

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ESTUDIO DE LA COMPENSACION DE LA ENERGIA
REACTIVA EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE LA PAPELERA
NACIONAL S.A.”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

ALEX PAQUIRACHIN BERRIO

PROMOCION 1999-II

LIMA-PERU

2006

**A MI MADRE AURELIA,
A MI ESPOSA MIRNA Y
MI HIJA ASTRID YAMILE**

TABLA DE CONTENIDO**TITULO: ESTUDIO DE LA COMPENSACION DE LA ENERGIA REACTIVA
EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE LA PAPELERA NACIONAL S.A.**

PROLOGO	1
CAPITULO 1. INTRODUCCION	3
1.1 Generalidades	3
1.2 Objetivos	6
1.3 Alcances	6
1.4 Descripcion de las instalaciones electricas	7
CAPITULO 2. MARCO TEORICO	8
2.1 Generalidades	8
2.2 Cargas tipicas en la industria	10
2.3 Flujo de potencias en una instalacion	11
2.4 Conceptos basicos de potencia	12
2.4.1 Tipos de potencia	12
2.4.2 Factor de potencia	16
2.4.2.1 Causas del bajo factor de potencia	19

2.4.2.2	Consecuencias del bajo factor de potencia	19
2.4.2.3	Problemas que ocasiona el bajo factor de potencia de los usuarios a las empresas suministradoras	20
2.5	Correccion del bajo factor de potencia	20
2.5.1	Tipos de compensación reactiva	21
2.5.1.1	Compensación individual	22
2.5.1.2	Compensación en grupo	24
2.5.1.3	Compensación central.....	25
2.5.1.3	Compensación Mixta.....	26
2.5.2	Compensación fija o automatica de la potencia reactiva ..	26
2.5.2.1	Compensación fija de la energia reactiva	27
2.5.2.2	Compensación automatica de la energia reactiva .	27
2.5.3	Beneficios por corregir el factor de potencia	30
2.6	Calidad de la energia electrica.....	32
2.6.1	Introducción	32
2.6.2	Perspectivas de la calidad de energía.....	34
2.6.3	Terminologia para la descripción de disturbios	36
2.6.4	Perturbaciones contempladas en la Norma Tecnica Peruana.....	39
2.7	Armonicas en los sistemas eléctricos	41

2.7.1 Descripción de Armonicas	41
2.7.2 Influencia de las armonicas en los condensadores	43
2.7.3 Definiciones y estandares	44
2.7.4 Valores de distorsión.....	45
2.7.5 Generación de las armonicas.....	47
2.7.6 Efectos de las armonicas	49
2.8 Condiciones de Resonancia	50
2.8.1 Resonancia Paralelo.....	51
2.8.2 Resonancia Serie.....	52
2.9 Eliminación de las armonicas.....	55
2.9.1 Reducir la aportación de corrientes armonicas	55
2.9.2 Utilizando filtros sintonizados	56
2.9.3 Modificación de la respuesta a la frecuencia.....	56
2.9.4 Filtros Activos	56
2.9.5 Filtros Pasivos.....	57
CAPITULO 3. CALCULOS JUSTIFICATIVOS.....	59
3.1 Factores de Calculo.....	59
3.2 Determinación de la potencia reactiva capacitiva.....	60
3.2.1 Compensación individual	60
3.2.1.1 Motores de inducción	60

3.2.1.2 Transformadores de potencia.....	61
3.2.2 Compensación Central.....	64
3.2.3 Verificación de potencia de condensador por resonancia de tensión	66
3.3 Estadísticas de consumo de energía eléctrica	68
3.4 Instrumentación utilizada en las mediciones	69
3.4.1 Periodo y cronograma de mediciones	70
3.4.2 Resultados de las mediciones.....	70
3.5 Calidad de energía	74
3.5.1 Tablero 1-220V (Planta de cuadernos)	74
3.5.2 Tablero 2-220V (con menor carga)	77
3.6 Dimensionamiento de Banco de Capacitores	79
CAPITULO 4. ESPECIFICACIONES TECNICAS	84
4.1 Condensadores	84
4.2 Protecciones de los condensadores	89
4.3 Contactor	91
4.4 Regulador automatico de potencia reactiva	94
4.5 Tablero metalico autosoportado.....	102
4.6 Conductores eléctricos	103
4.7 Transformadores de intensidad	103

CAPITULO 5. METRADO BASE Y PRESUPUESTO, CRONOGRAMA Y BENEFICIOS ECONOMICOS	104
5.1 Metrado base y presupuesto.....	105
5.2 Cronograma.....	106
5.3 Beneficios económicos	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFIA.....	110
ANEXOS	111

PROLOGO

El presente informe ha sido elaborado en cumplimiento con la Modalidad de Titulación Profesional por Actualización de Conocimientos.

El objetivo principal se orienta a la compensación reactiva para la Planta de la Papelera Nacional S.A. , a través de un Banco Automático de Condensadores; realizando un previo estudio de las perturbaciones eléctricas existentes en la red, teniendo como base la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos.

En el Primer Capitulo se detallan las generalidades de la empresa y su estado actual, así como los objetivos que se busca en el informe y sus restricciones.

En el Segundo Capitulo se describe los conceptos teóricos referentes al tema, como son los conceptos de potencia, factor de potencia, compensación reactiva, beneficios de realizar una compensación reactiva, una breve descripción de lo que es calidad de energía y la descripción de lo que son los armónicos y como influyen en el diseño del Banco de Condensadores.

En el Tercer Capitulo se enumeran y explican las diferentes formas de cómo diseñar un Banco de Condensadores y se detalla el método elegido, además de los cálculos para calcular la capacidad del banco de condensadores. Además se realiza el estudio sobre calidad de energía en lo que se refiere a perturbaciones eléctricas, tomando como referencia la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos.

En el Cuarto Capitulo se describen las características técnicas de los componentes del Banco de Condensadores, tales como son el gabinete metálico, interruptores termo magnéticos, condensadores y demás componentes que conforman este sistema.

En el Capitulo Quinto se detalla el metrado y presupuesto base para la implementación del banco, del mismo modo el cronograma de fabricación e instalación del mismo. Además de un alcance de la ventaja económica que se obtiene al realizar la implementación del Banco de condensadores.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a la jefatura de Mantenimiento Eléctrico de la Planta Industrial de la Papelera Nacional S.A. por brindarme las facilidades y apoyo necesarios para la realización de este informe.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

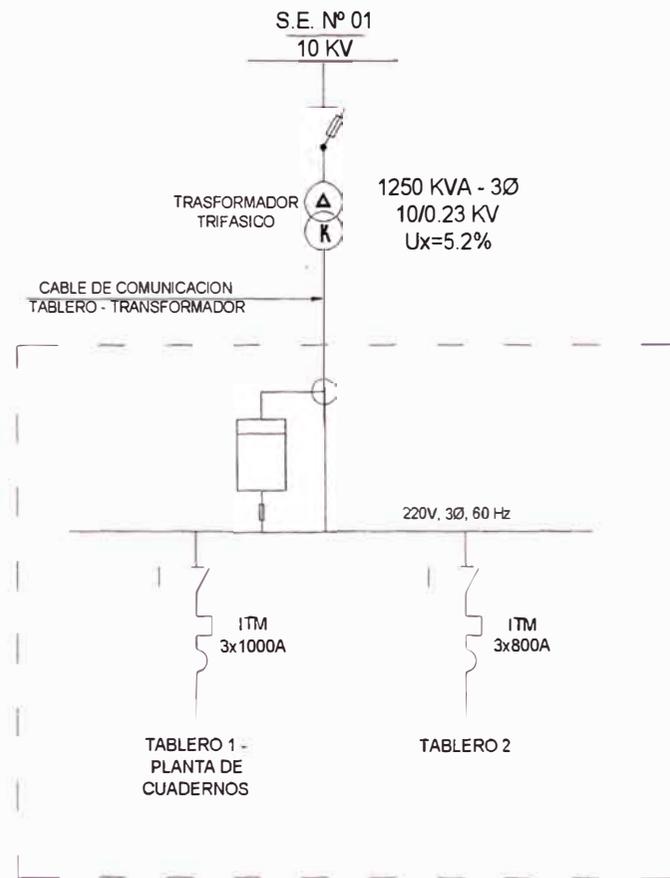
1.1 Generalidades

La Planta Industrial de la Papelera Nacional S.A. ubicada en el Callao, esta orientada a la fabricación de papeles y productos afines. Cuenta con una subestación eléctrica, la cual esta compuesta por una celda de llegada de 10KV, una celda de transformación de 10 / 0.22 KV, con potencia nominal de 1250KVA, y tensión porcentual de cortocircuito $U_x=5.2\%$. Dentro de esta subestación se encuentra también los tableros generales de distribución, de los cuales parten los alimentadores eléctricos hacia las cargas que conforman la planta, esto se realiza a través de sistemas de canaletas metálicas y tuberías conduit. El esquema N° 01 muestra la distribución eléctrica de la planta.

La Planta industrial posee un elevado consumo de energía reactiva, que se refleja en una baja eficiencia en la operación del sistema eléctrico y un costo elevado en la facturación por el suministro eléctrico.

Esta situación origina la necesidad de disminuir los costos, a través de la compensación de la energía reactiva. Realizando un análisis de las características de la planta industrial y sobre la base de la medición de parámetros eléctricos utilizando el analizador de redes de la marca CIRCUTOR AR5, de cuya base de datos se analizarán el comportamiento eléctrico de la planta industrial; y sobre todo obtener los parámetros para el cálculo y selección adecuados para el sistema de compensación reactiva.

De manera similar los datos del analizador de redes, nos indican, previo análisis si el sistema eléctrico trabaja dentro de los límites permisibles de perturbaciones eléctricas (armónicos). El resultado de estos análisis nos dará una referencia sobre el buen desempeño del sistema eléctrico; además nos permitirá predecir el impacto que causara la instalación de nuestro banco de condensadores para la compensación reactiva, esta premisa a su vez indicara si es necesaria la protección de nuestro banco de condensadores frente a las perturbaciones eléctricas que estén presentes en la planta industrial.



Esquema Nº01 : Diagrama unifilar de la Planta Industrial de la Papelera Nacional S.A.

1.2 Objetivos

Implementar un Banco Automático de Condensadores, tomando en cuenta y analizando las perturbaciones eléctricas presentes en el sistema eléctrico de la Planta Industrial Papelera Nacional S.A. Con lo cual se lograra una reducción de los costos por consumo de energía reactiva, mejorando la eficiencia en el sistema eléctrico instalado, disminuyendo pérdidas y aumentando la disponibilidad de potencia del transformador de potencia.

1.3 Alcance

La compensación reactiva automática se realiza para la planta industrial de la Papelera Nacional S.A. ubicada en la Av. Victor A. Belaunde No 810 – Carmen de la Legua en el Callao. Determinando la potencia reactiva necesaria para cubrir las necesidades de la planta y realizando el análisis de las perturbaciones eléctricas existentes en el sistema y el impacto que estas perturbaciones pueden generar al realizar la instalación del Banco Automático de Condensadores y viceversa.

1.4 Descripción de las Instalaciones Eléctricas

Cuenta con 01 suministro de energía eléctrica, el cual está a cargo de la empresa concesionaria de distribución eléctrica EDELNOR, la tensión de suministro es de 10 kV - 3Ø Media Tensión y cuenta con las siguientes características:

Numero de suministro	0487219.
Tipo de Tarifa	MT4.
Potencia Conectada	600.00 Kw.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Generalidades

Todos los aparatos eléctricos que suministran energía ya sea en forma de luz, calor, sonido, rotación, movimiento, etc. Consumen una cantidad de energía eléctrica equivalente a la entregada directamente de la fuente de electricidad a la cual están conectados.

Esta energía consumida se denomina Activa, la cual se registra en los medidores y es facturada al consumidor por las respectivas empresas de suministro eléctrico. Algunos aparatos, debido a su principio de funcionamiento, toman de la fuente de electricidad una cantidad de energía mayor a la que registra el medidor: una parte de esta energía es la ya mencionada energía Activa, y la parte restante no es en realidad consumida sino entretenida entre el aparato y la red de electricidad. Esta energía entretenida se denomina Reactiva y no es registrada por los medidores del grupo tarifario al cual pertenecen los consorcios. La energía total (formada por la Activa y la Reactiva) que es tomada de la red eléctrica se denomina Aparente y es la que finalmente debe ser transportada hasta el punto de consumo.

La energía que toman los aparatos de la fuente es de una corriente alterna que tiene que ser convertida a corriente continua, esta conversión provoca un desfase de la corriente y que pierda su forma senoidal originando un factor de potencia bajo.

El hecho de transportar una energía mayor a la que realmente se consume, impone la necesidad de que los conductores, transformadores y demás dispositivos que participan en el suministro de esta energía sean más robustos, por lo tanto se eleva el costo del sistema de distribución.

Además, el efecto resultante de una enorme cantidad de usuarios en esta condición, provoca que disminuya en gran medida la calidad del servicio de electricidad (altibajos de tensión, cortes de electricidad, etc.). Por estos motivos, las compañías de distribución, toman medidas que tienden a compensar económicamente a esta situación (penalizando o facturando la utilización de energía Reactiva) o bien a regularizarla (induciendo a los usuarios a que corrijan sus instalaciones y generen un mínimo de energía Reactiva).

2.2 Cargas Típicas en la Industria

En la industria se presentan diferentes tipos de cargas, como son resistivas, inductivas; lineales o no lineales. Es este el motivo por lo cual el comportamiento de la red puede distorsionarse ocasionando problemas, por pérdidas, envejecimiento prematuro de cables o equipos , etc.

A continuación se detallan algunos tipos de cargas que se presentan comúnmente en la industria.

Cargas típicas en la industria y comercio

- Transformadores.
- Motores de inducción.
- Reguladores.
- Aires acondicionados.
- Equipo electrónico.
- Soldadoras.
- Hornos de inducción.
- Balastos.
- Alumbrado fluorescente.
- Variadores de velocidad.

2.3 Flujo de Potencias en una Instalación

Indirectamente la potencia útil que se puede disponer en una instalación aumenta conforme se mejora el $\cos\phi$ de la instalación.

La potencia instantánea de una instalación se compone de dos sumandos: la potencia oscilante a una frecuencia doble de la fundamental, y la potencia media ($P_m = \sqrt{3} VI \cos\phi$) que realmente nos determina la potencia útil o activa de la instalación y que es un valor constante. En la fig. 1a y 1b se puede observar como cuanto mejor es el $\cos\phi$ de una instalación (más próximo a 1) la potencia media de la instalación en kW es mayor.

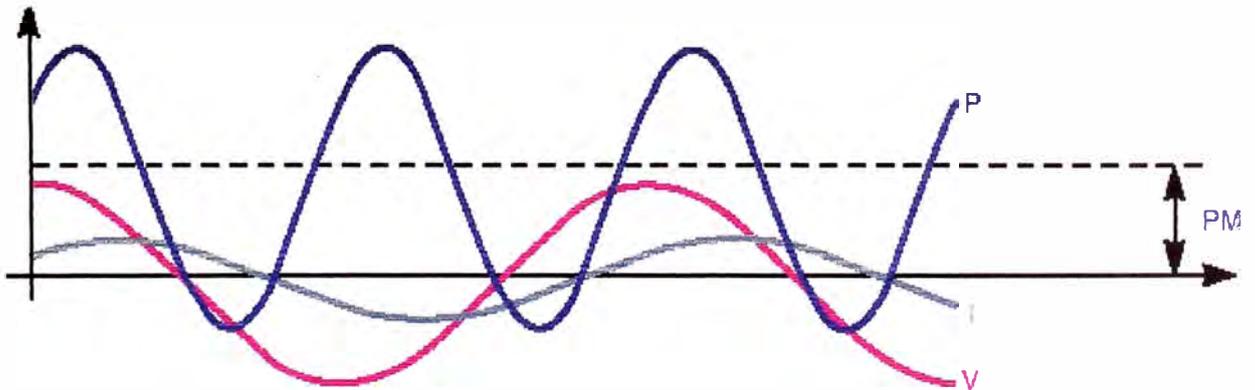


Fig. 1a: flujo de potencias en una instalación con $\cos\phi=0.78$

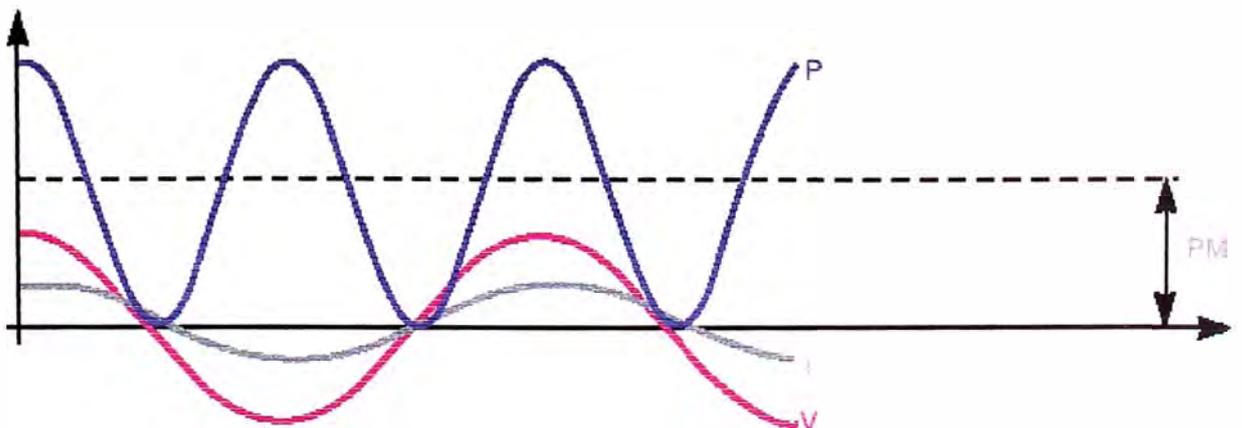


Fig. 1b: flujo de potencias en una instalación con $\cos\phi=0.98$

2.4 Conceptos Básicos de Potencia

2.4.1 Tipos De Potencia

➤ **Potencia activa (P):**

Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se deriva de la potencia activa que es entregada por el transformador de potencia. La potencia por consiguiente es la que se transforma íntegramente en trabajo útil.

Esta energía se mide en kWh y se denomina energía activa.

Los receptores que absorben únicamente este tipo de energía se denominan resistivos.

• **Características de la Potencia Activa:**

- Es la potencia capaz de desarrollar trabajo útil.
- Es motivada también por dispositivos de tipo resistivo.
- La origina la componente de la corriente que está en fase con el voltaje.

Sus unidades son WATTS.

Se calcula como:

$$P = \sqrt{3}xVxIx \cos (\varphi)$$

Donde

P = potencia activa (watts)

V = voltaje nominal (voltios)

I = intensidad de corriente (Amperios)

➤ **Potencia reactiva (Q)**

Además de utilizar potencia activa para producir un trabajo, los motores, transformadores y demás equipos similares requieren un suministro de potencia reactiva para generar el campo magnético necesario para su funcionamiento.

La potencia reactiva no produce por si misma ningún trabajo; se simboliza con la letra Q y sus unidades son los volts-ampers reactivos (VAR).

• **Características de la Potencia Reactiva:**

- Genera campos magnéticos y campos eléctricos.
- Es originada por dispositivos de tipo inductivo y de tipo capacitivo.
- La origina la componente de la corriente que está a 90° con el voltaje, en adelante o en atraso.

Sus unidades son VAR.

Se calcula como:

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin(\phi)$$

Donde :

Q = potencia reactiva (var)

V = voltaje nominal (voltios)

I = intensidad de corriente (Amperios)

Este tipo de cargas (denominadas inductivas) absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos.

Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente (fig.2), provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

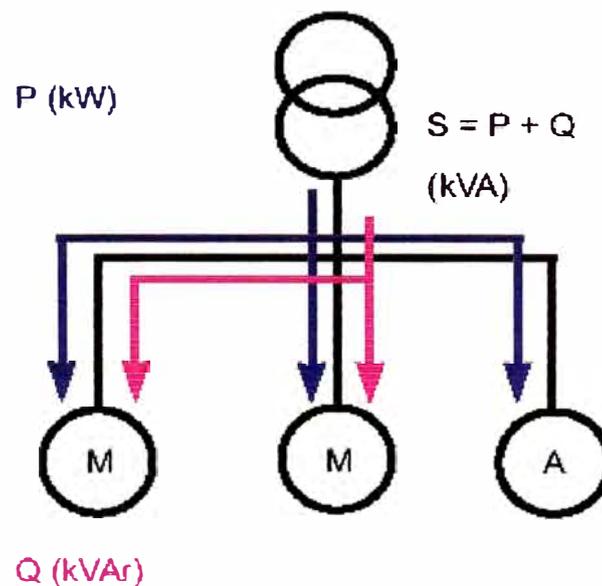


Fig. 2: el consumo de energía reactiva se establece entre los receptores inductivos y la fuente.

➤ **Potencia aparente (S)**

La potencia total o aparente es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o bien, el producto de la corriente y el voltaje; su símbolo es S y sus unidades se expresan en volts-ampers (VA).

• **Características de la Potencia Aparente :**

- Es la potencia total que requiere la carga.
- Es la potencia total que pueden entregar generadores, transformadores y UPS.
- Se obtiene por medio de la suma vectorial de la potencia activa y la reactiva.
- Con esta potencia los equipos eléctricos alcanzan su calentamiento máximo permisible.
- Sus unidades son los VA.
- Se calcula como:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

Donde :

S = potencia aparente (va)

V = voltaje nominal (voltios)

I = intensidad de corriente (Amperios)

Relación entre Tipos de Potencias

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

2.4.2 Factor De Potencia (FP)

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en watts, W), y la potencia aparente (en volts-ampers, VA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

El Factor de Potencia (FP) está definido por la siguiente ecuación:

$$FP = \frac{P}{S}$$

El factor de potencia expresa en términos generales, el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía.

La conexión de cargas inductivas en una instalación provoca el desfase entre la onda de intensidad y la tensión.

El ángulo ϕ mide este desfase e indica la relación entre la intensidad reactiva (inductiva) de una instalación y la intensidad activa de la misma.

Esta misma relación se establece entre las potencias o energías activa y reactiva.

El factor de potencia ($\cos\phi$) indicará por tanto la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de la instalación (los kVA que se pueden consumir como máximo en la misma).

Por esta razón el $\cos\phi$ indicará el "rendimiento eléctrico" de una instalación (fig. 3).

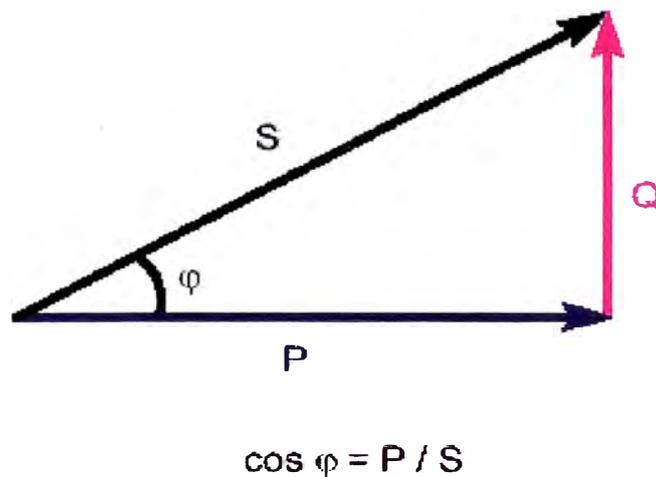


Fig. 3 : el $\cos\phi$ como representación del rendimiento eléctrico de una instalación.

- **Características del Factor de potencia**

- Es la relación de la potencia activa P con la potencia aparente S .
- Es la proporción de potencia que se transforma en trabajo útil (P) de la potencia total (S) requerida por la carga.
- Bajo condiciones de voltajes y corrientes senoidales el factor de potencia es:

$$fp = \cos(\varphi)$$

- Los resistores tienen factor de potencia unitario.

$$fp_R = 1$$

- Los inductores tienen factor de potencia cero.

$$fp_L = 0$$

- Los capacitores tienen factor de potencia cero.

$$fp_C = 0$$

- Las cargas de tipo resistivo – inductivo tienen un factor de potencia entre cero y uno.

$$0 < fp_{RL} < 1$$

- El factor de potencia de las cargas de tipo resistivo – inductivo está en atraso y se denomina de tipo inductivo.

- El factor de potencia de las cargas de tipo resistivo capacitivo está en adelanto y se denomina de tipo capacitivo.

2.4.2.1 Causas del bajo factor de potencia

Las cargas inductivas como motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

2.4.2.2 Consecuencias del bajo factor de potencia

Las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1.0, afectan a la red eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión, además, tiene las siguientes consecuencias en la medida que el factor de potencia disminuye:

◆ **Incremento de las pérdidas por efecto joule**

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión I^2R donde I es la corriente total y R es la resistencia eléctrica de los equipos (bobinados de generadores y transformadores, conductores de los circuitos de distribución, etc.).

Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

Calentamiento de cables

Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución.

Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección.

2.4.2.3 Problemas que ocasiona el bajo factor de potencia de los usuarios a las suministradoras

- Mayor consumo de corriente de los usuarios.
- Instalaciones utilizadas a una fracción de su capacidad.
- Mayores pérdidas eléctricas y caídas de tensión en alimentadores.
- Necesidad de invertir en instalaciones adicionales para satisfacer los aumentos de carga.

2.5 Corrección del Factor de Potencia

La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad. Para lograr esto, es necesario distribuir las unidades capacitivas, dependiendo de su utilización, en el lado del usuario del medidor de potencia. Existen varios métodos para corregir o mejorar el factor de potencia, entre los que destacan la instalación de capacitores eléctricos o bien, la aplicación de motores sincrónicos que finalmente actúan como capacitores.

2.5.1 Tipos De Compensaciones Reactivas Para Corregir El

Factor De Potencia.

Podemos mencionar los siguientes tipos de compensación:

Compensación individual

Compensación por grupo de cargas

Compensación centralizada

Compensación Mixta

Los capacitores eléctricos o bancos de capacitores, pueden ser instalados en varios puntos en la red de distribución en una planta, y pueden distinguirse cuatro tipos principales de instalación de capacitores para compensar la potencia reactiva.

Cada una de las instalaciones observadas en la figura 4 corresponden a una aplicación específica, no obstante, es importante mencionar que antes de instalar capacitores eléctricos, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: tipos de cargas eléctricas, variación y distribución de las mismas, factor de carga, disposición y longitud de los circuitos, tensión de las líneas de distribución, entre otros.

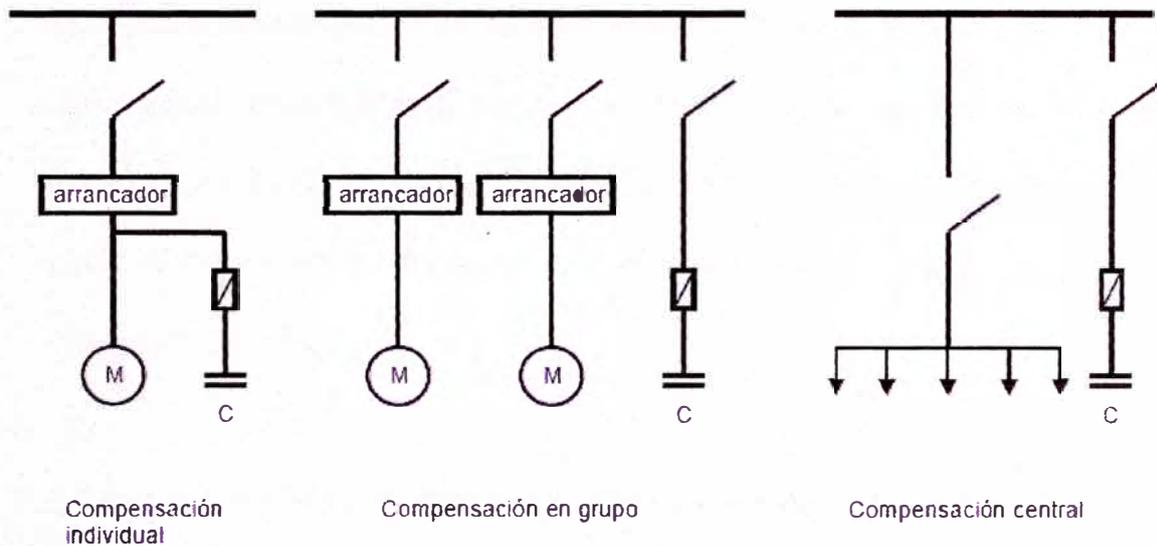


Fig. 4: Tipos de instalaciones de capacitores para corregir el factor de potencia

2.5.1.1 Compensación individual

La compensación individual se refiere a que cada consumidor de carga inductiva se le asigna un capacitor que suministre potencia reactiva para su compensación. La compensación individual es empleada principalmente en equipos que tienen una operación continua y cuyo consumo de la carga inductiva es representativo. A continuación se describen dos métodos de compensación individual:

A. Compensación individual en motores eléctricos

El método de compensación individual es el tipo de compensación más efectivo ya que el capacitor se instala en cada una de las cargas inductivas a corregir, de manera que la potencia reactiva circule únicamente por los conductores cortos entre el motor y el capacitor.

La compensación individual presenta las siguientes ventajas:

Los capacitores son instalados cerca de la carga inductiva, la potencia reactiva es confinada al segmento más pequeño posible de la red. El arrancador para el motor puede también servir como un interruptor para el capacitor eliminando así el costo de un dispositivo de control del capacitor solo.

El uso de un arrancador proporciona control semiautomático para los capacitores, por lo que no son necesarios controles complementarios.

Los capacitores son puestos en servicio sólo cuando el motor está trabajando.

Todas las líneas quedan descargadas de la potencia reactiva.

No obstante, este método presenta las siguientes desventajas:

El costo de varios capacitores por separado es mayor que el de un capacitor individual de valor equivalente.

Existe sub-utilización para aquellos capacitores que no son usados con frecuencia.

Es importante mencionar que para no incurrir en una sobre compensación en la carga inductiva que provoque alteraciones en el voltaje que puedan dañar la instalación eléctrica, la potencia del banco de capacitores deberá limitarse al 90% de la potencia reactiva del motor en vacío.

B. Compensación individual en transformadores de distribución

Otro método para corregir el factor de potencia es compensar la potencia reactiva en los transformadores de distribución. La potencia total del banco de capacitores se calcula para compensar la potencia reactiva absorbida por el transformador en vacío, que es del orden del 5 al 10% de la potencia nominal.

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas, con el fin de evitar fenómenos de resonancia y sobre tensión en vacío, la potencia total del banco de capacitores no debe exceder el 10% de la potencia nominal (en VA) del transformador.

2.5.1.2 Compensación en grupo

Es aconsejable compensar la potencia inductiva de un grupo de cargas, cuando éstas se conectan simultáneamente y demandan potencia reactiva constante, o bien cuando se tienen diversos grupos de cargas situados en puntos distintos.

La compensación en grupo presenta las siguientes ventajas:

Se conforman grupos de cargas de diferente potencia pero con un tiempo de operación similar, para que la compensación se realice por medio de un banco de capacitores como con su propio interruptor.

Los bancos de capacitores pueden ser instalados en el centro de control de motores. El banco de capacitores se utiliza únicamente cuando las cargas están en uso.

Se reducen costos de inversión para la adquisición de bancos de capacitores.

Es posible descargar de potencia reactiva las diferentes líneas de distribución de energía eléctrica.

En las líneas de alimentación principal se presenta la desventaja de que la sobrecarga de potencia reactiva no se reduce, es decir, que seguirá circulando energía reactiva entre el centro de control de motores y los motores.

2.5.1.3 Compensación central

Este tipo de compensación ofrece una solución generalizada para corregir el de potencia ya que la potencia total del banco de capacitores se instala en la acometida, cerca de los tableros de

distribución de energía, los cuales, suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación.

La potencia total del banco de capacitores se divide en varios bloques que están conectados a un regulador automático de energía reactiva, que conecta y desconecta los bloques que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho regulador.

2.5.1.4 Compensación mixta

Este tipo de compensación se realiza para instalaciones muy especiales en las cuales pueda coexistir la compensación individual como la central o grupal.

2.5.2 Compensación Fija o Automática de la Energía Reactiva.

Para determinar el tipo de compensación reactiva que se utilizara, además de los tipos de compensaciones reactivas mencionadas anteriormente, se debe tener en cuenta también que la compensación puede ser fija o automática.

2.5.2.1 Compensación fija de la energía reactiva

Es la compensación en la que suministramos a la instalación de manera constante, la misma potencia reactiva.

Debe utilizarse cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante. Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia nominal del transformador (S_n).

2.5.2.2 Compensación automática de la energía reactiva

Es la compensación en la que suministramos la potencia reactiva según las necesidades de la instalación.

Debe utilizarse cuando nos encontremos ante una instalación donde la demanda reactiva sea variable.

Es recomendable en las instalaciones donde la potencia reactiva a compensar supere el 15% de la potencia nominal del transformador (S_n).

Ventajas y desventajas de los tipos de compensaciones

• Compensación individual.

– Ventajas:

- Distribuida en las cargas que lo requieren.
- Liberación del sistema a partir del punto de conexión.
- Menor caída de tensión.

– Desventajas:

- Costo elevado.
- Menor factor de potencia de utilización.

- **Compensación por grupos**

– Ventajas:

- Más económico que el esquema individual.
- Requiere de menos unidades.
- Más sencillo de supervisar que el esquema individual.

– Desventajas:

- Menor liberación del sistema con respecto al esquema individual.

- **Compensación central (baja tensión).**

– Ventajas:

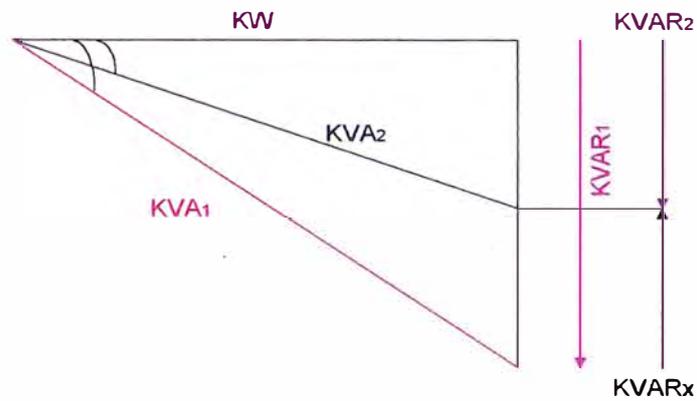
- Factor de potencia de utilización mayor.
- Supervisión fácil.
- Se pueden fabricar en configuraciones distintas.
- Mejor utilización de la capacidad de los bancos de capacitores.
- Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en sistema eléctrico.
- Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- Más económico que el esquema por grupos.

Desventajas:

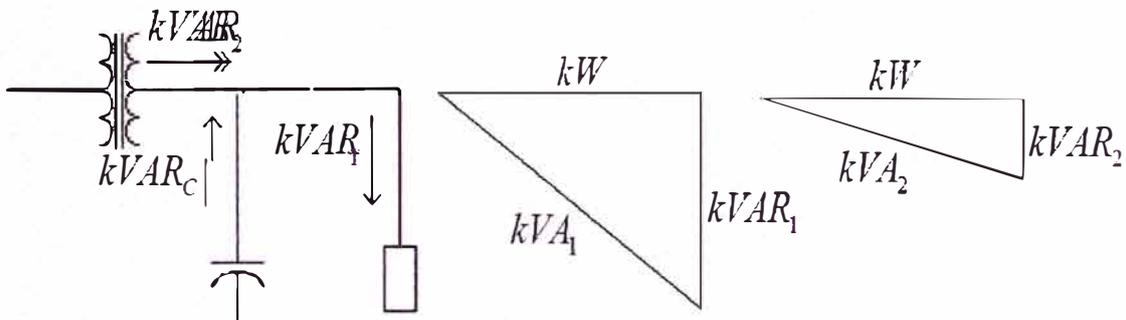
- Son muy sensibles a las armónicas presentes en la red.

- Elevación de voltaje en el sistema al disminuir la potencia reactiva.
- Las líneas de distribución no son descargadas de la potencia reactiva.
- **Compensación central (alta tensión).**
 - Ventajas:
 - Factor de potencia de utilización mayor.
 - Supervisión fácil.
 - Mejor tensión en la instalación en general.
 - Más económico que el esquema central en baja tensión.
 - Desventajas:
 - Elevación de voltaje en el sistema al disminuir la potencia reactiva.
 - Potencia reactiva en el sistema de BT incluyendo el transformador principal.

2.5.3 Beneficios por Corregir el Factor de Potencia



- Liberación de potencia en el transformador y en la instalación.



$$kVA_L = kVA_1 - kVA_2 = kW \times \left(\frac{1}{fp_1} - \frac{1}{fp_2} \right)$$

Cosφ inicial	Aumento de potencia disponible
1	0.0%
0.98	+2.0%
0.95	+5.2%
0.90	+11.1%
0.85	+17.6%
0.80	+25.0%
0.70	+42.8%
0.65	+53.8%
0.50	+100.0%

Tabla N° 01 : La tabla representa el aumento de potencia activa de un transformador corrigiendo hasta cosφ=1

- Reducción de pérdidas en alimentadores.

$$P_1 = I_1^2 R$$

$$P_2 = I_2^2 R$$

$$\text{reducción de pérdidas} = P_1 - P_2$$

- Reducción de corriente en alimentadores.

$$I_1 = \frac{kW}{\sqrt{3} \times kV_L \times fp_1}$$

$$I_2 = \frac{kW}{\sqrt{3} \times kV_L \times fp_2}$$

$$\text{reducción de corriente} = I_1 - I_2$$

Cosφ	Factor multiplicador de la sección del cable
1	1
0.80	1.25
0.60	1.67
0.40	2.50

Tabla N° 02 : Coeficiente multiplicador de la sección del conductor en función del cosφ de la instalación.

- Reducción de la caída de tensión.

$$V_1 = I_1 R$$

$$V_2 = I_2 R$$

$$\text{reducción de caídas de tensión} = V_1 - V_2$$

2.6 Calidad de la Energía Eléctrica

2.6.1 Introducción

La definición de la calidad de la energía eléctrica es muy amplia. Pero se puede definir como la ausencia de interrupciones, sobre tensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de una atención continua. En años recientes, esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las cuales, por si solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Debido a la importancia que representa la energía eléctrica en nuestra vida, la cual es usada en la iluminación, en la operación de diversos equipos, video, aire acondicionado y sistemas de cómputo, así como en procesos industriales como de servicio, es importante contar con una buena calidad de energía. La energía eléctrica además se ha empleado en la fabricación de la mayoría de las cosas que utilizamos. Por consiguiente los disturbios y variaciones de voltaje que se producen en la red eléctrica afectan directamente e al usuario.

Por dar un ejemplo, las depresiones de voltaje por solo cinco milisegundos son capaces de hacer que una computadora pierda su información o causar errores, es por esto que el incremento en el equipote procesamiento de datos (computadoras) ha marcado el problema de la calidad de la energía como un problema muy serio.

Los disturbios no solo afectan al equipo de consumidores, sino que también perjudica la operación de la red de suministro. Los disturbios mencionados causan problemas como los que se citan a continuación:

- a) Operación incorrecta de controles remotos.
- b) Sobrecalentamiento de cables.

- c) Incrementos de las pérdidas reactivas de los transformadores y motores.
- d) Errores de medición.
- e) Operación incorrecta de sistemas de protección, etc.

Debido a estos problemas, algún componente de cualquier equipo puede sufrir un daño considerable al presentarse algún transitorio que rebase su nivel de aislamiento. Otro ejemplo, un rectificador puede llegar a fallar si es expuesto a un voltaje transitorio arriba de cierto nivel.

Podemos decir que el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario, y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado del sistema de las compañías suministradoras de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

2.6.2 Perspectivas de la Calidad de Energía Eléctrica

El problema de la calidad de energía eléctrica puede ser visto desde tres perspectivas diferentes. La primera de ellas, es la que corresponde al lado de los consumidores después del medidor, y es el impacto de los disturbios en los equipos. La

segunda, también del lado de los consumidores, es que los fabricantes de equipos deben conocer los niveles de estos disturbios y la frecuencia con que ocurren, para así determinar una tolerancia razonable para sus equipos. La tercera que concierne a ambos lados del medidor, es como los disturbios ocasionados por un consumidor afectan a otros consumidores que están conectados a la misma red de suministro.

La compañía de suministro no puede darse el lujo de suponer que provee una excelente calidad de energía, ya que algunos de los disturbios quedan fuera del control de la empresa. Por ejemplo no puede tener el control de que una descarga atmosférica no caiga sobre ni en las cercanías de una línea de transmisión, o no puede evitar que algún desperfecto en algún equipo genere una interrupción de energía.

Basados en el conocimiento de diseño y en el área eléctrica, los fabricantes deben diseñar y construir equipos que puedan resistir niveles razonables de disturbios. Los usuarios de equipo sensible a los disturbios pueden escoger entre dos opciones para eliminarlos, o al menos reducirlos: una es hacer un buen diseño del circuito de distribución y otra es utilizar equipo de acondicionamiento.

A continuación se muestran algunos tipos de consumidores que requieren forzosamente equipos de acondicionamiento para mantener un buen nivel de calidad de energía eléctrica:

- a) Sistemas de información que utilizan equipo de cómputo.
- b) Departamentos de paramédicos y bomberos.
- c) Empresas públicas (gas, agua, energía eléctrica).
- d) Aeropuertos.
- e) Instituciones financieras.
- f) Departamentos de policía, etc.

2.6.3 Terminología para la Descripción de Disturbios

Los términos usados para describir los disturbios frecuentemente tienen diferente significado para diferentes usuarios. Pero muchos atributos de calidad de energía son comúnmente reconocidos. A continuación se da una breve descripción de algunos de los disturbios más comunes.

1. Pico de voltaje.

Es un incremento en el nivel de voltaje que dura microsegundos. Es debido principalmente por fallas en la red eléctrica, descargas atmosféricas y switcheo de grandes cargas.

2. Depresión de voltaje (sags)

Es un decremento momentáneo (varios ciclos de duración) en el nivel de voltaje. Es debido a la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica.

3. Dilatación de voltaje (swell)

Es un incremento de varios ciclos de duración. Es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobrevoltaje.

4. Sobrevoltaje

Es una condición de voltaje elevado (arriba del valor nominal) que a diferencia de swell de voltaje, dura mucho más tiempo. Es causado por una pobre regulación de voltaje.

5. Parpadeo (flickers)

Se refiere a las fluctuaciones en el nivel de voltaje. Estas son debidas a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o por oscilaciones subarmonicas (subarmonicas se refiere a señales de frecuencia menor a la fundamental). Por lo general este efecto se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de lámparas y ruido acelerado y desacelerado de motores.

6. Interrupciones de energía

Es la pérdida total de potencia. Por lo general se considera interrupción cuando el voltaje ha decrecido a un 15% del valor nominal o menos. Este es debido a aperturas de líneas, daño de transformadores, operación de fusibles o equipos de protección de la red, entre otras posibilidades. También se consideran interrupciones de energías aquellas que duran milisegundos.

7. Ruido eléctrico.

Es la distorsión (no necesariamente periódica) de la forma senoidal del voltaje. Este debido a switcheo, transmisores de radio y equipo industrial de arco eléctrico.

8. Distorsión Armónica.

Es la distorsión (periódica) de la forma de onda senoidal del voltaje o corriente. Esta causada por la operación de equipos no lineales como lo son rectificadores y hornos de arco eléctrico. Este es un fenómeno en estado estable.

2.6.4 Perturbaciones Contempladas en la Norma Técnica Peruana de Calidad de los Servicios Eléctricos

El estado peruano ha dictado según Decreto Supremo N°020-97 EM, la Norma con el fin de establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos.

Dicha norma técnica a la letra dice: *“la autoridad propicia el control de todo tipo de perturbaciones. Inicialmente, sin embargo, solo se controla el Flicker y las Tensiones Armónicas...”*. De este texto se desprende que el Ministerio de Energía y Minas dispone el control de estas dos perturbaciones, para esto determina límites permisibles para estos dos parámetros, de la misma fuente tomamos los límites permisibles para las tensiones armónicas la cual están resumidas en la tabla 03, estos valores nos servirán como base para analizar nuestro sistema eléctrico, con relación al estudio de calidad de energía que realizaremos.

Tabla N° 03

ORDEN (n) DE LA ARMONICA ó THD	TOLERANCIA Vi ó THD (% con respecto a la tensión nominal del punto de medicion)	
	Para Tensiones mayores a: 60 =KV	Para Tensiones menores o iguales a : 60 =KV
(Armonicas Impares no multiples de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
mayores de 25	0.1 + 2.5/n	0.2 + 2.5/n
(Armonicas Impares multiples de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
mayores de 12	0.2	0.5
THD	3	5

NTCSE DS-020-97-EM (Oct. 97)

Indicadores de Calidad :

Índice de severidad *Pst* (Flicker), Tensión Armónica individual promedio (*Vi*) hasta la 40 y Factor Total de Distorsión Armónica (THD).

- Tolerancia en flicker : $Pst = 1$.
- Tolerancia por THD no debe superar:
 - Alta y muy alta tensión : 3%
 - Media y baja tensión : 8%

2.7 Armónicas en los Sistemas Eléctricos

2.7.1 Descripción de las Armónicas

La distorsión de formas de ondas de corriente y voltaje debida a las armónicas es uno de los fenómenos que afectan la confiabilidad del sistema y por lo tanto la calidad de energía. El acoplamiento magnético, causa que algunas armónicas con frecuencias elevadas produzcan interferencia en los sistemas de comunicación, sobre todo en líneas telefónicas. Este problema no es nuevo, sin embargo, debido al notable incremento de cargas no lineales conectadas al sistema eléctrico, el nivel promedio de armónicas en el sistema eléctrico de potencia se incrementa cada día más. Las cargas no lineales son como hornos de arco y de inducción, así como de cargas controladas por dispositivos electrónicos tales como SCR'S , transistores de potencia, etc. La disponibilidad y el relativo bajo costo de estos dispositivos han expandido en gran medida su uso en casi todo tipo de cargas industriales y comerciales.

Un factor menos extendido pero de importancia, que acentúa la inyección de armónicas en los sistemas eléctricos, es el drástico cambio de la filosofía del diseño del equipo utilizado en los sistemas eléctricos de potencia. En el pasado, los fabricantes tendían a diseñar la mayoría de sus equipos sobre

rangos mayores a los requeridos. Ahora, con el objeto de ser competitivos, los equipos de potencia tienen que ser diseñados sobre rangos críticos, como en el caso de equipos con núcleo de hierro, esto significa que sus puntos de operación están cada vez más cerca de la característica no lineal, o sea, muy cerca de la saturación del núcleo, lo que resulta una clara fuente de armónicas.

Por lo anterior, el modelado de los elementos del sistema de potencia ante señales armónicas cada vez es más importante. De esta manera, la modelación viene con los métodos de simulación los cuales son muy importantes debido principalmente a dos razones:

- a) Investigar los problemas potenciales latentes en los sistemas eléctricos que se pueden presentar al conectar una carga no lineal.
- b) Simular y probar perspectivas de solución a problemas existentes de una forma analítica.

De esta manera, es deseable llevar a cabo un análisis de armónicas de un sistema eléctrico de potencia, así como se hacen estudios de flujos de carga, corto circuito, estabilidad y caída de tensión.

De lo anterior se observa la importancia del análisis armónico en las redes eléctricas debido a que las armónicas es un mal necesario.

2.7.2 Influencia de las Armónicas en los Condensadores

Después de la explicación de porque es necesaria la introducción de cargas que generan armónicos a la red del sistema eléctrico de potencia, se debe prever que estas distorsiones producidas por las armónicas, de alguna manera deben afectar al banco de condensadores automáticos que se va a implementar.

La presencia de una batería de condensadores en una instalación no genera armónicos, sin embargo puede amplificar los armónicos existentes agravando el problema.

Por otro lado, al mismo tiempo es uno de los elementos más sensibles a los armónicos ya que presenta una baja impedancia a frecuencias elevadas y absorbe las intensidades armónicas más fácilmente que otras cargas reduciendo considerablemente la vida de los condensadores. El principal problema que se produce es la posible perforación del dieléctrico de los condensadores. Para reducir el efecto de las perturbaciones electromagnéticas se deben tomar

precauciones en la instalación de cables y aparatos. Una correcta instalación y elección de filtros y condensadores evita consecuencias desagradables.

2.7.3 Definiciones y Estándares

La armónica esta definida como una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental (en este caso 60Hz). Y como en los sistemas eléctricos se tienen señales periódicas, por ejemplo voltaje, entonces se puede representar por:

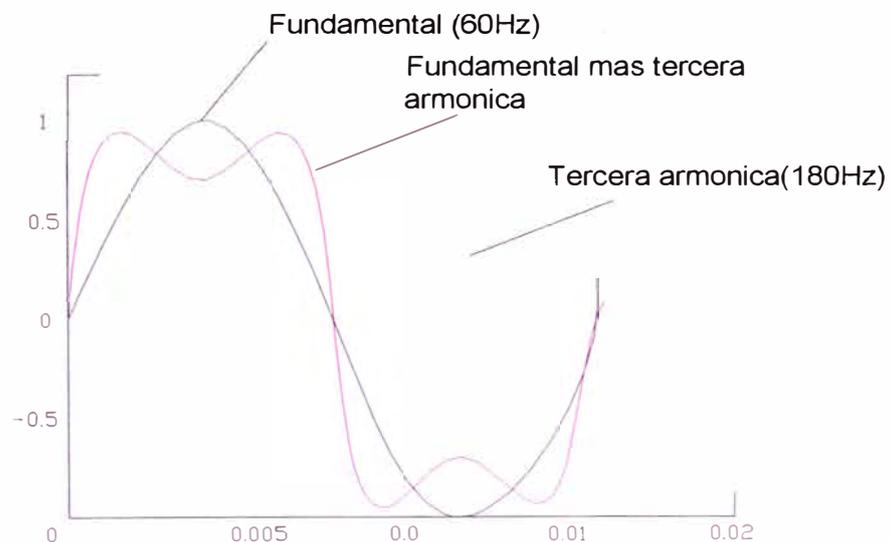
$$v(t) = V_1 \cos(\omega t + \theta_1) + V_2 \cos(2\omega t + \theta_2) + V_3 \cos(3\omega t + \theta_3) + \dots$$

que en forma compacta es:

$$v(t) = \sum_{n=1}^h V_n \cos(n\omega t + \theta_n)$$

Donde: V_n : se le define como la armónica de orden n.

θ_n : como ángulo de la armónica n.



2.7.4 Valores de Distorsión

Los valores de distorsión están definidos en % de cantidades eléctricas, estos valores son muy utilizados para conocer el grado de contaminación de las redes eléctricas.

➤ Distorsión armónica total

Para el voltaje

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots}}{V_1} \times 100$$

Para la corriente

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_1} \times 100$$

Para corrientes individuales

$$IHD_n = \frac{V_n}{V_1} \times 100$$

➤ Distorsión total de demanda

$$TDD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_{dem-max}} \times 100$$

➤ **Interferencia telefónica**

$$I.T. = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} (I_h TIF_h)^2}$$

El TIF es una medición de la sensibilidad entre el sistema telefónico y el oído humano a varias frecuencias, este TIF se obtiene de una curva llamada *C-message* obtenida en los laboratorios BELL.

➤ **Factor k**

En la gran mayoría de los casos cuando un transformador alimenta cargas no lineales, este transformador se sobrecalienta aun cuando no ha alcanzado sus KVA nominales.

Se estima que el calentamiento de los transformadores debido a las armónicas es directamente proporcional al cuadrado de la armónica multiplicado por las perdidas que esta produce, de esta manera aparece el factor K el cual es aplicado a transformadores.

Este factor K viene especificado en los datos de placa de algunos transformadores, indicando la capacidad del transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder la temperatura de operación a la cual están diseñados, esto es:

$$FactorK = \sum_{h=1}^{\infty} \left(\frac{I_h}{I_{rms}} \right)^2 h^2$$

Donde la corriente de la expresión, es la corriente de la carga no lineal la cual será o es alimentada por el transformador.

Los factores K mas comunes de transformadores son de 4 y 13, los cuales son utilizados para alimentar cargas que utilizan rectificación principalmente.

2.7.5 Generación de las Armónicas

La generación de las armónicas se da debido a elementos no lineales como elementos saturados y elementos que utilizan componentes de switcheo, tales como rectificadores y cualquier otro que utilice dispositivos electrónicos.

- **Convertidores.-** Los convertidores son dispositivos que inyectan armónicas al sistema de corriente alterna debido a la operación de los elementos de switcheo (tiristores).

- **Hornos de inducción.-** Los hornos de inducción son utilizados en la industria de manufactura. Este horno consiste en un rectificador e inversor, el cual controla la frecuencia de alimentación de una bobina. De esta manera la bobina mediante inducción hace que se calienten las piezas metálicas (como si

fueran el núcleo de la bobina) las cuales alcanzan temperaturas muy altas y después pasan a ser moldeadas.

- **Compensadores estáticos de potencia.-** Los compensadores estáticos utilizan tiristores para el control de la potencia reactiva. Los cuales son utilizados para el control de potencia reactiva y así mismo para el control de voltaje en redes de transmisión principalmente.
- **Hornos de arco eléctrico.-** Estos hornos son utilizados para la fundición del acero, por lo general se utilizan electrodos los cuales al hacer contacto con el acero se crea un arco eléctrico de tal magnitud que funde el acero. Por este motivo, los hornos de arco eléctrico son cargas que no se encuentran en estado estable.
- **Saturación de transformadores.-** La saturación de transformadores provoca la generación de armónicas, pues se trata de un elemento no lineal, las armónicas generadas por la saturación son las armónicas impares, principalmente la 3ra. La generación de estas armónicas se presentan en estado estable para cuando el transformador esta sobrecargado, provocando que el transformador opere en su región no lineal. También se produce la generación de armónicas en el transformador en el momento de su energización.

- **Otros equipos.-** También se pueden mencionar lámparas fluorescentes , equipos electrodomésticos, etc.

2.7.6 Efectos de las Armónicas

- **Motores de inducción.-** El efecto es el calentamiento de los mismos provocando perdidas en el núcleo. Y envejecimiento prematuro.
- **Generador Sincrono.-** Al alimentar una carga desbalanceada se provoca una circulación de corriente de secuencia negativa, esta se induce al rotor del generador provocando una corriente en el estator de tercera armónica. Este proceso provoca la distorsión armónica de la corriente y por ende la de voltaje.
- **Protecciones.-** Las armónicas provocan que los dispositivos de protección tengan una operación incorrecta.
- **Capacitores.-** El problema en los capacitores es debido a la resonancia que presentan con el sistema, esta frecuencia de resonancia muchas veces se encuentra cercana a la 5º y 7º armónica, armónicas muy comunes en los sistemas eléctricos.

De esta manera la frecuencia de resonancia a la cual esta expuesta un banco de capacitores esta dado por:

$$f_{res} = \sqrt{\frac{MVA_{CC}}{MVars_{CAP}}}$$

Donde

MVA_{CC} es la potencia de corto circuito donde esta conectado el banco de capacitores.

Y los $MVars_{CAP}$ es la potencia del banco de capacitores.

2.8 Condiciones de Resonancia

Las condiciones de resonancia son aquellas en los que un sistema pasa de ser inductivo a capacitivo o viceversa, este cambio provoca problemas muy graves como pueden ser sobre corrientes o sobrevoltajes los cuales ocasionan el fallo y/o destrucción de equipos que se encuentran expuestos a estos fenómenos de resonancia.

Cuando existen distorsiones en corriente o tensión en una red, se debe tener cuidado con la instalación de los bancos de condensadores. El problema que puede ocurrir en un sistema como este, se llama resonancia.

Los componentes más importantes del sistema son los siguientes: reactancia de la red, reactancia del transformador y capacitancia del condensador. Existen dos formas para la ocurrencia de la resonancia.

2.8.1 Resonancia Paralelo

La resonancia paralelo ocurrirá si existen cargas en la red que producen armónicos en el componente de corriente. La inductividad del transformador y la capacidad del condensador están en paralelo a la vista de la carga. Una inductividad y una capacidad en paralelo provocarán una frecuencia de resonancia. Si la carga produce un componente de corriente a esta frecuencia, la reactancia para esta corriente será mucho más alta que la normal. La consecuencia será la distorsión en la tensión y un componente de corriente a esta frecuencia mucho más grande para el condensador. Desde un punto de vista práctico, este efecto se presenta cuando el equivalente del sistema en el cual está conectado un banco de capacitores, se iguala a la impedancia equivalente del banco de capacitores (quedando en paralelo). Esto se observa en la fig. 5

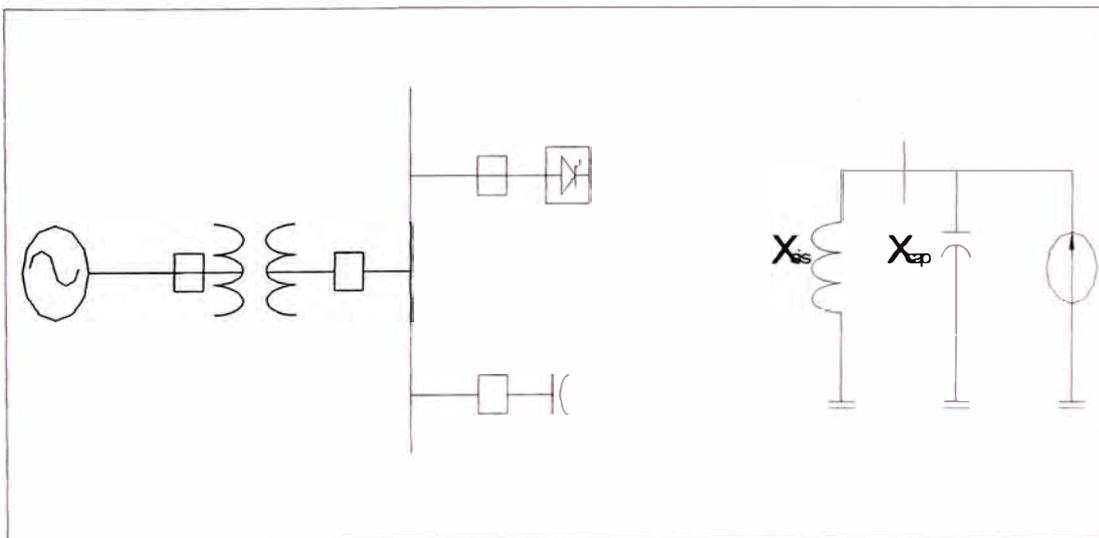


Fig. 5 : Circuito resonante paralelo

Entonces este equivalente paralelo esta dado por :

$$Z_{eq} = \frac{X_{SIST} X_{CAP}}{X_{SIST} - X_{CAP}}$$

Entonces al igualarse estas impedancias a una cierta frecuencia, la impedancia equivalente se hace infinita, y al existir una fuente de corriente a esa frecuencia en paralelo, entonces se tienen sobrevoltajes ocasionando grandes corrientes entre el sistema y el banco de capacitores.

De esta manera para que estas dos impedancias sean iguales se necesita que exista esta frecuencia llamada de resonancia dada por:

$$f_{res} = \sqrt{\frac{1}{LC}} X 60Hz = \sqrt{\frac{X_{CAP}}{X_{SIST}}} X 60Hz = \sqrt{\frac{MVA_{cc}}{MVars_{CAP}}} X 60Hz$$

Donde:

MVA_{cc} es la potencia de corto circuito donde esta conectado el banco de capacitores.

Y los $MVars_{CAP}$ es la potencia del banco de capacitores.

2.8.2 Resonancia Serie

La resonancia serie puede ocurrir si existen armónicos en el componente de tensión de la red. La reactancia del transformador y la capacidad del condensador, si se ve desde

la red de media tensión, están en serie. Si existe un armónico de tensión en la red de media tensión que coincide con la frecuencia de resonancia, debido a la inductancia del transformador y la capacidad del condensador, la reactancia por la corriente para esta tensión será casi cero y por ende la corriente será muy grande.

En forma práctica este tipo de resonancia puede presentarse en instalaciones que tengan la configuración similar a la fig. 6

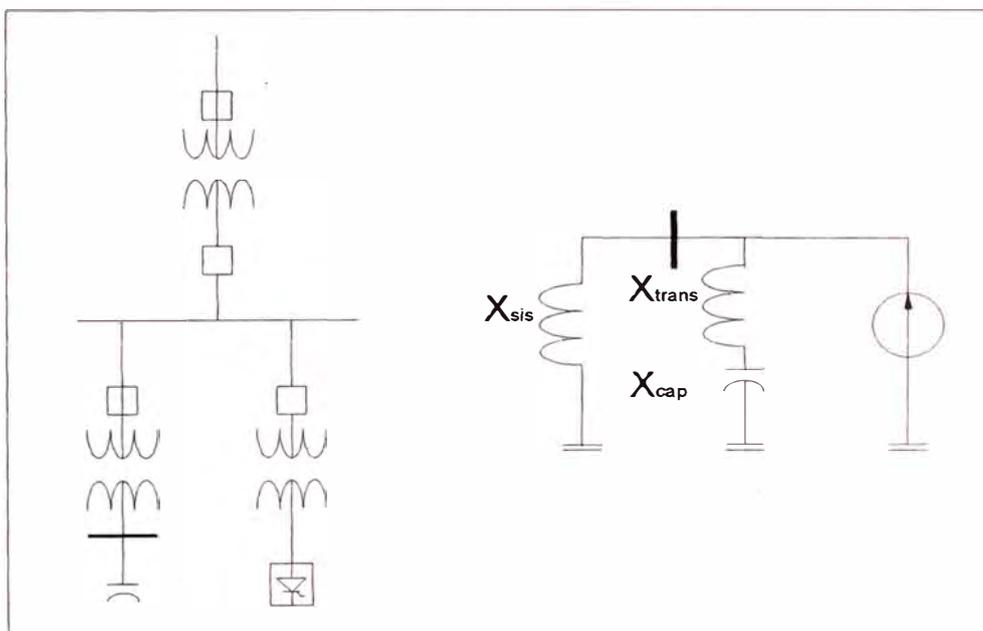


Fig. 6 : Circuito resonante serie

Entonces al igualarse la impedancia del transformador con el banco de capacitores, se tiene que la impedancia equivalente esta dada por:

$$Z_{eq} = X_{trans} - X_{cap}$$

Donde al igualarse estas impedancias se tiene una equivalencia igual a cero, dando como resultado una corriente grande a través de estos elementos.

Así mismo la frecuencia de resonancia serie esta dada por:

$$f_{res} = \sqrt{\frac{1}{L_{trans}C}} X 60Hz = \sqrt{\frac{X_{CAP}}{X_{trans}}} X 60Hz$$

Además de que también existe una resonancia paralelo con el sistema dado por:

$$f_{res} = \sqrt{\frac{X_{CAP}}{X_{SIST} + X_{trans}}} X 60Hz$$

La consecuencia de la resonancia son grandes corrientes en el transformador y el condensador (que puede dañarse) y una distorsión en la tensión que hace daño a la carga instalada.

2.9 Eliminación de Armónicas

2.9.1 Reducir la aportación de corrientes armónicas

Reducir la aportación de corrientes armónicas provenientes de las fuentes que las generan, es mediante:

- Cuando se trata de fuentes de armónicas provenientes de lámparas, es recomendable utilizar conexión delta-estrella del transformador de alimentación con el fin de atrapar las armónicas de secuencia cero.
- Si las armónicas provienen de un transformador, lo mejor será cambiar el transformador o liberarle de carga.
- Si se trata de un controlador de velocidad, una buena opción es conectar un reactor limitador en la alimentación de tal manera que atenué la magnitud de las armónicas, además de servir como protección para estados transitorios.
- Si se trata de un rectificador de 06 pulsos, una opción es cambiarlo por uno de 12 pulsos, aunque económicamente no puede ser factible.
- En caso de tener varias cargas que utilicen rectificación conectadas a un mismo bus, entonces lo recomendable es que unos rectificadores se alimenten de un transformador delta-estrella y otros de un delta-delta, esto con el fin de que se tenga cancelación de armónicas.

2.9.2 Utilizando filtros sintonizados

La utilización de filtros es una buena opción pero no siempre es la mas económica o factible, pues depende mucho de que problema se este tratando.

2.9.3 Modificación de la respuesta a la frecuencia

Problema: Operación de los fusibles de bancos de capacitores debido a resonancia.

Posible solución: Modificar la frecuencia de resonancia.

- Poniendo un reactor en terminales del banco de capacitores, de tal manera que se modifiquen los MVAcc , esto significa que se este poniendo un filtro sintonizado.
- Cambiar el valor del banco de capacitores, esto traerá cambios en el factor de potencia, el cual se puede tratar de corregir mediante capacitores locales.
- Cambiar los capacitores a otros puntos donde se tengan diferentes capacidades de corto circuito.
- Definitivamente quitar los capacitores.

2.9.4 Filtros activos

El principio de los filtros activos consiste en una fuente controlada de corriente cuyas armónicas tienen la misma magnitud y desfasadas 180° de las armónicas a eliminar. El principio de estos filtros se muestra en la figura 7.

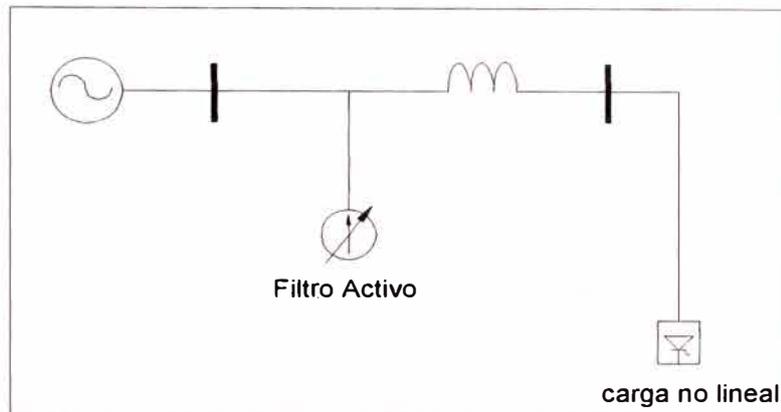


Fig. 7 : Filtro activo Shunt

2.9.5 Filtros pasivos

El filtro pasivo es un filtro que se sintoniza para una armónica en especial, o un rango determinado.

Estos filtros son los más utilizados en los sistemas eléctricos por su bajo costo y fácil instalación, aunque en algunos casos trae consigo problemas de resonancia. La fig 8 muestra la configuración de estos filtros.

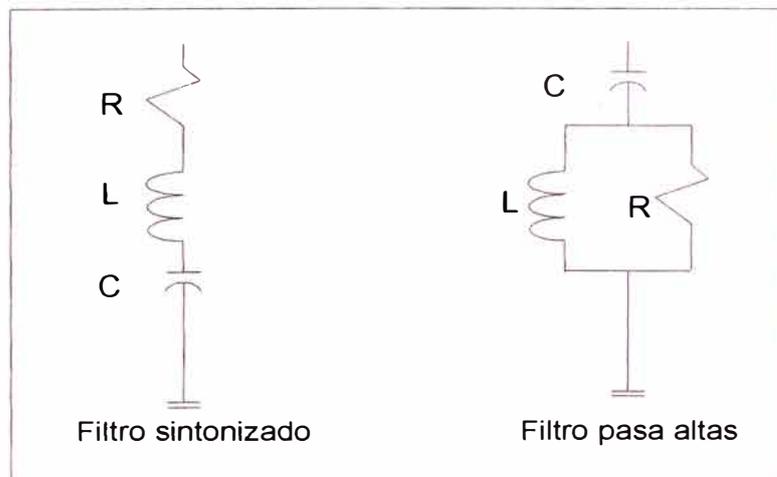


Fig. 8 : Filtros pasivos Shunt

El filtro lo que hace es presentar una impedancia baja a una corriente de una frecuencia determinada, esto significa que los elementos del filtro entran en resonancia serie, ocasionando la circulación de esta corriente. De esta manera a partir de un valor del banco de capacitores se obtiene el valor del reactor del filtro:

$$X_{cap} = \frac{KV^2}{MVar_{CAP}}$$

$$X_{cap} = \frac{X_{cap}}{h^2}$$

Donde h es la armónica a la cual está sintonizado el filtro, y por tanto a la corriente que se requiere drenar.

- **Filtro sintonizado.-** El filtro sintonizado es utilizado para eliminar en forma individual las armónicas más bajas como la 3°, 5° y 7°. El cálculo de la resistencia del filtro está dado por:

$$R = \frac{X_{reac}(f_{res})}{Q} \quad Q: \text{factor de calidad}$$

$$20 < Q < 30$$

- **Filtro pasa altas.-** El filtro pasa altas es utilizado para eliminar un rango de armónicas las cuales tienen un valor pequeño de corriente, por lo general son usados para eliminar de la armónica 11° en adelante.

$$R = Q X_{reac}(f_{res}) \quad Q: \text{factor de calidad}$$

$$0.5 < Q < 2$$

CAPITULO 3

CALCULOS JUSTIFICATIVOS

3.1 Factores de Calculo

La capacidad necesaria para elevar el factor de potencia de una instalación industrial de su valor actual al valor deseado o de una instalación en proyecto, se obtienen por distintos métodos, ya sea por el empleo de formulas, tablas, gráficos, etc., en la que intervienen factores propios a su característica particular.

La localización de los condensadores en una red eléctrica se determina según:

- El objetivo buscado, supresión de las penalidades, descarga de las líneas y transformadores, aumento de la tensión en el final de la línea.
- El modo de distribución de la energía eléctrica.
- El régimen de carga.
- La influencia previsible de los condensadores en la red.
- El costo de la instalación.

Para poder determinar bien la potencia reactiva, primero se debe determinar el tipo de compensación que vamos a utilizar. De acuerdo a nuestras instalaciones y sus cargas, así como su distribución y aspecto económico, vamos a optar por la compensación Centralizada y además de un sistema automático.

Por lo tanto la primera fase de selección esta dada: se realizara una *Compensación centralizada automática* a través de un Banco de condensadores. De acuerdo a la distribución de la planta de la Papelera Nacional S.A. , se tienen dos tableros principales a los cuales se compensaran de energía reactiva con compensación centralizada automática.

Ahora si podemos realizar el calculo de la potencia reactiva, no sin antes dar un repaso de los métodos para su calculo.

3.2 Determinación de la Potencia Reactiva Capacitiva

3.2.1 Compensación Individual

3.2.1.1 Motores de Inducción.- El calculo de los valores indicativos de la potencia reactiva de los condensadores necesarios para la compensación de los motores se realiza a partir de la formula:

$$Q_c = 0.9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3} \times 10^{-3} \dots\dots(1)$$

Donde:

Qc : Potencia reactiva del condensador (KVAR)

I_0 : Intensidad de corriente en vacío (A)

U_n : Tensión nominal en voltios (V)

En la tabla N° 04 se dan los valores indicativos de la potencia de los capacitores necesarios, para elevar el factor de potencia a plena carga aproximadamente al 95% en motores trifásicos de 60Hz.

3.2.1.2 Transformadores de Potencia.- En la tabla N° 05 se presentan los valores indicativos para determinar la potencia reactiva de los condensadores adecuados para la compensación de transformadores de acuerdo a su potencia, tensión primaria del mismo y su régimen de trabajo.

Tabla N° 04 : Máxima capacidad nominal de capacitores recomendable cuando el motor y el capacitor se operan con el mismo interruptor

Potencia Nominal HP	VELOCIDAD NOMINAL DEL MOTOR EN RPM											
	3600		1800		1200		900		700		600	
	Q _{NC} KVAR	R _{IL} %	Q _{NC} KVAR	R _{IL} %	Q _{NC} KVAR	R _{IL} %	Q _{NC} KVAR	R _{IL} %	Q _{NC} KVAR	R _{IL} %	Q _{NC} KVAR	R _{IL} %
3	1.5	14	1.5	15	1.5	20	2	27	2.5	35	3.5	41
5	2	12	2	13	2	17	3	25	4	32	4.5	37
7.5	2.5	11	2.5	12	3	15	4	22	5.5	30	6	34
10	3	10	3	11	3.5	14	5	21	6.5	27	7.5	31
15	4	9	4	10	5	13	6.5	18	8	23	9.5	27
20	5	9	5	10	6.5	12	7.5	16	9	21	12	25
25	6	9	6	10	7.5	11	9	15	11	20	14	23
30	7	8	7	9	9	11	10	14	12	18	16	22
40	9	8	9	9	11	10	12	13	15	16	20	20
50	12	8	11	8	13	10	15	12	19	15	24	19
60	14	8	14	8	15	10	18	11	22	15	27	19
75	17	8	16	8	18	10	21	10	26	14	32.5	18
100	22	8	21	8	25	9	27	10	32.5	13	40	17
125	27	8	26	8	30	9	32.5	10	40	13	47.5	16
150	32.5	8	30	8	35	9	37.5	10	47.5	12	52.5	15
200	40	8	37.5	8	42.5	9	47.5	10	60	12	65	14
250	50	8	45	7	52.5	8	57.5	9	70	11	77.5	13
300	57.5	8	52.5	7	60	8	65	9	80	11	87.5	12
350	65	8	60	7	69.5	8	75	9	87.5	10	95	11
400	70	8	65	6	75	8	85	9	95	10	105	11
450	75	8	67.5	6	80	8	92.5	9	100	9	110	11
500	77.5	8	72.5	6	82.5	8	97.5	9	107.5	9	115	10

Q_{NC} : Capacidad nominal del capacitor (KVAR)

R_{IL} : Reducción de la corriente de línea (%)

Tabla N° 05 : Potencia reactiva necesaria para los transformadores.

PÓTENCIA NOMINAL DEL TRANSFORMADOR	VALORES INDICATIVOS DE LA POTENCIA DE CAPACITORES					
	5 – 10 KV		15 – 20 KV		25 – 30 KV	
	SIN CARGA	PLENA CARGA	SIN CARGA	PLENA CARGA	SIN CARGA	PLENA CARGA
KVA	KVAR	KVAR	KVAR	KVAR	KVAR	KVAR
5	0.75	1	0.8	1.1	1	1.3
10	1.2	1.7	1.5	2	1.7	2.2
20	2	3	2.5	3.5	3	4
25	2.5	3.5	3	4	4	5
50	3.5	6	5	7.5	6	9
75	5	8	6	9	7	11
100	6	10	8	11	10	13
160	10	12	12.5	15	15	18
200	11	17	14	19	18	22
250	15	20	18	22	22	25
315	18	25	20	28	24	32
400	20	30	22	36	28	40
500	22	40	25	45	30	50
630	28	46	32	52	40	62
1000	45	80	50	85	55	95
1250	50	85	55	90	60	100
1600	70	100	60	110	70	120
2000	80	160	85	170	90	180
5000	150	300	170	200	200	250

3.2.2 Compensación Central.- La potencia reactiva total a instalar, para la compensación de energía reactiva en la planta industrial que consume potencia activa promedio P, con un factor de potencia $\cos\phi_1$, mejorando hasta un valor $\cos\phi_2$, se puede calcular con la formula:

$$Q_c = P (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \quad (\text{KVAR}) \dots\dots(2)$$

Conociendo el factor de potencia inicial $\cos\phi_1$, y sabiendo cual es el que se requiere alcanzar $\cos\phi_2$, se puede determinar el coeficiente $(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$ por el cual hay que multiplicar la potencia activa para obtener la potencia reactiva necesaria a instalar, para hallar el factor utilizaremos la tabla N° 06.

Para determinar los valores de la potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia se puede usar uno de los siguientes métodos.

METODO I.- Este caso se aplica para instalaciones industriales que cuentan con medidores de energía activa y reactiva, por tanto:

$$P = \frac{\text{Energia activa(KWh)}}{\text{tiempo(h)}} = \frac{E_A}{t}$$

$$Q = \frac{\text{Energia reactiva(KVARh)}}{\text{tiempo(h)}} = \frac{E_R}{t}$$

$$\cos\phi_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{E_R}{E_A}\right)^2 + 1}} \dots\dots(3)$$

t : tiempo o periodo de observación en horas

METODO II.- Mediante el uso del analizador de redes Circutor AR5.

En este caso hay que realizar un estudio del consumo en el momento de máxima demanda y en función a ella determinar la potencia de los condensadores a instalar. Por otro lado, el analizador nos brinda los valores de las armónicas presentes en la red hasta la armónica 40^o y nos facilita graficas de los parámetros eléctricos.

METODO III.- Consiste en recurrir a recibos mensuales de la compañía eléctrica suministradora de energía, en un periodo largo (06-12 meses).

En dichos documentos se detalla el consumo de energía como sigue:

- a) Máxima Demanda : MD (KW).
- b) Energía Activa : EA (KWh).
- c) Energía Reactiva : ER (KVARh).

Para calcular la potencia reactiva:

$$P = MD(KW)$$

$$Tg \phi_1 = \frac{E_R}{E_A}$$

Para elevar el factor de potencia a $\cos \phi_2$:

$$Q_C = MD * (Tan \phi_1 - Tan \phi_2) \quad (KVAR) \dots\dots(4)$$

3.2.3 Verificación de potencia de Condensadores por resonancia

de tensión.- Para verificar que la potencia de los condensadores a instalar, no sobrepasen los valores permisibles para evitar la resonancia, se utiliza la siguiente relación:

$$Q_c < \frac{S_{nt} \times 100\%}{v^2 \times U_x} \dots (5)$$

Donde:

S_{nt} : potencia del transformador KVA

Q_c : potencia del condensador KVAR

U_x : tensión porcentual de corto circuito del transformador

v^2 : el número de mayor armónica crítica de tensión

Calculo de caída de tensión.- Para el cálculo de los calibres de cables para la instalación de los condensadores se debe estimar en un 35% más de la capacidad, de cada condensador y utilizaremos la siguiente expresión, para el cálculo de caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{0.0309 \times L \times I \times \cos \phi}{S \times V} \dots (6)$$

Donde :

ΔV : caída de tensión.

L : longitud del cable.

I : Intensidad de corriente.

$\cos \phi$: factor de potencia modificado.

s : sección del conductor mm².

V : tensión de trabajo.

Tabla N° 06: Coeficientes para poder calcular potencia reactiva a partir de los KW

Antes de la compensación		Potencia del Condensador en KVAR a instalar por KW de carga para elevar el factor de potencia ($\cos \phi$) a o la $\tan \phi$ a :									
Tan ϕ	Cos ϕ	Tan ϕ	0.59	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.25
		Cos ϕ	0.86	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
1.52	0.55		0.925	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.19	1.227	1.268
1.48	0.56		0.886	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229
1.44	0.57		0.848	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.15	1.191
1.4	0.58		0.811	0.92	0.949	0.979	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154
1.37	0.59		0.775	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.04	1.077	1.118
1.33	0.6		0.74	0.849	0.878	0.907	0.938	0.97	1.005	1.042	1.083
1.3	0.61		0.706	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.97	1.007	1.048
1.27	0.62		0.672	0.781	0.81	0.839	0.87	0.903	0.937	0.974	1.015
1.23	0.63		0.639	0.748	0.777	0.807	0.837	0.87	0.904	0.941	0.982
1.2	0.64		0.607	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.95
1.17	0.65		0.576	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.84	0.877	0.919
1.14	0.66		0.545	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.81	0.847	0.888
1.11	0.67		0.515	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857
1.08	0.68		0.485	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.75	0.787	0.828
1.05	0.69		0.456	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.72	0.757	0.798
1.02	0.7		0.427	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.77
0.99	0.71		0.398	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.7	0.741
0.96	0.72		0.37	0.48	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713
0.94	0.73		0.343	0.452	0.481	0.51	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686
0.91	0.74		0.316	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.58	0.617	0.658
0.88	0.75		0.289	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.59	0.631
0.86	0.76		0.262	0.371	0.4	0.429	0.46	0.492	0.526	0.563	0.605
0.83	0.77		0.235	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.5	0.537	0.578
0.8	0.78		0.209	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552
0.78	0.79		0.183	0.292	0.32	0.35	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525
0.75	0.8		0.157	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499
0.72	0.81		0.131	0.24	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473
0.7	0.82		0.105	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447
0.67	0.83		0.079	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.38	0.421
0.65	0.84		0.053	0.162	0.19	0.22	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395
0.62	0.85		0.026	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369
0.59	0.86		-	0.109	0.138	0.167	0.198	0.23	0.265	0.302	0.343
0.57	0.87		-	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316
0.54	0.88		-	0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289
0.51	0.89		-	0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262
0.48	0.9		-	-	0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234

3.3 Estadística de Consumos de Energía Eléctrica

El análisis histórico de energía se centrará fundamentalmente en la determinación de los consumos de la potencia activa y reactiva.

La evolución del consumo de energía eléctrica total de la planta de PAPELERA NACIONAL S.A., se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 1 - 1
CONSUMOS HISTÓRICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Fecha Lectura	Energía Activa (Kwh.)	Energía Reactiva (kVarh)
Febrero-04	160,902	133,746
Marzo-04	153,181	149,520
Abril-04	172,700	158,220
Mayo-04	61,570	77,840
Junio-04	72,470	87,970
Julio-04	80,000	89,740
Agosto-04	83,190	92,300
Septiembre-04	97,380	105,650
Octubre-04	142,850	135,300
Noviembre-04	114,090	121,740
Diciembre-04	143,820	143,800
Enero-05	173,370	163,340

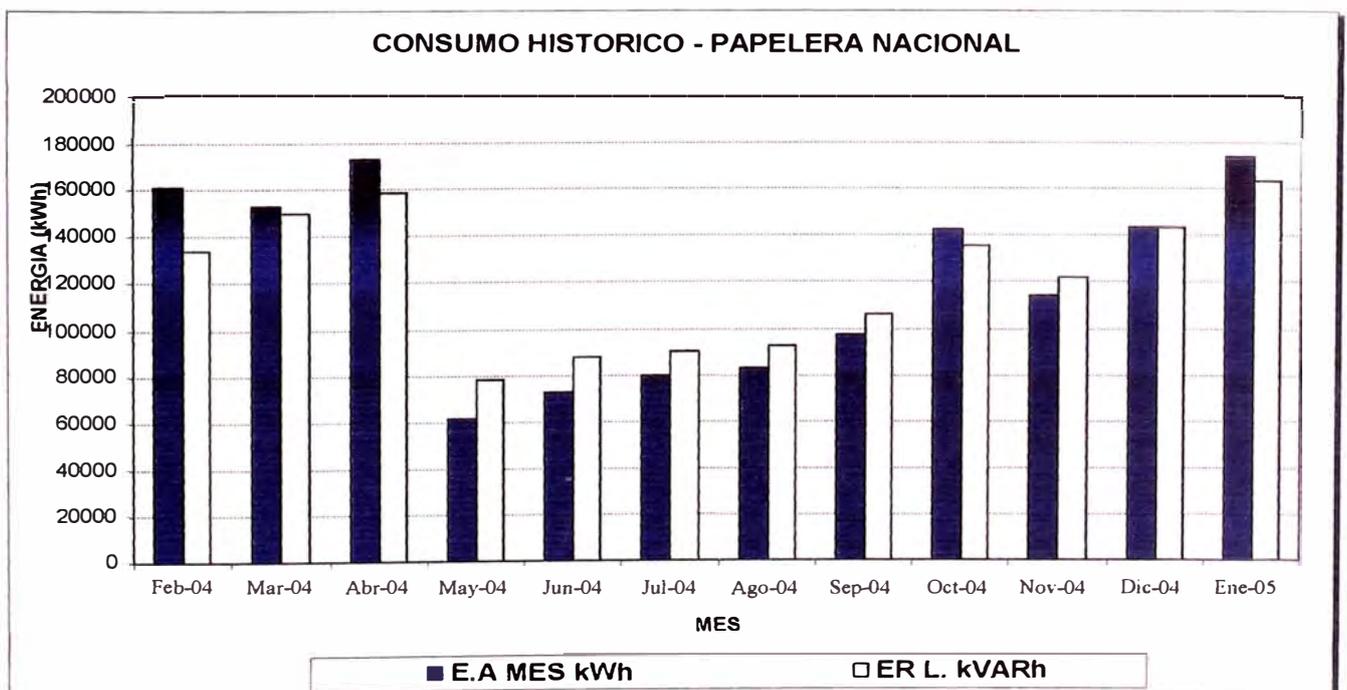


DIAGRAMA N° 1

Teniendo como fuente estadística, las facturas de la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica EDELNOR para el periodo febrero 2004 – enero 2005 se elaboró el cuadro que se muestra a continuación.

Valor	Max. Dem. Leída (kW)	Energía Activa total (kWh)	Energía Reactiva (kVarh)	COS ϕ
MAXIMO	492.00	173 370	163 340	
PROMEDIO	409.97	121 294	121 597	0.71
MINIMO	316.00	61 570	77 840	

El consumo mensual promedio de energía activa es de 121 294 kWh, el promedio de la energía reactiva leída es de 121 597 kVARh, el Factor de Potencia promedio de la planta es de 0.71.

3.4 Instrumentación Utilizada para Mediciones

Analizador electrónico Circutor modelo AR5

Los parámetros medidos y registrados por el equipo CIRCUTOR AR5 tanto en valores instantáneos RMS como en promedio son:

- Tensiones monofásicas y trifásicas por fase (V).
- Armónicas de tensión y corriente totales e individuales hasta el orden 40^a (%).
- Potencia aparente (kVA).
- Potencia activa de las fases individuales (kW).
- Potencia reactiva de las fases individuales (kVAR).
- Factor de potencia de las fases individuales.
- Frecuencia (Hz).

3.4.1 Periodo y Cronograma de Mediciones

Los períodos de los registros e intervalos de medición empleados para cada medición eléctrica, fueron los siguientes:

Mediciones

La relación de los registros efectuados se muestra en el cuadro siguiente:

ITEM	PUNTO DE MEDICION	TENSION (V)	EQUIPO	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	INTERVALO DE MEDICION
1	TABLERO 1 (Pta. Cuadernos)	220	AR5	03/02/05	06/02/05	10.00 min.
2	TABLERO 2	220	AR5	06/02/05	10/02/05	10.00 min.

3.4.2 Resultado de las Mediciones

Los resultados de las mediciones se muestran a continuación con sus respectivas descripciones:

A. Totalizador de tablero 1 (planta cuadernos)

Las mediciones en este circuito corresponden al consumo en el

Tablero 1 – 220 V:

De la medición realizada, se han obtenido los siguientes resultados:

VALOR	KW	KVAR	COS(ϕ)
MAXIMO	326.00	241.49	
PROMEDIO	233.84	169.32	0.81
MINIMO	103.00	43.88	

El diagrama de carga obtenido con los registros de la medición realizada se muestra a continuación:

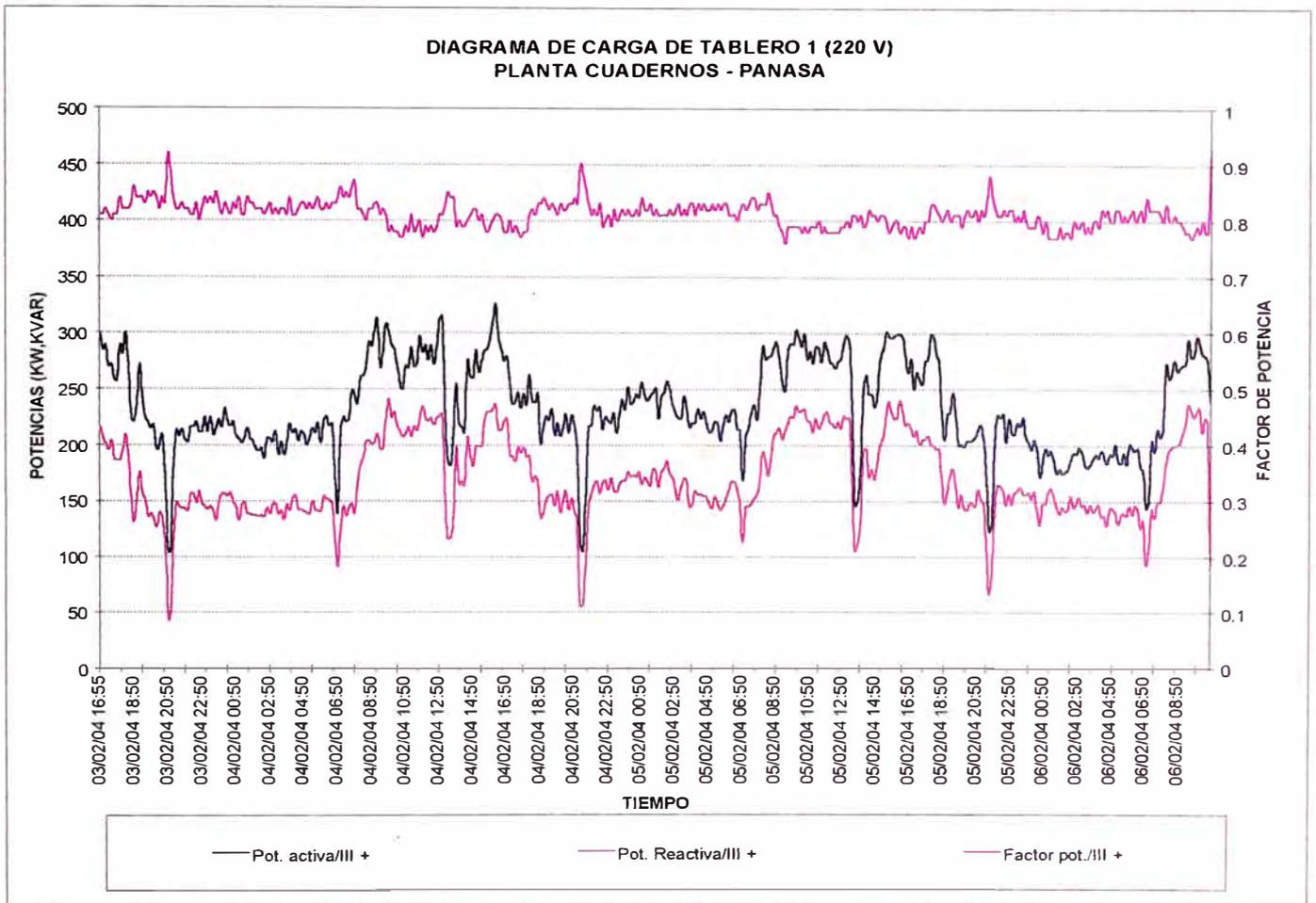


DIAGRAMA N° 2

En el diagrama de carga se puede observar que la máxima demanda alcanza un valor de 326.00 kW.

B. Totalizador de tablero 2 (tablero con menor carga)–220 v

Las mediciones en este circuito corresponden al consumo en el tablero 2 - nivel de 220 V:

De la medición realizada, se han obtenido los siguientes resultados:

VALOR	KW	KVAR	COS(ϕ)
MAXIMO	153.00	108.14	
PROMEDIO	54.12	58.47	0.68
MINIMO	1.00	5.46	

El diagrama de carga obtenido con los registros de la medición realizada se muestra a continuación:

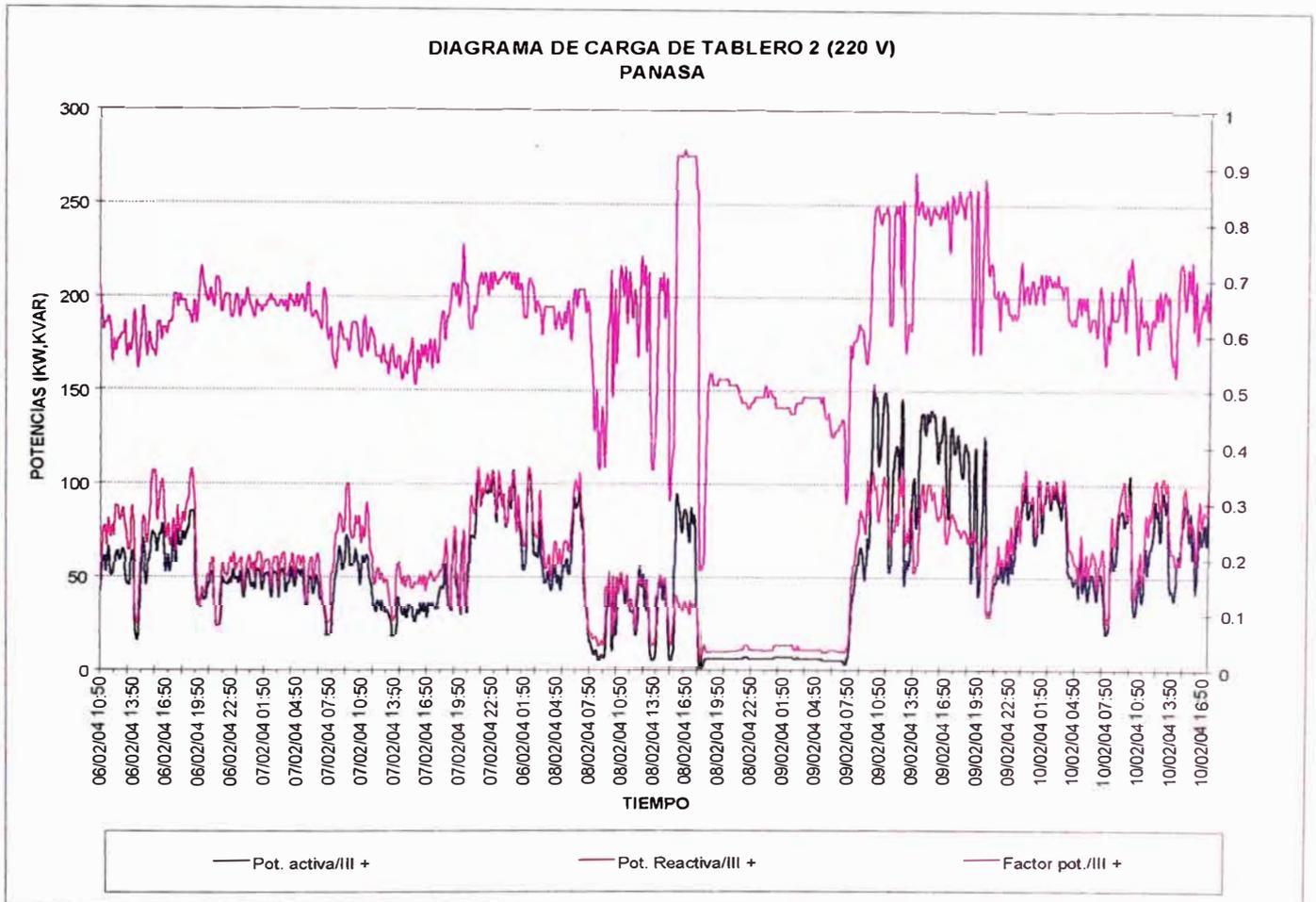


DIAGRAMA N° 3

En el diagrama de carga se puede observar que la máxima demanda alcanza un valor de 153.00 kW.

C. Cargas incrementadas al tablero 2 (tablero con menor carga) – 220 v

Las mediciones en este circuito corresponden al consumo de la planta donde fueron trasladadas las cargas incrementadas al tablero 2 - nivel de 220 V:

De la medición realizada, se han obtenido los siguientes resultados:

VALOR	P. ACTIVA (kW)	P. REACTIVA (kVAR)	COS (ϕ)
MAXIMO	46.0	61.0	0.7
PROMEDIO	20.2	21.9	
MINIMO	0.0	0.0	

El diagrama de carga obtenido con los registros de la medición realizada se muestra a continuación:

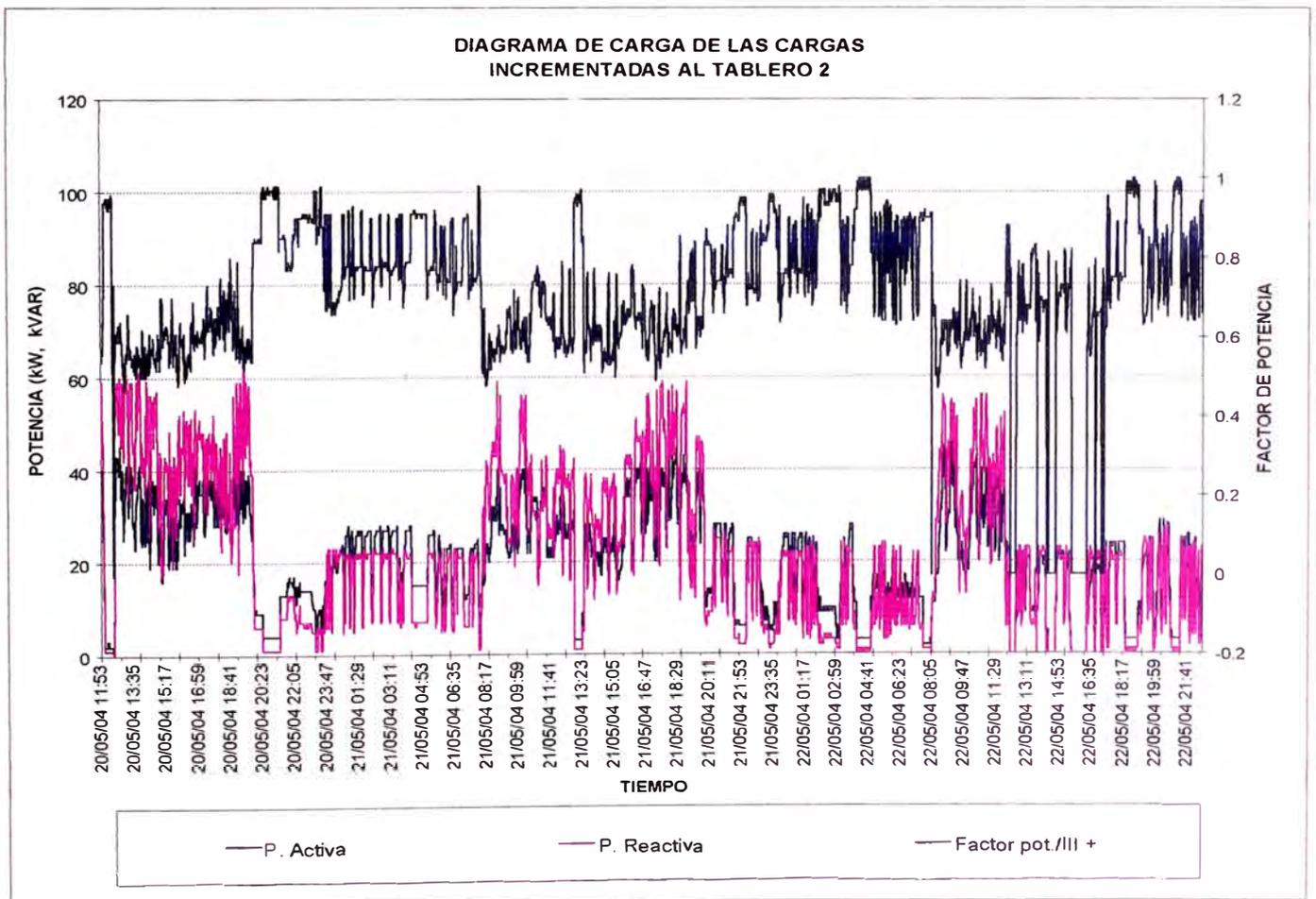


DIAGRAMA N° 4

En el diagrama de carga se puede observar que la máxima demanda alcanza un valor de 46.00 kW.

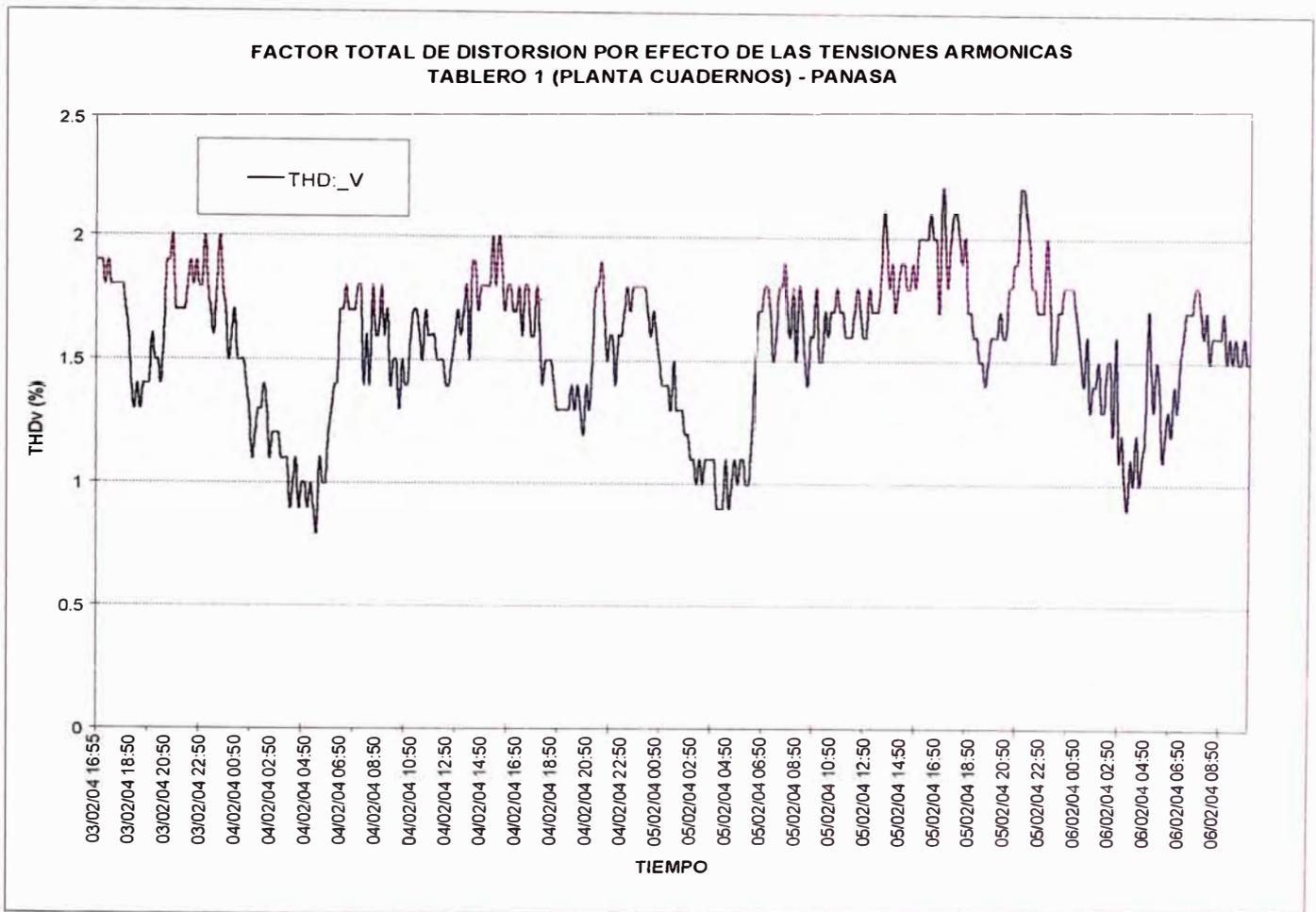
3.5 Calidad de Energía

Para el diseño de bancos de compensación reactiva es importante hacer un análisis del comportamiento de las componentes armónicas en las ondas de tensión y corriente que alimentan a la planta de PAPELERA NACIONAL S.A., a continuación se muestra el grado de perturbaciones armónicas medidas en los totalizadores de la planta. De los registros arrojados por el analizador de calidad de energía, se obtienen los siguientes resultados:

3.5.1 Tablero 1 – 220 V (Planta Cuadernos)

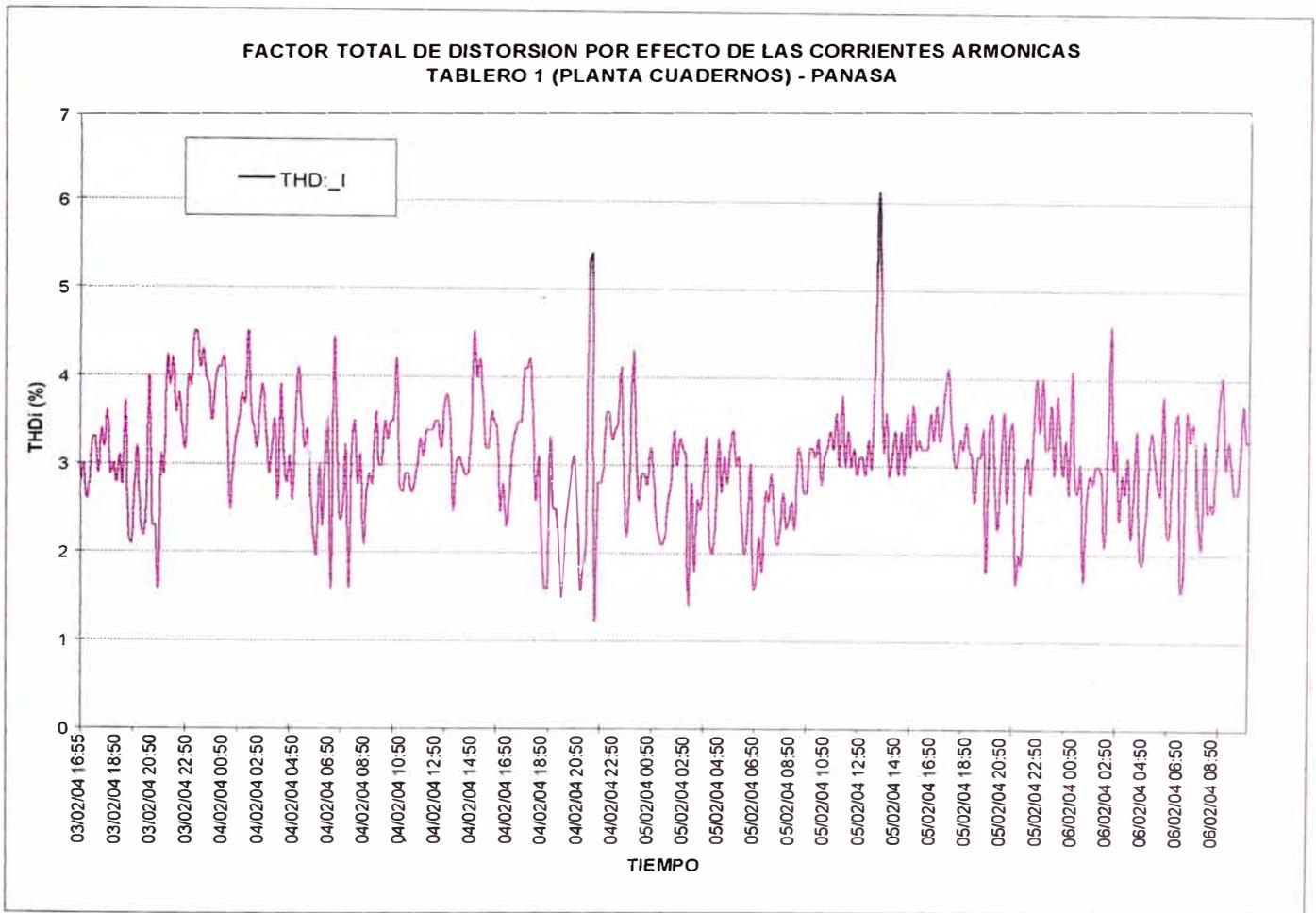
A. Medición de la distorsión armónica en la onda de tensión

En el gráfico que se muestra a continuación se presenta la variación del Factor de Distorsión Total por Tensiones Armónicas (THDv) del tablero 1 en 220 V de la planta de PAPELERA NACIONAL S.A.

**DIAGRAMA N° 4****B. Medición de la distorsión armónica en la onda de corriente**

En el gráfico que se muestra a continuación se presenta la variación del Factor de Distorsión Total por Corrientes Armónicas (THDi) del tablero 1 - 220 V de la planta de PAPELERA NACIONAL S.A.

El Factor de Distorsión por Armónicas (THDi) representa el grado de distorsión que presenta la onda de corriente.

**DIAGRAMA N° 5**

En el cuadro que se presenta a continuación se detallan los valores de THDi obtenidos por el registrador en el tablero 1 – 220 V de la Planta.

VALOR	THD _v (%)	THD _i (%)
MÁXIMO	2.20	6.10
PROMEDIO	1.56	3.07
MINIMO	0.80	1.30

Los valores de THD_v mostrados en el cuadro anterior están por debajo al 8% y menores a los límites que permite la NTCSE (Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos) en sistemas de Baja tensión, por lo tanto los índices de distorsión armónica no tienen relevancia para el diseño de los bancos de compensación reactiva.

3.5.2 Tablero 2 – 220 V (Con Menor Carga)

A. Medición de la distorsión armónica en la onda de tensión

En el gráfico que se muestra a continuación se presenta la variación del Factor de Distorsión Total por Tensiones Armónicas (THDv) del tablero 2 en 220 V de la planta de PAPELERA NACIONAL S.A.

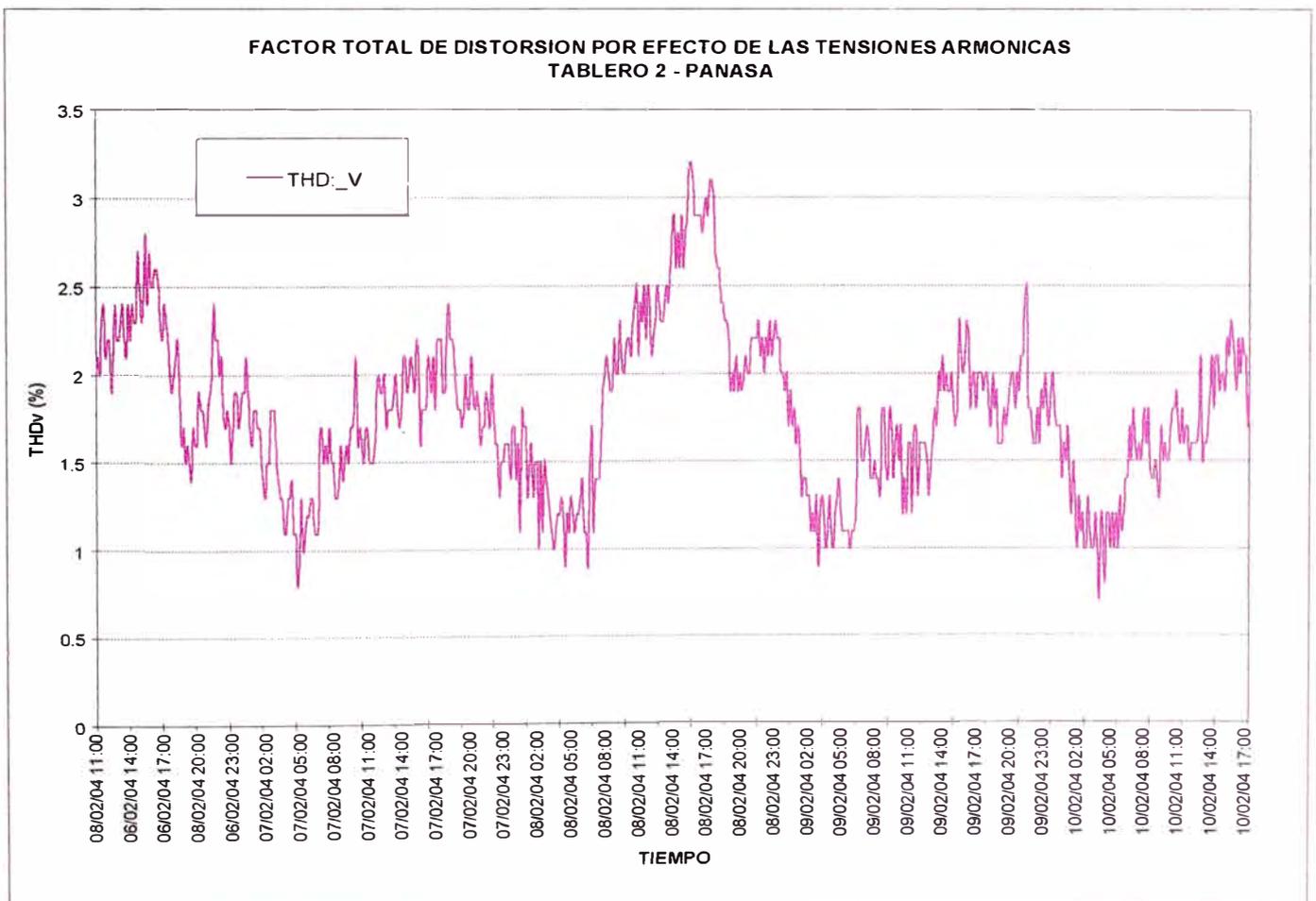


DIAGRAMA N° 6

B. Medición de la distorsión armónica en la onda de corriente

En el gráfico que se muestra a continuación se presenta la variación del Factor de Distorsión Total por Corrientes Armónicas (THDi) del tablero 2 en 220 V de la planta de PAPELERA NACIONAL S.A.

El Factor de Distorsión por Armónicas (THDi) representa el grado de distorsión que presenta la onda de corriente.

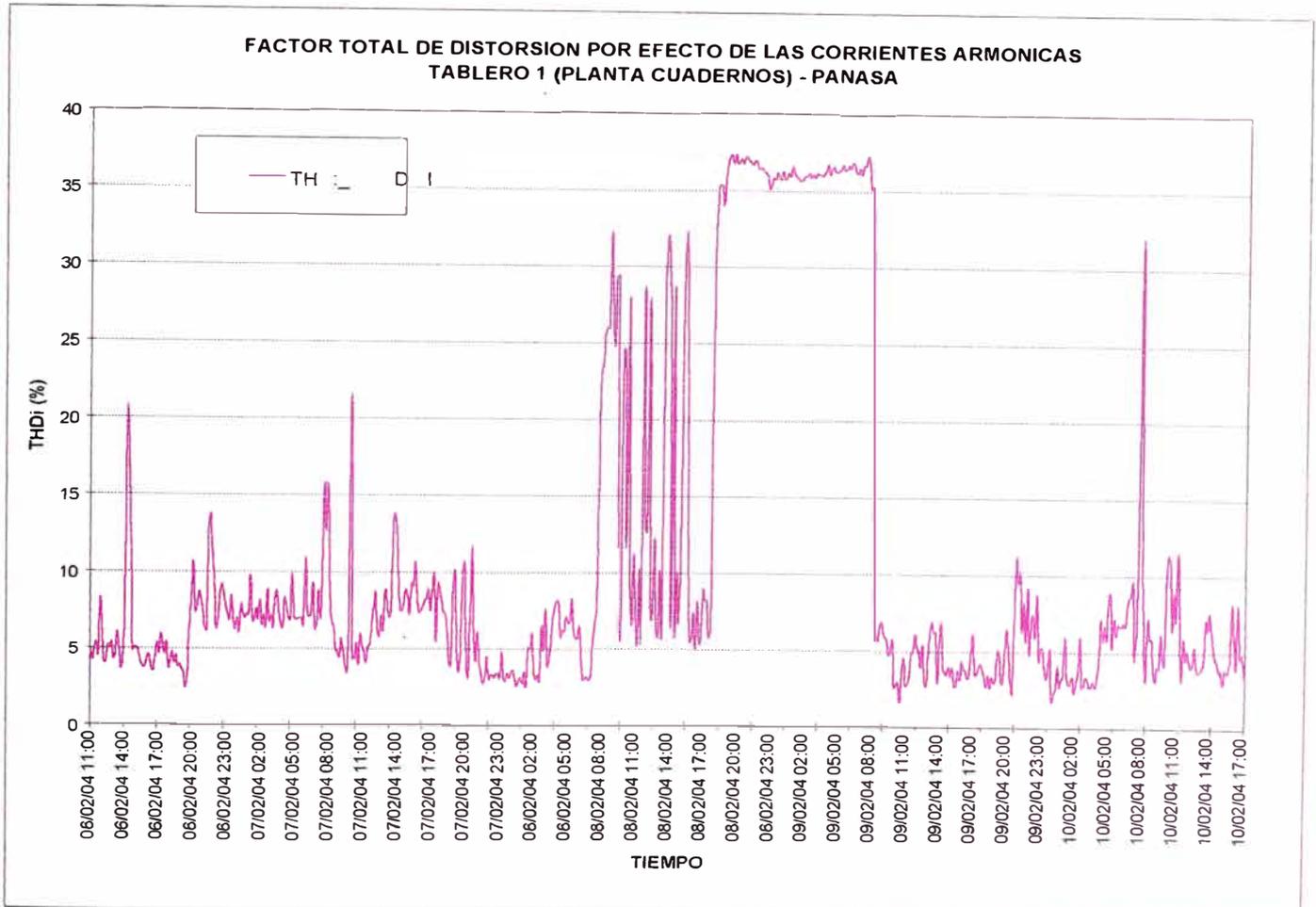


DIAGRAMA N° 7

En el cuadro que se presenta a continuación se detallan los valores de THD obtenidos por el registrador en el tablero 2 en 220 V de la Planta.

VALOR	THDv (%)	THDi (%)
MÁXIMO	3.20	37.40
PROMEDIO	1.78	11.12
MÍNIMO	0.70	1.70

Los valores de THDv mostrados en el cuadro anterior están por debajo al 8% y menores a los límites que permite la NTCSE (Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos) en sistemas de Baja tensión, por lo tanto los índices de distorsión armónica no tienen relevancia para el diseño de los bancos de compensación reactiva.

Cabe precisar que los altos valores de THDi registrados corresponden a las horas en que la demanda bajaba (noche del domingo 08/02/04), por lo que no indican ningún incremento de la distorsión armónica.

3.6 Dimensionamiento de Banco de Capacitores

Para evitar el pago de la energía reactiva, es necesario elevar el factor de potencia (Fdp) teniendo en cuenta que el pago por energía reactiva es sobre el 30% de la energía activa mensual consumida.

Finalmente el factor de potencia mínimo necesario para evitar el pago por concepto de energía reactiva de la expresión (3), calculamos

$$Fdp = \cos(\phi) = 0.95$$

Para calcular la Potencia del banco de condensadores para la compensación reactiva, se ha considerado los siguientes datos de las mediciones:

✓ Demanda máxima leída	492 kW
✓ Factor de Potencia	0.71
✓ Factor de potencia deseado	0.95

Reemplazando los valores registrados en la expresión (4):

$$Q_c = 340.71 \text{ kVAR}$$

Es la potencia reactiva mínima a instalar para evitar el pago por concepto de energía reactiva.

El valor de la potencia reactiva máxima a instalar para que el factor de potencia óptimo sea la unidad es de acuerdo a la expresión (4):

$$Q_c \text{ max} = 487.98 \text{ kVAR}$$

Para el presente dimensionamiento de los condensadores a instalar se va a considerar la mejora de factor de potencia a un valor de 0.98 para lograr un adecuado funcionamiento de los transformadores de potencia, reducción de los consumos de energía reactiva, así como una reducción de las pérdidas en las instalaciones eléctricas.

A continuación se presentan la alternativa más factible para el mejoramiento del factor de potencia total dentro de la planta de PAPELERA NACIONAL S.A

Compensación de la planta Papelera Nacional S.A.

A continuación se describe los detalles del banco de condensadores a implementarse:

Compensación

Para la compensación reactiva dentro de la planta de PAPELERA NACIONAL se propone la instalación de bancos de compensación cuya distribución es de acuerdo a lo siguiente:

El banco de condensadores necesario para compensar el exceso de potencia reactiva necesaria será:

FDP DESEADO EN PLANTA	0.98
-----------------------	------

"Q" A COMPENSAR
388.1 kVAR

La alternativa planteada por PAPELERA NACIONAL S.A. de seleccionar un banco de condensadores de 388.1 kVAR lograría compensar la planta a un factor de potencia ligeramente superior a 0.98.

Compensación - Tablero 1 (Planta Cuadernos)

El banco de condensadores necesario para compensar el exceso de potencia reactiva necesaria será:

FDP DESEADO EN PLANTA	0.98
-----------------------	------

"Q" A COMPENSAR
216.77 kVAR

La alternativa planteada por PAPELERA NACIONAL S.A. de seleccionar un banco de condensadores de 225 kVAR lograría compensar el tablero 1 a un factor de potencia ligeramente superior a 0.98.

Compensación - Tablero 2

El banco de condensadores necesario para compensar el exceso de potencia reactiva necesaria será:

FDP DESEADO EN PLANTA	0.98
-----------------------	------

"Q" A COMPENSAR
171.31 kVAR

La alternativa planteada por PAPELERA NACIONAL S.A. de seleccionar un banco de condensadores de 180 kVAR lograría compensar el tablero 2 a un factor de potencia ligeramente superior a 0.98. Sin embargo debido al aumento de cargas en este tablero se recomienda la instalación de un paso adicional de 20 KVAR , lo que significaría que el Banco de Condensadores tendría una potencia de 200 KVAR.

CUADRO RESUMEN DE DISEÑO DE BANCO DE CONDENSADORES

PARA LOS BANCOS DE CONDENSADORES COMPLETOS

	Regulación Física (Número de pasos)	Potencia del Banco de Condensadores (KVAR)	Tensión nominal (VOLT)	Corriente nominal (AMP)	Corriente Interruptor General (AMP)	De tablas Indeco: Cable para instalación de Banco (NYY)-15mt. c/u	Capacidad Max. Capacitores para evitar resonancia $Q_c < \frac{S_{nt} \times 100\%}{V^2 \times U_x}$	Escalonamiento elegido para Banco de Condensadores	Regulador de Potencia Reactiva
Banco de Condensadores Tablero 1	9 pasos x 25 KVAR	225	220	591.17	I.T.M.regulable de (320-800)A NS800H 800A	2x(3-1x150mm ²)	225 < 490	1.1.1.1.1.1... S	Varlogic R12
Banco de Condensadores Tablero 2	10 pasos x 20 KVAR	200	220	525.49	I.T.M.regulable de (320-800)A NS800H 700A	2x(3-1x150mm ²)	200 < 490	1.1.1.1.1.1... S	Varlogic R12

PARA CADA ESCALON DE LOS BANCOS DE CONDENSADORES

	Potencia de cada paso de Banco de Condensadores VARPLUS (KVAR)	Tensión nominal (VOLT)	Corriente nominal (AMP)	Corriente Fusible de cada paso (AMP)	De tablas de Indeco: Cable para instalación de Paso de Condensador(TW)- 0.8mt. c/u	Contactador especial para condensadores
Banco de Condensadores Tablero 1	25	220	65.69	100	25mm ²	LC1-DTK12M7 25KVAR / 220V bobina 220V
Banco de Condensadores Tablero 2	20	220	52.55	80	16mm ²	LC1-DPK12M7 20KVAR / 220V bobina 220V

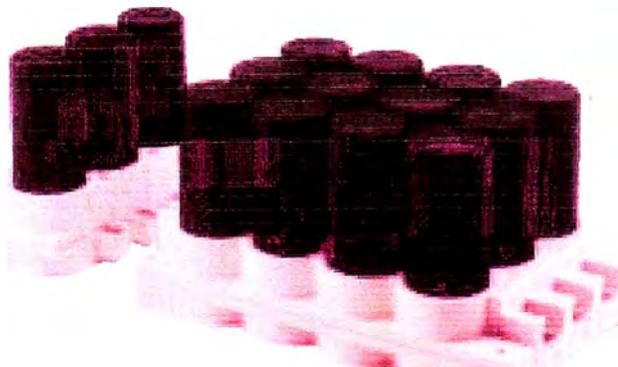
CAPITULO 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS

4.1 Condensadores

Los condensadores elegidos son los Varplus M, estos condensadores cubren una extensa gama de tensiones (230 V a 690 V) y de potencias a partir de un reducido número de referencias.

Su diseño modular permite el ensamblaje de distintos elementos para conformar potencias superiores.



Tecnología:

- La utilización de un film de polipropileno metalizado evita la necesidad de cualquier impregnante, proporcionando la ventaja de la autocicatrización.
- El sistema de protección HQ, que integra cada elemento monofásico, avala la seguridad en su utilización al proteger frente a los dos tipos de defectos que se pueden dar en el fin de vida de los condensadores:

La protección contra los defectos de elevada intensidad se realiza por un fusible interno de alto poder de corte.

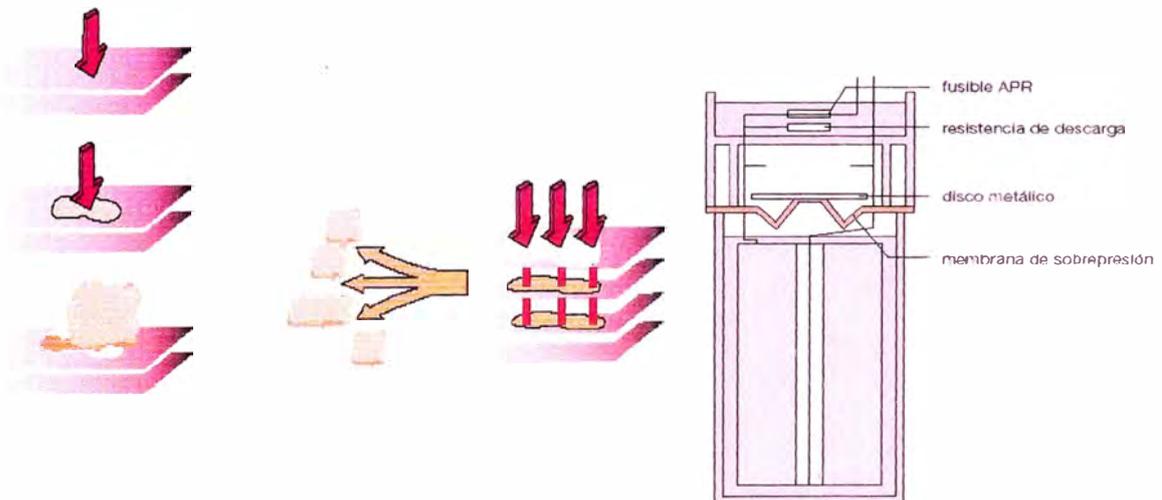
La protección contra los defectos de baja intensidad se realiza por la combinación de una membrana de sobre presión asociada al fusible interno APR.

Para ambos defectos es un fusible APR normalizado el que asegura el corte del circuito eléctrico.

- La envolvente plástica de los condensadores Varplus M posee doble aislamiento eléctrico y ofrece unas excelentes propiedades mecánicas y una máxima autoextinguibilidad (certificación UL 94 5 VA).
- El film plástico aislante, polipropileno, está recubierto con una capa metálica, zinc, que constituye un electrodo. Esta capa metálica confiere al film la propiedad de autocicatrización.

En caso de perforación del aislante, causada por un defecto en el film, la energía desprendida en el punto de defecto hace evaporarse el depósito metálico alrededor del defecto lo que reconstituye el aislamiento.

Sin embargo, la propiedad auto cicatrizante tiene límites, en particular si el defecto en el film es demasiado importante: el film alrededor del defecto está deteriorado y pierde sus propiedades aislantes, esto puede implicar un aumento de temperatura y presión en el interior del bote. En este momento el sistema HQ comienza a actuar.



Corte de un elemento monofásico que muestra el sistema de protección HQ, formado por la actuación combinada de la membrana de sobre presión que actúa por medio de un disco metálico sobre el fusible interno.

Características técnicas

- Tensión nominal: 400 V, trifásica 60 Hz. (Otras tensiones: 230 V, 440 V, 525 V, 550 V, 690 V.)
- Tolerancia sobre el valor de la capacidad: 0 + 10 %.
- Clase de aislamiento:
 - Resistencia a 60 Hz 1 minuto: 6 kV.
 - Resistencia a onda de choque 1,2/ 50 μ s: 25 kV.
- Intensidad máxima admisible:
 - Tipo estándar: 1,3 In (400 V).
 - Clase "H": 1,5 In (400 V).
- Tensión máxima admisible (8 h cada 24 h conforme CEI 831):
 - Tipo estándar: 450 V.
 - Clase "H": 520 V.
- Resistencias de descarga:
 - Incorporadas internamente en cada elemento monofásico.
- Pérdidas: < 0,5 W/kVAr
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura ambiente del aire:

potencia (kVAr)	máxima	media más alta sobre el período de:	
		24 h	1 año
< 65 kVAr	55 °C	45 °C	35 °C
de 67 a 90	50 °C	40 °C	30 °C
de 92 a 100	45 °C	35 °C	25 °C

- Temperatura mínima aire ambiente: -25 °C.
- Color:
 - Zócalo y accesorios: RAL 9002.
 - Botes: RAL 9005.
- Normas: CEI 831 1/2, UNE EN 60831 1/2, NF C 54-104, VDE 0560-41, CSA 22-2. N°190, UL 810.

Selección del tipo de condensador

Tomando en cuenta el valor medio de la tasa de distorsión armónica de corriente $THD_{(I)}$.

S_n : Potencia aparente del transformador.

S : Potencia de la carga (KVA) en el secundario del transformador.

$THD_{(I)} \times (S / S_n) < 5\%$	Varplus estándar
$5\% < THD_{(I)} \times (S / S_n) < 10\%$	Varplus clase H
$10\% < THD_{(I)} \times (S / S_n) < 20\%$	Solución SAH (varplus clase H + Reactor)

Para nuestro caso, de acuerdo a las mediciones efectuadas no es necesaria la protección adicional al condensador por lo cual elegimos el condensador

Varplus estándar. Si la red estuviese con niveles de armónicos elevados, se elegirían los modelos SAH, que incluyen un reactor para el rechazo de esas perturbaciones.

4.2 Protecciones de los Condensadores

Cuando los condensadores están funcionando, la corriente que está circulando por ellos depende de la tensión aplicada, de la capacidad y de las componentes armónicas de la tensión.

Las variaciones armónicas pueden llevar a una amplificación de corriente. La norma admite un 30% como valor y hay que añadir las posibles variaciones debidas a la tolerancia de los condensadores.

Interruptores Termo magnéticos

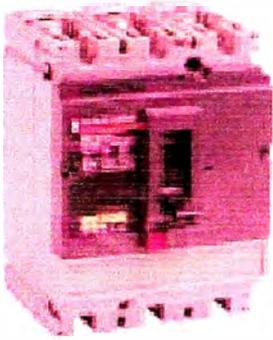
Su calibre debe ser elegido en función que permita un reglaje de la protección térmica a:

$1,36 \times I_n$ para los equipos estándar

$1,5 \times I_n$ para los equipos clase H

$1,36 \times I_n$ para los equipos clase SAH (sintonizados a 215 Hz).

El reglaje de las protecciones de cortocircuito (magnéticas) deberá permitir el paso de los transitorios de conexión: $19 \times I_n$.



Los fusibles

Hay que utilizar fusibles de tipo NH tamaño 0 y la elección de calibres en función de:

$1,6 \times I_n$ para los equipos estándar

$1,6 \times I_n$ para los equipos clase H

$1,5 \times I_n$ para los equipos clase SAH (sintonizados).

4.3 Contactor

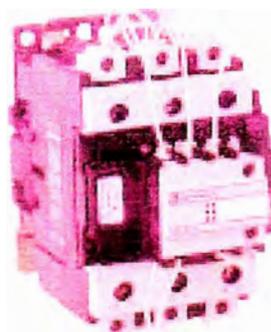
Los condensadores forman, con los circuitos a cuyas bornas están conectados, circuitos oscilantes que pueden producir en el momento de la conexión corrientes transitorias de elevada intensidad ($> 180 I_n$) y de frecuencias elevadas (de 1 a 15 kHz).

Para solucionar este problema sin tener que acudir a contactores extraordinariamente sobredimensionados se aumentaba la inductancia de la línea con el acoplamiento en serie de inductancias de choque.

Un contactor específicamente diseñado para el mando de condensadores

Los contactores Telemecanique modelo **LC1-D.K.** están equipados con un bloque de contactos adelantados y con resistencias de preinserción que limitan el valor de la corriente en la conexión a $60 I_n$.

El diseño patentado del aditivo garantiza la limitación de la corriente de conexión con lo que aumenta la durabilidad de los componentes de la instalación y en particular la de los fusibles y condensadores.



Características técnicas

➤ Condiciones de utilización:

- No es necesario utilizar inductancias de choque ni en baterías de un solo escalón ni de escalones múltiples.
- La protección contra cortocircuitos se realizará por medio de fusibles gl de calibre comprendido entre 1,7 y 2 In.
- Temperatura media sobre 24 h: 45 °C según normas CEI 831 y CEI 70.

Tabla N° 07 : Elección de contactores para mando de condensadores

220 V 240 V kVAr	400 V 440 V kVAr	660 V 690 V kVAr	Contactos auxiliares		par de apriete Nm	referencia básica
			“NA”	“NC”		
6,7	12,5	18	1	1	1,2	LC1-DFK11..
10	20	30	1	1	1,9	LC1-DLK11..
15	25	36	1	1	2,5	LC1-DMK11..
20	33,3	48	1	2	5	LC1-DPK12..
25	40	58	1	2	5	LC1-DTK12..
40	60	92	1	2	11	LC1-DWK12..

➤ Potencias máximas de empleo

Las potencias indicadas en la tabla anterior se entienden para las siguientes condiciones:

- Corriente de llamada con cresta presumible de: 200 In.
- Cadencia máxima:
LC1-DFK, DLK, DMK, DPK: 240 ciclos/hora
LC1-DTK, DWK: 200 ciclos/hora.
- Endurancia eléctrica a la carga nominal:

LC1-DFK (400 V): 300.000 ciclos.

C1-DLK, DMK, DPK, DTK, DWK (690 V): 200.000 ciclos.

➤ **Circuito de mando:**

- Tensiones disponibles:

24/42/48/110/220/230/240/380/400/415/440/500/600 Vca.

- Frecuencias: 50 Hz, 60 Hz, 50-60 Hz.

➤ **Normas:**

- Son conformes con las normas:

CEI 70, CEI 831, NFC 54-100, VDE 0560, UL y CSA.

4.4 Regulador Automático de Potencia Reactiva

Como en una instalación industrial la carga eléctrica no es constante, lo mismo sucede con la carga reactiva que se requiere, es variable, es por este motivo que se hace necesaria la regulación automática a través del regulador Varlogic.

Reguladores Varlogic

Los reguladores Varlogic miden permanentemente el $\cos\phi$ de la instalación y controlan la conexión y desconexión de los distintos escalones para llegar en todo momento al $\cos\phi$ objetivo.

La gama Varlogic está formada por 3 aparatos:

- Varlogic R6: regulador de 6 escalones.
- Varlogic R12: regulador de 12 escalones.

Características técnicas

Datos generales:

- Precisión: 2,5 %.
- Temperatura de funcionamiento: 0 a 50 °C.
- Temperatura de almacenamiento: 20 °C a + 60 °C.
- Color: RAL 7021.
- Normas CEM: EN 50082-2. EN 50081-2.
- Normas eléctricas: CEI 664, VDE 0110, CEI 1010-1, EN 61010-1.

- Montaje: sobre carril DIN 35 mm (EN 50022) o empotrado (taladro 138 x 138 mm – 0 + 1 mm),
- Pantalla de 7 segmentos (R6).
- Pantalla alfanumérica de 16 caracteres (R12 y RC12). Idiomas (inglés, francés, alemán, español).
- Contacto de alarma: separado y libre de tensión.
- Mantenimiento del mensaje de alarma y anulación manual del mensaje.

Entradas:

- Conexión fase-fase o fase-neutro.
- Insensible al sentido de rotación de fases y de conexión del TI (bornes K-L).
- Desconexión frente a microcortes superiores a 15 ms.
- Entrada intensidad: TI X/5 clase 1.
- Intensidad mínima de funcionamiento en el secundario del TI:
R6, R12: 0,18 A.
- Tensión:
R6: 220/240, 380/415.
R12 : tensión de alimentación independiente 230 V; tensión de medida (red) 415 V.

Salidas:

- Contactos secos:

CA: 2 A/400 V, 2 A/250 V, 2 A/120 V,

CC: 0,3 A/110 V, 0,6 A/60 V, 2 A/24 V.

Ajustes y programación:

- Ajuste $\cos\phi$ objetivo: 0,8 ind. a 0,9 cap.

- Búsqueda automática del C/K.

- Ajuste manual del C/K: 0 a 1,99.

- Programas de regulación:

n: (2 + lineal).

Ca (circular).

Cb (1 + circular).

S (lineal).

- Escalonamientos posibles / programa:

1.1.1.1.1.1 Cb / n / S (Utilizaremos este escalonamiento)

1.1.2.2.2.2 n

1.1.2.3.3.3 n

1.2.2.2.2.2 Cb

1.2.3.3.3.3 n

1.2.3.4.4.4 n

1.2.4.4.4.4 n

- Temporización entre desconexiones sucesivas de un mismo escalón:
ajuste digital (10 a 300 s).
- Mando manual para test de funcionamiento.

Ajustes de fábrica:

- $\cos\phi$ objetivo: 1.
- C/K: 0,5.
- Programa de regulación: n.
- Temporización entre desconexiones sucesivas de un mismo escalón:
50 s.

Regulación física

El escalonamiento o regulación física de una batería automática indica la composición y el número de los conjuntos condensador-contactador que la forman.

Normalmente se suele expresar como relación de la potencia del primer escalón con el resto de escalones.

Regulación eléctrica

Realmente, el dato que marca la diferencia de actuación de una batería es la regulación eléctrica.

Por lo tanto, en una batería bien elegida debe existir un equilibrio entre la regulación eléctrica y física.

Los reguladores Varlogic permiten hasta 7 regulaciones distintas con lo que optimizan el coste del equipo proporcionando un máximo de "finura" en la regulación.

La programación de un regulador

Los datos que se deben programar en un regulador al realizar la puesta en marcha son los siguientes:

- El $\cos\phi$ deseado en la instalación.
- La relación C/K.

Estos datos son únicos para cada instalación y no se pueden programar de fábrica.

Qué es el C/K

El regulador es el componente que decide la entrada o salida de los distintos escalones de potencia en función de 3 parámetros:

- El $\cos\phi$ que se desea en la instalación.
- El $\cos\phi$ que existe en cada momento en la instalación.
- La intensidad del primer escalón (que es el que marca la regulación mínima de la batería).

La entrada de intensidad al regulador se efectúa siempre a través de un TI de relación X/5.

Para que el regulador pueda tomar la decisión de conectar o desconectar escalón debe saber cuál va a ser la intensidad reactiva que va a introducir en la instalación, y esta intensidad debe estar referida al secundario del TI ya que es el valor que el regulador "lee".

La forma de programar este valor es lo que se conoce como C/K y su fórmula es la siguiente:

$$C/K = \frac{Q_1 / \sqrt{3} \times U}{R_{TI}}$$

donde:

Q1 = potencia reactiva del primer escalón (VAR).

U = tensión FF.

RTI = relación TI (X/5).

Ejemplo:

Batería de 70 kVAr, formada por los siguientes escalones de potencias: 10 + 20 + 40. Se conecta en una instalación donde el disyuntor general de protección es de 630 A. El TI que se deberá instalar será 700/5 y el cálculo del C/K será:

$$C/K = (10 \times 1000) / (1.73 \times 400) / (700/5) = 0,10$$

La importancia del ajuste del C/K

Para comprender la importancia del ajuste C/K hay que pensar que cada batería tiene un escalonamiento mínimo definido (determinado por la potencia del primer escalón).

Por este motivo la batería no se podrá ajustar al $\cos\phi$ deseado a no ser que la demanda de la instalación coincida exactamente con dicho valor o un múltiplo del mismo.

Ejemplo:

Batería de 70 kVAr formada por los siguientes escalones: 10 + 20 + 40.

El $\cos\phi$ objetivo programado en el regulador es = 1.

Los datos de la instalación en un determinado momento son:

$$P = 154 \text{ kW}$$

$\cos\phi = 0,97$ con lo que la Q reactiva necesaria para alcanzar el $\cos\phi$ deseado sería:

$$Q = P \times (\text{tg}\phi \text{ inicial} - \text{tg}\phi \text{ deseado}) = 154 \times (0,25 - 0) = \mathbf{38,5 \text{ kVAr}}$$

Como el escalonamiento eléctrico de esta batería es de $7 \times 10 \text{ kVAr}$, la batería estaría constantemente fluctuando entre 30 y 40 kVAr.

Para evitar esta actuación inestable existe el ajuste C/K.

Interpretación del ajuste C/K

En la fig. 09 está representado el significado del ajuste C/K:

- El eje X representa la intensidad activa de la instalación; el eje Y, la intensidad reactiva (inductiva en el semiplano positivo y capacitiva en el negativo).
- Se puede representar en este gráfico cualquier situación del $\cos\phi$ de la instalación como las coordenadas de un punto (X,Y) atendiendo a las componentes de intensidad activa y reactiva.

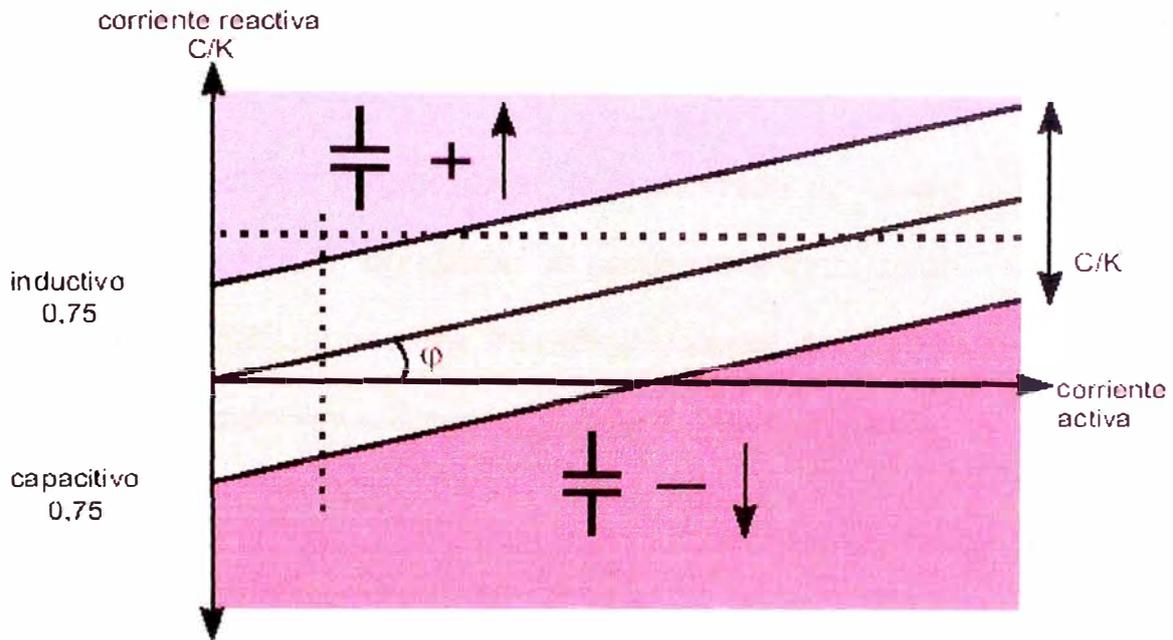


Fig. 09 : interpretación del ajuste C/K en un regulador de energía reactiva.

- Se ha representado la línea cuya pendiente es la $\text{tg}\phi$, siendo ϕ el ángulo para el $\cos\phi$ deseado.
- Como se ha visto anteriormente la batería no se puede ajustar exactamente a la demanda de reactiva que existe en cada momento en la instalación, por eso se crea una banda de funcionamiento estable del regulador en la cual a pesar de que el $\cos\phi$ no sea exactamente el deseado no va a conectar ni desconectar más escalones.
- Esa banda es el C/K; por encima de la banda C/K el regulador va a conectar escalones y por debajo los desconecta.
- Un ajuste demasiado bajo del C/K implicaría un sobretrabajo inútil de los contactores; un C/K demasiado alto supondría una banda estable

excesivamente ancha, y por lo tanto no se alcanzaría el $\cos\phi$ deseado.

- Los reguladores proporcionan la posibilidad de ajuste automático del C/K bajo cualquier condición de carga de la instalación.
- El ajuste manual permite introducir valores de C/K desde 0,01 hasta 1,99 pudiendo visualizar en pantalla el valor ajustado.

4.5 Tablero Metálico Autosoportado

El tablero o gabinete será metálico, fabricado en plancha LAF de 2.50 mm de espesor, para las estructuras y apanelado con plancha LAF de 2.00 mm. La puerta será fabricada con plancha LAF de 2.00 mm. Todo el tablero será sometido a tratamiento anticorrosivo y a la aplicación de dos capas de pintura anticorrosiva epóxica y un acabado con pintura epóxica color beige. Las dimensiones de los gabinetes en ambos casos son de: 2200x1600x800mm (altoxanchoxprofundidad). En los gabinetes estarán instalados los componentes de los bancos de condensadores. El diseño del gabinete contempla el dimensionamiento de las barras de distribución y disposición de equipos descritos en el cuadro resumen. Se debe contemplar el aumento de potencia del Banco de condensadores a futuro, dejando espacios de reserva para el aumento de pasos de capacitores necesarios. Los gabinetes estarán provistos de ventiladores y rejillas de ventilación en su diseño.

4.6 Conductores Eléctricos

Los conductores deben soportar un exceso de 35% más de la capacidad nominal de cada condensador y del interruptor general de cada banco de condensadores.

Para la instalación de cada paso de banco de condensadores utilizaremos el cable TW y para la instalación de los bancos de condensadores mismos utilizaremos los cables tipo NYY.

Las capacidades de los cables escogidos se detallan en el cuadro resumen presentado y podemos revisar el anexo correspondiente al catálogo de cables indeco, para información general.

4.7 Transformadores de Intensidad

El regulador de potencia reactiva, para su funcionamiento, necesita una señal de corriente que se toma de cada tablero de distribución, para ello utilizaremos transformadores de intensidad, tipo toroidal. Para el tablero 1 utilizaremos un transformador de intensidad de 1000/5A, en cuanto al tablero 2 utilizaremos un transformador de intensidad de 800/5A.

CAPITULO 5

METRADO BASE Y PRESUPUESTO, CRONOGRAMA Y BENEFICIOS ECONOMICOS

En este capítulo se realiza la presentación del alcance, de cuanto sería el costo de inversión de suministro e instalación de los Bancos de Condensadores, de que elementos son necesarios para la constitución de los Bancos de Condensadores y sus características. Mostramos los siguientes cuadros detallados, que han sido elaborados de acuerdo a los estudios previos realizados.

Además se detalla el cronograma de ejecución y los beneficios económicos que se logran al compensar la potencia reactiva de las Instalaciones Industriales de la Planta de la Papelera Nacional S.A.

Para culminar se presentan las conclusiones, recogidas después de realizar el estudio de Implementación de Banco de Condensadores.

5.1 Metrado Base Y Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	Precio unitario US \$	Subtotal US \$	Precio Total US \$
1.00	BANCO DE CONDENSADORES 200 KVAR 220V	01				6,484.45
1.01	Tablero Autosoportado de 02 cuerpo 1600X800X2200mm	01	Pza	1,200.00	1,200.00	
1.02	I.T.M 3 X 800A 80KA en 220V NS800N regulable (320-800A), Merlin Gerin	01	Unid	892.69	892.69	
1.03	Fusibles NH 80A, unipolares, con base portafusibles	30	Pza	6.40	192.00	
1.04	Condensador 20KVAR 220V, Modulares M1	10	Unid	227.52	2,275.20	
1.05	Regulador de Potencia Reactiva VARLOGIC NR12	01	Unid	367.09	367.09	
1.06	Contactador Telemecanique para 20KVAR 220V, bobina 220V, 60HZ	10	Unid	93.15	931.54	
1.07	Ventiladores caudal 250 m3/hr, 220V, 60 Hz VF250	02	Unid	186.63	373.26	
1.08	Rejillas de salida VF250 FS 130	02	Unid	41.52	83.03	
1.09	Termostato NA TS 141	01	Unid	19.63	19.63	
1.10	Lote de terminales, cableado, material varios.	01	Glb	150.00	150.00	
2.00	BANCO DE CONDENSADORES 225 KVAR 220V	01				7,833.67
2.01	Tablero Autosoportado de 02 cuerpos 1600X800X2100mm	01	Pza	1,200.00	1,200.00	
2.02	I.T.M 3 X 800A 80KA en 220V NS800N regulable (320-800A), Merlin Gerin	01	Unid	892.69	892.69	
2.03	Fusibles NH 100A, unipolares, con base portafusibles, tam 0	27	Pza	8.00	216.00	
2.04	Condensador 25KVAR 220V, Modulares M1	10	Unid	300.84	3,008.36	
2.05	Regulador de Potencia Reactiva VARLOGIC NR12	01	Unid	367.09	367.09	
2.06	Contactador Telemecanique para 25KVAR 220V, bobina 220V, 60HZ	10	Unid	152.35	1,523.52	
2.07	Ventiladores caudal 250 m3/hr, 220V, 60 Hz VF250	02	Unid	186.63	373.26	
2.08	Rejillas de salida VF250 FS 130	02	Unid	41.52	83.03	
2.09	Termostato NA TS 141	01	Unid	19.63	19.63	
2.10	Lote de terminales, cableado, material varios.	01	Glb	150.00	150.00	
3.00	INSTALACION Y ALIMENTACION BANCO DE CONDENSADORES					4,394.19
3.01	Instalacion mecanica de los tableros de bancos de condensadores	01	Glb.	300.00	300.00	
3.02	Suministro de cable NYY 2x(3-1x150mm ²)	30	metros	108.00	3,240.00	
3.03	Suministro de transformador de corriente 1000/5 Amp. (Tablero 1)	01	Unid	32.19	32.19	
3.04	Suministro de transformador de corriente 600/5 Amp. (Tablero 2)	01	Unid	22.00	22.00	
3.05	Instalaciones Electricas para los bancos de condensadores	01	Glb	700.00	700.00	
3.06	Materiales Menudos	01	Glb.	100.00	100.00	
4.00	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD 25%(ITEM 1.00 + 2.00+ 3.00)	01	Glb.	4678.06	4,678.06	4,678.06

COSTO TOTAL US \$	23,390.31
IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS 19 % US \$	4,444.16
TOTAL US \$	27,834.46

5.2 Cronograma de Ejecución

ITEM	DESCRIPCION	DIAS																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.00	Estudios Preliminares																							
	1.01 Instalación de analizador de redes y toma de datos	■	■	■																				
	1.02 Elaboración de informe justificatorio				■	■	■	■	■															
2.00	Fabricación de banco de Condensadores																							
	2.01 Fabricación de Gabinetes metalicos								■	■	■	■	■											
	2.02 Suministros de equipos electricos (condensadores, contactores, etc)									■	■	■	■	■										
	2.03 Montaje Mecanico de equipos y accesorios													■	■	■	■	■	■					
	2.04 Cableado de fuerza y control																	■	■	■				
	2.05 Pruebas de tablero - acabados de fabricación																				■			
3.00	Instalación de banco de condensadores																							
	3.01 Obras Preliminares para instalación de Banco de condensadores Tab 1																■	■	■	■	■	■		
	3.02 Instalación electromecanica de Banco de condensadores Tab1																					■	■	
	3.03 Obras Preliminares para instalación de Banco de condensadores Tab 2																■	■	■	■	■	■		
	3.04 Instalación electromecanica de Banco de condensadores Tab2																					■	■	
4.00	Pruebas de funcionamiento																							
	4.01 Programación y Pruebas de funcionamiento																							■

Acotaciones:

Las obras preliminares para la instalación de los Bancos de Condensadores , contemplan el suministro de cable de interconexión entre tableros de distribución y bancos de condensadores.

Los trabajos de instalación electromecanica se realizaran en coordinación con la direccion de mantenimiento electrico de la Planta Industrial PANASA.

5.3 Beneficios Económicos

Los ahorros a lograr mediante la compensación reactiva serán los costos actuales que se tienen por el consumo de energía reactiva de la red de EDELNOR, ya que al instalar los bancos de compensación reactiva se logrará mejorar el factor de potencia y eliminar los excesos de consumos de energía reactiva; por lo tanto los ahorros se calculan bajo el siguiente análisis:

Tomando como referencia el consumo promedio de los últimos 12 meses, registrado por la concesionaria EDELNOR

Consumo mensual de energía reactiva : 121 597 kVARh/mes

Energía Reactiva a Facturarse : 85 209 kVARh/mes

El ahorro energético anual que se obtendrá será como mínimo:

Ahorro energético	=	1 022 509 kVARh/año
--------------------------	----------	----------------------------

Por lo tanto el ahorro económico será:

$$AE = 1\,022\,509 \text{ kVARh/año} \times 0.01486 \text{ US\$/kVARh} = 15\,192 \text{ US\$}$$

Ahorro Económico	=	15 192 US\$/año
-------------------------	----------	------------------------

Al costo de la energía reactiva según las tarifas vigentes (0.0426 S./kVARh) se le agrega el 19 % de IGV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Del informe se concluye que para realizar la compensación reactiva de cualquier planta industrial, es necesario en la actualidad realizar un estudio de calidad de energía para garantizar el buen funcionamiento del banco de condensadores y protegerlo de un deterioro debido a las perturbaciones eléctricas, específicamente de los armónicos.
2. Si en el supuesto caso, ya exista un banco de condensadores instalado, en una instalación contaminada por armónicos que sobrepasen los límites permisibles, se recomienda el reemplazo de estos, por uno protegidos con reactores y a su vez realizar un estudio para la instalación de filtros de rechazo contra los armónicos. No es posible agregar los reactores después de instalados los condensadores, pues los reactores producirían un aumento de tensión en los condensadores.
3. De los cálculos efectuados para las condiciones actuales de consumos, se justifica el requerimiento de 225 kVAR y 200 kVAR a instalarse en el tablero 1 (Planta Cuadernos) y el tablero 2 respectivamente.

4. El análisis de los registros de calidad de energía, no indica niveles críticos de perturbación armónica, sin embargo cabe indicar que al incrementar futuras cargas, es necesario se realicen nuevas mediciones para descartar el aumento de las perturbaciones eléctricas.
5. Mediante la mejora del factor de potencia en la planta de PAPELERA NACIONAL S.A. se van a lograr ahorros anuales del orden de los **15 192US\$**. Estos ahorros se obtendrán por la eliminación del pago por consumo de energía reactiva.
6. La Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos, establece límites permisibles para las tensiones armónicas, mas no para las corrientes armónicas.
7. En el cuadro se detallan dos características que se mejoraron al realizar la compensación reactiva.

Característica Eléctrica	cosϕ1 (inicial) 0.80	cosϕ2 (final) 0.98	Diferencia entre antes y después de compensar	Observación
Potencia (KW)	615.00	502.04	112.96	Potencia Liberada en Transformador (KW)
Corriente (Amp)	1615.87	1319.08	296.79	Reducción de Corriente en alimentadores (Amp)

BIBLIOGRAFIA

N.P. JOHNSON, S.J. GOH, E. ACHA, P. MILLER, "THE STUDY OF POWER QUALITY BY MEASUREMENT", RV'69, TOMO I.

PRABHAKARA, R.L. SMITH, R.P. STRATFORD, "INDUSTRIAL AND COMMERCIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK" , MCGRAW-HILL , CAPITULO 11.

SCHNEIDER ELECTRIC PERU, "MANUAL Y CATALOGO DEL ELECTRICISTA", EDICION 2003.

NORMA TECNICA PERUANA DE CALIDAD DE SERVICIOS ELECTRICOS, DECRETO SUPREMO N°020-97 EM.

ANOTACIONES DEL SEMINARIO DICTADO EN TECSUP, "PERTURBACION EN SISTEMAS ELECTRICOS: DIAGNOSTICO Y SOLUCION" , SETIEMBRE 2004.

ANEXOS

- ANEXO 1. Plano de disposición de banco de condensadores 225KVAR/220V
- ANEXO 2. Plano de disposición de banco de condensadores 200KVAR/220V
- ANEXO 3. Esquema eléctrico general del banco de condensadores
- ANEXO 4. Tabla de valores indicativos para la compensación de transformadores en BT
- ANEXO 5. Tabla de valores indicativos para la compensación de transformadores en MT
- ANEXO 6. Tabla de valores indicativos para la compensación de motores asíncronos en BT
- ANEXO 7. Tabla de valores indicativos para la compensación de motores asíncronos en MT.
- ANEXO 8. Causas y consecuencias de los armónicos en una instalación industrial
- ANEXO 9. : Pliegos tarifarios de electricidad aplicables al cliente final
- ANEXO 10. : Información complementaria.



ANEXO 1: PLANO DE DISPOSICION DE BANCO DE CONDENSADORES 225 KVAR / 220V



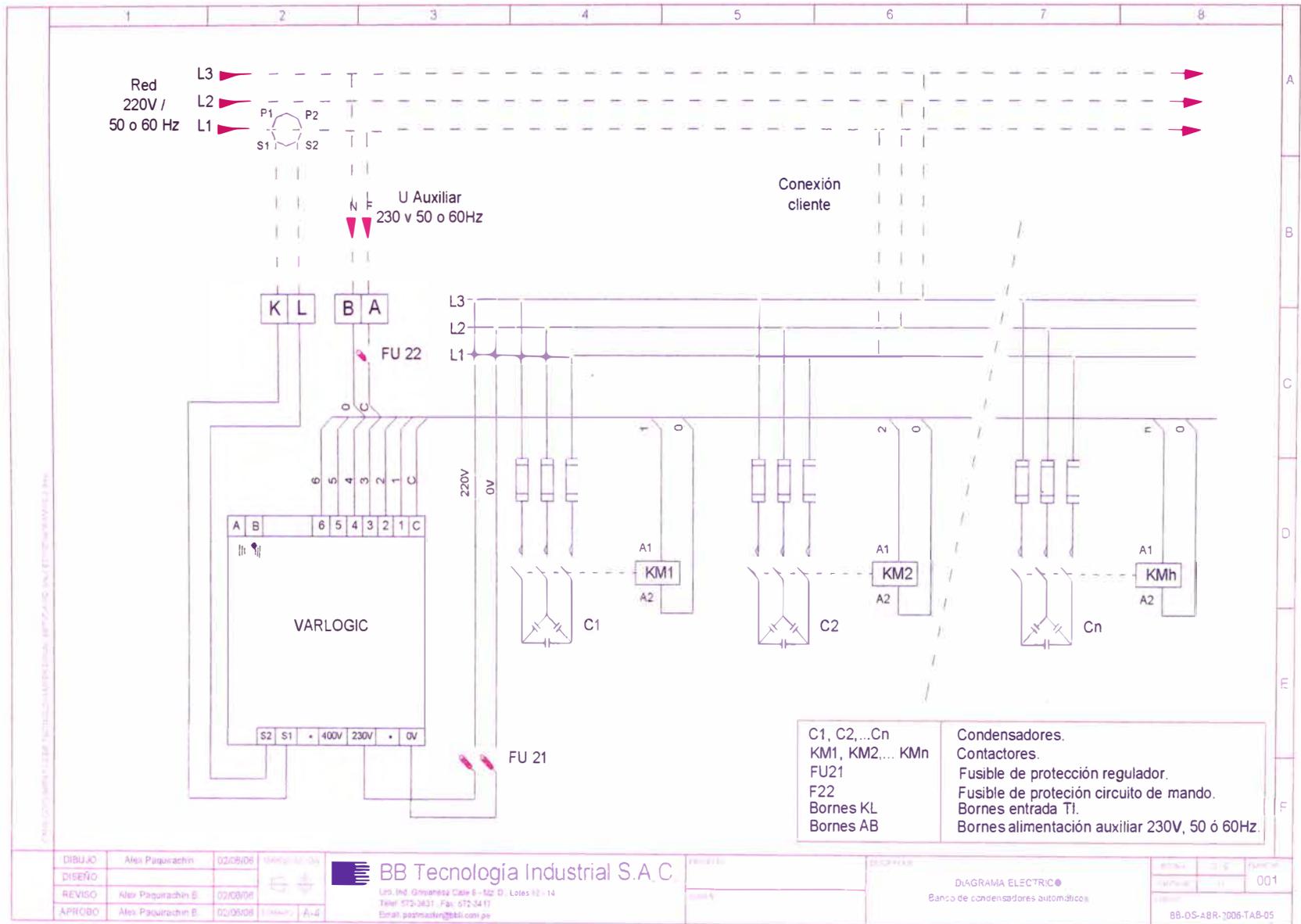
BB Tecnología Industrial S.A.C.

Urb. Ind. Grmamesa Calle 5 - Mz. D Lote 13 - 14
 Telef. 572-3831 Fax. 572-3417
 Email: postmaster@bti.com.pe

DIBUJO	Alex Paquirachin	REVISADO		FECHA	
DISEÑO	Alex Paquirachin	APROBADO			
REVISO	Alex Paquirachin				P-M
APROBO					

TABLERO AUTOSOPORTADO PARA
 BANCO DE CONDENSADORES
 200KVAR/ 220V

ANEXO 2: PLANO DE DISPOSICION DE BANCO DE CONDENSADORES 200 KVAR / 220V



ANEXO 3: ESQUEMA ELECTRIC GENERAL DE BANCO DE CONDENSADORES

ANEXO 4: TABLA DE VALORES INDICATIVOS PARA LA COMPENSACIÓN DE TRANSFORMADORES EN BT.

Transformador		En aceite		Secos	
S (KVA)	Ucc (%)	Vacío	Carga	Vacío	Carga
100	4	2.5	5.9	2.5	8.2
160	4	3.7	9.6	3.7	12.9
250	4	5.3	14.7	5.0	19.5
315	4	6.3	16.3	5.7	24
400	4	7.6	22.9	6.0	29.4
500	4	9.5	26.7	7.5	36.8
630	4	11.3	35.7	8.2	45.2
800	4	20.0	66.6	10.4	57.5
1000	6	24.0	82.6	12	71
1250	5.5	27.50	100.8	15	88.8
1600	6	32	126	19.2	113.9
2000	7	38	155.3	22	140.6
2500	7	45	191.5	30	178.2

ANEXO 5: TABLA DE VALORES INDICATIVOS PARA LA COMPENSACIÓN DE TRANSFORMADORES EN MT.

Potencia Aparente (MVA)	Tensión Primario	Tensión Secundario	Tensión Corto circuito Ucc (%)	Potencia reactiva a compesar sin carga
2.5	20	3 a 16	6.5	40
	30	3 a 16	6.5	50
3.15	20	3 a 16	7	50
	30	3 a 16	7	60
4	20	3 a 16	7	60
	30	3 a 16	7	70
5	20	3 a 16	7.5	70
	30	3 a 16	7.5	60
6.3	10 a 36	3 a 20	8.1	70
8	10 a 36	3 a 20	8.4	80
10	10 a 36	3 a 20	8.9	90
12.5	10 a 36	3 a 20	9	120
16	45 a 66	3 a 20	9.3	130
20	45 a 66	3 a 20	9.4	140
25	45 a 66	3 a 20	9.7	175
31.5	45 a 66	3 a 20	11	190
40	45 a 66	3 a 20	12	240

ANEXO 6: TABLA DE VALORES INDICATIVOS PARA LA COMPENSACIÓN DE
MOTORES ASÍNCRONOS EN BT.

Motor asincrono BT		RPM Potencia Reactiva (KVAR)			
Potencia Nominal (KW)	C. V.	3000	1500	1000	750
11	15	2.5	2.5	2.5	5
18	25	5	5	7.5	7.5
30	40	7.5	10	11	12.5
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	485	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Máxima potencia reactiva a instalar en los bornes de un motor

ANEXO 7: TABLA DE VALORES INDICATIVOS PARA LA COMPENSACIÓN DE
MOTORES ASÍNCRONOS EN MT.

<i>Motor asincrono MT</i>		<i>RPM Potencia Reactiva (KVAR)</i>			
<i>Potencia Nominal (KW)</i>	<i>C. V.</i>	<i>3000</i>	<i>1500</i>	<i>1000</i>	<i>750</i>
140	190	30	35	40	50
160	218	30	40	50	60
180	244	40	45	55	65
280	380	60	70	90	100
355	482	70	90	100	125
400	543	80	100	120	140
500	679	100	125	150	175
1000	1369	200	250	300	350
1400	1902	280	350	420	490
1600	2174	320	400	480	560
2000	2717	400	500	600	700
2240	3043	450	560	680	780
3150	4280	630	800	950	1100
4000	5435	800	1000	1200	1400
6000	6793	1000	1250	1500	1750

ANEXO 8: Causas y consecuencias de los armónicos en una instalación industrial

Efectos de los armónicos	Causa	Consecuencia
Sobre los conductores	<ul style="list-style-type: none"> Las intensidades armónicas provocan el aumento de la IRMS. El efecto pelicular (efecto "skin") reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Disparos intempestivos de las protecciones. Sobrecalentamiento de los conductores.
Sobre el conductor de neutro	<ul style="list-style-type: none"> Cuando existe una carga trifásica +neutro equilibrada que genera armónicos impares múltiplos de 3. 	<ul style="list-style-type: none"> Cierre de los armónicos homopolares sobre el neutro que provoca calentamientos y sobreintensidades.
Sobre los transformadores	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la IRMS. Las pérdidas por Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia, las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de los calentamientos por efecto Joule en los devanados. Aumento de las pérdidas en el hierro.
Sobre los motores	<ul style="list-style-type: none"> Análogas a las de los transformadores y generación de un campo adicional al principal. 	<ul style="list-style-type: none"> Análogas a las de los transformadores más pérdidas de rendimiento.
Sobre los condensadores	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Envejecimiento prematuro, amplificación de los armónicos existentes.

ANEXO 9: PLIEGOS TARIFARIOS DE ELECTRICIDAD APLICABLES AL CLIENTE FINAL

MEDIA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA MT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.26
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	12.9
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	11.71
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	27.79
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	5.35
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	8.94
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.26	
TARIFA MT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.62
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	12.9
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	11.71
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	21.64
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	7.76
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	7.08
Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	8.27	
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.26	
TARIFA MT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.62
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	12.04
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	21.64
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	7.76
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	7.08
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	8.27
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.26	

	BAJA TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA BT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa en Punta Cargo por Energía Activa Fuera de Punta Cargo por Potencia Activa de Generación en HP Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	S./mes ctm. S./kW.h ctm. S./kW.h S./kW-mes S./kW-mes S./kW-mes ctm. S./kVar.h	4.26 14.07 12.78 30.61 37.66 30.3 4.26
TARIFA BT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa en Punta Cargo por Energía Activa Fuera de Punta Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios: Presentes en Punta Presentes Fuera de Punta Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios: Presentes en Punta Presentes Fuera de Punta Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	S./mes ctm. S./kW.h ctm. S./kW.h S./kW-mes S./kW-mes S./kW-mes S./kW-mes ctm. S./kVar.h	3.62 14.07 12.78 31.08 20.86 38.81 35.71 4.26
TARIFA BT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios: Presentes en Punta Presentes Fuera de Punta Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios: Presentes en Punta Presentes Fuera de Punta Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	S./mes ctm. S./kW.h S./kW-mes S./kW-mes S./kW-mes S./kW-mes ctm. S./kVar.h	3.62 13.15 31.08 20.86 38.81 35.71 4.26
TARIFA BT5A:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E HFP Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa en Punta Cargo por Energía Activa Fuera de Punta Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta 50kW en HFP Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa en Punta Cargo por Energía Activa Fuera de Punta Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S./mes ctm. S./kW.h ctm. S./kW.h S./kW-mes S./mes ctm. S./kW.h ctm. S./kW.h S./kW-mes	3.62 77.43 12.78 35.37 3.62 90.1 12.78 35.37
TARIFA BT5B: No Residencial	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa	S./mes ctm. S./kW.h	2.14 35.51
TARIFA BT5B Residencial	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E mes 0 - 30 kW.h Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa 31 - 100 kW.h Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa	S./mes ctm. S./kW.h S./mes S./mes ctm. S./kW.h S./mes S./mes ctm. S./kW.h S./mes ctm. S./kW.h	2.08 25.83 2.08 7.75 34.44 2.14 35.51
TARIFA BT5C:	Público Cargo Fijo Mensual Cargo por Energía Activa	S./mes ctm. S./kW.h	2.14 34.26
TARIFA BT6:	TARIFA A PENSIÓN FIJA DE POTENCIA 1P Cargo Fijo Mensual Cargo por Potencia	S./mes ctm. S./W	2.14 12.07

ANEXO 10 : INFORMACION COMPLEMENTARIA

NYY DUPLEX, TRIPLE

NORMAS DE FABRICACIÓN

:ITINTEC 370.050

Tensión de Servicio : 1 Kv

Temperatura de operación : 80°C

DESCRIPCIÓN

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado comprimido o compactado. Aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción

USOS

En redes eléctricas de distribución en baja tensión en urbanizaciones, directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

CARACTERÍSTICAS

El cable reúne magníficas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYN convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. No propaga la llama.

EMBALAJE

En carretes de madera, en longitudes requeridas

COLORES

Aislamiento : Blanco

Cubierta : Duplex :Blanco, negro

: Triple :Blanco, negro, rojo.

CALIBRE

: 2,5 - 500 mm²



[Ver Tablas](#) | [Catálogo General](#) | [Buscar Producto](#) | [Tiendas](#)

ESPECIFICACIONES CABLES NYY TRIPLE

CALIBRE CABLE N° x mm ²	NUMERO HILOS	ESPEORES		DIMENCIONES		PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
		mm	mm	mm	mm		A	A	A
3 x 1 x 6	1	1,0	1,4	7,5	23	327	72	54	58
3 x 1 x 10	1	1,0	1,4	8,3	25	460	95	74	77
3 x 1 x 16	7	1,0	1,4	9,8	29	688	127	100	102
3 x 1 x 25	7	1,2	1,4	11,5	35	1020	163	131	132
3 x 1 x 35	7	1,2	1,4	12,6	38	1331	195	161	157
3 x 1 x 50	19	1,4	1,4	14,3	43	1746	230	196	186
3 x 1 x 70	19	1,4	1,6	16,5	50	2440	282	250	222
3 x 1 x 95	19	1,6	1,6	18,7	56	3297	336	306	265
3 x 1 x 120	37	1,6	1,8	20,7	62	4097	382	356	301
3 x 1 x 150	37	1,8	1,8	22,6	68	4977	428	408	338
3 x 1 x 185	37	2,0	1,8	24,8	74	6160	483	470	367
3 x 1 x 240	61	2,2	2,0	28,2	85	8020	561	562	426
3 x 1 x 300	61	2,4	2,0	31,0	93	9930	632	646	480
3 x 1 x 400	61	2,6	2,2	34,7	104	12619	730	790	555
3 x 1 x 500	61	2,8	2,2	38,2	115	15705	823	895	567

ESPECIFICACIONES CABLES NYY TRIPLE

CALIBRE CABLE N° x mm ²	NUMERO HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	EXTERIOR		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
		mm	mm	mm		A	A	A
2 x 1 x 6	1	1,0	1,4	15	218	77	58	62
2 x 1 x 10	1	1,0	1,4	17	307	105	80	85
2 x 1 x 16	7	1,0	1,4	20	459	136	108	112
2 x 1 x 25	7	1,2	1,4	23	680	170	140	140
2 x 1 x 35	7	1,2	1,4	25	887	205	175	170

- (*) -TEMPERATURA DEL SUELO 20°C
 -TEMPERATURA AMBIENTE 30°C
 -TEMPERATURA EN EL CONDUCTOR 80°C
 -RESISTIVIDAD DEL SUELO 1 °k.m/W

TW

NORMAS DE FABRICACIÓN

:ITINTEC 370.048(Calibre mm²)

:UL-83 (Calibres AWG)

:VDE 0250 (Calibres AWG)

Tensión del servicio :600 voltios

Temperatura de operación :60°C

DESCRIPCIÓN

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado.
Aislamiento de PVC

USOS

Aplicación general en instalaciones fijas; edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, etc. Generalmente se instalan en tubos conduit.

CARACTERÍSTICAS

Alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos y grasas, al calor hasta la temperatura de servicio, retardante a la llama.

EMBALAJE

De 0,5 a 35 mm²: en rollos estándar de 100 metros.

De 10 a 500mm² : en carretes de madera.

COLORES

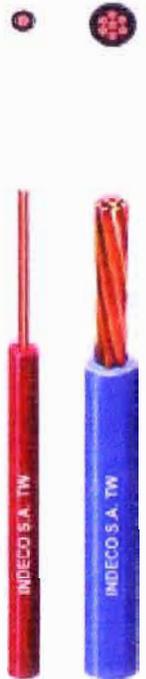
De 0,50 a 4mm²: Blanco, negro, rojo, azul, verde y amarillo.

Mayores a 4mm²: Solo en color negro.

CALIBRE

: 0,5 - 500 mm²

: 18 AWG -500MCM



[Ver Tablas](#) | [Catálogo General](#) | [Buscar Producto](#) | [Tiendas](#)

ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TW - mm²

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
ALAMBRES								
0,75	1	1,0	1,0	0,75	2,5	12	9	7
1	1	1,1	1,1	0,75	2,6	15	11	9
1,5	1	1,4	1,4	0,75	2,9	20	16	13
2,5	1	1,8	1,8	0,75	3,3	31	27	22
4	1	2,3	2,3	0,75	3,8	45	32	28
6	1	2,8	2,8	0,75	4,3	65	45	35
10	1	3,6	3,6	1,15	5,9	113	67	46
CABLES								
2,5	7	0,67	2,0	0,75	3,5	32	27	22
4	7	0,85	2,6	0,75	4,1	48	32	28
6	7	1,04	3,1	0,75	4,6	69	45	35
10	7	1,35	4,1	1,50	6,4	121	67	46
16	7	1,70	5,1	1,50	7,1	193	90	62
25	7	2,14	6,4	1,50	8,4	290	120	80
35	7	2,52	7,6	1,50	9,6	390	150	100
50	19	1,78	8,9	1,50	12,9	535	185	125
70	19	2,14	10,7	2,00	14,7	745	230	150
95	19	2,52	12,6	2,00	16,6	1005	275	180
120	37	2,03	14,2	2,40	19,0	1280	320	210
150	37	2,25	15,8	2,40	20,6	1546	375	240
185	37	2,52	17,6	2,40	22,4	1911	430	275
240	61	2,25	20,3	2,40	25,1	2464	480	320
300	61	2,52	22,7	2,80	28,3	3106	575	355
400	61	2,85	25,7	2,80	31,3	3922	670	410
500	61	3,20	28,8	2,80	34,4	4891	780	460

(*) - NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO
 - TEMPERATURA AMBIENTE 30°C

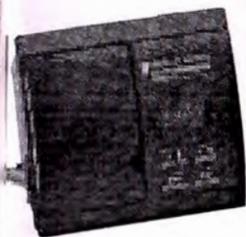
ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TW - AWG / MCM

CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	AMPERAJE (*)		
							PESO	AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
ALAMBRES									
18	0,8	1	1,0	1,0	0,6	2,2	12	10	8
16	1,3	1	1,3	1,3	0,6	2,5	17	15	12
14	2,1	1	1,6	1,6	0,7	3,0	25	25	20
12	3,3	1	2,1	2,1	0,8	3,7	39	30	25
10	5,3	1	2,6	2,6	0,8	4,2	58	40	30
CABLES									
14	2,1	7	0,61	1,8	0,7	3,2	27	25	20
12	3,3	7	0,78	2,3	0,8	3,9	41	30	25
10	5,3	7	0,98	2,9	0,8	4,5	62	40	30
8	8,4	7	1,23	3,7	1,0	5,7	97	60	40
6	13,3	7	1,55	4,7	1,0	6,7	147	80	55
4	21,1	7	1,96	5,9	1,2	8,3	232	105	70
2	33,6	7	2,47	7,4	1,2	9,8	356	140	95
1	42,4	19	1,69	8,4	1,4	11,2	450	165	110
1/0	53,4	19	1,90	9,5	1,4	12,3	555	195	125
2/0	67,4	19	2,13	10,6	1,4	13,4	690	225	145
3/0	85,1	19	2,39	11,9	1,6	15,1	873	260	165
4/0	107,2	19	2,68	13,4	1,6	16,6	1086	300	195
250	126,7	37	2,09	14,6	1,8	18,2	1288	340	215
300	151,9	37	2,29	16,0	2,0	20,0	1530	375	240
350	177,5	37	2,47	17,3	2,0	21,3	1795	420	260
400	202,8	37	2,64	18,5	2,2	22,9	2055	455	280
500	253,1	37	2,95	20,7	2,4	25,5	2561	515	320

(*) - NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO

- TEMPERATURA AMBIENTE 30°C

Descripción



Los reguladores Varlogic miden permanentemente el $\cos \phi$ de la instalación y controlan la conexión y desconexión de los distintos escalones para llegar en todo momento al $\cos \phi$ objetivo.

La gama Varlogic está formada por 3 aparatos:

- Varlogic R6: regulador de 6 escalones.
- Varlogic R12: regulador de 12 escalones.
- Varlogic RC12: regulador de 12 escalones con funciones complementarias de ayuda al mantenimiento.

características técnicas

Datos generales:

- Precisión: 2,5 %.
- Temperatura de funcionamiento: 0 a 50 °C.
- Temperatura de almacenamiento: - 20 °C a + 60 °C.
- Color: RAL 7021.
- Normas CEM: EN 50082-2. EN 50081-2.
- Normas eléctricas: CEI 664, VDE 0110, CEI 1010-1, EN 61010-1.
- Montaje: sobre carril DIN 35 mm (EN 50022) o empotrado (taladro 138 x 138 mm - 0 + 1 mm),
- Pantalla de 7 segmentos (R6).
- Pantalla alfanumérica de 16 caracteres (R12 y RC12). Idiomas (inglés, francés, alemán, español).
- Contacto de alarma: separado y libre de tensión.
- Mantenimiento del mensaje de alarma y anulación manual del mensaje.

Entradas:

- Conexión fase-fase o fase-neutro.
- Insensible al sentido de rotación de fases y de conexión del TI (bornes K-L).
- Desconexión frente a microcortes superiores a 15 ms.
- Entrada intensidad: TI X/5 clase 1.
- Intensidad mínima de funcionamiento en el secundario del TI:
 - R6, R12: 0,18 A.
 - RC12: 0,036 A.
- Tensión:
 - R6: 220/240, 380/415.
 - R12, RC12: tensión de alimentación independiente 230 V; tensión de medida (red) 415 V.

Salidas:

- Contactos secos:
 - CA: 2 A/400 V, 2 A/250 V, 2 A/120 V,
 - CC: 0,3 A/110 V, 0,6 A/60 V, 2 A/24 V.

Ajustes y programación:

- Ajuste $\cos \phi$ objetivo: 0,8 ind. a 0,9 cap.
- Búsqueda automática del C/K.
- Ajuste manual del C/K: 0 a 1,99.
- Programas de regulación:
 - n: (2 + lineal).
 - Ca (circular).
 - Cb (1 + circular).
 - S (lineal).
- Escalonamientos posibles / programa:

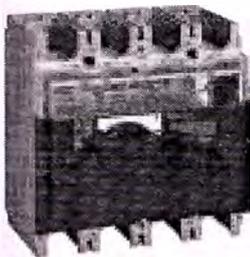
1.1.1.1.1.1	Cb / n / S
1.1.2.2.2.2	n
1.1.2.3.3.3	n
1.2.2.2.2.2	Cb
1.2.3.3.3.3	n
1.2.3.4.4.4	n
1.2.4.4.4.4	n
- Temporización entre desconexiones sucesivas de un mismo escalón: ajuste digital (10 a 300 s).
- Configuración de los escalones (sólo RC12): automático, manual, desconectado.
- Aplicación generador (RC12).
- Mando manual para test de funcionamiento.

Ajustes de fábrica:

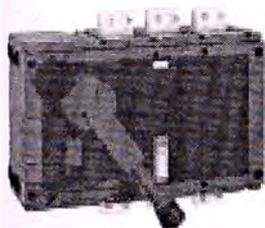
- $\cos \phi$ objetivo: 1.
- C/K: 0,5.
- Programa de regulación: n.
- Temporización entre desconexiones sucesivas de un mismo escalón: 50 s.

aparata de protección y maniobra baja tensión

información técnica



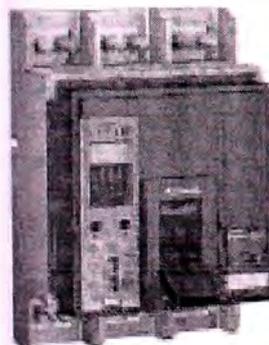
INV 400



IN 1000



NS 250



C 1251

230 V	400 V	clase H	clase SAH	disyuntor	seccionador
			25	NS100	IN125
			30	NS100	IN125
			37,5	NS100	IN125
			45	NS100	IN125
			50	NS100	IN125
45	60			NS160	IN160
			62,5	NS160	IN160
			75	NS160	IN160
			80	NS250	IN250
60	90			NS250	IN250
			100	NS250	IN250
				NS250	IN250
				NS250	IN250
			120	NS400	IN400
				NS250	IN250
			125	NS400	IN400
				NS400	IN400
75	150		150	NS400	IN400
90		160		NS400	IN400
105			175	NS400	IN400
		180	180	NS400	IN400
				NS400	IN400
			200	NS400	IN400
		210	210	NS630	IN630
				NS630	IN630
120	240			NS630	IN630
135		245		NS630	IN630
150			250	NS630	IN630
165	270			NS630	IN630
180		280		NS630	IN630
			300	NS630	IN630
			315	NS630	IN630
			315	C801	IN1000
				C801	IN1000
195		350	350	C801	IN1000
210	360			C801	IN1000
225			400	C801	IN1000
				C801	IN1000
		405		C801	IN1000
245		420		C1001	IN1000
255	450		450	C1001	IN1000
270		455		C1001	IN1000
285	495			C1001	IN1000
			500	C1001	IN1000
				C1251	IN1250
300		510		C1251	IN1250
		525		C1251	IN1250
				C1251	IN1250
		540		C1251	IN1250
			560	C1251	IN1250
				C1251	IN1250
		585		C1251	IN1250
		630		C1251	IN1250
			630	CM1600	IN1600
				CM1600	IN1600
675				CM1600	IN1600
		700		CM1600	IN1600
				CM1600	IN1600
720				CM1600	IN1600
765				CM1600	IN1600
810				CM1600	IN1600
855				CM2000	IN2000
900				CM2000	IN2000

Los elementos que se encuentran aguas arriba de los equipos de compensación están dimensionados según las normas de instalación y por las corrientes absorbidas por el aparellaje.

Cuando los condensadores están funcionando, la corriente que está circulando por ellos depende de la tensión aplicada, de la capacidad y de las componentes armónicas de la tensión.

Las variaciones armónicas pueden llevar a una amplificación de corriente. La norma admite un 30% como valor y hay que añadir las posibles variaciones debidas a la tolerancia de los condensadores.

Disyuntores

Su calibre debe ser elegido en función que permita un reglaje de la protección térmica a:

- $1,36 \times I_n^{(1)}$ para los equipos estándar
- $1,5 \times I_n$ para los equipos clase H
- $1,36 \times I_n$ para los equipos clase SAH (sintonizados a 215 Hz).

El reglaje de las protecciones de cortocircuito (magnéticas) deberá permitir el paso de los transitorios de conexión: $19 \times I_n$.

$$(1) I_n = \frac{Q_c}{U_n \sqrt{3}} = \text{corriente nominal sobre } U_n$$

Los fusibles

Hay que utilizar fusibles de tipo Gg y la elección de calibres en función de:

- $1,6 \times I_n$ para los equipos estándar
- $1,6 \times I_n$ para los equipos clase H
- $1,5 \times I_n$ para los equipos clase SAH (sintonizados).

Los cables de potencia

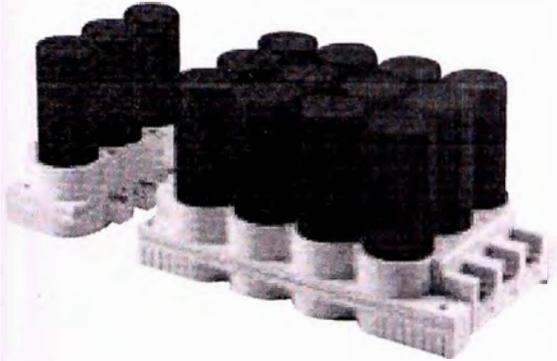
Se deberán sobredimensionar para una corriente de $1,5 I_n$ mínimo.

Sección:

De cualquier forma la sección de los cables de potencia debe ser compatible con:

La temperatura ambiente, alrededor de los conductores. Su situación (en bandeja, subterráneo, trenzados...).

características técnicas



Ejemplos de ensamblajes de condensadores Varplus M1 - M4 (400 V)

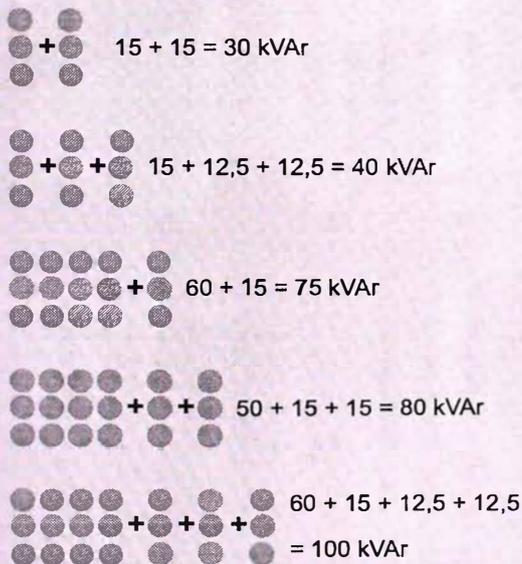
- Tensión nominal: 400 V, trifásica 50 Hz. (Otras tensiones: 230 V, 440 V, 525 V, 550 V, 690 V.)
- Potencias máximas de ensamble (400 V):
 - Varios Varplus M1 = 60 kVAr.
 - Varplus M4 con Varplus M1 = 100 kVAr.
- Tolerancia sobre el valor de la capacidad: 0 + 10 %.
- Clase de aislamiento:
 - Resistencia a 50 Hz 1 minuto: 6 kV.
 - Resistencia a onda de choque 1,2/ 50 μs: 25 kV.
- Intensidad máxima admisible:
 - Tipo estándar: 1,3 In (400 V).
 - Clase "H": 1,5 In (400 V).
- Tensión máxima admisible (8 h cada 24 h conforme CEI 831):
 - Tipo estándar: 450 V.
 - Clase "H": 520 V.
- Resistencias de descarga:
 - Incorporadas internamente en cada elemento monofásico.
- Pérdidas: < 0,5 W/kVAr (incluyendo las pérdidas en las resistencias de descarga).
- Categoría de temperatura (400 V):
 - Temperatura ambiente del aire:

potencia (kVAr)	máxima	media más alta sobre el período de:	
		24 h	1 año
< 65 kVAr	55 °C	45 °C	35 °C
de 67 a 90	50 °C	40 °C	30 °C
de 92 a 100	45 °C	35 °C	25 °C

- Temperatura mínima aire ambiente: -25 °C.
- Color:
 - Zócalo y accesorios: RAL 9002.
 - Botes: RAL 9005.
- Normas: CEI 831 1/2, UNE EN 60831 1/2, NF C 54-104, VDE 0560-41, CSA 22-2. N.º 190, UL 810.

Instalación:

- Montaje sobre soporte vertical (eje de los botes horizontal).



CIRCUTOR

novedad | new

CONDENSADORES TUBULARES

CYLINDRICAL CAPACITORS

CLZ-FP / CLZ-FPT



CLZ-FP / CLZ-FPT

La nueva gama de condensadores tubulares CLZ de CIRCUTOR dispone de las siguientes prestaciones:

The new CIRCUTOR's range of cylindrical capacitors, CLZ series, provides following features:

• REDUCIDAS DIMENSIONES

Diámetros de 85 y 110 mm y reducida altura de los condensadores



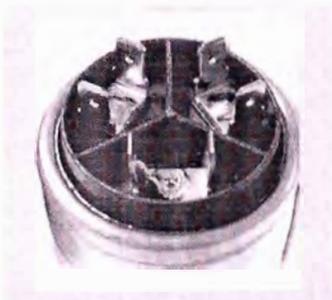
• LOW SIZE

85 and 110 mm diameters and capacitors low height



• TERMINALES TIPO FASTON

Para condensadores CLZ-FPT con potencias menores e iguales a 2 kvar



• FASTON TYPE TERMINALS

For CLZ-FPT capacitors with rated power up to 2 kvar



• ETIQUETAS MULTIMARCADO

Utilización de placa de características con equivalencia de potencias a 220/230/240 V, 380/400/415 V, 440/460 V, 480/520/550 V (50 ó 60 Hz)



• MULTI-MARKING LABELS

Use of a characteristic plate with powers equivalence at 220/230/240 V, 380/400/415 V, 440/460 V, 480/520/550 V (50 ó 60 Hz)



• GRADO DE PROTECCIÓN IP20

La utilización del borneo con regleta, hace innecesaria la tapa cubrebornos (CLZ-FP)



• IP20 PROTECTION DEGREE

The use of a covered connection terminal makes the plastic cover (CLZ-FP) unnecessary



• POSIBILIDAD DE PROTECCIÓN IP54

Utilización de la nueva tapa cubrebornos (CLZ-FP)

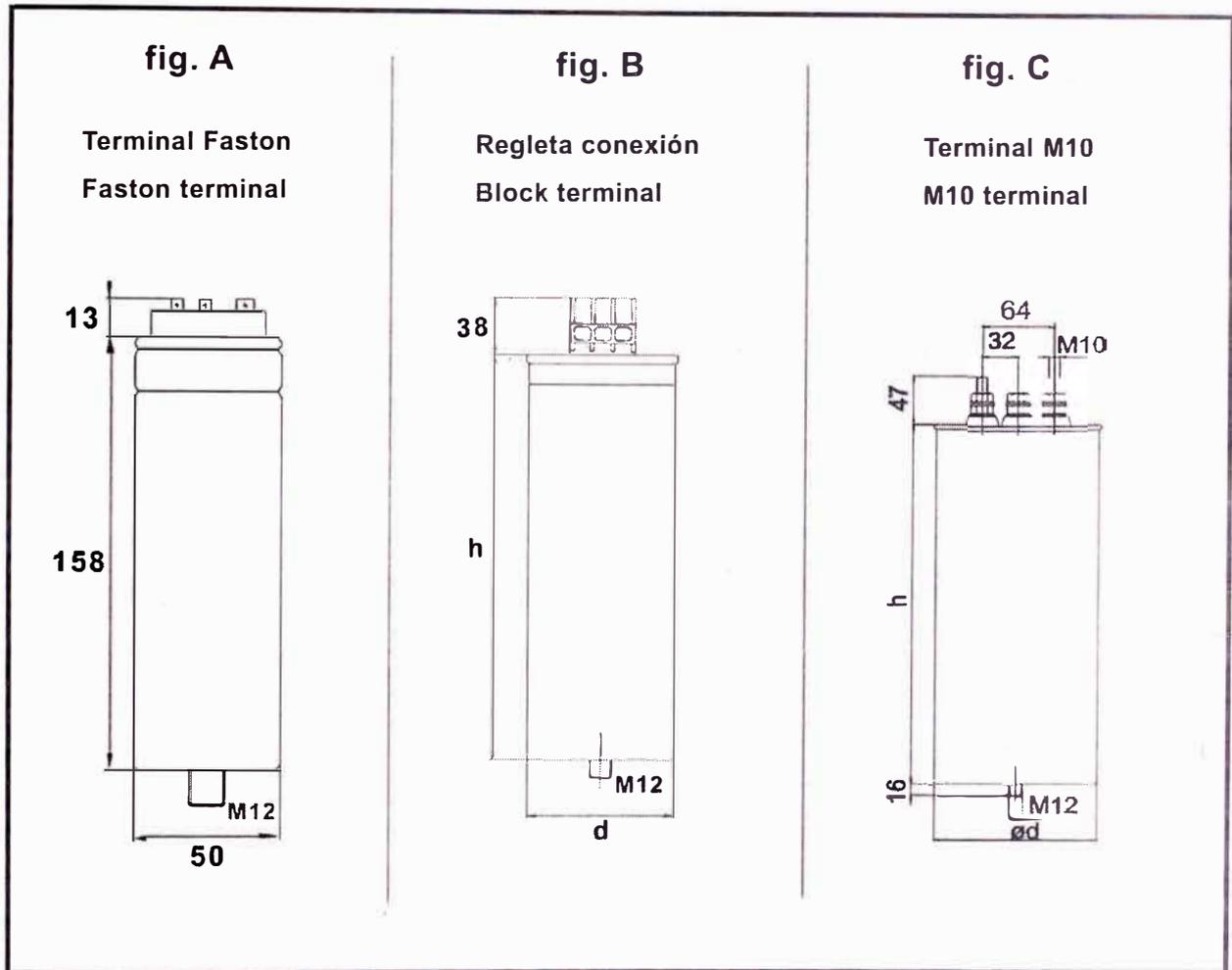


• OPTIONAL IP54 PROTECTION

Use of the new plastic terminal cover (CLZ-FP)



DIMENSIONES / DIMENSIONS



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

MAIN CHARACTERISTICS

Tensión nominal	220 / 230 / 240 V 380 / 400 / 415V 440/460V 480 / 520 / 550 V	Rated voltage
Frecuencia (según tipo)	50 / 60 Hz	Frequency (according to type)
Potencia: CLZ-FT CLZ-FP	Ver tabla anexa / see attached datasheet	Power : CLZ-FPT CLZ-FP
Dieléctrico	polipropileno / polypropylene	Dielectric
Resistencias de descarga	Integradas / Fitted	Discharge resistors
Pérdidas dieléctricas	0,2 W / kvar	Dielectric losses
Pérdidas totales	0,4 W / kvar	Total losses
Sobretensión máxima	1,1 Un	Maximum overvoltage
Sobrecorriente máxima	1,3 In	Maximum overcurrent
Tolerancia de potencia	-5 / +10 %	Power tolerance
Gama climática	-25/ 5°C	Temperature range
Conexión CLZ-FP	Regleta o terminal M10 / Block terminal o M10 terminal	Connection CLZ-FP
Conexión CLZ-FPT	Faston doble 6,35 / Double Faston terminal	Connection CLZ-FPT
Grado protección CLZ-FPT	IP00	Protection degree CLZ-FPT
Grado protección CLZ-FP.	IP20	Protection degree CLZ-FP
Material envolvente	Aluminio / Aluminium	Can material
Normas	IEC 60831, EN 60831	Standards

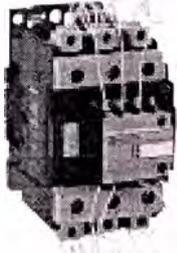
CLZ-FP / CLZ-FPT

serie CLZ-FP / CLZ-FPT series

Código y tipo Code and type	50 Hz			60 Hz		Dimensiones Dimensions d x h (mm)	Peso Weight kg	Tipo Type fig.	
	380 V	400 V	415 V	380 V	400 V				
3 35 451 CLZ-FPT-40/0,5	0,45	0,5	0,54	0,5	0,6	50 x 158	0,4	A	
3 35 452 CLZ-FPT-40/1	0,9	1	1,1	1,1	1,2	50 x 158	0,4	A	
3 35 453 CLZ-FPT-40/1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	50 x 158	0,4	A	
3 35 454 CLZ-FPT-40/2	1,8	2	2,2	2,2	2,4	50 x 158	0,4	A	
	220 V	230 V	240 V	220 V	230 V				
3 35 404 CLZ-FP-23/2,5	2,3	2,5	2,7	2,7	3	85 x 175	1,2	B	
3 35 405 CLZ-FP-23/4	3,7	4	4,4	4,4	4,8	85 x 245	1,6	B	
3 35 406 CLZ-FP-23/5	4,6	5	5,4	5,5	6	85 x 245	1,6	B	
3 35 408 CLZ-FP-23/7,5	5,7	7,5	8,2	8,2	9	85 x 245	1,6	B	
3 35 409 CLZ-FP-23/10	9,1	10	10,9	11	12	85 x 245	1,6	B	
3 35 410 CLZ-FP-23/12,5	11,4	12,5	13,6	--	--	110 x 245	2,6	B	
3 35 411 CLZ-FP-23/15	13,7	25	--	--	--	110 x 245	2,6	B	
	380 V	400 V	415 V	380 V	400 V				
3 35 414 CLZ-FP-40/2	1,8	2	2,2	2,2	2,4	85 x 175	1,2	B	
3 35 415 CLZ-FP-40/2,5	2,3	2,5	2,7	2,7	3	85 x 175	1,2	B	
3 35 416 CLZ-FP-40/3	2,7	3	3,2	3,2	3,6	85 x 175	1,2	B	
3 35 417 CLZ-FP-40/4	3,6	4	4,3	4,3	4,8	85 x 175	1,2	B	
3 35 418 CLZ-FP-40/5	4,5	5	5,4	5,4	6	85 x 175	1,2	B	
3 35 419 CLZ-FP-40/6,25	5,6	6,25	6,7	6,7	7,5	85 x 175	1,2	B	
3 35 420 CLZ-FP-40/7,5	6,8	7,5	8,1	8,1	9	85 x 245	1,6	B	
3 35 421 CLZ-FP-40/8	7,2	8	8,6	8,6	9,6	85 x 245	1,6	B	
3 35 422 CLZ-FP-40/10	9,0	10	10,8	10,8	12	85 x 245	1,6	B	
3 35 423 CLZ-FP-40/12,5	11,3	12,5	13,5	13,5	15	85 x 245	1,6	B	
3 35 424 CLZ-FP-40/15	13,5	15	16,3	16,1	18	110 x 245	2,6	B	
3 35 425 CLZ-FP-40/20	18,1	20	21,5	21,5	24	110 x 245	2,6	B	
3 35 426 CLZ-FP-40/25	22,6	25	26,9	--	--	110 x 261	2,6	B	
3 35 427 CLZ-FP-40/30	27,1	30	32,3	--	--	146 x 220	3,8	B	
3 35 428 CLZ-FP-40/40	36,1	40	--	--	--	146 x 261	4,4	C	
3 35 429 CLZ-FP-40/50	45,1	50	--	--	--	146 x 355	6,2	C	
		440 V	460 V	440 V	460 V				
3 35 460 CLZ-FP-44/2		2	2,2	2,4	2,6	85 x 175	1,2	B	
3 35 461 CLZ-FP-44/2,5		2,5	2,7	3	3,3	85 x 175	1,2	B	
3 35 462 CLZ-FP-43/3		3	3,3	3,6	3,9	85 x 175	1,2	B	
3 35 463 CLZ-FP-44/4		4	4,4	4,8	5,2	85 x 175	1,2	B	
3 35 464 CLZ-FP-44/5		5	5,5	6	6,6	85 x 175	1,2	B	
3 35 465 CLZ-FP-44/6,25		6,25	6,8	7,5	8,2	85 x 175	1,2	B	
3 35 466 CLZ-FP-44/7,5		7,5	8,2	9	9,8	85 x 175	1,2	B	
3 35 467 CLZ-FP-44/8		8	8,7	9,6	10,5	85 x 245	1,2	B	
3 35 468 CLZ-FP-44/10		10	10,9	12	13,1	85 x 245	1,6	B	
3 35 469 CLZ-FP-44/12,5		12,5	13,7	15	16,4	85 x 245	1,6	B	
3 35 470 CLZ-FP-44/15		15	16,4	18	19,7	110 x 245	2,6	B	
3 35 471 CLZ-FP-44/20		20	21,9	24	26,2	110 x 245	2,6	B	
3 35 472 CLZ-FP-44/25		25	27,3	--	--	110 x 245	2,6	B	
3 35 473 CLZ-FP-44/30		30	--	--	--	146 x 220	3,8	B	
3 35 474 CLZ-FP-44/40		40	--	--	--	146 x 261	4,4	C	
3 35 475 CLZ-FP-44/50		50	--	--	--	146 x 355	6,2	C	
		480 V	525 V	550 V	480 V	525 V			
3 35 480 CLZ-FP-52/2		1,7	2	2,2	2,0	2,4	85 x 175	1,2	B
3 35 481 CLZ-FP-52/2,5		2,1	2,5	2,7	2,5	3	85 x 175	1,2	B
3 35 482 CLZ-FP-52/3		2,5	3	3,3	3,0	3,6	85 x 175	1,2	B
3 35 483 CLZ-FP-52/4		3,3	4	4,4	4,0	4,8	85 x 175	1,2	B
3 35 484 CLZ-FP-52/5		4,2	5	5,5	5,0	6	85 x 175	1,2	B
3 35 485 CLZ-FP-52/6,25		5,2	6,25	6,8	6,2	7,5	85 x 175	1,2	B
3 35 486 CLZ-FP-52/7,5		6,3	7,5	8,2	7,5	9	85 x 245	1,6	B
3 35 487 CLZ-FP-52/8		6,7	8	8,7	8	9,6	85 x 245	1,6	B
3 35 488 CLZ-FP-52/10		8,4	10	11	10,0	12	85 x 245	1,6	B
3 35 489 CLZ-FP-52/12,5		10,4	12,5	13,7	12,5	15	110 x 220	2,2	B
3 35 490 CLZ-FP-52/15		12,5	15	16,5	15,0	18	110 x 245	2,6	B
3 35 491 CLZ-FP-52/20		16,7	20	22	20,1	24	110 x 245	2,6	B



Contactors for capacitor switching



LC1-D0K contactor

■ Capacitor switching is followed by transient phenomena resulting from capacitor charging. In particular this creates very high overcurrent which is equivalent to a short circuit of short duration. The use of standard contactors may present risks for the safety of personnel and installations.

■ LC1-D0K contactors have specially been designed for capacitor switching. They include a set of contacts and current limiting resistors which are switched off after the initial switching peak. This technology is unique and patented.

■ Personnel safety
Manual operation of contactors is impossible. Contactors include terminal covers for finger contact protection.

■ Safety of installations
Current limiting resistors being switched off after the initial switching peak a defective contactor pole will not result in permanent current going through the resistor and will avoid the resistor to burn.

■ LC1-D0K contactors provide a ready to use solution avoiding installation of damping reactors. Their durability is far greater than that of traditional solutions (300 000 operations at 400 V).

References and maximum power ratings

Power ratings in the table below are given under the following conditions:

Switching peak current	LC1-D0K	200 In
Maximum switching rate	LC1-DFK, DGK, DLK,	240 operation cycles per hour
	LC1-DMK, DPK	100 operation cycles per hour
	LC1-DTK, DWK	100 operation cycles per hour
Electrical durability at nominal load	LC1-DFK, DGK	400 V 300 000 operation cycles
	LC1-DLK, DMK, DPK, DTK, DWK	690 V 200 000 operation cycles

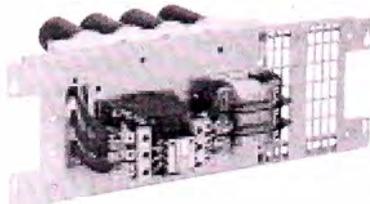
Power ratings at 50/60 Hz $\theta \leq 55^\circ\text{C}$			Instantaneous auxiliary contacts		Tightening torque on cable end	Base reference to be completed by control voltage code*	Weight
220 V 240 V	400 V 440 V	660 V 690 V	"NO"	"NC"	N.m		kg
6,5	12,5	18	1	1	1,2	LC1-DFK11●●	0,430
				2	1,2	LC1-DFK02●●	0,430
8,5	15	24	1	1	1,7	LC1-DGK11●●	0,450
				2	1,7	LC1-DGK02●●	0,450
10	20	30	1	1	1,9	LC1-DLK11●●	0,600
				2	1,9	LC1-DLK02●●	0,600
15	25	36	1	1	2,5	LC1-DMK11●●	0,630
				2	2,5	LC1-DMK02●●	0,630
20	30	48	1	2	5	LC1-DPK12●●	1,300
25	40	58	1	2	5	LC1-DTK12●●	1,300
40	60	92	1	2	9	LC1-DWK12●●	1,650

* control voltage (●●)

Volts	110	220	230	240	380	400	415
50/60 Hz	F7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7

For other control voltages please consult us.

Standards: IEC 70, IEC 831, NFC 54-100, VDE 0560, UL, CSA.



functional plate for automatic power factor correction including Merlin Gerin capacitor (Varplus M) and Telemecanique contactor (LC1-D0K)

Schneider Electric SA
Rectiphase
BP 42 - 74371 Pringy cedex - France
tel.: (33) 50 88 65 00
fax: (33) 50 27 24 19
telex: (044) 385 207 F

As standards, specifications and design develop from time to time, always ask for confirmation of the information given in this publication.

 this document has been printed on ecological paper



IBO	IER
IBO-50	IER-1
IBA	IER-2
IBP	IER-3
IB	IBR
IB-50	IBR-1
IBG	IRP
IBG-1	IRM
IBG-50	ICM

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

para medida

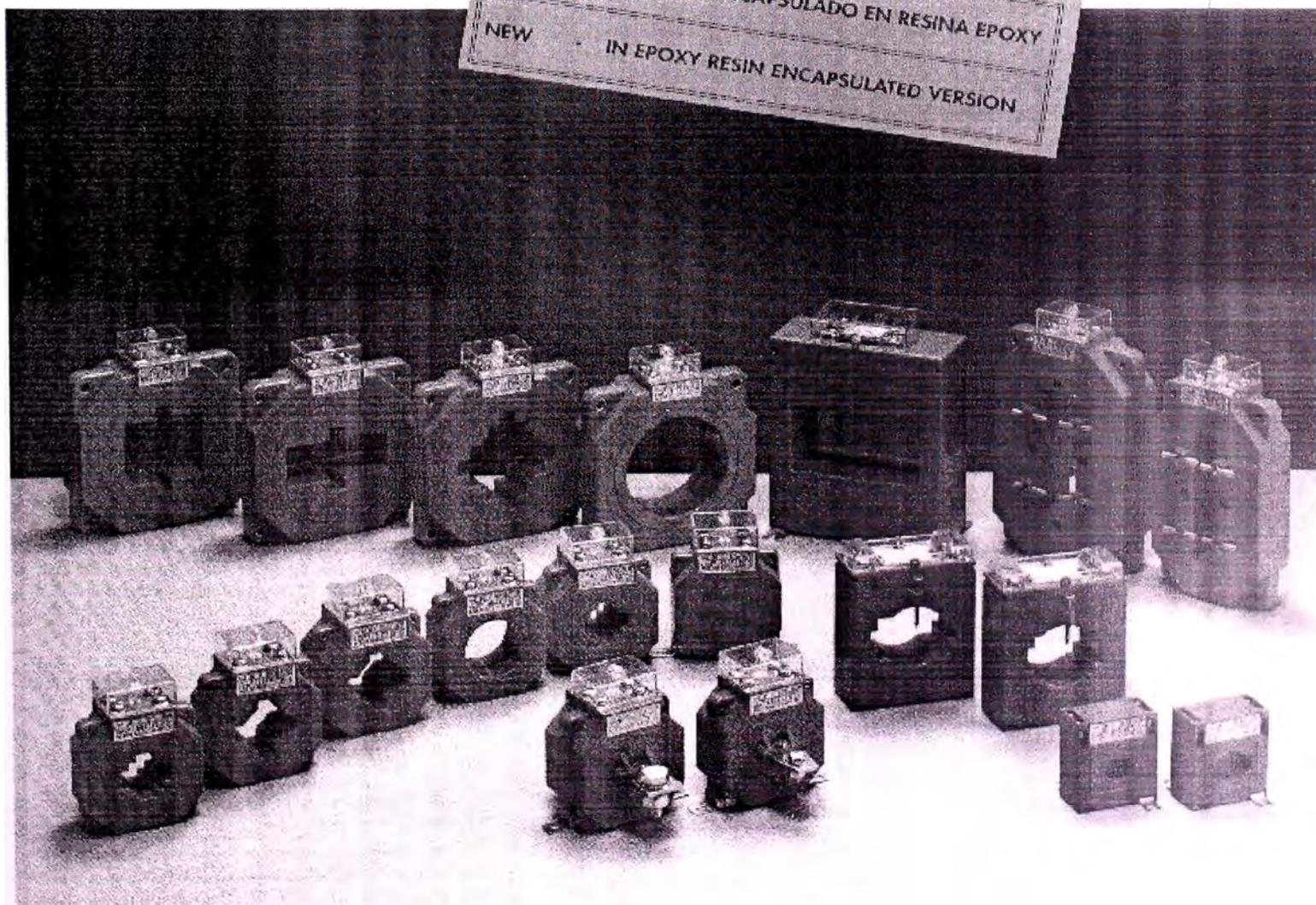
Clases 0,5 , 1 y 3

CURRENT TRANSFORMERS

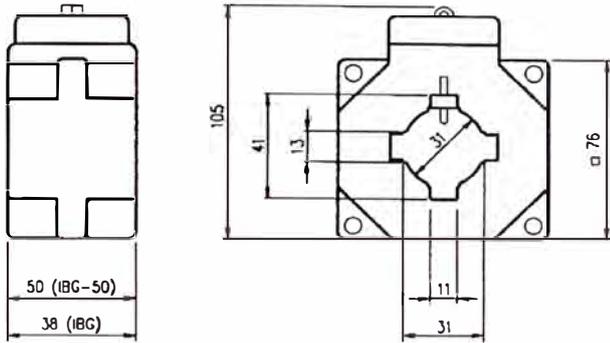
for measurement

Classes 0.5 , 1 and 3

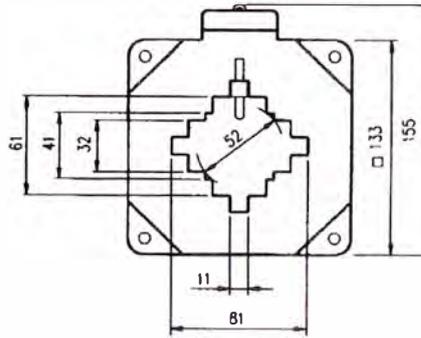
NUEVO - VERSION ENCAPSULADO EN RESINA EPOXY
NEW - IN EPOXY RESIN ENCAPSULATED VERSION



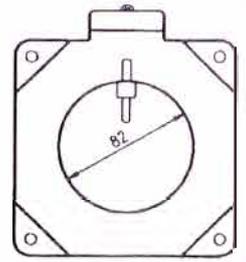
IBG, IBG-50



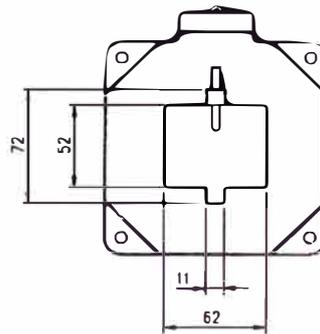
IER



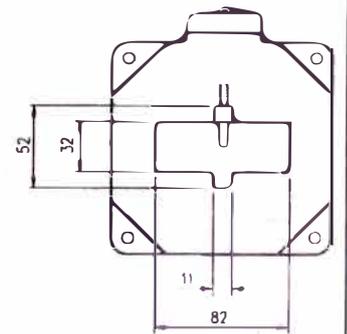
IER-1



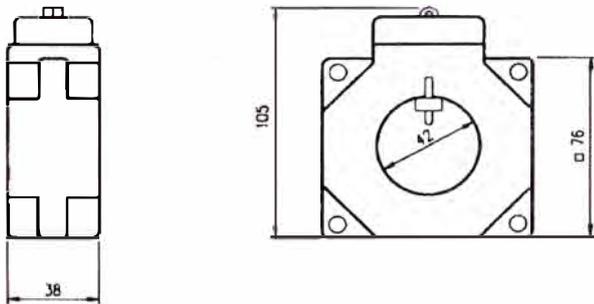
IER-2



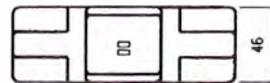
IER-3



IBG-1



TODOS / ALL



IBG, IBG-1

IBG-50

IER, IER-1, IER-2, IER-3

Irradiance (A)	IBG, IBG-1				IBG-50				IER, IER-1, IER-2, IER-3				
	Potencias de precisión Rated burdens VA			Peso Weight (g)	Potencias de precisión Rated burdens VA			Peso Weight (g)	Potencias de precisión Rated burdens VA			Peso Weight (g)	
	Clase / Class				Clase / Class				Clase / Class				
	0,5	1	3		0,5	1	3		0,5	1	3		
5													
10													
15													
20													
25													
30													
40													
50													
60													
75													
100													
120													
150													
160													
200													
250													
300													
400													

REFERENCIA DEL TRANSFORMADOR / TRANSFORMER REFERENCE

□ □ □ □ □ ↓ Tipo <i>Type</i>		□ □ ↓ Intensidad secundaria <i>Secondary current</i>		□ □ □ □ ↓ Intensidad primaria <i>Primary current</i>	
IBA	1010 0	IBR	1040 0	5 A	3500
IBP	1015 0	IBR-1	1040 1	10 A	4100
IBO	1020 0	IER	1050 0	15 A	4150
IBO-50	1025 0	IER-1	1050 1	20 A	4200
IB	1030 0	IER-2	1050 2	25 A	4250
IB-50	1032 0	IER-3	1050 3	30 A	4300
IBG	1035 0	IRP	1055 0	40 A	4400
IBG-1	1035 1	IRM	1060 0	50 A	4500
IBG-50	1037 0	ICM	1065 0	60 A	4600
				75 A	4750
				100 A	5100
				125 A	5125
				150 A	5150
				200 A	5200
				250 A	5250
				300 A	5300
				400 A	5400
				500 A	5500
				600 A	5600
				750 A	5750
				800 A	5800
				1000 A	6100
				1200 A	6120
				1500 A	6150
				1600 A	6160
				2000 A	6200
				2500 A	6250
				3000 A	6300
				4000 A	6400

REFERENCIAS - EJECUCIONES ESPECIALES

REFERENCES - SPECIAL EXECUTIONS

- 1 Intensidad primaria no normalizada
- 1 Potencia de precisión no normalizada
- 1 Frecuencia nominal no normalizada
- 1 Transformador para dos intensidades nominales primarias (excepto IBA e IBP)
- 1 Placa de características metalizada (estándar para IBR, IBR-1 e ICM)
- 1 IBO/s (transformador saturable para amperímetros bimetálicos)

- 129 Non-standard primary current
- 130 Non-standard rated output
- 031 Non-standard rated frequency
- 133 Transformer for two rated primary currents (except IBA and IBP)
- 131 Metallized rating plate (standard for IBR, IBR-1 and ICM)
- 132 IBO/s (saturating current transformer for bimetallic ammeters)

REFERENCIAS - ACCESORIOS

REFERENCES - ACCESSORIES

- 0 900 1004 Fijación a base para IBA e IBP
- 0 902 0104 Fijación a base para IBO, IBO-50, IB, IB-50, IBG, IBG-1 e IBG-50
- 0 906 1020 Fijación a base para IBR, IBR-1 e ICM
- 0 900 0101 Fijación a raíl DIN-EN 50022 de 35 x 7,5 mm para IBA e IBP
- 0 901 0101 Fijación a raíl DIN-EN 50022 de 35 x 7,5 mm para IBO, IBO-50, IB, IB-50, IBG, IBG-1 e IBG-50
- 1 902 0101 Barra primaria de cobre, 125 x 20 x 6 mm
- 1 902 0102 Barra primaria de cobre, 180 x 20 x 10 mm
- 1 902 0103 Barra primaria de cobre, 180 x 30 x 10 mm
- 1 904 0101 Barra primaria de cobre, 180 x 40 x 10 mm
- 1 903 0101 Barra primaria de cobre, 205 x 60 x 10 mm
- 1 903 0102 Barra primaria de cobre, 240 x 80 x 10 mm
- 1 905 0101 Barra primaria de cobre, 240 x 100 x 10 mm
- 2 902 0109 IBD-1 (casquillo primario para IB-50)
- 2 902 0108 IBD-2 (casquillo primario para IB)

- 8970 900 1004 Mounting bracket for IBA and IBP
- 8970 902 0104 Mounting bracket for IBO, IBO-50, IB, IB-50, IBG, IBG-1 and IBG-50
- 8970 906 1020 Mounting bracket for IBR, IBR-1 and ICM
- 8970 900 0101 Base for mounting on a 35 x 7.5 mm DIN-EN 50022 rail (for IBA and IBP)
- 8970 901 0101 Base for mounting on a 35 x 7.5 mm DIN-EN 50022 rail (for IBO, IBO-50, IB, IB-50, IBG, IBG-1 and IBG-50)
- 8971 902 0101 Primary copper bar, 125 x 20 x 6 mm
- 8971 902 0102 Primary copper bar, 180 x 20 x 10 mm
- 8971 902 0103 Primary copper bar, 180 x 30 x 10 mm
- 8971 904 0101 Primary copper bar, 180 x 40 x 10 mm
- 8971 903 0101 Primary copper bar, 205 x 60 x 10 mm
- 8971 903 0102 Primary copper bar, 240 x 80 x 10 mm
- 8971 905 0101 Primary copper bar, 240 x 100 x 10 mm
- 8972 902 0109 IBD-1 (primary bush for IB-50)
- 8972 902 0108 IBD-2 (primary bush for IB)

ESPECIFICACIÓN DE PEDIDO

ORDERING INFORMATION

Tipo
Relación de transformación
Ejecuciones especiales (añadir sus referencias a la del transformador)
Ejemplo: IBO-50 100/5 A, 10 VA clase de precisión 0,5
Ref. : 1025 050 5100 / 130, 10 VA clase de precisión 0,5

- 1.- Type
- 2.- Transformation ratio
- 3.- Special executions (add their references to the transformer reference)
Example: IBO-50 100/5 A, 10 VA accuracy class 0.5
Ref. : 1025 050 5100 / 130, 10 VA accuracy class 0.5

CELSA Aparatos de Medida, S.A.

CELSA Messgeräte GmbH

C/ Plátanos, 19-25 / E-46025 VALENCIA (SPAIN)
P.O. Box 10243 / E-46080 VALENCIA (SPAIN)
Tel.: Nac. 96 340 03 22 / Int... + 34 96 340 03 22
Fax: Nac. 96 348 44 69 / Int... + 34 96 346 23 55
E-mail: Nac. nacional@celsavalencia.com / Int. export@celsavalencia.com
Web site: www.celsavalencia.com

Barthelsmühlring 16
D-76870 KANDEL (GERMANY)
Tel. Nat: 07275 / 9883-0
Fax Nat: 07275 / 9883-33
E-mail: info@celsa-messgeraete.de
Web site: www.celsa-messgeraete.de

HORARIO: Lunes - Viernes 7.45 - 15.00 h / WORKING HOURS: Monday - Friday 7.45 - 15.00 h



ANALIZADOR DE REDES

AR5

(Cód. 7 71 301)

Programa de Calidad de red
(Versión Perturbaciones)

(Cód. 7 71 325)

MANUAL DE INSTRUCCIONES

(M 981 503 / 99 A)

© CIRCUTOR S.A.

INDICE AR5

nº de página

1.-	DESCRIPCION.....	3
1.1.-	Descripción Técnica.....	3
1.2.-	Funcionamiento.....	4
2.-	COMPROBACIONES A LA RECEPCION.....	6
3.-	PUESTA EN MARCHA DEL ANALIZADOR.....	7
3.1.-	Procedimiento de grabación de un nuevo programa.....	7
3.2.-	Elección del programa de trabajo.....	8
3.3.-	Ahorro de energía.....	8
4.-	PRESENTACION DATOS EN DISPLAY.....	9
4.1.-	Pantalla base.....	9
4.2.-	Mensajes de información.....	9
5.-	PROGRAMACION DEL AR5.....	10
5.1.-	Menú SETUP.....	11
5.1.1.-	Menú CIRCUIT.....	11
5.1.2.-	Menú RECORD.....	12
5.1.2.1.-	TRIGGER: Condiciones de trigger.....	12
5.1.2.2.-	NAME: Nombre de fichero de almacenamiento.....	13
5.1.3.-	COMM: Parámetros de comunicación.....	13
5.1.4.-	CLOCK: Reloj.....	13
5.2.-	CONTRAST: Contraste.....	14
5.3.-	RUN: Estado de captura de datos.....	14
5.4.-	Menú FILES.....	14
5.4.1.-	DIR: Directorio.....	15
5.4.2.-	DELETE: Borrado de un fichero.....	15
5.4.3.-	FORMAT: Formateo de la memoria.....	15
6.-	CARACTERISTICAS TECNICAS.....	16
7.-	CONSIGNAS DE SEGURIDAD.....	16
8.-	SERVICIO TÉCNICO.....	16
A.-	GUIA RÁPIDA AR5 - PERTURBACIONES.....	17

1.- DESCRIPCION.

Este manual pretende ser una ayuda en la instalación y uso del analizador con el programa de Calidad de red versión "Perturbaciones", diseñado para el analizador de la serie AR5. Para obtener la información sobre conexionado y normas de seguridad del analizador AR5 debe consultar el manual del analizador de redes (M981501).

El funcionamiento del analizador de redes AR5 con el programa "Perturbaciones" permite la detección y almacenamiento de perturbaciones (picos, microcortes...) que se pueden producir en una red eléctrica en modo MONOFÁSICO o TRIFÁSICO. (Según programa).

Código	Programa	Versión	Trifásico	Monofásico
7 71 325	Disturb	3.1x	Si	Si

Con el Software de análisis para PC se puede pasar estos datos al PC (Archivos *.A5D) y realizar su posterior análisis.

Este registro en memoria se realiza de forma lineal. Esto hace que una vez la memoria se llena el equipo ya no registra nuevos datos.

1.1.- Descripción Técnica.

El programa de Calidad de red "Perturbaciones" para el AR5, permite:

Detección de perturbaciones que estén por encima de 500 μ s.

Detección de microcortes. Ciclos cuya tensión máxima no supera un valor de tensión de pico calculada a partir de la Tensión Nominal y el margen de tensión programado.

En cada fase se obtiene una muestra cada 500 μ s , y un total de 40 muestras por ciclo a 50Hz.

El análisis de perturbaciones y de microcortes se efectúa cada vez que se obtiene una muestra.

Según la frecuencia a que se trabaje , 40 muestras pueden equivaler a un ciclo exacto que es el caso de 50 Hz , ó un ciclo y cuarto que es el caso de 60 Hz.

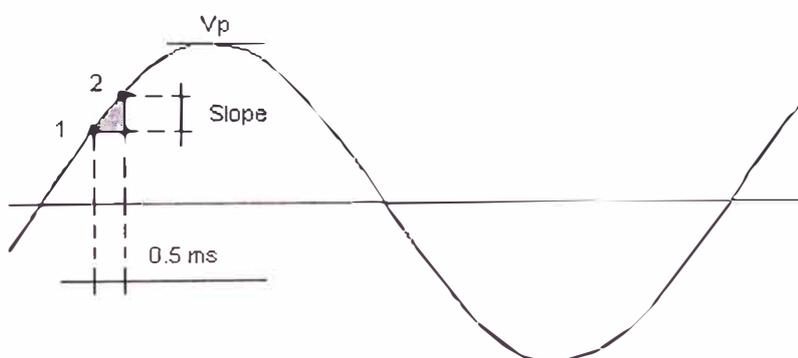
El AR5 con el programa de Calidad de red "Perturbaciones " permite la programación por parte del usuario de la Tensión Nominal (10V a 500V), el Trigger Level (1.2 a 5) y la Frecuencia Nominal de la red a través del teclado. Estos valores son necesarios para calcular cual es la rampa máxima de la perturbación. Este calculo se realiza cada vez que se coloca el analizador en marcha o cada vez que se sale del Set-up.

La detección de perturbaciones con un analizador en modo monofásico, se realiza siempre desde la fase L1 y Neutro.

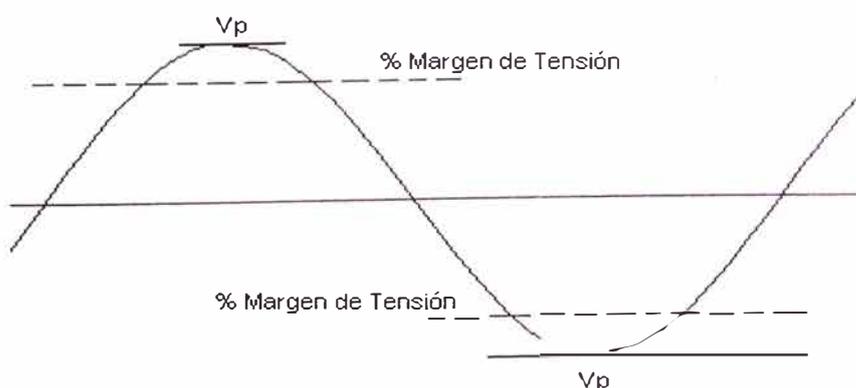
1.2.- Funcionamiento.

En modo monofásico el analizador toma 40 muestras por ciclo entre la entrada L1 y Neutro. En modo trifásico, el analizador toma 40 muestras por fase y ciclo ($40 \times 3 = 120$ muestras por ciclo).

Con cada muestra se efectúa la diferencia de ésta con la anterior . Se compara dicha diferencia con **la rampa máxima** calculada , de manera que si la diferencia resultante entre las dos muestras es superior a la rampa máxima se habrá producido una perturbación .



Esa misma muestra se compara con un valor de tensión (% sobre V_p) programado. Si al finalizar la obtención de las 40 muestras, no han sido superados dichos valores positivo y negativo, se habrá producido un microcorte.



La rampa máxima se calcula en función de los valores de tensión nominal y trigger que se tengan ya programados (al arrancar el equipo) , o bien cada vez que se cambien dichos parámetros a través del teclado (menú Set-up) .

Valores a programar :

- Tensión Nominal : $V_n = 10$ a 500 V
- Margen de Tensión : 100% al 50% de la tensión de pico
- Trigger level : $TL =$ de 1.2 a 5
- Frecuencia Nominal: $F_n = 45$ a 65 Hz

Parámetros calculados :

- Escala : la determina el propio equipo según la tensión nominal .
 - Escala 1 : tensión nominal de 151 V a 500 V (multiplica x 1)
 - Escala 2 : tensión nominal de 10 V a 150 V (multiplica x 2)
- Tiempo de muestreo : $t_m = 500 \mu s$ (constante) .

Rampa máxima = $(V_p \cdot \text{sen } \varphi) \cdot \text{trigger level} = V_p \cdot (2 \pi \cdot t_m / P) \cdot TL$

Ejemplo de cálculo de la rampa máxima

$V_n = 220$ V
trigger Level = $TL = 1.5$
% margen = 75%
 $F_n = 50$ Hz.
tiempo de muestreo = $t_m = 500 \mu s$
Periodo = $P = 1/F_n = 20$ ms
 $V_{pico} = V_p = V_n \cdot \sqrt{2} = 220 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 311.12 \text{ V}$

Rampa máxima = $V_p \cdot \text{sen } \varphi \cdot \text{trigger level} = V_p \cdot (2 \pi \cdot t_m / P) \cdot TL$
= $311.12 \cdot (2 \pi \cdot 0.5 \text{ ms} / 20 \text{ ms}) \cdot 1.5 = \underline{73 \text{ V}}$.

Ejemplos perturbación :

En Los siguientes gráficos se observan unos ejemplos de perturbaciones más frecuentes:

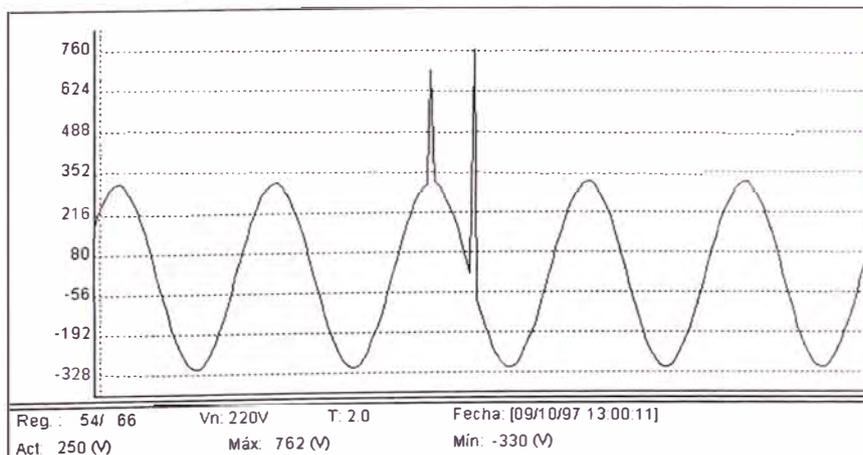


Figura 1

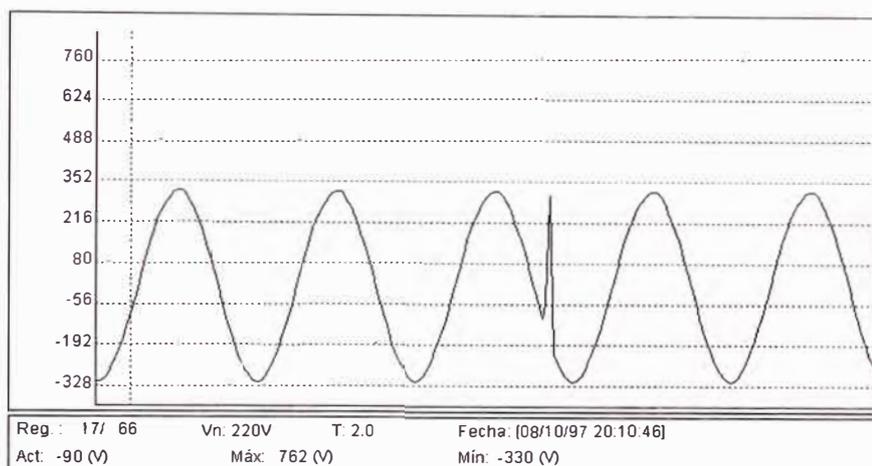


Figura 2

En los gráficos anteriores (Figura 1 y 2) se observan dos ejemplos de perturbaciones detectadas por haber superado entre algunas muestras tomadas el valor de la rampa máxima admitida por el usuario.

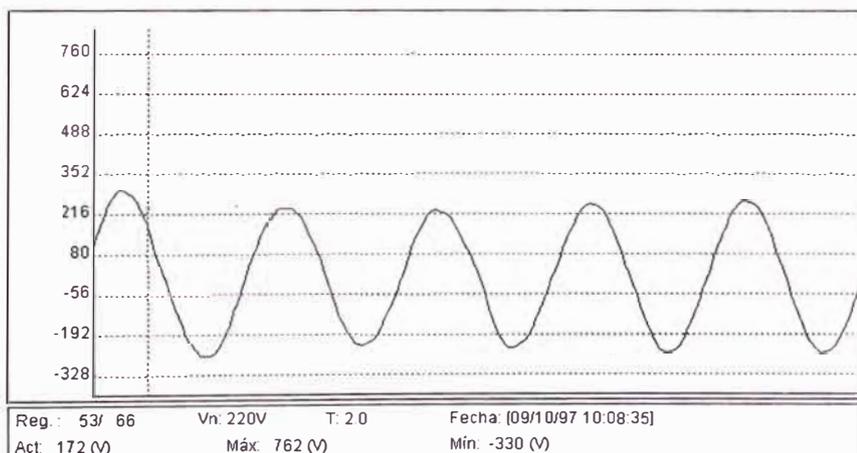


Figura 3

En la figura 3 se observa otro tipo de perturbación (caída de tensión) donde no hay ningún valor durante un ciclo que no supere el 75% de la tensión de pico programada ($V_{pico} = V_{nominal} \cdot \sqrt{2}$)

2.- COMPROBACIONES A LA RECEPCION.

A la recepción de su pedido compruebe los siguientes puntos:

- a) El material recibido corresponde a las especificaciones de su pedido.
- b) Compruebe que el material no ha sufrido desperfectos durante el transporte.
- c) Compruebe que ha recibido los siguientes accesorios:

- 1 Cartucho de programación del AR5 con el programa solicitado.
- 1 Manual de instrucciones.
- Discos 3,5" con la actualización del Software.

3.- PUESTA EN MARCHA DEL ANALIZADOR.

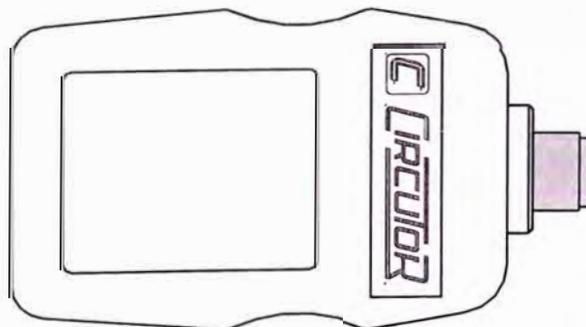
3.1.- Procedimiento de grabación de un nuevo programa.

El AR5 tiene una memoria interna destinada a almacenar los distintos programas con los que se desea utilizar el analizador.

Antes de iniciar este proceso, asegúrese que el AR5 tiene la batería cargada. No se puede realizar la carga del programa con el alimentador conectado. Esta carga se realiza colocando en el lugar donde iría el alimentador el cartucho con el programa.

Los pasos que se deben seguir para realizar la carga de estos programas son:

- Apague el AR5
- Conecte el cartucho a la entrada *AUX* del equipo.
- Ponga en marcha el equipo.
- Con las teclas [^] y [v] seleccione que la operación que desea realizar es cargar un programa (LOAD PROGRAM). Pulse [ENTER] o espere unos instantes para confirmar que desea realizar esta operación.
- Seleccione la posición donde se desea grabar el programa.
- El AR5 realizara un test para comprobar que ha conectado el cartucho.
- Si se detecta que hay un cartucho introducido, se procederá a la carga del programa.
- Una vez cargado el programa, realice el reset del equipo.
- Si no se ha encontrado el cartucho o se produce algún error en el proceso de carga del programa, realice un reset del equipo y vuelva a repetir la operación.



**Un cargador solo será operativo con el Analizador al que se haya grabado por primera vez el programa.
Apúntese en el cargador el número de serie del AR5 al que se ha asociado.**

3.2.- Elección del programa de trabajo.

El AR5 puede tener en memoria diferentes programas de funcionamiento. Para elegir que programa se quiere que utilice, se escoge en el momento de la puesta en marcha.

- Encienda el AR5.
- Por pantalla aparecerá una lista de programas disponibles.
- Utilice las teclas [**▲**] y [**▼**] para seleccionar el programa que se desea que el analizador utilice.
- Pulse [**ENTER**] o espere unos instantes para confirmar que desea realizar esta operación.

iiii COMPRUEBE EL SETUP !!!!

Todos los programas disponen de un Set-up independiente. Compruebe el Set-up ya que es básico para un estudio correcto.

Si se modifica el setup en el programa "ANALYZER" o desde cualquier otro programa, estas modificaciones no son válidas desde el programa "DISTURB" o a la inversa.

En el programa de Perturbaciones, en especial, la elección de los parámetros de Set-up es muy importante para realizar un análisis correcto. Una mala elección podría suponer no realizar ninguna captura o a la inversa, capturar todos los ciclos.

3.3.- Ahorro de energía.

EL Analizador AR5 dispone de un sistema de ahorro de energía. Si no se toca ninguna tecla durante 5 minutos, el display se apaga. El equipo sigue almacenando medidas, pero sin visualizarse por pantalla.

El display se colocará automáticamente en funcionamiento, en el momento que se pulse cualquier tecla¹.

¹ Las teclas que encienden el display son: [**▼**], [**▲**], [**▶**],[**◀**],[**SET**],[**ENTER**] y [**ESC**].

La Tecla [**ON**] no produce ningún efecto.

La Tecla [**OFF**] apaga el equipo sin encender el display.

4.- PRESENTACION DATOS EN DISPLAY.

4.1.- Pantalla base.

El analizador de perturbaciones AR5 dispone de una única pantalla de visualización. En esta pantalla se puede observar los principales parámetros de medida como de Set-up.

AR5 DISTURB		3.xx
V	L1	220V
Hz		50.0
Dist.		10
04/06/98		16:06:35
File:STD-PROG.A5D		
Trigger:		
200V/ 50.0 Hz		
Level:1.2/ 75%		
Com: 9600/ NO /8/1		

Capturador Monofásico

AR5 DISTURB				3.1x
V	L1	L2	L3	220V
Hz				50.0
Dist.				41
04/06/98		16:06:35		
File:STD-PROG.A5D				
Trigger:				
200V/ 50.0Hz				
Level:1.2/ 75%				
Com: 9600/ NO /8/1				

Capturador Trifásico

En el display de cristal liquido de 160 x 160 pixels se puede dividir en dos partes: en la parte superior observamos los parámetros instantáneos que se están midiendo en la red (V= Tensión, Hz = Frecuencia y Dist. = numero de perturbaciones capturadas). En la parte inferior se pueden observar los valores de Set-up (nombre de fichero, valores de trigger y parámetros de comunicación).

4.2.- Mensajes de información.

En las pantallas de visualización del AR5, pueden aparecer una serie de mensajes en la parte inferior de la pantalla. Estos mensajes nos dan información de como se encuentra el AR5:

- **STOP:** El equipo no almacena datos.
- **TRIG?:** No se cumplen las condiciones de trigger. No se grabarán datos.
- **M. Full:** La memoria esta llena.
- **M.Error:** Existe error en la memoria. Se debe realizar un formateo de la Memoria.
-  Estado de carga de la batería del analizador. Cuando solo queda una sola barra, indica que el equipo está escaso de batería y se puede parar en cualquier momento.
- **WARNING MAX 500 V:** Se ha superado la tensión máxima en la medida fase-neutro que es 500 V. Si medimos entre fase - fase el mensaje aparecerá a partir de 866 V.

5.- PROGRAMACION DEL AR5.

Para entrar en la programación del AR5, se deberá pulsar la tecla **[SET]**. En ese momento el analizador requerirá la entrada de un Password consistente en una secuencia de teclas (se dispone de 15 segundos para entrar esta secuencia):



Una vez introducido este Password el analizador pedirá la confirmación para que el analizador pare de capturar perturbaciones y pase a permitir modificar todos los parámetros de Set-up.

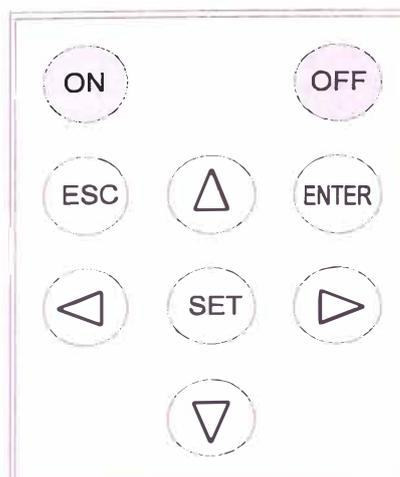
Los parámetros de configuración de cada uno de los programas, es independiente. El realizar una modificación en uno de los programas, no supone el modificar los parámetros de configuración de los otros.

El menú de Set-up está formado por varios MENUS de programación:



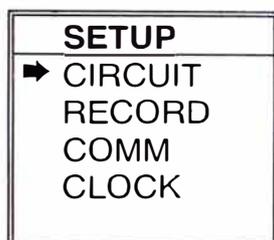
➡ MENU INICIAL

- Seleccionar una opción mediante las teclas **[▼]** y **[▲]**.
- Para entrar en una opción de menú, se utiliza la tecla **[▶]** o **[ENTER]**.
- Para cerrar el menú **[◀]** o **[ESC]**. Si se utiliza esta tecla cuando solo se tenga abierto el menú principal, este se cierra. En el caso de haber modificado algún parámetro del Set-up, este cierre está precedido por una confirmación de cambio de Set-up.



5.1.- Menú SETUP.

El analizador **AR5** puede programarse para obtener una serie de variantes en su forma de registro de resultados, tal como se indica en los apartados siguientes:



MENU DE SET-UP.



Monofásico – Trifásico.



Level, V nominal, frecuencia nominal, % margen
Nombre fichero (8 caracteres).



Baud / Parity / Bits / Stop bits.



DD/MM/AA hh:mm:ss.

5.1.1.- Menú CIRCUIT.

En este punto, se permite la elección del modo de funcionamiento del analizador de perturbaciones.

- Monofásico: Si se desea hacer un estudio de una red en modo Monofásico, se deberá conectar al analizador las entradas de la red entre **L1 y Neutro**.
- Trifásico: se elegirá esta opción siempre que se quieran analizar redes trifásicas. En este caso el analizador va continuamente explorando las tres fases y cuando detecta una perturbación en cualquiera de ellas almacena la forma de la perturbación.

NOTA:

Si se está midiendo una red en modo trifásico y solo hay tensión entre L1 y Neutro, el analizador detecta que hay perturbación en L2 y L3 e irá almacenando registros. Llenando la memoria en poco tiempo.

5.1.2.- Menú RECORD.

Esta opción permite programar las condiciones de registro:

RECORD
➔ TRIGGER NAME

Level, V nominal, frecuencia nominal y % margen V
Nombre fichero (8 dígitos).

5.1.2.1.- TRIGGER: Condiciones de trigger.

TRIGGER
LEVEL VNOM HZNOM V.LOW

Permite programar las condiciones a partir de las cuales se quiere almacenar las formas de onda perturbadas.

Cuando el analizador detecta una perturbación, en la memoria se almacena:

- Los 2 ciclos anteriores a la perturbación
- n ciclos perturbados o hasta que se reciben 2 ciclos no perturbados.
- 2 Ciclos sin perturbación.

- **LEVEL:**

Se define aquí, con que sensibilidad se quiere que se detecten las perturbaciones. Se puede escoger entre un valor de 1.2 y 5.0.

- Trigger Level = 1.2 representa un disparo muy sensible, capturándose formas de onda muy poco deformadas.
- Trigger Level = 5.0 representa un disparo poco sensible, capturándose formas de onda muy distorsionadas.

- **VNOM:**

Para poder calcular si se ha producido una perturbación, el analizador es imprescindible, indicar cual es la tensión nominal de la red que se está midiendo.

- **HZNOM**

El analizador también necesita que se le programe la frecuencia de la red que se va a analizar. Al poner en marcha el analizador o al salir del Set-up, este calculará la sensibilidad de disparo a esta frecuencia.

- **V.LOW**

Se programa el margen de tensión a partir del cual si la tensión de pico no supera ese valor, (% de la tensión nominal) se entiende que se ha producido una perturbación.

Ej. Si V.LOW es 90%, se detectará perturbación siempre que en un ciclo, la tensión no llegue al 90% de la tensión de pico programada.

5.1.2.2.- NAME: Nombre de fichero de almacenamiento.

Este apartado permite programar el nombre del fichero (8 dígitos, sin extensión).

NAME STD-PROG

¡NOTA!

- La extensión de los archivos de perturbaciones siempre es A5D.
- Si cambiamos el nombre del fichero de trabajo, el antiguo fichero no se perderá. En la memoria del AR5 pueden coexistir varios archivos con diferente nombre. Solo se irán almacenando datos en el archivo configurado.

5.1.3.- COMM: Parámetros de comunicación.

Este apartado permite programar los parámetros de la salida RS-232 del equipo. Al seleccionar dicha opción aparecen los parámetros programados actualmente:

COMM				
9600	NO	8		1
Baud /	Parity /	Long /		Stop bits

- Si se pulsa **[ENTER]**: se valida directamente los datos del display.
- **Para modificar:** (input rotativa).
- Seleccionar mediante las teclas **[▶]** o **[◀]** la posición a modificar.
- Mediante las teclas **[▼]**, **[▲]** se modifica el valor de la posición seleccionada.
- **[ENTER]** para validar el valor total o **[ESC]** para salir sin validar.

¡NOTA!

- La longitud de los datos en el analizador de redes AR5 no se puede variar. Está fija a 8 bits.

5.1.4.- CLOCK: Reloj.

Este apartado permite programar el reloj del equipo: fecha / hora.

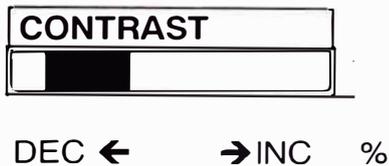
Al seleccionar dicha opción aparecen los valores programados actualmente:

CLOCK
00 /00 /00 00 :00 : 00
<i>día/mes/año hora:minuto:segundo</i>

5.2.- CONTRAST: Contraste.

Esta opción permite variar el contraste del display del AR5:

- Mediante la tecla [▶] se puede incrementar el contraste del display y mediante la tecla [◀] se puede disminuir el mismo:



5.3.- RUN: Estado de captura de datos.

Esta opción activa o desactiva el registro de datos en memoria.



- Mediante las teclas [▼], [▲] se selecciona RUN o STOP.
- [ENTER] para validar o [ESC] para salir sin validar.

5.4.- Menú FILES.

La memoria interna del equipo va guardando datos hasta la totalidad de su capacidad. Una vez está llena ya no guardará nuevos registros, ni perderá los que ya tiene grabados (siempre que no se manipule de forma incorrecta).

Cuando la memoria está llena, aparece el mensaje "**MEMORY FULL**" (memoria llena).



☞ MENU DE FICHEROS.

5.4.1.- DIR: Directorio.

Esta opción permite ver los distintos ficheros guardados en memoria.

AR5 - DIR

```
STD-PROG. A5M      xxxxx bytes  ↗ Nombre fichero / tamaño
  dd / mm / aa   hh: mm / ss           Día / hora
PRUEBA1. A5D       xxxxx bytes
  dd / mm / aa   hh: mm / ss
STD-PROG. A5I      xxxxx bytes
  dd / mm / aa   hh : mm / ss
```

Bytes free: xxxxxxxxxxxx ↗ Indica el núm. bytes libres.

Con la tecla **[ESC]** se sale de dicha opción.

Mediante las teclas **[▼]**, **[▲]** se pasa a visualizar mas archivos. Esto sucede en el caso de que no quepan en una sola pantalla los archivos que tiene almacenados el AR5.

Teclas **[ENTER]** o **[ESC]** para salir.

5.4.2.- DELETE: Borrado de un fichero.

Permite borrar ficheros de la memoria interna.

AR5 - DELETE

```
STD-PROG. A5D      xxxxx bytes  ↗ Nombre fichero / tamaño.
PRUEBA1. A5T       xxxxx bytes
STD-PROG. A5I      xxxxx bytes
```

- Con la tecla **[ESC]** se sale de dicha opción sin eliminar ningún fichero.
- Mediante las teclas **[▼]** y **[▲]** se selecciona el archivo que se desea eliminar.
- **[ENTER]** indica que se desea la eliminación del fichero que se ha seleccionado. Una vez deseada la eliminación de un fichero, se pide confirmación.

5.4.3.- FORMAT: Formateo de la memoria.

Permite formatear la memoria interna y borrarla totalmente. Al inicio se pide confirmación para realizar la operación. Esta opción elimina todos los archivos que estén almacenados en la memoria del equipo.

Nota: No pare el AR5 durante formateo de la memoria. Si esto sucediera aparecería el mensaje de M.Error y debería formaterla otra vez.

6.- CARACTERISTICAS TECNICAS.

Medida de tensión:

Rango de medida : Modo monofásico: 10 a 500 V c.a. (L1-neutro)
Modo trifásico: 10 a 500 V c.a. (Fase-neutro)

Frecuencia : 45 a 65 Hz.

Detección de Perturbaciones:

Perturbaciones > 0,5 ms
Microcortes tensión < 75% tensión de pico.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS CARTUCHO PROGRAMA.

Montaje : Plástico antichoque.
Dimensiones : 64 x 19 x 40 mm.
Terminales : 1 Bornes de entrada/salida.

7.- CONSIGNAS DE SEGURIDAD.



Se deben de tener en cuenta las normas de instalación que se describen en el manual del AR5 (INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA, FORMAS DE INSTALACION y CARACTERISTICAS TECNICAS del equipo).

Con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto, y la apertura de cubiertas o eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al tacto. Este equipo ha sido diseñado conforme a la norma CEI- 348, y se suministra en condiciones de buen funcionamiento.

8.- SERVICIO TÉCNICO

En caso de cualquier duda de funcionamiento o avería del equipo avisar al servicio técnico de CIRCUTOR S.A.

CIRCUTOR S.A. - Servicio Posventa.
c / Lepanto, 49
08223 - TERRASSA.
Tel - (93) - 745 29 00
Fax - (93) - 745 29 14

e-mail: ar5@circutor.es

A.- GUIA RÁPIDA AR5 - PERTURBACIONES.

Menú				Descripción	Opciones	Standard
Set-up	Circuit			Elección Tipo de circuito de medida.	Monofásico. Trifásico	Trifásico
	Record	Trigger	Level	Nivel de sensibilidad		1.2
			VNOM	Tensión nominal	10V – 500V	230
			HZNOM	Frecuencia nominal		50
			V.LOW	% margen de tensión. Tensión de micro-corte	50% – 100%	75%
		Name	Nombre de Fichero de trabajo.		STD-PROG	
	Comm			Parámetros de comunicación.		9600,n,8,1
Clock			Fecha y Hora del equipo.			
Contrast				Contraste.		
Run				Encender o parar la grabación de parámetros en memoria.	Stop. Run.	Run.
Files	Dir			Directorio.		
	Delete			Borrar un archivo.		
	Format			Borrar toda la memoria.		

5.2.7 Control.- El control y los registros del comportamiento de la frecuencia se realiza en puntos cualesquiera de la red, de manera continua. Es decir, el Período de Medición es de un (1) mes calendario, coincidiendo con el Período de Control, y se registran los niveles instantáneos de frecuencia.

5.2.7 Control.- Los COES, y los encargados de la operación en tiempo real para el caso de sistemas aislados, son los responsables de realizar las mediciones necesarias que garanticen el registro de la frecuencia para el sistema y/o partes de él, durante todo el período de medición; y de entregar esta información a la autoridad y a los integrantes del sistema que la requieran. El Período de Medición es de un (1) mes calendario, coincidiendo con el Período de Control y se registran los niveles instantáneos de frecuencia.

▪ *Texto del numeral según D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11*

5.2.7 Control.- El control se realiza a través de mediciones y registros llevados a cabo con equipos debidamente certificados y cuyas especificaciones técnicas hayan sido previamente aprobadas por la Autoridad.

Durante todo el período de medición, el coordinador de la operación en tiempo real, en el caso de sistemas interconectados, y el encargado de la operación en tiempo real, en el caso de sistemas aislados, están obligados a realizar las mediciones necesarias que garanticen el registro de la frecuencia de todo el sistema y/o de aquellas de sus partes que podrían operar temporalmente de manera separada, y de entregar esta información a la Autoridad y a los integrantes del sistema. El Período de Medición es de un (1) mes calendario, coincidiendo con el Período de Control y se registran los niveles instantáneos de frecuencia.

▪ *Texto del numeral según D.S. N° 013-2000-EM, publicado el 2000. 07. 27*

5.2.8 La energía entregada a los Clientes en condiciones de mala calidad se evalúa o mide en los puntos de entrega respectivos, integrándola por intervalos de quince (15) minutos.

5.3 PERTURBACIONES

5.3.1 La Autoridad propicia el control de todo tipo de perturbaciones. Inicialmente, sin embargo, sólo se controla el Flícker y las Tensiones Armónicas.

El Flícker y las Armónicas se miden en el voltaje de *Puntos de Acoplamiento Común (PAC)* del sistema, de puntos indicados explícitamente en la Norma o de otros que especifique la Autoridad en su oportunidad.

Nota .- La cuarta disposición transitoria del D. S. N° 040-2001-EM, publicado el 2001.07.17 dispone lo siguiente:

“Cuarta.- En el caso de clientes libres y clientes potenciales emisores de perturbaciones, que antes de la promulgación de la Norma potenciaron sus instalaciones eléctricas contra emisión de perturbaciones bajo estándares diferentes a la IEC pero reconocidos internacionalmente, serán aceptados dichos estándares después de la sustentación ante la Autoridad y verificación respectiva.”

5.3.2 Indicadores De Calidad.- Se consideran los siguientes indicadores de calidad:

- Para FLÍCKER: El Índice de Severidad por Flícker de corta duración (P_{st}) definido de acuerdo a las Normas IEC.
- Para ARMÓNICAS: Las Tensiones Armónicas Individuales (V_i) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD).

Estos indicadores (P_{st} , V_i , THD) se evalúan separadamente para cada Intervalo de Medición de diez (10) minutos durante el Período de Medición de perturbaciones, que como mínimo será de siete (7) días calendario continuos.

5.3.3 Tolerancias:

a) **Flicker.**- El Índice de Severidad por Flicker (P_{st}) no debe superar la unidad ($P_{st} \leq 1$) en Alta, Media ni Baja Tensión. Se considera el límite: $P_{st}'=1$ como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

a) **Flicker.**- El Índice de Severidad por Flicker (P_{st}) no debe superar la unidad ($P_{st} \leq 1$) en Muy Alta, Alta, Media ni Baja Tensión. Se considera el límite: $P_{st}'=1$ como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

▪ *Texto del inciso a) según D.S. N° 013-2000-EM, publicado el 2000. 07. 27*

b) **Tensiones Armónicas.**- Los valores eficaces (RMS) de las Tensiones Armónicas Individuales (V_i) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') indicados en la siguiente tabla. Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la dos (2°) y la cuarenta (40°), ambas inclusive.

Tabla N° 5

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

Tabla N° 5

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA ó THD	TOLERANCIA Vi' ó THD' (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	0.1 + 2.5/n	0.2 + 12.5/n
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	8

▪ Tabla según D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11

El Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD) está definido como:

$$THD = \left(\sqrt{\sum_{i=2...40} (V_i^2 / V_N^2)} \right) \cdot 100\% \dots \dots \dots (Fórmula N° 9)$$

Donde:

V_i.- Es el Valor eficaz (RMS) de la tensión armónica “i” (para i=2 ... 40) expresada en Voltios.

V_N.- Es la tensión nominal del punto de medición expresada en Voltios.

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si los indicadores de las perturbaciones medidas se encuentran fuera del rango de tolerancias establecidas en este numeral, por un tiempo superior al 5% del Período de Medición. Cada tipo de perturbación se considera por separado.

5.3.4 Compensaciones por exceso de perturbaciones.- Los Suministradores deben compensar a sus Clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad de producto no satisface los estándares fijados en el numeral 5.3.3 de la Norma.

▪ *Nota 1.- El artículo 6° del DS N° 009-99-EM, publicado el 1999. 04. 11 dispone lo siguiente: “Suspender la aplicación del numeral 3.7 y el pago de compensaciones por emisión de perturbaciones a que se refiere el numeral 5.3 de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, durante la Segunda Etapa.”*

▪ *Nota 2.- El artículo 4° del D.S. N° 040-2001-EM, publicado el 2001.07.17 modifica el artículo 6° del D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11 de acuerdo a lo siguiente:
“Artículo 6°.- Suspender la aplicación del numeral 3.7 y el pago de compensaciones por emisión de perturbaciones a que se refiere el numeral 5.3 de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
Para restituir la aplicación de estos numerales, el Ministerio de Energía y Minas conformará una Comisión para el análisis integral de las perturbaciones y su eficaz aplicación en nuestro mercado eléctrico. Para ello se convocará a representantes de empresas eléctricas y de grandes clientes. El referido análisis comprenderá un estudio de las tolerancias, compensaciones respectivas por la transgresión de dichas tolerancias, número de puntos de medición y el plazo de adecuación de los clientes emisores de perturbaciones a los límites establecidos en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.”*

5.3.5 Aquellos Clientes que excedan las tolerancias de emisión de perturbaciones establecidas para ellos individualmente, no son compensados por aquellos parámetros de la calidad a cuyo deterioro han contribuido durante el período de control respectivo.

5.3.6 Las compensaciones que se pagan a los Clientes alimentados desde el punto de medición donde se verifica la mala calidad, se calculan para el Período de Medición a través de las fórmulas que aparecen a continuación, las mismas que están expresadas en función a la energía entregada en condiciones de mala calidad:

$$\text{Compensaciones por Flícker} = \sum_r c \cdot C_r \cdot E(r) \dots \dots \dots (\text{Fórmula N° 10})$$

Donde:

r.- Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias por Flícker.

c.- Es la compensación unitaria por Flícker:

- Primera Etapa: $c=0.00$
- Segunda Etapa: $c=0.10$ US\$/kWh
- Tercera Etapa: $c=1.10$ US\$/kWh

C_r- Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud de la Distorsión Penalizable por Flícker DPF(r) calculado para el intervalo de medición “r” como:

$$\text{DPF}(r) = P_{st}(r) - P_{st}'$$

Si: $\text{DPF}(r) \geq 1$; $C_r = 1$
 Si: $\text{DPF}(r) < 1$; $C_r = \text{DPF}(r)$

E(r)- Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición “r”.

$$\text{Compensaciones por Armónicas} = \sum_s d \cdot D_s \cdot E(s) \dots \dots \dots (\text{Fórmula N° 11})$$

Donde:

s.- Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias por armónicas.

d.- Es la compensación unitaria por armónicas:

- Primera Etapa: $d=0.00$
- Segunda Etapa: $d=0.10$ US\$/kWh
- Tercera Etapa: $d=1.10$ US\$/kWh

D_s- Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud de la Distorsión Penalizable por Armónicas DPA(s) calculado para el intervalo de medición “s” como:

$$\text{DPA}(s) = (\text{THD}(s) - \text{THD}') / \text{THD}' + (1/3) \sum_{i=2..40} ((V_i(s) - V_i') / V_i') \dots \dots \dots (\text{Fórmula N° 12})$$

(Sólo se consideran los términos positivos de esta expresión).

Si: $DPA(s) \geq 1$; $D_s = 1$

Si: $DPA(s) < 1$; $D_s = DPA(s) \cdot DPA(s)$

E(s).- Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición "s".

5.3.7 Control.- Se efectúan registros mensuales de perturbaciones con lecturas válidas en los siguientes puntos:

- En uno (1) por cada veinticuatro (24) de los puntos de entrega a Clientes con suministros en muy alta, alta y media tensión.
- En una muestra representativa del número de barras de salida en baja tensión de subestaciones MT/BT que comprenda por lo menos lo siguiente:

Tabla N° 6

Clientes en Baja Tensión por Suministrador	Número de Puntos de Medición Registrados Mensualmente	
	Flícker	Armónicas
Con más de 500,000 Clientes	24	24
Con 100,001 a 500,000 Clientes	12	12
Con 10,001 a 100,000 Clientes	6	6
Con 501 a 10,000 Clientes	3	3
Con 500 clientes o menos	-	-

5.3.7 Control.- El control se realiza a través de mediciones y registros llevados a cabo con equipos debidamente certificados y cuyas especificaciones técnicas hayan sido previamente aprobadas por la Autoridad. La muestra mensual debe garantizar por lo menos el siguiente número de lecturas válidas:

- En uno (1) por cada veinticuatro (24) de los puntos de entrega a Clientes con suministros en muy alta, alta y media tensión.
- En una muestra representativa del número de barras de salida en baja tensión de subestaciones MT/BT que comprenda por lo menos lo siguiente:

Tabla N° 6

Clientes en Baja Tensión por Suministrador	Número de Puntos de Medición Registrados Mensualmente	
	Flícker	Armónicas
Con más de 500,000 Clientes	24	24
Con 100,001 a 500,000 Clientes	12	12
Con 10,001 a 100,000 Clientes	6	6
Con 501 a 10,000 Clientes	3	3
Con 500 clientes o menos	-	-

- *Texto del numeral según D.S. N° 013-2000-EM, publicado el 2000. 07. 27*

5.3.7 Control.- El control se realiza a través de mediciones y registros llevados a cabo con equipos debidamente certificados y cuyas especificaciones técnicas hayan sido previamente aprobadas por la Autoridad. La muestra mensual debe garantizar por lo menos el siguiente número de lecturas válidas:

- En uno (1) por cada cincuenta (50) puntos de entrega a Clientes con suministros en muy alta, alta y media tensión.
- En una muestra representativa del número de barras de salida en baja tensión de subestaciones MT/BT que comprenda por lo menos lo siguiente:

Tabla N° 6

Clientes en Baja Tensión por Suministrador	Número de Puntos de Medición Registrados Mensualmente	
	Flicker	Armónicas
Con más de 500,000 clientes	18	18
Con 100,001 a 500,000 clientes	9	9
Con 10,001 a 100,000 clientes	5	5
Con 501 a 10,000 clientes	2	2
Con 500 clientes o menos	-	-

- *Texto del numeral según D.S. N° 040-2001-EM, publicado el 2001.07.17*

5.3.8 La energía entregada a los Clientes en condiciones de mala calidad se evalúa o mide en los puntos de entrega respectivos, integrándola por intervalos de diez (10) minutos.

5.3.9 Adicionalmente, con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de flicker y voltajes armónicos especificados en el numeral 5.3.7, se efectúan mediciones de flicker y voltajes armónicos por lo menos hasta el orden 15, de manera simultánea con las mediciones de los niveles de tensión; por lo que los medidores de tensión deben estar equipados para realizar estas mediciones de monitoreo.

5.3.9 Adicionalmente, con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de flicker y tensiones armónicas especificados en el último párrafo del numeral 5.3.7, se efectúan mediciones de monitoreo de flicker y distorsiones armónicas (THD), considerando armónicas de por lo menos hasta del orden 15, de manera simultánea con las mediciones de voltaje en puntos de entrega en baja tensión; por lo que, los medidores de voltaje para baja tensión deben estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

- *Texto del numeral según D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11*

5.4 OBLIGACIONES DEL SUMINISTRADOR

5.4.1 Adquirir todos los equipos de medición y registro necesarios, y realizar los trabajos de instalación y/o montaje que se requieran, de conformidad con el inciso a) del numeral 3.1 de la Norma.

5.4.2 Diseñar e implementar los procedimientos y/o mecanismos necesarios para la recolección de información, la evaluación de indicadores y compensaciones, y la transferencia de información requerida a la Autoridad.

5.4.3 Entregar a la Autoridad, una semana antes de la finalización de cada mes, el programa propuesto de medición del mes siguiente.

BB Tecnología Industrial S.A.C. TABLEROS

NORMA DE FABRICACION

El suministro cumplirá con la última versión de las siguientes normas:

Gabinete:

IEC 60439-1/2/3/4/5: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.

Protección

IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) IP 55

Fijación

DIN 5022: Low voltage switchgear and controlgear for industrial use; Mounting rails; Top hat rails 35 mm wide for snap-on mounting of equipment

Barras

ASTM B187 Standard Specification for Copper, Bus Bar, Rod, and Shapes and General Purpose Rod, Bar, and Shapes

Aisladores

IEC/TS 61462 Aisladores compuestos. Aisladores huecos para aparamenta eléctrica utilizados en el interior o en el exterior. Definiciones, métodos de ensayo, criterios de aceptación y recomendaciones de diseño.

Equipos:

Interruptores

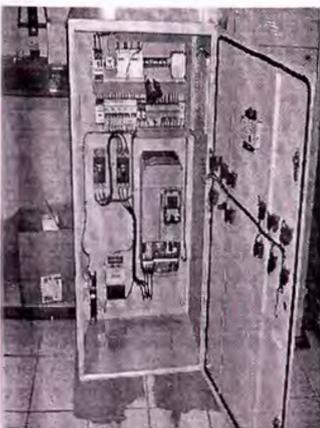
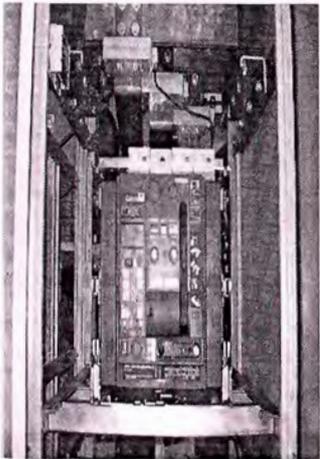
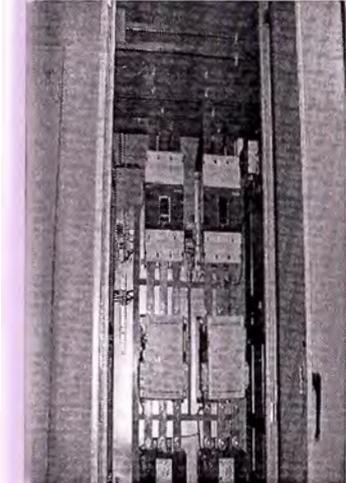
IEC 60947-2: Aparamenta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.

Código de colores:

Barras

IEC 60445

FASE R	VERDE
FASE S	BLANCO
FASE T	ROJO
NEUTRO	AZUL CLARO
PROTECCION	AMARILLO





BB Tecnología Industrial S.A.C. TABLEROS

DESCRIPCION

Paneles, tableros o armarios: Equipos fabricados en planta metálicos o de fibra de vidrio en cuyo interior se instalan y cablean equipos eléctricos de conexión, protección o medición para tensiones inferiores a 1000V, de acuerdo a una necesidad particular de cada uno de los usuarios de estos equipos.

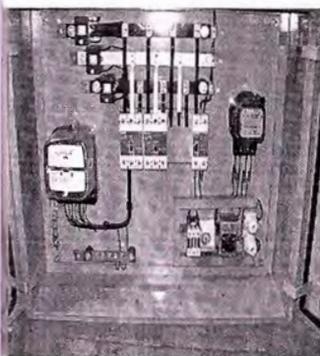
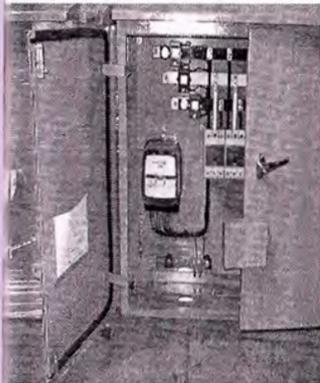
Pueden ser fabricados:

a) Para montaje empotrado: Generalmente para alojar sistemas de interrupción y protección para circuitos de iluminación y tomacorrientes, usados en la industria de la construcción.

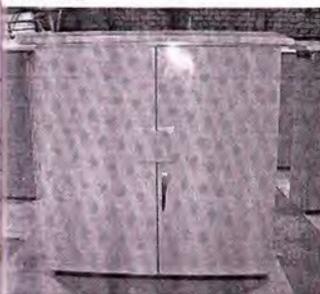
b) Para montaje mural: Pueden ser para alojar sistemas de interrupción y protección para circuitos de iluminación y tomacorrientes y también para alojar sistemas de arranque para motores eléctricos o para alojar pequeños arrancadores estáticos o variadores de velocidad.

c) Para montaje en poste: Llamados "barbotantes", fabricados de plancha de fierro LAF o de fibra de vidrio, utilizados como sistemas de distribución en electrificaciones rurales, contienen el sistema de distribución de cargas, alumbrado público y medición.

d) Para montaje autoportado: Alojando generalmente Tableros Generales de Distribución de Fuerza, sistemas de mando y control para motores, subestaciones u otros, sistemas de compensación de energía reactiva y en general todo el equipamiento eléctrico de dimensiones que no permitan su instalación en tableros murales. Estos tableros se fabrican en sistema modular, es decir en columnas independientes que pueden ser adicionadas unas al costado de otras.



USOS



Tableros de distribución en media y baja tensión
Tablero de medición para postes (alumbrado)
Tablero para arranque estrella triangulo
Tablero para arranque directo
Tablero para automatización
Tablero para centro de control de motores
Tablero especiales en general



BB Tecnología Industrial S.A.C. TABLEROS

DIMENSIONES

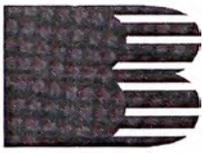
TABLEROS METALICOS ADOSADOS

- Gabinete completamente fabricado en plancha LAF de 1.50 mm de espesor.
- Pintado exterior e interiormente con pintura poliéster-anticorrosiva epóxica RAL 7032 texturizado.
- Grado de Protección IP55.

Alto x ancho x profundidad mm

Código

400 x 300 x 150	GAD 43/150
500 x 400 x 150	GAD 54/150
600 x 400 x 150	GAD 64/150
700 x 500 x 150	GAD 75/150
400 x 300 x 200	GAD 43/200
500 x 400 x 200	GAD 54/200
600 x 400 x 200	GAD 64/200
700 x 500 x 200	GAD 75/200
800 x 500 x 200	GAD 85/200
800 x 600 x 200	GAD 86/200
1000 x 600 x 250	GAD 106/250
1200 x 600 x 250	GAD 126/250



BB Tecnología Industrial S.A.C. TABLEROS

TABLEROS BARBOTANTES EN PLANCHA METÁLICA:

Denominación General: **TMB-00**

Altura x Ancho x Profundidad	Código
800x800x250mm	TMB-01
900x1000x250mm	TMB-02
800x1000x250mm	TMB-03

TABLEROS AUTOSOPORTADOS EN PLANCHA METÁLICA:

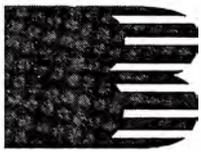
Denominación General : **TMA-00**

Altura x Ancho x Profundidad	Código
2000x700x600mm	TMA-01
2000x900x600mm	TMA-02
2000x1200x600mm	TMA-03
2000x700x700mm	TMA-04
2000x900x700mm	TMA-05
2000x1200x700mm	TMA-06

ARMARIOS O TABLEROS METÁLICOS PARA EMPOTRAR:

Denominación General : **TME-00**

Altura x Ancho x Profundidad	Código
330x370x108mm	TME-01
381x370x108mm	TME-02
432x370x108mm	TME-03
534x370x108mm	TME-04
610x370x108mm	TME-05
686x370x108mm	TME-06
762x370x108mm	TME-07
838x370x108mm	TME-08
915x370x108mm	TME-09



BB Tecnología Industrial S.A.C. TABLEROS

COLOR

DESCRIPCIÓN:

Auromatic 85 Gris	323511
Esmalte Poliuretano Ral 7032	377032

SISTEMA DE PINTADO

CAPA	CODIGO	PINTURA	EPS (mils)
1	323511	Auromatic 85 Gris	3.6
2	323511	Auromatic 85 Gris	3.6
3	377032	Esmalte Poliuretano Ral 7032	2.0

Para preparar la superficie de los tableros se les hace un tratamiento con ácido desengrasante, tratamiento de lijado con lija # 100 y tratamiento de arenado comercial según norma PSC-SP6

La preparación de la superficie cumple con la norma PSC-SP8, que consiste en un tratamiento químico (fosfatizado) y la aplicación del producto Auromatic 85 Gris y acabado esmalte poliuretano.

La medida de los espesores de película húmeda se realiza según la norma ASTM D-4414 con medidor galleta.

El control de los espesores de película seca, se determina de acuerdo a lo que establece la norma PSC-PA2, para ello utilizamos medidor magnético digital marca "El cometer" modelo 456 o Positest M-5 # 31026

MEDIDAS:

El espesor en húmedo es 7.0 mils o 175 micrones aproximadamente, para obtener un espesor en seco de 5.2 mils o 130 micrones aproximadamente.

