio para interruptor de reserva futuro. El mandil cubre equipos está abierto, se aprecia el calado donde solo se tendrá acceso a las manijas de los interruptores para protección.

La Figura 4.8 es la vista frontal segundo cuerpo. Se puede observar los condensadores de potencia distribuidos, con su respectivo cableado. Por la parte inferior de los condensadores se conectan estos a la barra a tierra con cable amarillo. Se indica la vista perfil del regulador de factor de potencia.

La Figura 4.9 es la vista lateral. Se puede observar los condensadores montados en forma vertical.

La Figura 4.10 es la vista de la puerta. Se puede observar los lámparas de señalización de falla cuando hay una sobret temperatura, se indica el pulsador, el selector y el regulador de factor de potencia.

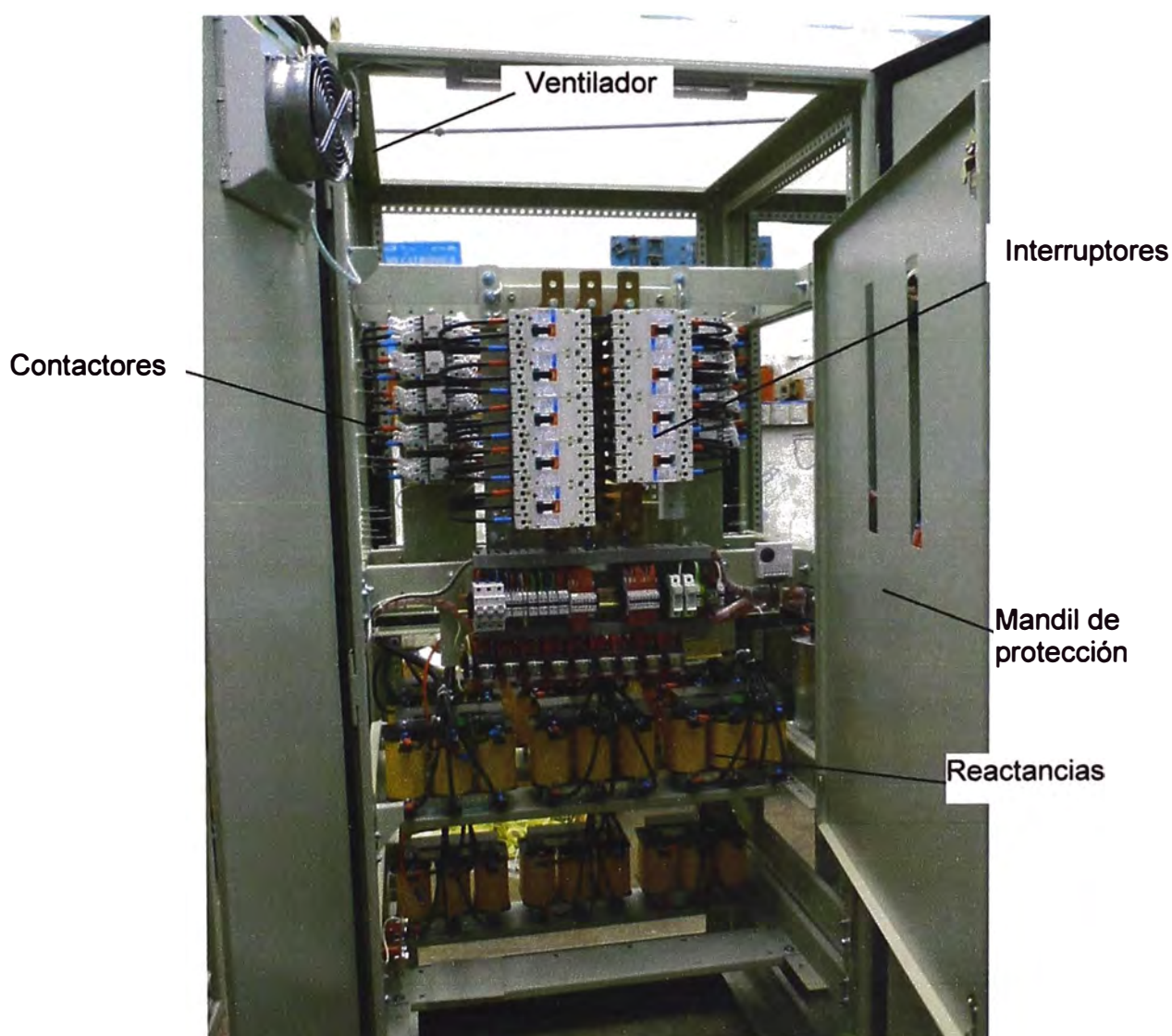


Figura 4.7 Vista frontal primer cuerpo

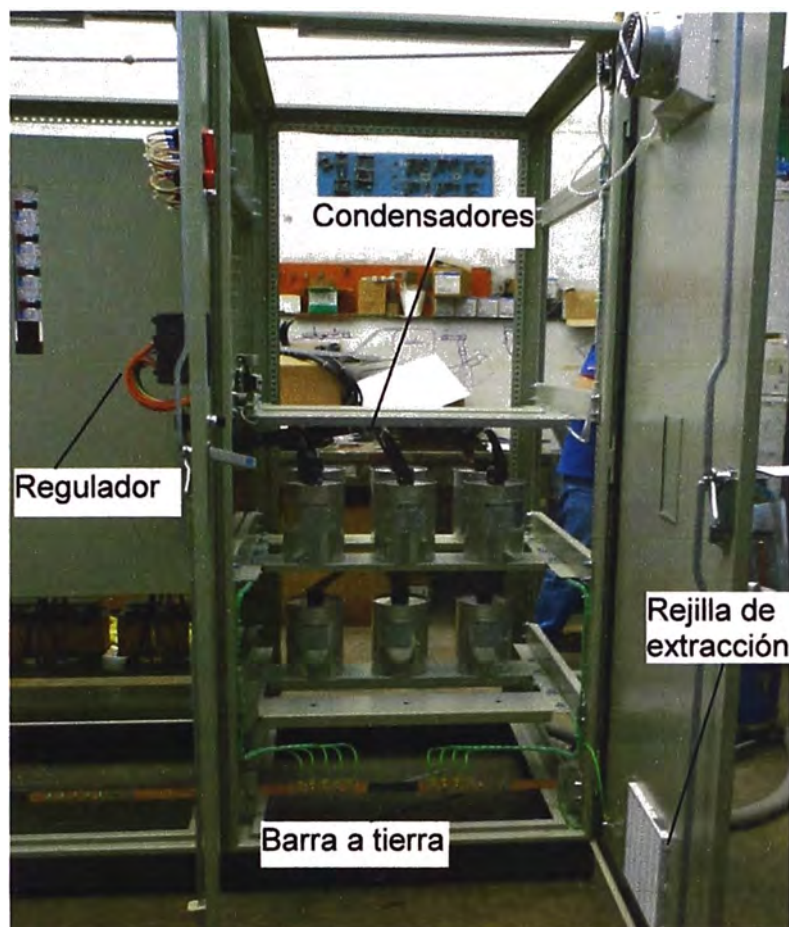


Figura 4.8 Vista frontal segundo cuerpo



Figura 4.9 Vista lateral

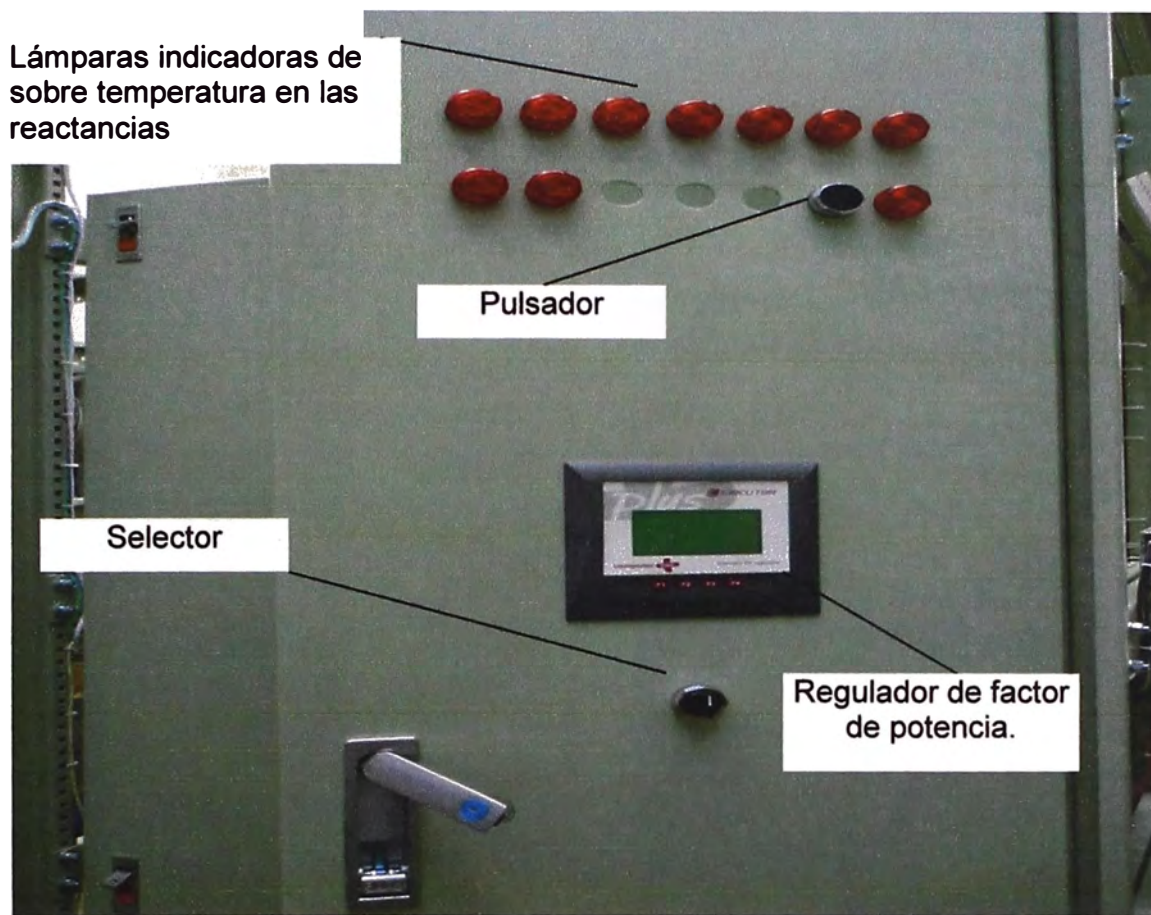


Figura 4.10 Vista de la puerta de banco de condensadores

4.5 Pautas básicas de montaje e instalación, puesta en servicio y mantenimiento

Se desarrolla lo siguiente: montaje e Instalación, puesta en servicio, mantenimiento.

4.5.1 Pautas básicas de montaje e Instalación

Previo permiso de la municipalidad respectiva para detener el pase vehicular de la calle Andrés Tinocco la permanencia del camión grúa en el área de trabajo fue coordinado con anticipación con la administración de la obra. El izaje se efectuó con materiales de resistencia comprobada. El tablero fue ubicado en la azotea del centro comercial Wong a 14.2 m de altura

El peso del banco de condensadores es de 700 Kg (450 Kg cuerpo donde van las reactancias y 250 Kg en el segundo cuerpo) por la cual se tuvo cuidado en el manejo y transporte del banco de condensadores, en forma que sus componentes no se dañen. El izaje lo realizo con personal técnico calificado, equipos de izaje, con un camión grúa. Se prestó especial atención en caso de que existan cables eléctricos en el área de maniobra.

Se colocar el tablero en la parte indicada en los planos de planta del centro comercial. La Figura 4.11 muestra el tablero antes del izaje. Se debe instalar el tablero de distribución de manera ordenada y profesional siguiendo las instrucciones del fabricante para la instalación, (NEMA PB 2.1-2002.) que se describe a continuación.



Figura 4.11 Vista de banco de condensadores llegada en destino.(centro comercial)

Instalar el tablero de distribución en su posición definitiva, nivelando progresivamente cada sección y asegurando con pernos los bastidores si están separados. Si es necesario, fijar el tablero a las paredes u otras superficies de soporte.

Se debe instalar la tubería para evitar que la humedad o el agua penetren y se acumulen dentro de la envolvente. Todas las canalizaciones metálicas (incluyendo salientes) deben estar aseguradas al tablero de distribución. Todas las canalizaciones deben estar situadas en los lugares recomendados por el fabricante para evitar que los conductores interfieran con los miembros estructurales y partes energizadas. Antes de insertar los conductores en el tablero de distribución, compruebe si su tamaño, resistencia térmica y aislamiento nominales cumplen con las especificaciones marcadas en el tablero de distribución.

Se debe tener cuidado al pelar el forro aislante de los conductores a fin de no marcar o rallar el conductor.

Se deben proveer los medios para colocar los conductores en el tablero de distribución de manera que no sufran daño físico y que para evitar el sobrecalentamiento. Si así lo requieren las instrucciones del fabricante, asegure los conductores según sea

necesario para que resistan un cortocircuito. Se deben mantener los radios de doblez más amplios que sea posible a fin de no dañar el aislamiento y que no se aflojen los terminales.

a. Pasos a tomar antes de energizar el banco de condensadores

Apriete todas las conexiones eléctricas accesibles de acuerdo con la torsión especificada por el fabricante.

Compruebe la integridad de todos los medios de montaje de la barra colectora.

Inspeccione la envolvente para ver si se ha dañado en alguna forma que reduzca las separaciones eléctricas.

Mueva con la mano todos los desconectadores, interruptores automáticos de circuitos y demás mecanismos operativos para asegurarse de que funcionan libremente.

Haga una prueba de resistencia de aislamiento eléctrico para asegurarse que el tablero de distribución no tiene cortocircuitos ni pases a tierra. Con el neutro aislado de la tierra y los desconectadores e interruptores automáticos abiertos, haga pruebas de resistencia de aislamiento eléctrico de una fase a otra, de fase a tierra, de fase a neutro y de neutro a tierra. Si la lectura de la resistencia es menor de 1 megaohm mientras está haciendo la prueba con los dispositivos del circuito derivado en posición abierta, el sistema tal vez no sea seguro y se debe investigar. Si después de la investigación y las posibles correcciones se siguen observando lecturas bajas, se debe consultar al fabricante.

Verifique el regulador, medidores e instrumentos eléctricos para determinar si las conexiones están bien hechas y que los dispositivos funcionan correctamente.

Compruebe si todas las conexiones a tierra están bien hechas. Si el tablero de distribución se usa como equipo de acometida, asegúrese de que el neutro, si está presente, esté debidamente conectado a la envolvente. Si no hay conductor de tierra colectiva, cerciórese de que las secciones del tablero que se embarcaron por separado estén conectadas de tal manera que se asegure un trayecto continuo de puesta a tierra.

b. Energizado del equipo

Los voltajes internos en los equipos eléctricos pueden producir lesiones personales o incluso la muerte. La activación eléctrica de un tablero de distribución por primera vez después de la instalación inicial o el mantenimiento puede ser peligrosa.

Cuando se energiza el equipo por primera vez, debe estar presente un técnico calificado. Si durante el procedimiento de comprobación especificado no se detectan cortocircuitos ocasionados por daños o una mala instalación, pueden producirse lesiones personales serias al activar la corriente.

No debe haber ninguna carga eléctrica en el tablero de distribución al energizarlo.

Desconecte todas las cargas que haya a partir del tablero.

El equipo se debe energizar en secuencia comenzando por el extremo fuente del sistema y avanzando hasta el extremo de la carga. En otras palabras, energice los dispositivos principales, luego los dispositivos alimentadores y después de los circuitos derivados. Energice los dispositivos con un movimiento positivo firme. Después de haber cerrado todos los dispositivos principales, dispositivos alimentadores y de circuitos derivados, se pueden energizar las cargas como las de circuitos de alumbrado, contactores, calefactores y motores.

4.5.2 Pautas básicas de puesta en servicio

La puesta en servicio empieza con el encendido de la lámpara de presencia de tensión, se activa el regulador, se selecciona el lenguaje español, se introducen los parámetros, transformador de corriente, ajuste de sensibilidad C/K, tensión, fase 1-neutro, número de escalones.

Se programa el regulador según la demanda de carga requerida. La señal de corriente del transformador de corriente le permite conocer las necesidades de cada momento. La acomodación de esta necesidad a la conexión de escalones se realiza por medio de una relación, que llamamos C/K, introducida como un parámetro en el regulador. El valor del C/K se obtiene de la fórmula 4.2:

$$\frac{C}{K} = \frac{Q1}{RTI \times U \times \sqrt{3}} \quad (4.2)$$

De donde:

Q1 = potencia del primer escalón, escalón base (VAR).

U = tensión de la red (V).

RTI = relación de transformación del transformador de intensidad

Para el caso se considera $Q1=28\text{KVAR}$, $U=380\text{ V}$, $RTI=600/5 =120$ dando según la fórmula 4.2 $C/K=0.35$ valor a ingresar al display del regulador de factor de potencia.

Se observa que los contactores empiezan a entrar en funcionamiento pegando uno a uno según lo programado.

Para la puesta en servicio se tiene que tener a plena carga el centro comercial para observar cómo trabaja el banco de condensadores en condiciones normales.

4.5.3 Pautas básicas de mantenimiento

El mantenimiento se debe realizar con periodos de una a dos veces al año. Si se observa que algún contactor presenta un engorde o deformación en la tapa, se debe cambiar inmediatamente.

El estado de los condensadores puede comprobarse de forma indirecta por la corriente o consumo de cada escalón.

El sistema de ventilación forzada debe revisarse evitando que las rejillas o filtros de obstruyan con el tiempo.

Los voltajes en los equipos eléctricos pueden producir lesiones personales graves o incluso la muerte. A menos que se indique otra cosa, la instalación, inspección y mantenimiento solo se deben hacer en tableros de distribución y equipos que estén desactivados, desconectados y aislados eléctricamente, de manera que no pueda ocurrir ningún contacto accidental con alguna parte energizada.

Inspeccione el banco de condensadores una vez al año o después de ocurrir un corto circuito muy serio.

Si el banco de condensadores tiene acumulado polvo y suciedad, límpielo con un cepillo, aspiradora o trapos limpios que no despida pelusa. Evite soplar el polvo hacia los interruptores automáticos u otros componentes.

Inspeccione visualmente todos los conductores y las conexiones para cerciorarse de que están limpias y apretadas. Las conexiones flojas y/o contaminadas incrementan la resistencia eléctrica, lo que puede causar sobrecalentamiento.

Este sobrecalentamiento se observa en el descoloramiento o descamación del aislamiento y/o partes metálicas. Las marcas o derretimiento de las superficies conectores es un signo de arco eléctrico debido a una conexión floja o deficiente. Las partes que muestren signos de sobrecalentamiento o que estén flojos se deben limpiar o cambiar si están dañadas. Apriete los tornillos y las tuercas en las uniones de las barras colectoras a las especificaciones de torsión del fabricante.

Examine la presión de contacto de los conectores de los interruptores y los medios de contacto. Si observa alguna señal de sobrecalentamiento o si están flojos, siga las instrucciones de mantenimiento del fabricante o cambie los conectores. Los conectores flojos pueden producir sobrecalentamiento.

Haga funcionar los mecanismos operativos de los desconectadores y los operadores externos de los interruptores automáticos para determinar si trabajan libremente hasta sus posiciones completas de activado (ON) y desactivado (OFF).

Ajuste, limpie y lubrique o cambie las partes necesarias siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Use grasa o aceite ligero no metálico. Quite el exceso de lubricante para evitar la contaminación.

En el caso se requiera mover el tablero de un piso a otro por reubicación o ampliaciones futuras, se necesitara un montacargas de techo (camión grúa) tal como se realizo el izaje para la instalación inicial tal como muestra la Figura 4.12 o la figura ampliada Figura 4.13. Para esto el banco de condensadores con reactancias tiene cáncamos de izaje para su elevación.



Figura 4.12 Vista de elevación parcial



Figura 4.13 Vista de elevación de banco de condensadores para montaje en Azotea.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

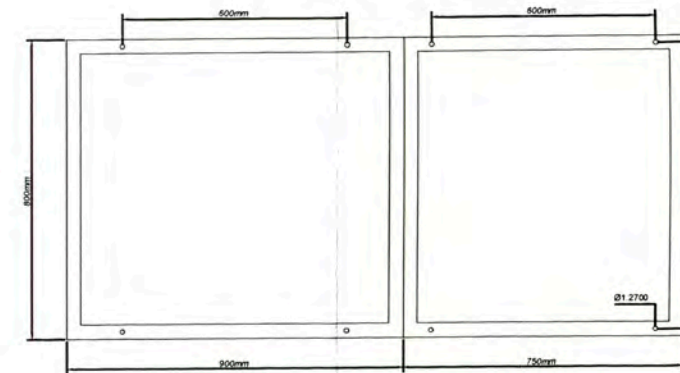
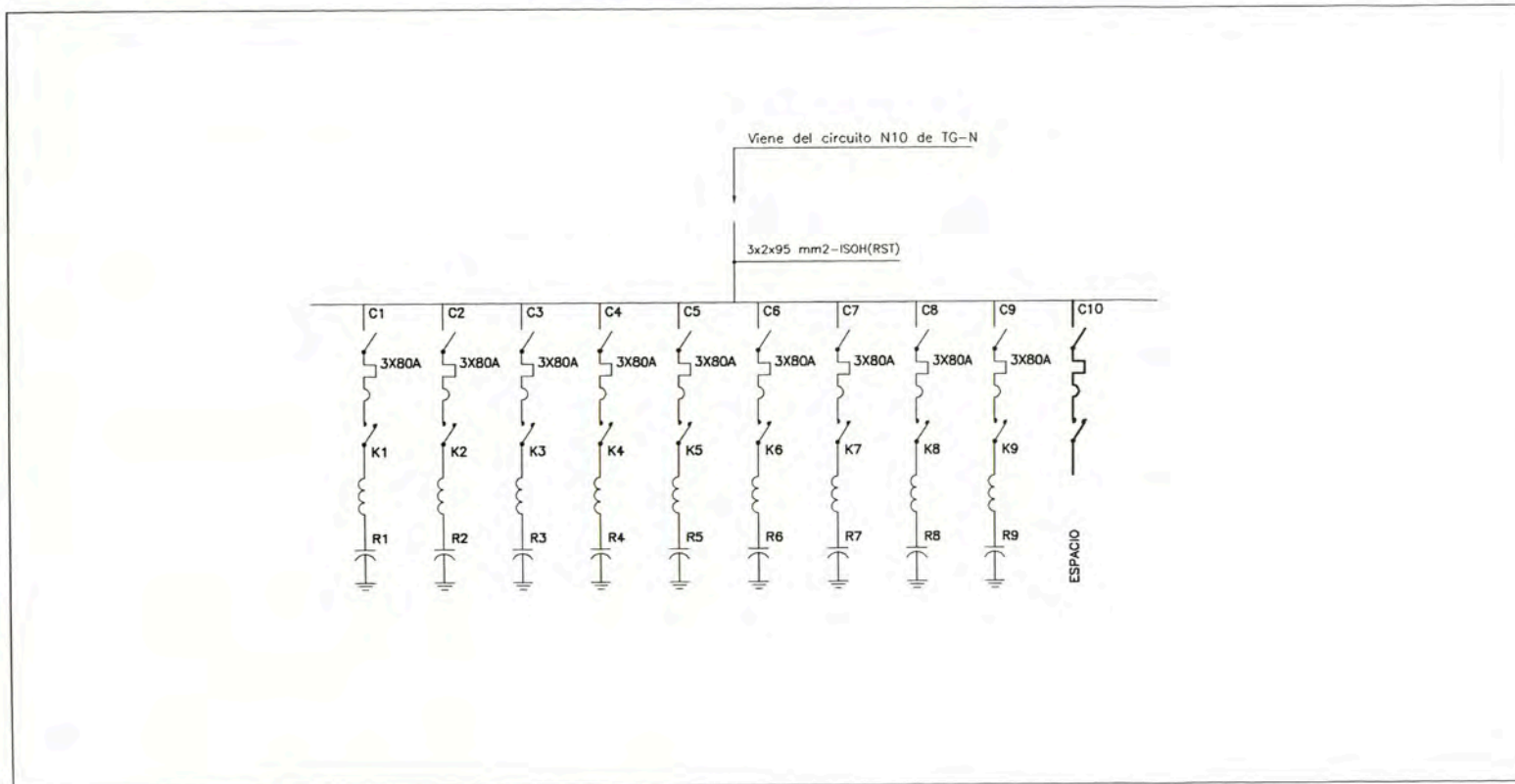
1. La fabricación de un banco automático de condensadores en serie con reactancias de rechazo de la 5^a armónica y superiores según el proyecto, es una solución práctica y económica para atenuar las armónicas lo que su vez también corrige el factor de potencia en aplicaciones comerciales e industriales.
2. La fabricación del banco automático de condensadores se realizó de acuerdo al diseño del plano de disposición de los equipos aprobados por el departamento técnico del cliente, en base a los esquemas unifilares y especificaciones técnicas del proyecto, además cumpliendo su respectivo protocolo de pruebas, de esta manera se satisface los requerimientos del usuario final, quedando expedito para su respectiva supervisión.
3. Teniendo en cuenta el punto 1, es importante resaltar que la circulación de armónicas no será eliminada totalmente, solamente se reducen a ciertos límites dentro de los cuales no ocasionarán problemas secundarios a los equipos, de esta manera se cumple con los límites establecidos por las Normas.

Recomendaciones

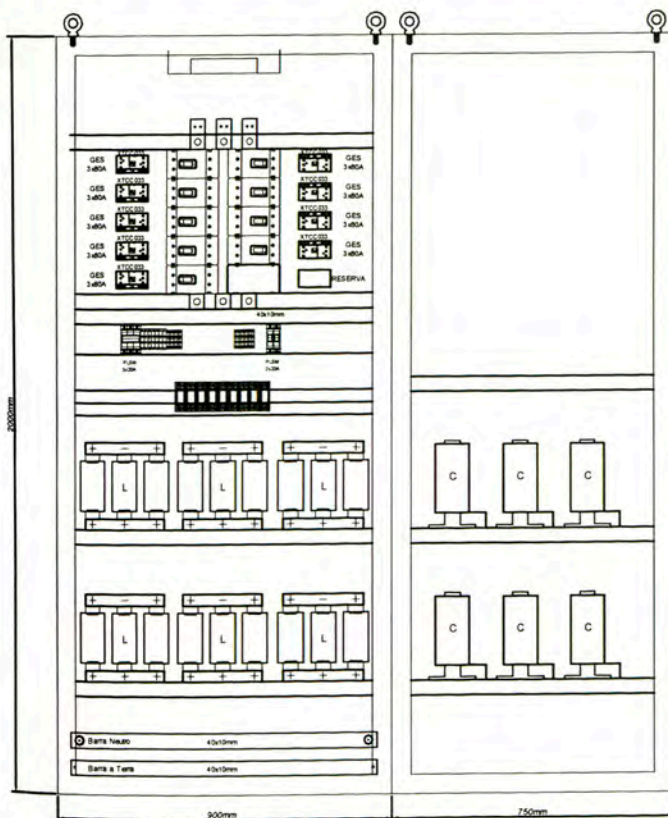
1. Hacer mediciones de tensión y corriente periódicamente. En corrientes verificar que las fases estén balanceadas, marcando la misma corriente y en tensión verificar que sea la tensión nominal de los condensadores.
2. Debido al incremento de cargas no lineales, producto del avance tecnológico, es decir de dispositivos electrónicos de tipo conmutación, para los proyectos futuros considerar un banco de condensadores con reactancias de filtros de rechazo de armónicas. El incremento en costos debido a la inclusión de reactancias se justifica debido a que previene fallas en los capacitores, al reducir la distorsión armónica y evita el peligro de resonancia.
3. Hacer un mantenimiento preventivo dos veces al año verificando el funcionamiento de los componentes dentro de los parámetros adecuados, especialmente la temperatura, producidas por las reactancias y que la ventilación forzada este en buen funcionamiento, además las rejillas deben limpiarse para evitar obstrucciones en la ventilación.
4. Hacer un estudio con analizador de redes para poder apreciar la incidencia de las corrientes armónicas que ingresan al banco de condensadores.

ANEXOS

ANEXO A
PLANO DE DISPOSICIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES

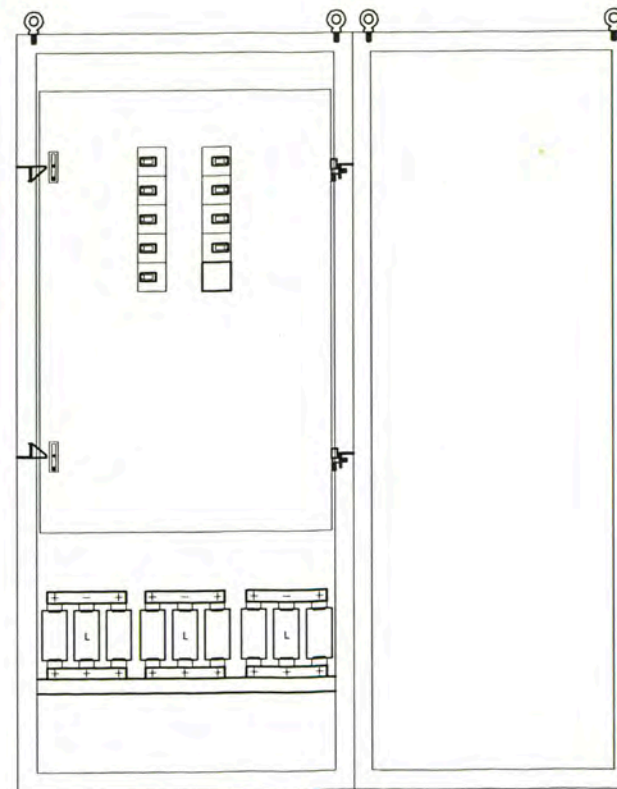


Vista Superior
Esc. 1/200

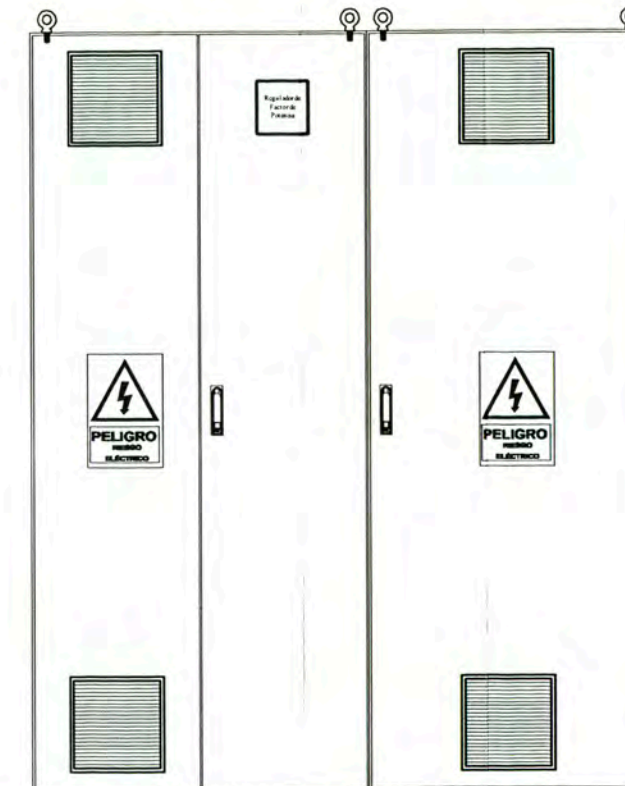


Vista Interior
Esc. 1/200

Dimensiones:
Alto: 2000mm
Ancho: 1650mm
Fondo: 800mm



Vista Interior
con mandil
Esc. 1/200



Vista Exterior
Esc. 1/200

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	REV. POR	SUPV.
2	07/01/11	Detalles constructivos y dimensionales		
1	11/10/10	Detalles constructivos y dimensionales		

CONTRATISTA

DISEÑADO POR: A.A. FECHA: 07/01/2011 TITULO:

DIBUJADO POR: DORIS QUISPE 07/01/2011

REVISADO POR: DANIEL LIRA 07/01/2011

APROBADO POR:

GERENTE DE PROYECTO:

OSITRAN:

LENDERS ENG:

GERENTE DE SUB-PROYECTO:

U.N.I.

EPCM		
BANCO DE CONDENSADORES CON FILTRO DE RECHAZO		
PROYECTO:	HABILITACION WONG TOMAS MARZANO	
SUB-PROYECTO:	INSTALACIONES ELECTRICAS	
NOMBRE:	TABLEROS DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION TABLERO BANCO DE CONDENSADORES DISPOSICION DE EQUIPOS Y DIAGRAMAS	
PROPIETARIO:	FACULTAD F.I.E.E. UNIV. NAC. DE INGENIERIA	
ESCALA:	PLANO:	FECHA:
Indicada	02	07/ENE/201
PLANO N°:	NUMERO DE REVISION:	
Banco con filtro de rechazo.	2	

ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES WONG MARSANO

Las obras deberán ejecutarse respetando y respondiendo en un todo a las normas y reglamentos vigentes a la fecha que hayan sido dictadas por reparticiones y/o entidades competentes. En particular se utilizarán las siguientes:

- Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento (DL. 25844)
- Código Nacional de Electricidad – Utilización.
- Norma RD 018-2002-EM/DGE del Ministerio de Energía y Minas.
- Normas IEC Correspondientes.
- Normas de Hidrandina
- Reglamento de Hidrocarburos para las Instalaciones de Suministro Combustible a Grupos Electrónicos.
- Código y Normas de la IEEE
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
- International Electrotechnical Commission (IEC).
- American National Standard Institute (ANSI).
- National Electrical Code (NEC).
- American Society for Testing Material (ASTM).
- Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE).
- Reglamentaciones de La Compañía Eléctrica.

B.1 Tableros Generales de Distribución de Baja Tensión

B.1.1 Estructura metálica

El tablero estará formado por cuerpos o columnas con bastidores soldados de canales de acero de un espesor mínimo de 2,5 mm. Sus paredes y puertas serán de planchas de acero de 2 mm de espesor e irán apernadas a los bastidores.

En su parte inferior deberá tener espacios respectivos para entrada o salida de cables. A su vez cada columna tendrá a un costado soportes metálicos verticales para los mismos fines indicados anteriormente y estarán comunicados con el compartimiento horizontal.

Cada espacio deberá poseer una tapa cubre equipos, que impida contactos accidentales con partes energizadas del tablero, y que permita la operación de cada protección sin dificultades. Esta tapa cubre equipos deberá ser abisagrada y poseer sistema de cierre superior e inferior. Las bisagras deberán montarse sobre la estructura principal del tablero.

Sobre la tapa cubre equipos deberá ir la puerta principal del tablero, la cual estando cerrada impedirá el accionamiento de las protecciones. Sobre esta puerta se montarán

las luces piloto y las pantallas de los equipos de medida.

El diseño del tablero deberá cumplir la clase de protección a prueba de polvo y chorro de agua Tipo IP54, conforme a Norma DIN 40050 o NEMA 12. Sus puertas y tapas serán selladas mediante empaquetadura de neopreno. El Fabricante debe garantizar que con entradas y salidas de conductores no se pierda el grado de protección de los Tableros.

B.1.2 Barras

Serán de cobre electrolítico de pureza 99,9%, de sección rectangular, de cantos redondeados, plateadas en los sectores de conexión y estarán protegidas en toda su extensión contra contactos accidentales, debidamente identificadas.

Las barras principales de los tableros generales deberán estar en posición vertical, en el centro del tablero, permitiendo la instalación de las protecciones a ambos lados de las barras.

En el caso de las Protecciones Generales éstas deberán montarse en posición horizontal, y contar con barras o platinas para acometer a las barras principales, con la fijación y características adecuadas. Los alimentadores deberán conectarse a barras conectadas a las protecciones generales, con las fijaciones y características adecuadas para la instalación de 8c N°500 MCM por fase fijados con terminales doble ojo.

Los espaciamientos en los compartimientos de barras, entre las barras y el cuerpo del tablero, deberán estar de acuerdo a la necesidad del instalador.

Junto con los aisladores, las barras estarán dimensionadas a la corriente nominal más un 25% como mínimo y para resistir sin deformaciones los esfuerzos térmicos y dinámicos derivados de una corriente de cortocircuito que surja del cálculo respectivo a partir de los datos suministrados por la compañía prestadora de suministro eléctrico y del conjunto cable de M.T.-transformador- cable de B.T

Los soportes de barras o aisladores serán de resina epoxi, sin fisuras, porosidad o escoriaciones, montados sobre soportes de planchas dobladas, no admitiéndose su fijación a los paneles de separación entre compartimientos o a paneles de cerramientos.

B.1.3 Puesta a tierra

A lo largo del tablero o del conjunto de módulos, se colocará una barra de cobre electrolítico de sección mínimo igual a la mitad de la sección de la barra principal de fase y no menor de 20x5mm, a la que se conectarán las puestas a tierra de los equipos de maniobra, protección, medición o comando instalados en su interior, como así también las puertas, rejas de protección y arcos metálicos del tablero, mediante malla de cobre extra flexible de 50 mm².

B.1.4 Banco de condensadores

Debe incluirse, como un tablero independiente del tablero general, este banco de

condensadores de la potencia indicada en los planos unifilares correspondientes. Se consideró el suministro de un banco con Filtro de Rechazo de Armónicas, sintonizada a una frecuencia de 227 Hz para redes de 60Hz. El sistema cuenta con un relé para el control automático del factor de potencia, por lo que se requiere que estén disponibles en bornes de regleta de control las señales de corriente desde los Transformadores de corriente para ejecutar la interconexión con cable multi-conductor N°14 AWG con el regulador de control de factor de potencia.

El dispositivo de control de potencia es de tecnología digital con medición integrada, es dispositivo de estado sólido para 400 V, 60 Hz, 3 fases. Éste posee las siguientes características:

- Ajuste de factor de potencia de 0,93 a 1,0 inductivo, y ajuste de corriente de partida.
- Indicación de la carga inductiva o capacitiva y del número de condensadores conectados.
- Sistema de desconexión por ausencia de voltaje de red.
- Sistema de histéresis o antibombeo de la carga capacitiva.
- Filtro de armónicas.
- Doce (12) combinaciones o pasos.
- Lectura THD de voltaje
- Lectura THD de corriente.
- Factor de potencia objetivo.
- Factor de potencia real.
- Factor de potencia promedio de la semana.
- Voltajes.
- Corrientes.
- kVAR faltantes.
- Temperatura.
- Alarma sobrecarga de los condensadores.
- Alarma sobre y baja tensión.
- Alarma sobre y baja corriente.
- Alarma micro interrupción de voltaje.
- Alarma sobre temperatura interna del tablero.
- Alarma sobre y baja compensación.
- Temperatura.
- Lectura de ventilación forzada.
- Sobre temperatura interna del tablero.
- Calidad de energía.

- Puertos de comunicación, display LCD con despliegue de todas las variables y alarmas mencionadas.

a. Sistema de regulación de capacidad

Cada paso de condensadores estará controlado por un sistema de contactor tripolar o Tiristores. El sistema debe impedir las corrientes inrush de inserción, ya sea mediante una tecnología que asegure los cruces por cero o mediante las reactancias de rechazo de armónicos.

b. Condensadores

El cálculo de la capacidad del banco debe realizarse para una tensión de servicio de 400 V, pero la tensión nominal de cada banco debe ser de 525V, frecuencia de 60 Hz, conexión trifásica y protegido con protecciones termomagnéticas. Las pérdidas deberán ser inferiores a 0,5 W/kVAR incluidas las resistencias de drenaje. La sobretensión aceptable será 10% (IEC 70/70 A). La tolerancia de capacidad será -5% a 10%. El dieléctrico deberá ser seco, encapsulado al vacío. El aislante será mineral, no tóxico, no inflamable, autoregenerable. Deben cumplir con los estándares IEC 60831-1 e IEC 60831-2.

Cada paso estará formado por reactores trifásicos conectados en serie a cada etapa o paso de cada batería de condensadores, sintonizados para el rechazo de armónicos de corriente a 227Hz para redes de 60Hz, comportándose como un filtro pasa bajos. Todas y cada una de etapas debe estar protegida contra sobrecargas a través de interruptores térmicos. Adicionalmente, los reactores están fabricados con núcleos en láminas de acero al silicio o granos orientados, bobinados en hilo de cobre o aluminio.

Los condensadores serán colocados y cableados en rack modulares y extraíbles desde el frente, todos equipados con protecciones de una capacidad de ruptura de 60 kA.

c. Sistema de ventilación

Todos los tableros deben tener en su interior sensores y controladores de temperatura que actuarán sobre el sistema de ventilación forzada mediante extractores de aire manteniendo una temperatura interna debajo los 35°C. En caso de que la temperatura interior supere los 55°C el regulador debe deshabilitar la alimentación del tablero.

B.1.5 Pintura

El tratamiento de pintura se realizará mediante desengrase, desoxidado, fosfatizado, aplicación de antióxido al cromato de zinc, y acabado con laca nitrocelulósica o polvo epoxídico al horno con un espesor de 70 +/- 15 micrones.

En las superficies que tengan posibilidad de condensación de humedad, se utilizará pintura anti-condensante.

B.1.6 Interruptores automáticos con protección termomagnética de más de 630 A

Los interruptores con protección termomagnética de más de 630 A correspondientes a ramales de alimentación a tableros secundarios y/o circuitos de fuerza motriz serán de construcción compacta con estructura portante en planchas de acero estampado, partes activas protegidas con plateado electrolítico de gran espesor, cámara de interrupción a desionización magnética construida en material refractario de elevada resistencia térmica y mecánica.

Se instalarán solamente en Tableros Generales y deberán tener una capacidad de ruptura de 50 kA simétrico. Serán equipados con unidad electrónica de trip, con protecciones de retardo largo, retardo corto y protección instantánea a lo menos.

El comando será apto para operar con cierre y apertura rápidos.

Serán aptos para operar a las intensidades nominales de servicio, capacidades de interrupción simétrica por cortocircuito y poder de cierre indicadas en la documentación. La tensión nominal de servicio será de 500 V.

Salvo especificación en contrario de la especificación los interruptores se suministrarán en montaje fijo, con relés termomagnéticos, contactos auxiliares y relé de apertura. Marcas aceptadas: Merlin Gerin, ABB, General Electric, Cutler Hammer.

B.1.7 Interruptores automáticos con protección termomagnética hasta 630 A

Los interruptores con protección termomagnética de hasta 630A correspondientes a ramales de alimentación a tableros secundarios de iluminación y Fuerza y/o circuitos de iluminación de más de 80A de intensidad de servicio, serán del tipo caja moldeada, con comando manual, accionado por palanca aislante que indicará también la señalización de "abierto", "cerrado".

Los interruptores que se instalen en Tableros Generales y los instalados como principales en los tableros de distribución deberán tener una capacidad de ruptura de 25 kA, deben tener regulación térmica y magnética y los instalados como secundarios en tableros de distribución serán de 15 kA.

El comando actuará por disparo rápido ya sea en el cierre como en la apertura.

Las partes activas del aparato estarán encerradas en una caja de material aislante de elevada resistencia mecánica y bajo índice de higroscopicidad.

Los contactos serán de plata - tungsteno con cámaras apaga chispas y sistema de soplado "de ion". Serán aptos para operar a las intensidades nominales por cortocircuito, y poder de cierre indicadas en la documentación. La tensión nominal de servicio será de 500 V.

Los interruptores mayores a 400A serán equipados con unidad electrónica de trip, con protecciones de retardo largo, retardo corto y protección instantánea.

Los parámetros eléctricos relativos a estos accesorios serán indicados en la documentación. Marcas aceptadas: Merlin Gerin, ABB, General Electric, Cutler Hammer.

B.1.8 Interruptores automáticos con protección termomagnética hasta 80 A

Serán para proteger circuitos secundarios de fuerza e iluminación, del tipo compacto con protección termomagnética instantánea para cortocircuitos y retardada para sobrecargas, regulada la misma a la capacidad del cable que protejan. Deberán cumplir con la norma IEC-60947-2.

Diseñados para ser instalados en tableros eléctricos modulares, fácil montaje sobre riel simétrico DIN. Conexión mediante bornes tipo prensa. Número mínimo 20.000 operaciones.

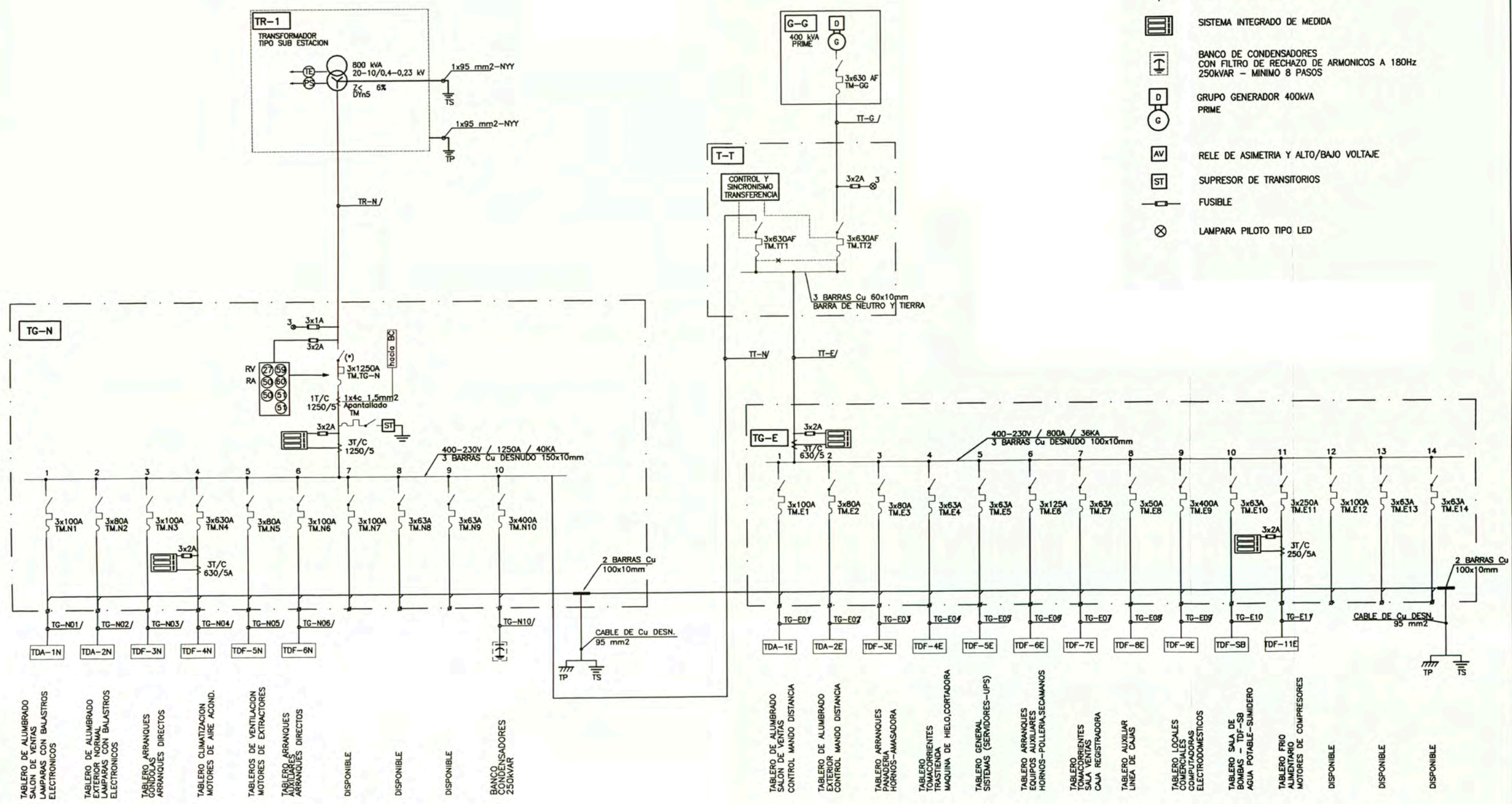
La capacidad de interrupción mínima será de 15 kA según IEC947-2, se instalarán en Tableros de Distribución, a una tensión nominal de servicio de 380 V. No se aceptará su instalación en conexión directa a las barras de Tableros Generales.

Marcas aceptadas: Merlin Gerin, Siemens, ABB, General Electric, Cutler Hammer.

ANEXO C
ESQUEMA UNIFILAR

SIMBOLOGIA

- TRANSFORMADOR DE PODER
- PROTECCION TERMOMAGNETICA
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- SISTEMA INTEGRADO DE MEDIDA
- BANCO DE CONDENSADORES CON FILTRO DE RECHAZO DE ARMONICOS A 180Hz 250kVAR - MINIMO 8 PASOS
- GRUPO GENERADOR 400kVA PRIME
- RELE DE ASIMETRIA Y ALTO/BAJO VOLTAJE
- SUPRESOR DE TRANSITORIOS
- FUSIBLE
- LAMPARA PILOTO TIPO LED



- TDA-1N TABLERO DE ALUMBRADO SALON DE VENTAS LAMPARAS CON BALASTROS ELECTRONICOS
- TDA-2N TABLERO DE ALUMBRADO EXTERIOR NORMAL LAMPARAS CON BALASTROS ELECTRONICOS
- TDF-3N TABLERO ARRANQUES CALDERAS ARRANQUES DIRECTOS
- TDF-4N TABLERO CLIMATIZACION MOTORES DE AIRE ACOND.
- TDF-5N TABLEROS DE VENTILACION MOTORES DE EXTRACTORES
- TDF-6N TABLERO ARRANQUES AUXILIARES ARRANQUES DIRECTOS
- DISPONIBLE
- DISPONIBLE
- DISPONIBLE
- BANCO CONDENSADORES 250KVAR
- TG-ED1 TABLERO DE ALUMBRADO SALON DE VENTAS CONTROL MANDO DISTANCIA
- TG-ED2 TABLERO DE ALUMBRADO EXTERIOR CONTROL MANDO DISTANCIA
- TDF-3E TABLERO ARRANQUES CALDERAS ARRANQUES DIRECTOS
- TDF-4E TABLERO TOMACORRIENTES TRASTIENDA MAQUINA DE HIELO, CORTADORA
- TDF-5E TABLERO GENERAL SISTEMAS (SERVIDORES-UPS)
- TDF-6E TABLERO ARRANQUES EQUIPOS AUXILIARES HORNOS-POLLERIA, SECAMANOS
- TDF-7E TABLERO TOMACORRIENTES SALA DE TIENDA CAJA REGISTRADORA
- TDF-8E TABLERO AUXILIAR LINEA DE CAJAS
- TDF-9E TABLERO LOCALES COMERCIALES COMPUTADORAS ELECTRODOMESTICOS
- TDF-SB TABLERO SALA DE BOMBAS - TDF-SB AGUA POTABLE-SUMIDERO
- TDF-11E TABLERO FRIO ALIMENTARIO MOTORES DE COMPRESORES
- DISPONIBLE
- DISPONIBLE
- DISPONIBLE

VERSION	FECHA	APROBACION	PROPIETARIO
02	07/01/2011	APRO	

ESPECIALIDAD ELECTRICIDAD

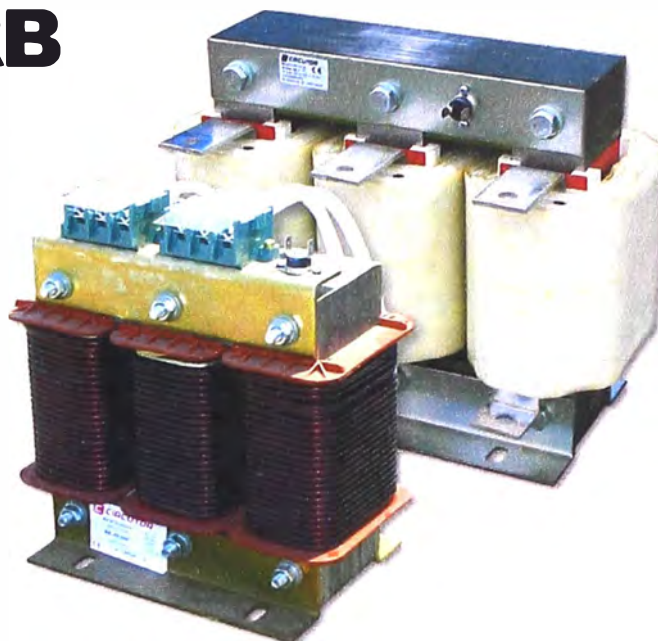
U.N.I.

PLANO ESQUEMA UNIFILAR		
FIRMA	FECHA	
FIRMA	FECHA	
PROYECTO WONG TOMAS MARSANO		
PROPIETARIO: FACULTAD F.I.E.E. UNIV. NAC. DE INGENIERIA		
ESCALA INDICADA	DIBUJO A. ARENAS	REVISION 07/01/2011
PLANO N°	REVISION	
	01	
XREF		
ARCHIVO CAD:	CAD	

ANEXO D
CATÁLOGO DE REACTANCIAS

Reactancias R / RB

Reactancias III para filtros de rechazo



Descripción

CIRCUTOR dispone de una gama estándar de reactancias de rechazo $p = 7\%$, con una frecuencia de resonancia de 189 Hz para redes de 50 Hz (o bajo demanda 227 Hz para redes de 60 Hz). Este es el valor más frecuente de sintonía para evitar cualquier resonancia al armónico 5º y superiores. El conjunto condensador-reactancia absorbe parte de la corriente de 5º armónico y actúa como un filtro de rechazo para las frecuencias superiores. En algunas instalaciones se requieren otros valores de $p\%$, como por ejemplo 5,6% (210 Hz), 6% (204 Hz), 14% (134 Hz), etc.

CIRCUTOR puede construir bajo demanda reactancias adaptadas a cualquier valor de potencia, $p\%$, tensión y frecuencia.

Las reactancias para baja potencia, tipo R, están construidas con chapa de bajas pérdidas y bobinadas con conductor de cobre. La conexión se realiza mediante bornes adecuados. Para potencias superiores se emplean las reactancias RB con núcleo de chapa magnética con entrehierros múltiples, lo cual le confiere unas excelentes características y muy bajas pérdidas. Los bobinados son con banda de aluminio (o banda de cobre, bajo demanda) y las conexiones de entrada y salida se realizan mediante pletina.

Tanto las reactancias tipo R como las RB llevan una impregnación al vacío de barniz para aumentar el aislamiento, darle mayor consistencia mecánica y reducir el ruido.

Características

Características

Tensión	400 V Bajo demanda: hasta 1 000 V
Frecuencia de red	50 Hz Bajo demanda: 60 Hz
Potencia	Según tabla Bajo demanda otros valores
Valor de $p\%$	7% (189 Hz) Bajo demanda otros valores
Tipo de conductor	R: hilo de cobre RB: banda de aluminio
Tolerancia L	$\pm 5\%$
Linealidad (5% L)	$1,8 I_n$
Tensión de aislamiento	4 kV
Temperatura del ambiente máxima	-10 ... +45 °C
Aislamiento interno	Clase F (155 °C) Bajo demanda: clase H (180 °C)
Sobrecarga máxima	
Permanente	$1,17 I_n$
Transitoria (1 min)	$2 I_n$
Seguridad	
Termostato de protección	Apertura a 90 °C
Grado de protección	IP 00
Instalación	Interior
Normas	
UNE-EN 60289, IEC 60076	

Aplicación

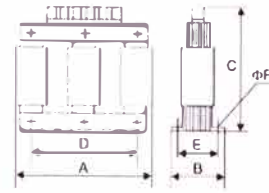
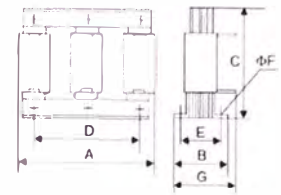
Las reactancias de rechazo de la serie R / RB están indicadas para su uso en baterías en instalaciones con un alto contenido de armónicos. Las reactancias deben ser conectadas en serie con cada condensador para una protección adecuada de los condensa-

dores, y para evitar efectos de resonancia en la instalación.

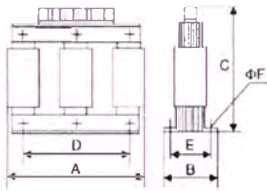
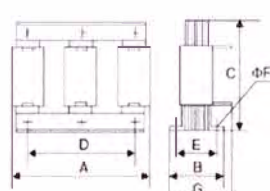
Reactancias R / RB

Reactancias III para filtros de rechazo

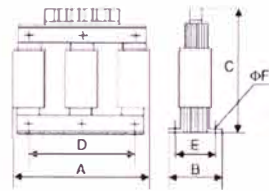
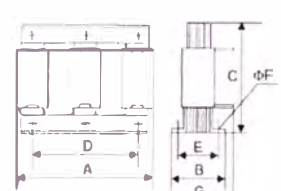
Dimensiones


RX - 7%

RBX - 7%


Tipo	a	b	c	d	e	f	g
RX-6,25-400	180	102	190	90	75	7	—
RX-12,5-400	180	112	192	90	85	7	—
RX-20-400	180	122	190	90	95	7	—
RX-25-400	180	137	196	90	110	7	—
RBX-40-400	292	124	231	160	110	9	175
RBX-50-400	292	144	232	160	110	9	175

R - 7%

RB - 7%


Tipo	a	b	c	d	e	f	g
R-5-400	155	112	165	75	85	7	—
R-10-400	180	102	190	90	75	7	—
R-15-400	180	112	190	90	85	7	—
RB-20-400	260	124	174	150	90	7	150
RB-25-400	260	124	174	150	90	7	150
RB-30-400	290	124	231	160	90	9	150
RB-40-400	293	124	231	160	90	9	150
RB-50-400	310	144	233	160	110	9	175
RB-60-400	305	146	260	160	110	11	180
RB-80-400	335	155	280	180	120	11	185
RB-100-400	338	170	300	180	135	11	215
RB-120-400	355	170	350	200	135	13	220

R - 14%

RBC - 14%


Tipo	a	b	c	d	e	f	g
R-5-400-14%	180	102	197	90	75	7	-
R-10-400-14%	180	122	197	90	95	7	-
R-12,5-400-14%	180	137	197	90	110	7	-
R-15-400-14%	250	122	250	130	90	9	-
R-20-400-14%	250	132	250	130	100	9	-
R-25-400-14%	250	147	256	130	115	9	-
RBC-30-400-14%	285	154	233	160	120	9	181
RBC-40-400-14%	290	159	233	160	125	9	184
RBC-50-400-14%	307	164	233	180	130	9	194
RBC-60-400-14%	335	196	280	280	150	11	197

Referencias

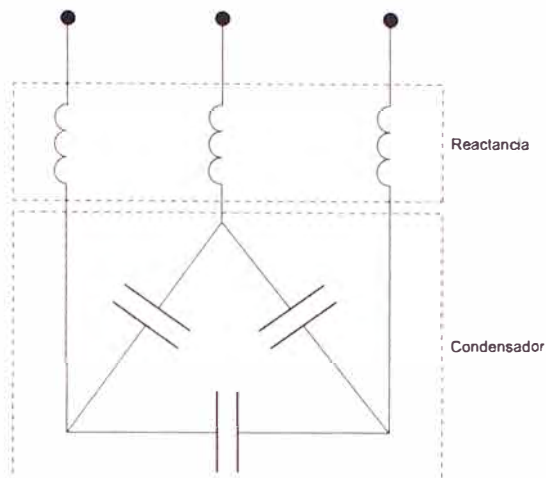
Reactancias III serie RX / RBX a 400 V c.a., 50 Hz, $\rho = 7\%$ (189 HZ)

Para condensador:	kvar	I_n (A)	L (mH)	Pérdidas	Peso (kg)	Tipo	Código
CF 46 / 7,5	6,25	9	6,12	36 W	8	RX-6,25-400	P7101F
CF 46 / 15	12,5	18	3,06	53 W	9,2	RX-12,5-400	P71013
CF 46 / 25	20	30	1,92	76 W	11,5	RX-20-400	P71015
CF 46 / 30	25	37	1,53	92 W	15	RX-25-400	P71016
CF 46 / 50	40	60	0,95	145 W	20	RBX-40-400	P71018
CF 46 / 63	50	75	0,76	187 W	26	RBX-50-400	P71019

Reactancias R / RB

Reactancias III para filtros de rechazo

Conexiones



Referencias

Reactancias III serie R / RB a 400 V c.a., 50 Hz, $\rho = 7\%$ (189 HZ)

Para condensador:	kvar	I_n (A)	L (mH)	Pérdidas	Peso (kg)	Tipo	Código
CF 46 / 6	5	7,5	7,66	25 W	6	R-5-400 / 6-460	P70110
CF 46 / 12,5	10	15	3,83	50 W	8	R-10-400 / 12,5-460	P70115
CF 46 / 19	15	22	2,55	57 W	9,5	R-15-400 / 19-460	P70117
CF 46 / 25	20	30	1,92	76 W	14	RB-20-400 / 25-460	P70125
CF 46 / 30	25	37	1,53	90 W	14	RB-25-400 / 30-460	P70130
CF 46 / 37	30	45	1,27	120 W	19	RB-30-400 / 37-460	P70135
CF 46 / 50	40	60	0,95	145 W	20	RB-40-400 / 50-460	P70140
CF 46 / 62	50	75	0,76	185 W	27	RB-50-400 / 62-460	P70145
CF 46 / 74	60	90	0,63	205 W	31	RB-60-400 / 74-460	P70150
CF 46 / 100	80	120	0,47	235 W	38	RB-80-400 / 100-460	P70155
CF 46 / 62 x 2	100	145	0,38	250 W	50	RB-100-400 / 120-460	P70160
CF 46 / 74 x 2	120	175	0,32	295 W	58	RB-120-400 / 148-460	P70165

Reactancias III serie R / RBC a 400 V c.a., 50 Hz, $\rho = 14\%$ (134 HZ)

Para condensador:	kvar	I_n (A)	L (mH)	Pérdidas	Peso (kg)	Tipo	Código
CF-50/7	5	7,5	16,31	31 W	9,5	R-5-400-14% / 7-500	P70110 00 003
CF-50/14	10	15	8,15	61 W	13	R-10-400-14% / 14-500	P70115 00 003
CF-50/17	12,5	18	6,52	65 W	16	R-12,5-400-14% / 17-500	P70117 00 003
CF-50/21	15	22	5,43	71 W	21,5	R-15-400-14% / 21-500	P70120 00 003
CF-50/27	20	30	4,07	110 W	25	R-20-400-14% / 27-500	P70125 00 003
CF-50/34	25	37	3,26	112 W	30,5	R-25-400-14% / 34-500	P70130 00 003
CF-50/41	30	45	2,71	146 W	35	RBC-30-400-14% / 41-500	P70135 00 003
CF-50/55	40	60	2,03	181 W	41	RBC-40-400-14% / 55-500	P70140 00 003
CF-50/69	50	75	1,63	225 W	48	RBC-50-400-14% / 69-500	P70145 00 003

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EDELNOR, "Tarifa para la venta de energía eléctrica". 3 de noviembre de 2011
"http://www.edelnor.com.pe/Edelnor/ContenidoFileServer/Pliegos%20Edelnor%20041111%20para%20la%20venta.WEB_20111103065239397.pdf"
- [2] SICA News, "Distorsión armónica".
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica90.html>
- [3] Resoluciones 465/96 y 99/97 del ENRE, Argentina
<http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/5D4DE5955C4446E00325694A00638422/DD8E99DFD8B64CC98625644C005D3A1E?Open>
- [4] Centro Comercial Wong Tomas Marsano, se abre nuevo supermercado
http://economia.terra.com.pe/noticias/noticia.aspx?idNoticia=201012142236_TRP_79436263
- [5] Factor de potencia <http://www.cydesa.com/download/pdf/convivir.pdf>
- [6] Resonancia <http://www.fervisa.com/pdfs/FACT.%20POTENCIAPDF.pdf>
- [7] Tableros-eléctricos , norma lámpara roja <http://es.scribd.com/doc/16155171/>
- [8] Corriente nominal http://www.electhomsa.com.ar/imgsarticulos/20081012040438PM_Art_%20Tec_%20Contactores%20BKF%2019-12-07.pdf
- [9] Condensadores http://www.sapemi.com.do/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=20
- [10] Reactancias <http://www.construnario.com/ebooks/564/productos/@@@protecci%C3%B3n%20y%20control%20industrial/p.7%20reactancias%20de%20filtrado/files/p.7%20reactancias%20de%20filtrado.pdf>