

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE TECNOLOGIA  
CARRERA ELECTROMECHANICA**



**PROYECTO DE GRADO**

**“ESTUDIO TECNICO PARA LA COMPENSACION  
AUTOMATICA DE LA CORRECCION DEL FACTOR  
DE POTENCIA EN LA INDUSTRIA VULTEXIBER”**

**POSTULANTE: OSCAR VARGAS ORELLANA**

**TUTOR: Lic. CESAR MENDOZA CARVAJAL**

La Paz – Bolivia  
2014

### **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen, por estar en todo momento, iluminarme y guiarme e el camino de mi vida y lograr alcanzar unas de las metas más anheladas.

A mis padres y hermanos por brindarme todo su amor y apoyo incondicional, por ser el ejemplo del éxito alcanzado hasta ahora.

A Jesús por estar a mi lado y ser un apoyo incondicional en todo momento.

A mis compañeros y a todas aquellas personas que estuvieron a lo largo de mi carrera compartiendo sueños, ilusiones y metas. Hoy, logro una de ellas, por ello quiero dedicárselos a todos ustedes.

### **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Mayor de San Andrés, y especialmente a todos los Docentes de la Carrera Electromecánica por haberme brindado la oportunidad de prepararme académicamente y alcanzar la realización de este proyecto.

A la Empresa VULTEXIBER LTDA: por haberme brindado la oportunidad de realizar este proyecto.

## INDICE

### **CAPITULO I**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

1.1	Introducción .....	5
1.2	Descripción .....	5
1.3	Objetivos .....	7
1.3.1	Objetivo General .....	7
1.3.2	Objetivos Específicos .....	7
1.4	Antecedentes .....	7
1.5	Planteamiento del Problema .....	8
1.6	Justificación .....	8
1.6.1.	Justificación técnica .....	9
1.6.2	Justificación Económica .....	9

### **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

2.1	Energía .....	10
2.2	Factor de Demanda .....	10
2.3	Factor de Simultaneidad .....	10
2.4	Factor de Carga .....	11
2.5	Factor de Potencia .....	11
2.6	Compensación de la Potencia Reactiva .....	17
2.7	Ahorros al mejorar el Factor de Potencia .....	19
2.7.1	Reducción de las pérdidas del sistema.....	19
2.7.2	Aumento dela capacidad del sistema.....	19
2.7.3	Mejoramamiento de la regulación de voltaje.....	20
2.7.4	Disminución de los costos de energía.....	21
2.8	Métodos al corregir el Factor de Potencia .....	21
2.8.1	Operación de Motores de Inducción a Plena Carga .....	21
2.8.2	Motores Síncronos .....	22

2.8.3 Compensación con Capacitores .....	22
2.9 Capacitores .....	23
2.10 Banco de Capacitores .....	26
2.11 Formas de Compensación .....	26
2.11.1 Compensación individual .....	26
2.11.2 Compensación Grupal .....	28
2.11.3 Compensación Centralizada .....	29

### **CAPITULO III INGENIERIA DEL PROYECTO**

3.1 Alimentación Eléctrica .....	32
3.2 Determinación del Factor de Potencia .....	32
3.3 Factor de Potencia de la Empresa .....	38
3.4 Método para corregir el Factor de Potencia .....	38
3.5 Determinación de la Potencia Reactiva necesaria .....	39
3.6 Sistema de control .....	41
3.7 Especificaciones Técnicas del Banco de Capacitores Automáticos .....	42

### **CAPITULO IV EVALUACION DE COSTOS**

4.1 Costos de Inversión.....	46
4.2 Análisis de Costo unitario .....	47
4.3 Costos de Energía .....	48

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Vista frontal Vultexiber Ltda. ....	6
Figura N° 1.2	Ubicación de la Planta .....	6
Figura N° 2.1	Triángulo de Potencias .....	13
Figura N° 2.2	Carga Reactiva .....	14
Figura N° 2.3	Diagrama fasorial carga resistiva .....	14
Figura N° 2.4	Carga inductiva .....	15
Figura N° 2.5	Diagrama fasorial carga inductiva .....	15
Figura N° 2.6	Carga sin compensación .....	18
Figura N° 2.7	Carga con compensación .....	18
Figura N° 2.8	Diagrama fasorial carga capacitiva .....	25
Figura N° 2.9	Capacitores para compensación .....	26
Figura N° 2.10	Compensación individual .....	27
Figura N° 2.11	Compensación por grupos.....	28
Figura N° 2.12	Compensación centralizada .....	29
Figura N° 2.13	Comportamiento del sistema .....	30
Figura N° 2.14	Comportamiento de compensación centralizada .....	30
Figura N° 2.15	Circuito eléctrico compensación centralizada .....	31
Figura N° 3.1	Sistema eléctrico .....	32
Figura N° 3.2	Curva voltaje de línea 230V .....	33
Figura N° 3.3	Curva corriente de línea 230V .....	33
Figura N° 3.4	Curva Factor de Potencia 230V .....	34
Figura N° 3.5	Curva de Potencia Activa 230V .....	34
Figura N° 3.6	Curva voltaje de línea 380V .....	35
Figura N° 3.7	Curva corriente de línea 380V .....	35
Figura N° 3.8	Curva Factor de Potencia 380V .....	36
Figura N° 3.9	Curva de potencia activa 380V .....	36
Figura N° 3.10	Curva de potencia reactiva .....	37
Figura N° 3.11	Curva de potencia aparente .....	37
Figura N° 3.12	Diagrama Unifilar Compensación centralizada .....	38
Figura N° 3.13	Triángulo de Potencia .....	39
Figura N° 3.14	Circuito de control y fuerza .....	41

## CAPITULO I

### CONSIDERACIONES GENERALES

#### 1.1 INTRODUCCION

La Norma Boliviana NB 777 establece para toda instalación industrial pequeña o mediana con más de 30 Kw de demanda máxima de potencia activa, se debe considerar el factor de potencia según la siguiente exigencia: Los valores medios mensuales del factor de potencia deberán ser como mínimo 0.90.

Actualmente los costos de energía eléctrica en la INDUSTRIA VULTEXIBER, se han incrementado continuamente debido al consumo excesivo de energía reactiva de la planta. Una de las formas de medir el grado de utilización de la **potencia útil** (activa) con respecto a la **potencia total** (activa más reactiva) de un equipo o circuito eléctrico es empleando el término de “Factor de Potencia”, tal es así que un buen factor de potencia será la unidad y cuando este se reduzca y se aproxime a cero será un factor deficiente.

#### 1.2 DESCRIPCION

VULTEXIBER LTDA., industrias textiles, es una compañía líder en la industria textil del mercado boliviano.

Desde 1975 está asentado en la ciudad de El Alto a 4071 msnm, del Departamento de La Paz, Bolivia.

El fundador de la empresa es el Sr. Jacobo Iberkleid Diamont, la empresa se dedica a la manufacturación de productos altamente competitivos utilizando para ello materia prima seleccionada de primera calidad y maquinaria de última generación, con lo que se satisface las demandas más exigentes del mercado nacional e internacional.



Figura 1.1 Vista frontal VULTEXIBER LTDA.



Figura 1.2 Ubicación de la Planta VULTEXIBER LTDA.

La Empresa VULTEXIBER LTDA, cuenta con suministro de energía eléctrica a través de dos transformadores trifásicos el primero de 75 KVA, 7200 voltios en media tensión y 230 voltios en baja tensión, y el otro de 150KVA, 7200 voltios en media tensión y 400/230 voltios en baja tensión.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el estudio técnico para la compensación automática de la corrección del Factor de Potencia en la INDUSTRIA VULTEXIBER LTDA.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el factor de potencia actual
- Determinar la localización del Banco de Capacitores
- Determinar las características de los KVAR de la planta
- Determinar la capacidad del banco de capacitores automáticos a ser instalados
- Realizar el análisis económico del Proyecto

### **1.4 ANTECEDENTES**

El sistema eléctrico de la industria VULTEXIBER LTDA actualmente se encuentra con muchos problemas ya que el transformador está sobre cargado, se tiene el excesivo calentamiento de los conductores, lo que ocasiona que la planta trabaje sin ninguna confiabilidad.

En la industria VULTEXIBER el equipo eléctrico constituye diversos motores de diferentes potencias, iluminación y diversas máquinas textiles, como las Cardas, la Dreff y el Batanar, etc. Todo aquello que llega a magnetizarse presenta inconvenientes al momento de operar la red.

El elevado consumo de potencia reactiva ocasiona la mala regulación de voltaje o bajo voltaje dentro la empresa, lo que provoca una consecuencia negativa en la instalación industrial.

## **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La corriente reactiva que circula entre la empresa proveedora de electricidad DELAPAZ y el cliente final VULTEXIBER, se convierte en calor dentro del sistema de distribución de energía y también representa una carga adicional al sistema de distribución, generadores, transformadores, cables, pérdidas de energía y caídas de tensión son también consecuencia de ello.

Si hay una alta proporción de corriente reactiva, las secciones de conductores instalados no pueden ser plenamente utilizados para la transmisión de potencia útil o activa, o deberán estar debidamente sobredimensionados. Desde el punto de vista de la empresa distribuidora, un factor de potencia bajo aumenta los costos de inversión y mantenimiento para el sistema de distribución de energía, y estos gastos adicionales se trasladan a los responsables, es decir, los consumidores de energía con bajo factor de potencia. Es por eso que se instala un medidor que además de la energía activa pueda medir la energía reactiva.

## **1.6 JUSTIFICACION**

Técnicamente se justifica esta actividad porque el consumo excesivo de la energía reactiva ocasiona mayores caídas de tensión, mala regulación de tensión, el transformador trabaja sobre cargado, y los costos de consumo de energía eléctrica son elevados.

### **1.6.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

La forma más práctica y económica para la corrección del bajo factor de potencia es la utilización de condensadores. La corriente del condensador es usada para suplir en su totalidad o en parte. Los condensadores mejoran el factor de potencia debido a que sus efectos, son exactamente opuestos a los de las cargas reactivas ya definidas, eliminando así el efecto de ellas.

### **1.6.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

La manera más económica de mejorar el factor de potencia de una instalación de energía es mediante la adición de condensadores. La corriente a través de una carga inductiva afecta la tensión, pero la corriente de un condensador aumenta la tensión. Así los condensadores sirven como un importante generador de corriente reactiva para contrarrestar la corriente reactiva que se queda en un sistema. En pocas palabras, los condensadores suministran la corriente magnetizante requerida por los motores

Determinar el costo y la eficacia de la corrección del factor de potencia, la recuperación de la inversión del equipo, depende de las penalidades del factor de potencia que aplica la empresa distribuidora de energía (DELAPAZ). Es crucial entender la estructura de tarifas de la empresa de electricidad para determinar la tasa de retorno de la inversión para mejorar el factor de potencia.

Mantener un alto factor de potencia en una instalación producirá un ahorro directo, además de reducir el factor de potencia, sanciones impuestas por la empresa de electricidad, puede haber otros factores económicos que, considerados en su conjunto, puede dar lugar a la adición de condensadores de corrección del factor de potencia que proporcionan un justificado retorno sobre la inversión.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 2.1 ENERGIA

En el uso de un elemento o aparato eléctrico de una cierta capacidad o potencia (KW) por un cierto periodo de tiempo expresado en horas, la unidad de energía es Kilovatio – Hora (Kw-h).

$$\text{Energía} = \text{Potencia} * \text{Tiempo} \quad [\text{Kwh}]$$

#### 2.2 FACTOR DE DEMANDA

Es la relación de la Demanda Máxima y la Potencia total instalada del sistema, durante un intervalo de tiempo considerado.

$$Fd = \frac{D_{max}}{P_{inst}}$$

Dmax: Demanda máxima de la instalación, en KW o KVA

Pinst : Potencia total instalada, en KW o KVA

La potencia total instalada es la suma de las potencias nominales continuas de los receptores o aparatos conectados.

#### 2.3 FACTOR DE SIMULTANEIDAD

Inversamente llamado factor de diversidad, es la relación entre la demanda máxima de un conjunto de secciones y la suma de las demandas máximas individuales de cada sección, durante un intervalo de tiempo.

$$F_{sim} = \frac{D_{max}}{\sum D_{max} - ind}$$

Donde:

D<sub>max</sub> : Demanda máxima de conjunto de secciones, en KW o KVA

D<sub>max</sub>. Individuales: Es la demanda máxima de cada sección, en KW o KVA

## 2.4 FACTOR DE CARGA

El factor de carga es un índice que nos muestra el grado de utilización en un lapso de tiempo determinado (normalmente un mes), ya que en la mayoría de los casos la carga no es constante durante el año o durante un periodo de tiempo específico considerando, como representativo ya que por ejemplo en las instalaciones industriales la demanda de energía eléctrica varía de acuerdo con el volumen de producción que se tenga.

Técnicamente el factor de carga F<sub>c</sub>, como la relación de la energía consumida y la potencia máxima por el número de horas.

$$F_c = \frac{\text{Energía}}{P_{max} * N^{\circ} \text{ Horas}}$$

## 2.5 FACTOR DE POTENCIA

Factor de potencia es simplemente un nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o Kilovatios (KW), a la potencia que aparentemente se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o Kilovatio-amperios. Esta relación es de mucha importancia en circuitos de corriente alterna, pero no tiene importancia en circuitos de corriente directa.

Para determinar la potencia requerida por una carga eléctrica, usualmente cuando se trata de circuitos monofásicos, se multiplica la corriente de plena carga por voltaje de

alimentación. El producto obtenido determina únicamente la potencia aparente, necesitándose mediciones más detalladas para poder encontrar la potencia activa o productiva.

Por medio de un vatímetro se puede determinar la potencia activa, la cual nunca puede exceder a la potencia aparente y usualmente es menor. Para aparatos que contienen únicamente resistencia (lámparas incandescentes y aparatos de calefacción la potencia activa y la potencia aparente es la misma (red de corriente alterna y el factor de potencia es de 100%). Pero, muchos aparatos, tales como motores y transformadores de corriente alterna tienen además una propiedad conocida como inductancia y consumen menos potencia activa o productiva que el producto de multiplicar su corriente de operación por su voltaje.

La energía eléctrica que acciona motores y todo otro equipo eléctrico, está en realidad compuesta de la energía activa y la energía reactiva.

La energía activa, es la que realmente ejecuta la tarea de funcionamiento de los equipos eléctricos.

La energía reactiva, no produce un trabajo útil, pero es indispensable para el arranque y la energización de los circuitos magnéticos en los equipos (motores, transformadores, etc.) y por lo tanto representan una carga adicional de corrientes para los sistemas eléctricos (cables internos, como transformadores, y líneas de distribución).

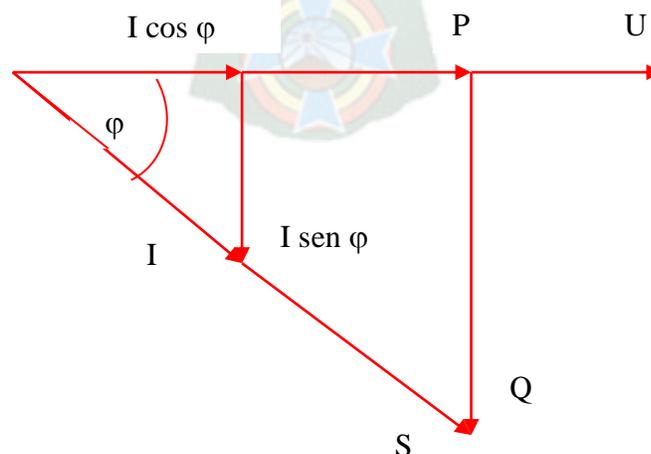
Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo, a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores eléctricos, etc. Este carácter reactivo obliga que junto a la potencia activa (KW) exista una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinen el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida o transportada por las redes,

ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transporte.

Según lo expuesto la energía total (Aparente) tomada de la red está compuesta por una porción de energía que es realmente consumida (Activa) y otra porción que no es consumida (Reactiva). Las proporciones de energía Activa y Reactiva que se utilizan determinan las condiciones del usuario frente a las empresas de suministro. Para evaluar estas proporciones de energía con respecto al total o aparente, se utiliza un coeficiente denominado Factor de Potencia. Como la energía total absorbida depende del tiempo durante el cual ésta se toma de la red, los cálculos que la involucran se refieren en general a una potencia y no a una energía.

En la figura 2.1 en la que se puede apreciar claramente que, para una misma potencia activa  $P$ , que efectivamente utilizemos, tendremos que la corriente  $I$  y la potencia aparente  $S$  son mínimos cuando el ángulo  $\varphi = 0$ , o dicho de otra forma, cuando  $\cos\varphi = 1$ .

Al  $\cos\varphi$  se lo identifica como “FACTOR DE POTENCIA” siendo sus límites de variación entre 1 y 0, y su compensación o aproximación es mediante el uso de capacitores en instalaciones industriales.



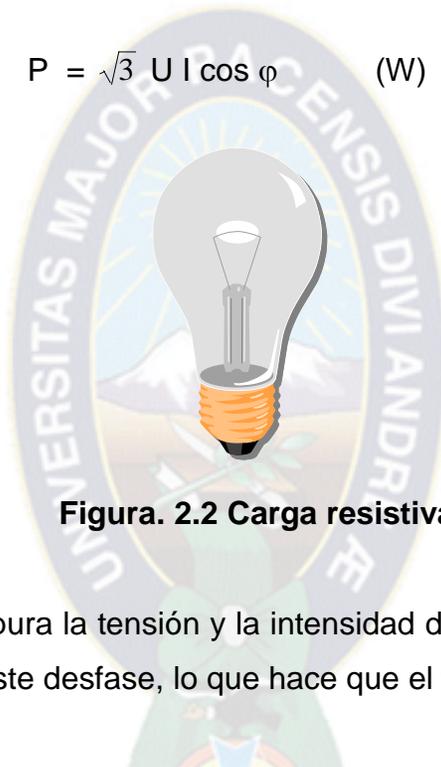
**Figura 2.1 Triángulo de Potencias**

Matemáticamente el Factor de Potencia se define como:

$$\cos \varphi = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

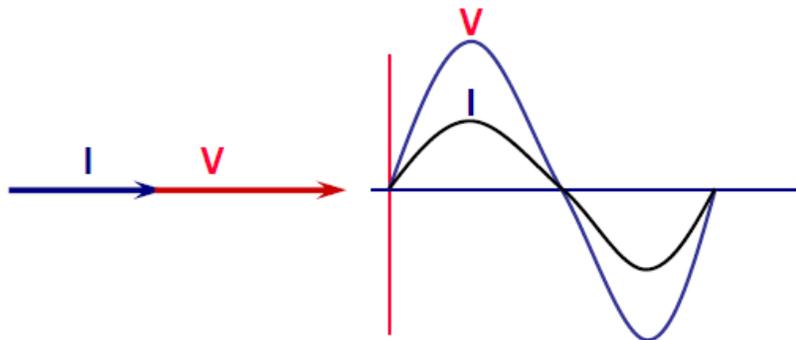
POTENCIA ACTIVA.- Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje del motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc.

$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi \quad (\text{W})$$



**Figura. 2.2 Carga resistiva**

En una carga resistiva pura la tensión y la intensidad de corriente se encuentran en fase, por lo tanto no existe desfase, lo que hace que el factor de potencia sea uno.



**Figura. 2.3 Diagrama fasorial de carga resistiva**

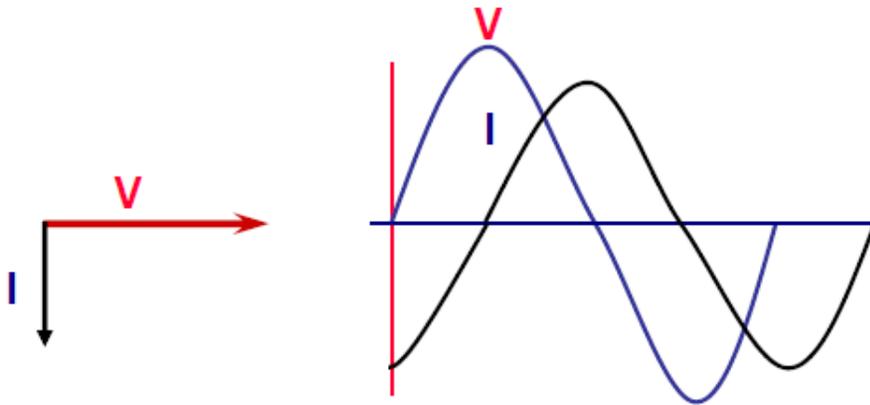
POTENCIA REACTIVA.- Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores o balastos de iluminación, etc. Intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.

$$Q = \sqrt{3} U I \text{ sen } \varphi \text{ (VAR)}$$



**Figura. 2.4 Carga inductiva**

En una carga inductiva pura la intensidad de corriente se retrasa en 90° con respecto a la tensión lo que hace que el factor de potencia sea menor a la unidad.



**Figura. 2.5 Diagrama fasorial de carga inductiva**

POTENCIA APARENTE.- Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que este demanda, esta potencia es lo que limita la utilización de los transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

$$S = \sqrt{3} U I \quad (\text{VA})$$

En corriente alterna hay constante variación debido a su propia naturaleza, se comprende que no rige para ella aquellas formulas básicas de la electricidad, puesto que la intensidad y la tensión están variando constantemente, por lo que se produce un campo magnético variable y su consecuente corriente autoinducción. Naturalmente que esta fuerza electromotriz en los circuitos resistivos será prácticamente despreciable, pero en aquellas que poseen bobinas pueden llegar a ser considerable, llamamos "inductancia" a la propiedad de los circuitos eléctricos de oponerse a las variaciones de corriente que pasan por ellos como este fenómeno de oposición se ejerce sobre la corriente y no sobre la tensión, resulta que el fenómeno de la inductancia se expresa con un retraso de fase de la corriente con respecto a la tensión.

La corriente absorbida por aparatos de carácter inductivo (motores, transformadores, etc.) puede considerarse compuesta por una componente activa o efectiva, y otra componente reactiva que es improductiva. La energía de la corriente activa se transforma en energía mecánica, calorífica, lumínica, etc. La energía correspondiente a la energía reactiva se transforma en energía reactiva inductiva para la transformación de los campos magnéticos necesarios para el funcionamiento de motores, transformadores, etc. Pero esta energía reactiva no se consume si no que se almacena en los campos magnéticos, siendo devuelta a la red cuando cesa el campo magnético.

## 2.6 COMPENSACIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA

En las instalaciones eléctricas, las máquinas eléctricas y algunos otros elementos como las balastras de alumbrado, fluorescente demandan además de la corriente de trabajo ( en fase con el voltaje), una componente reactiva desfasada a  $90^\circ$  (retrasada con respecto al voltaje), y que sirve para crear el campo magnético. Tal corriente magnetizante que debe proporcionar la fuente de suministro, hace disminuir la potencia útil de la instalación; además por las pérdidas por efecto joule, se disminuye la eficiencia y aumenta la caída de tensión.

Este uso se puede reducir o eliminar, con el uso de condensadores instalados en la proximidad de las cargas; y con capacidad para suministrar parte o toda la corriente de magnetización requerida por el usuario.

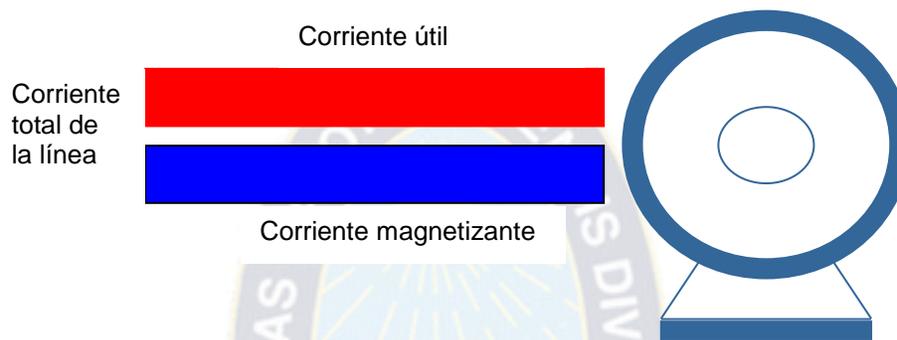
Cuando una corriente alterna se aplica a un circuito teniendo capacitancia, un campo electrostático, en vez de un campo magnético, sigue el mismo ciclo de aumentar y disminuir como el campo de un circuito inductivo. En este caso, la corriente del capacitor alcance su pico, resultando una corriente adelantada. Entonces, cuando una inductancia y una capacitancia están conectadas en paralelo una corriente circulará atrás y adelante entre el inductor y el capacitor. Si las corrientes fueran iguales y no ocurrieran pérdidas en el circuito, ninguna corriente se tomaría de la fuente de potencia.

En la práctica actual, la fuente de potencia debe suministrar la corriente para la resistencia del circuito y para otras pérdidas, así como para cualquier diferencia que pueda ocurrir entre las corrientes del inductor y del capacitor.

Lo anterior significa que con la correcta selección del capacitor, ninguna corriente reactiva inductiva circulará entre una máquina inductiva (motor de inducción) y la fuente de potencia, pero si entre el capacitor y el motor. El sistema de transmisión

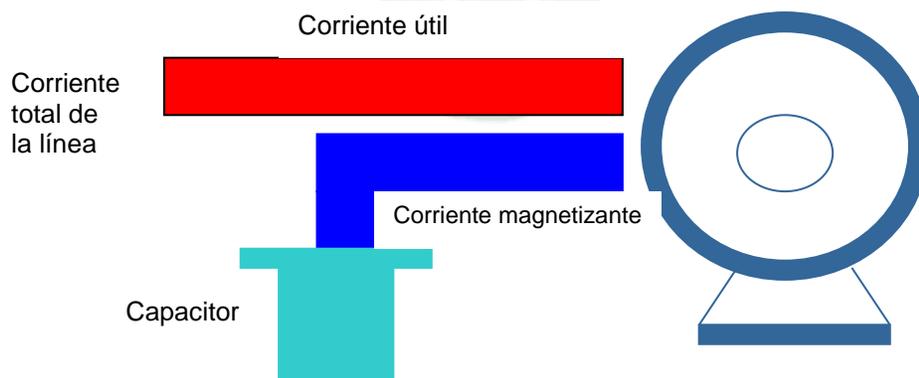
de potencia es liberado de corrientes innecesarias si el capacitor es localizado cerca del motor. Sin importar en qué punto se encuentre el capacitor los beneficios siempre son obtenidos desde el punto de la instalación hacia la fuente de potencia.

En la figura 2.6 se muestra un motor de inducción trabajando parcialmente cargado sin corrección del factor de potencia. Aquí el alimentador debe suplir tanto la corriente magnetizante (reactiva) como la corriente útil.



**Figura 2.6 Carga sin Compensación**

En la figura 2.7 se muestra el resultado de instalar un capacitor cerca al mismo motor para suministrar la corriente magnetizante requerida por el motor. La corriente total requerida al sido reducida al valor de la corriente útil únicamente reduciendo al mismo tiempo los costos de la energía y permitiendo el uso de otros equipos en el circuito.



**Figura 2.7 Carga con Compensación**

## **2.7 AHORROS AL MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA**

### **2.7.1 REDUCCION DE LAS PÉRDIDAS DEL SISTEMA**

Las pérdidas de un sistema, que son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente que circula, son reducidas debido a que la corriente disminuye cuando se mejora el factor de potencia. La reducción de pérdidas da como resultado una disminución en las temperaturas de operación en los componentes de un sistema y en una reducción en la energía tomada de la fuente principal.

Un bajo factor de potencia produce pérdidas de potencia en las líneas de distribución. La corriente a un bajo factor de potencia es alta debido a la presencia de la corriente reactiva. Cualquier reducción en esta corriente da como resultado una disminución de las pérdidas de potencia en las líneas de distribución.

### **2.7.2 AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA**

La potencia reactiva utilizada por circuitos inductivos es el producto de la corriente reactiva, llamada también magnetizante o no productiva, por el voltaje aplicado a la línea.

La potencia total reactiva aumenta, mientras el factor de potencia disminuye cuando el número de equipos inductivos que requiere potencia reactiva aumentan. Cada equipo inductivo aumentado al sistema contribuye a los requisitos de la potencia reactiva del sistema.

Cuando el factor de potencia es mejorado, la cantidad de corriente reactiva que inicialmente circulaba por los transformadores, alimentadores, tableros de potencia, cables, etc., es disminuida.

Así por ejemplo, si a cuatro motores operando a un factor de potencia de 75%, se le mejora el factor de potencia al 95%, aumenta la capacidad del sistema en un valor tal, que permite alimentar otro motor de las mismas características.

Cuando los transformadores y circuitos están sobrecargados, al mejorar el factor de potencia, aumenta la capacidad del sistema y se reduce la sobrecarga, permitiendo la instalación de nuevos equipos y evitando la instalación de nuevos transformadores más grandes y también la necesidad de sobredimensionar los alimentadores, cables, etc.

### **2.7.3 MEJORAMIENTO DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE**

Las caídas de voltaje ocurren en un sistema como resultado de la circulación de la corriente por las impedancias. Se puede considerar que las caídas de voltaje tienen una componente activa y una componente reactiva, la componente activa se calcula multiplicando la componente de la corriente, correspondiente a  $K_w$ , por la resistencia del circuito.

La componente reactiva se calcula multiplicando la componente reactiva de la corriente, correspondiente a los  $K_{var}$ , por la reactancia del circuito.

La componente activa de la caída de voltaje es relativamente baja y cambia solamente por los cambios de la potencia de salida del sistema y por los cambios de voltaje del sistema. La componente reactiva de la caída de voltaje siempre disminuye al mejorar el factor de potencia.

El mejoramiento del voltaje como resultado del mejoramiento del factor de potencia es siempre un aumento del nivel de voltaje y no una disminución entre los valores de máximo y mínimo voltaje.

## **2.7.4 DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DE ENERGIA**

Una compañía de electricidad debe suministrar la potencia necesaria a todos los consumidores. Esto incluye las necesidades de potencia reactiva, que no es registrada en los contadores de KWH de los consumidores.

Para suplir estas necesidades las compañías de electricidad deben gastar dinero extra para instalar generadores, líneas de transmisión, transformadores y otros equipos más grandes y de mayor capacidad, sobre los cuales la compañía no recibe de compensación.

Equipos de menor capacidad, suficiente para la potencia medida por los contadores, se podrían sobrecargar por las corrientes adicionales tomadas por la potencia reactiva. Como los conductores de calibres pequeños presentan mayor resistencia que los de calibres grandes, las pérdidas de potencia y las caídas de voltaje en los sistemas de distribución serán excesivos.

Consecuentemente, la totalidad de las compañías de electricidad incluyen dentro de las cuentas la tarifa industrial una penalización por el factor de potencia. El costo de la potencia reactiva o como es más comúnmente conocido, el consumo de los KVARH, representa una parte importante de la cuenta mensual.

## **2.8 METODOS PARA COMPENSAR EL FACTOR DE POTENCIA**

### **2.8.1 OPERACIÓN DE MOTORES DE INDUCCION A PLENA CARGA**

La potencia del motor debe aproximarse lo más posible a la demanda de potencial de la máquina accionada, si el motor está dimensionado en exceso resultan las siguientes consecuencias:

- ✓ Mayor intensidad de arranque, por lo cual se necesitan arrancadores y protecciones mayores y una sección mayor del conductor.
- ✓ Servicio antieconómico, puesto que el factor de potencia y, bajo ciertas circunstancias, el rendimiento a carga parcial es inferior que a plena carga. Entre el 75% a 100% de la carga varía poco el rendimiento.

Cuando la potencia nominal del motor, este tendrá valores de servicio más desfavorables como se puede observar en la tabla 1, que indica los valores de factor de potencia a varios porcentajes de carga de la potencia nominal. De esta tabla se desprende que para mejorar el factor de potencia los motores eléctricos deben operar lo más cerca posible a la potencia nominal o sea a plena carga.

### **2.8.2 MOTORES SINCRONOS**

Los motores síncronos se usan algunas veces en lugar de motores de inducción debido a su habilidad de mantener un alto factor de potencia. Estos motores pueden hacer muchos de los trabajos que hacen los motores de inducción y, si trabajan descargadas, no necesitan conexión del factor de potencia.

Cuando su carga es baja o cuando no se les aplica una carga el motor síncrono puede compensar el bajo factor de potencia de los otros equipos del mismo sistema de distribución. Generalmente, el costo de la instalación de un motor síncrono es muy alto comparado con el costo de la instalación de un motor de inducción equivalente con su correspondiente equipo conector del factor de potencia.

### **2.8.3 COMPENSACION CON CAPACITORES**

Los capacitores o condensadores son las fuentes más comunes de KVAR capacitores para mejorar el factor de potencia. Usualmente llamados capacitores “shunt”, se conectan en paralelo con carga. Son estáticos, sin partes móviles que se desgasten, que tiene alta eficiencia, larga vida y son económicos.

Los capacitores proporcionan un método altamente flexible para corregir el factor de potencia ya que pueden ser instalados en cualquier parte y en cualquier cantidad; instalados en los puntos del sistema donde sean más necesarios. No requieren fundaciones especiales ya que no tienen partes móviles y no vibran.

Las pérdidas de los capacitores son despreciables y se dejan conectados a la línea cuando los motores se apaguen, su consumo de potencia es significativo. Los capacitores se pueden obtener para instalaciones interiores y exteriores y para cualquier nivel de voltaje, pueden ser monofásicos o trifásicos. Los capacitores deben localizarse apropiadamente en el sistema si se desean obtener máximos beneficios.

Para reducir las pérdidas, aumentar la capacidad y regulación de voltaje, los capacitores deben ser localizados tan cerca como sea posible a las cargas que requieren los KVAR capacitivos. Si es únicamente para disminuir el costo de la energía, la localización de los capacitores puede ser alterada. La selección de la localización incluye además las consideraciones de los factores económicos y del tipo de instalación requerida en cada industria. Las economías son afectadas por factores tales como el voltaje de cada industria, la cantidad de capacitores requeridos en cada industria y del equipo de conexión requerido.

## **2.9 CAPACITORES**

Se llama capacitor a un dispositivo que almacena carga eléctrica. El capacitor está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un aislante, de tal modo que puedan estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios.

En su forma más sencilla, un capacitor está formado por dos placas metálicas o armaduras paralelas, de la misma superficie y encaradas, separadas por una lámina no conductora o dieléctrico. Al conectar una de las placas a un generador, ésta se carga e induce una carga de signo opuesto en la otra placa. Por su parte, teniendo

una de las placas cargada negativamente (Q-) y la otra positivamente (Q+) sus cargas son iguales y la carga neta del sistema es 0, sin embargo, se dice que el capacitor se encuentra cargado con una carga Q.

Los capacitores pueden conducir corriente continua durante sólo un instante (por lo cual podemos decir que los capacitores, para las señales continuas, es como un cortocircuito), aunque funcionan bien como conductores en circuitos de corriente alterna. Es por esta propiedad lo convierte en dispositivos muy útiles cuando se debe impedir que la corriente continua entre a determinada parte de un circuito eléctrico, pero si queremos que pase la alterna.

Los capacitores se utilizan junto con las bobinas, formando circuitos en resonancia, en las radios y otros equipos electrónicos. Además, en los tendidos eléctricos se utilizan grandes capacitores para producir resonancia eléctrica en el cable y permitir la transmisión de más potencia.

Además son utilizados en: Ventiladores, motores de Aire Acondicionado, en Iluminación, Refrigeración, Compresores, Bombas de Agua y Motores de Corriente Alterna. Los capacitores se fabrican en gran variedad de formas y se pueden mandar a hacer de acuerdo a las necesidades de cada uno. El aire, la mica, la cerámica, el papel, el aceite y el vacío se usan como dieléctricos, según la utilidad que se pretenda dar al dispositivo. Pueden estar encapsulados en baquelita con válvula de seguridad, sellados, resistentes a la humedad, polvo, aceite; con terminales para conector hembra y/o soldadura. También existen los capacitores de Marcha o Mantenimiento los cuales están encapsulados en metal. Generalmente, todos los Capacitores son secos, esto quiere decir que son fabricados con cintas de plástico metalizado, auto regenerativos, encapsulados en plástico para mejor aislamiento eléctrico, de alta estabilidad térmica y resistente a la humedad.

El primer capacitor es la botella de Leyden, el cual es un capacitor simple en el que las dos placas conductoras son finos revestimientos metálicos dentro y fuera del

crystal de la botella, que a su vez es el dieléctrico. La magnitud que caracteriza a un capacitor es su capacidad, cantidad de carga eléctrica que puede almacenar a una diferencia de potencial determinado.

La botella de Leyden, uno de los capacitores más simples, almacena una carga eléctrica que puede liberarse, o descargarse, juntando sus terminales, mediante una varilla conductora. La primera botella de Leyden se fabricó alrededor de 1745, y todavía se utiliza en experimentos de laboratorio.

Para un capacitor se define su capacidad como la razón de la carga que posee uno de los conductores a la diferencia de potencial entre ambos, es decir, la capacidad es proporcional a la carga e inversamente proporcional a la diferencia de potencial:

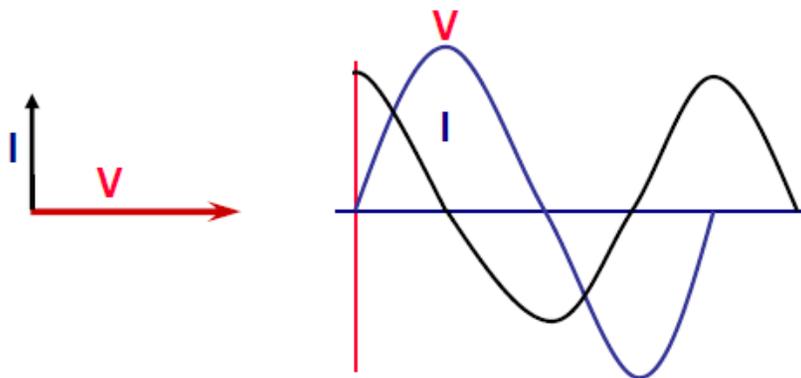
$$C = \frac{Q}{V} \quad [\text{Faradio}]$$

Dónde: C: Capacitancia (Faradio)

Q: Carga (Coulomb)

V: Potencial (Voltio)

La característica principal del capacitor es adelantar la intensidad de corriente en 90° con respecto a la tensión, aprovechando esta ventaja se conecta en paralelo con una bobina con la finalidad de poner en fase la tensión y corriente.



**Figura. 2.8 Diagrama fasorial de carga capacitiva**

## 2.10 BANCO DE CAPACITORES

Son elementos estáticos, y tienen la propiedad de tomar del circuito eléctrico, una corriente adelantada con respecto a la tensión, de un ángulo prácticamente igual a  $90^\circ$ . El capacitor se utiliza únicamente para compensar la corriente atrasada de los aparatos o receptores y no conduce carga útil. Por su gran versatilidad y las ventajas que presentan se los emplea actualmente, en baja, media y alta tensión, para mejorar el  $\cos\phi$  y disminuir las pérdidas de energía eléctrica. Simplemente requieren eventuales limpiezas y el cambio de alguna unidad damnificada, y es aplicable en cualquier parte del sistema. Tienen un costo menor, además no requieren de mayor atención y mantenimiento, por lo que se elige y emplea un banco de capacitores.

A la hora de montar los condensadores en una red trifásica, estos podrán disponerse según una conexión estrella o triángulo. Entonces calculemos las capacidades que se necesitan en uno y otro caso, para compensar una misma potencia.



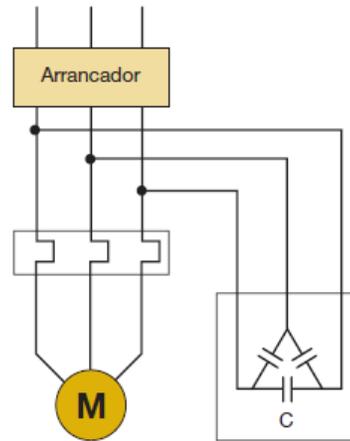
**Figura. 2.9 Capacitores para compensación**

## 2.11 FORMAS DE COMPENSACION

### 2.11.1 COMPENSACION INDIVIDUAL

La compensación individual es rentable sobre todo en motores grandes con larga duración de conexión y en transformadores. En la mayoría de los casos, los

condensadores se pueden conectar al receptor sin necesidad de aparatos de maniobra ni fusibles, y se maniobran y protegen junto con él, como se observa en la figura 2.10.



**Figura 2.10 Compensación Individual**

Esta es considerada en muchos casos. Como la solución ideal; cada condensador se instala junto a la carga, sobre la que va actuar. La energía reactiva requerida, se suministra directamente de las terminales de la carga como se puede ver en la figura, en la cual se muestra un ejemplo de instalación de condensadores, para corregir el factor de potencia en un motor de inducción.

Las principales ventajas de esta disposición individual, son las siguientes:

- La utilización completa de la instalación, y de los alimentadores.
- La adecuación de la potencia reactiva, a la potencia activa de la instalación, para cada condición de funcionamiento.

Las principales desventajas de la disposición individual son:

- Costo elevado, cuando se trata de un número grande de cargas por corregir; ya que se requiere una cantidad considerable de condensadores.

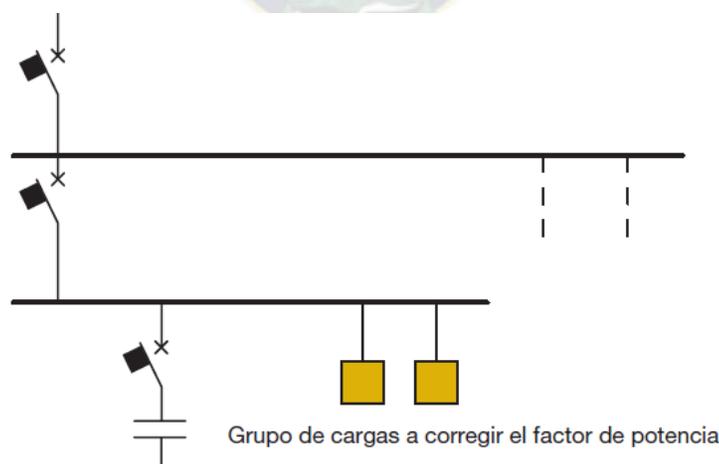
- Mayor número de elementos en la instalación; ya que se requiere proteger a los condensadores contra golpes, corrosión, o incendio; con el consecuente incremento en el costo.

### 2.11.2 COMPENSACION POR GRUPOS

Este método consiste en corregir el factor de potencia en cada uno de los alimentadores, muy especialmente cuando estos alimentan un gran número de cargas relativamente pequeñas o en factores de simultaneidad bajos, de este modo se logra liberar potencia en los tableros de sub distribución y alimentadores.

Esta solución representa un compromiso, desde el punto de vista técnico; en la práctica resulta ser de las más usadas, ya que permite equilibrar las exigencias económicas, con una utilización discreta de las instalaciones.

Prácticamente, el número de centros de corrección del factor de potencia, y la potencia de cada grupo, sobre los que actúan los condensadores; Es un objeto de un estudio, instalación por instalación. El banco de condensadores, se puede instalar en los mismos tableros; por ejemplo, en los centros de control de motores.

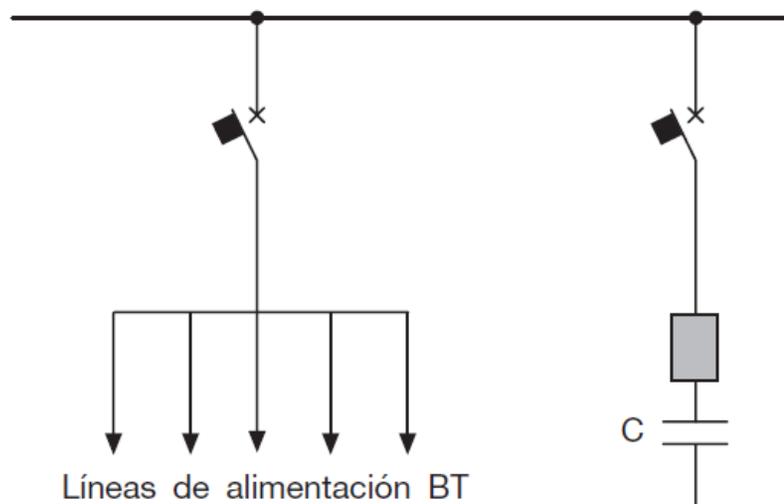


**Figura 2.11 Compensación por Grupos**

### 2.11.3 COMPENSACION CENTRALIZADA

Cuando hay un gran número de receptores de potencia diferente y conexión variable, resulta muy apropiada la compensación centralizada con un sistema de regulación, para mantener constante el factor de potencia adecuado. Cuando la compensación se efectúa centralmente, los trabajos de mantenimiento se realizan desde un punto y son poco costosos, a lo contrario de lo que ocurre en la compensación individual, en que los condensadores están distribuidos por separado, por ejemplo, en las lámparas fluorescentes. No obstante, hay que tener en cuenta que la potencia reactiva se transmite a los cables tendidos entre los condensadores y los receptores.

En este caso el factor de potencia visto desde la acometida de la empresa distribuidora de electricidad está, mejorado, por lo tanto desde este punto de vista la misma no facturara multas por bajo  $\cos\phi$ . Pero, por otro lado, al no efectuarse ninguna compensación en los alimentadores éstos no se verán aliviados en lo que respecta a las caídas de tensión y pérdidas pues estará llevando la potencia activa como la reactiva. Sin embargo, si estos tópicos no tienen mucho peso esta compensación resulta económica y además tiene la ventaja de encontrarse en un solo punto que hace fácil su inspección y maniobra como muestra la figura 2.12.



**Figura 2.12 Compensación centralizada**

En la realidad el valor del Factor de Potencia varía con el tiempo, es decir por la conexión y desconexión de diferentes tipos de cargas que existe en la instalación industrial, como se puede ver en la figura 2.13.

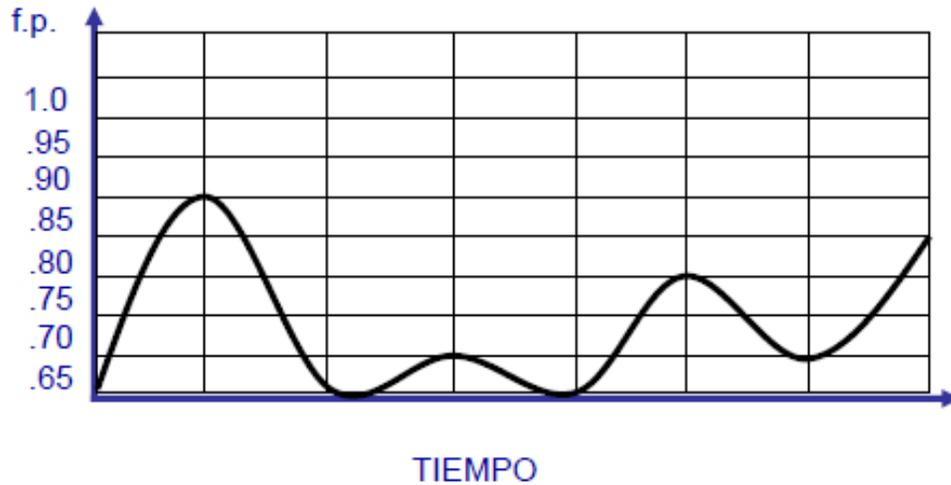


Figura 2.13 Comportamiento del sistema

Cuando la compensación es automática el controlador trata de mantener el factor de potencia a un valor constante.

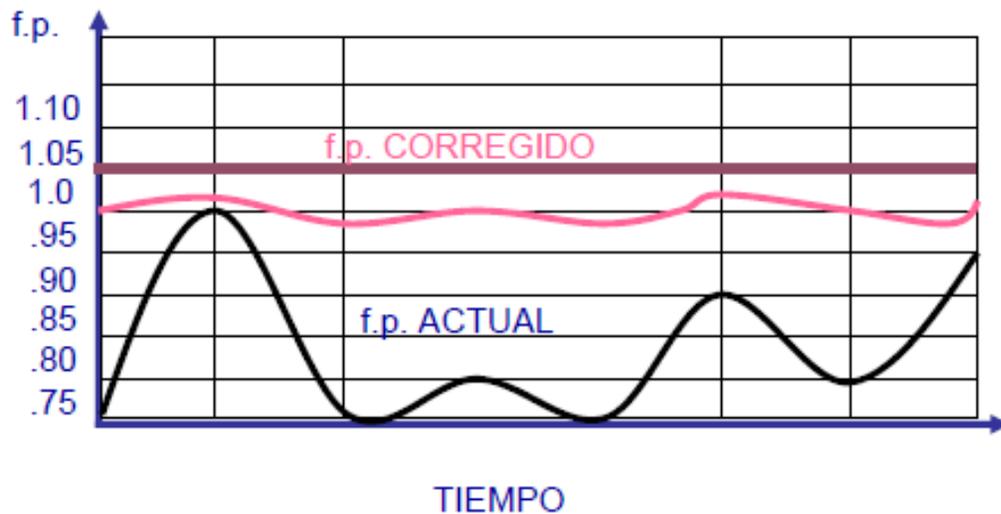
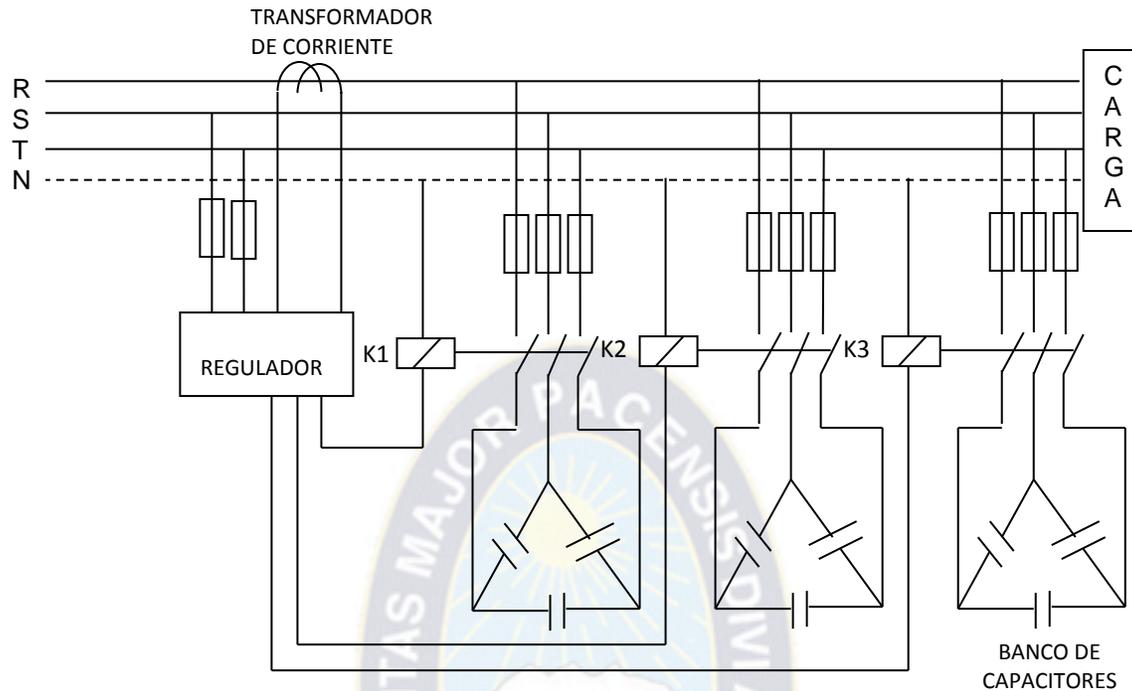


Figura 2.14 Comportamiento de compensación centralizada

Funcionamiento de banco automático de capacitores



**Figura 2.15 Circuito eléctrico compensación centralizada**

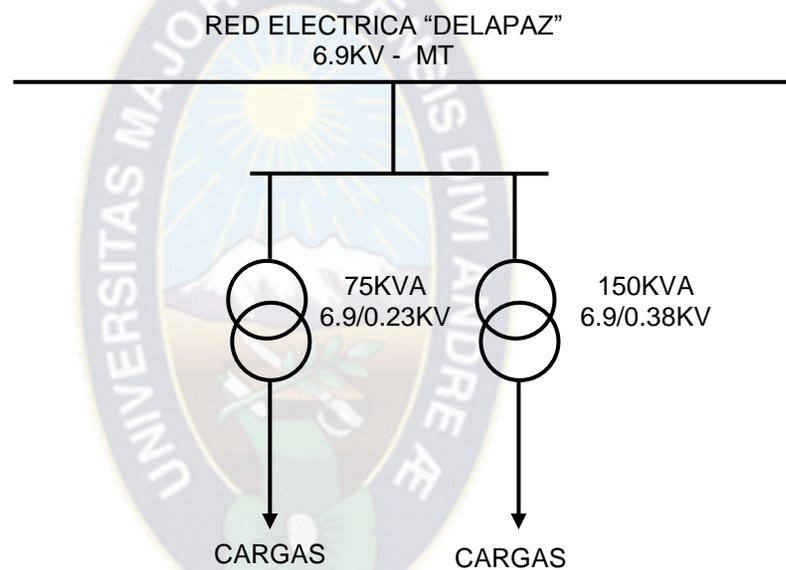
- El valor recomendado por los fabricantes para el ajuste del relé varimétrico es 0.95
- El Relé varímetro o regulador del factor de potencia monitorea durante todo el tiempo el factor de potencia de la planta.
- Si el factor de potencia disminuye del valor de ajuste, los contactos del regulador del factor de potencia se cierran, el cual activa al contactor y esta a la vez al capacitor trifásico.
- El regulador del factor de potencia trata de mantener constante el  $\cos\Phi$  en el valor de 0.95, esto se logra con la conexión y desconexión de capacitores trifásicos en función del factor de potencia instantáneo.

## CAPITULO III

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 3.1 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

El Sistema eléctrico es alimentado por la empresa DELAPAZ (Electricidad de La Paz), la planta consta de un transformador trifásico de 75KVA, 6.9KV en el primario y 230V en el secundario, y otro transformador de 150KVA, 6.9KV en el primario y 380V en el secundario, como en la figura 3.1.



**Figura 3.1 Sistema Eléctrico**

#### 3.2 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Para determinar los parámetros eléctricos se empleó un multímetro de potencias de la marca EXTENCH, el cual puede determinar los parámetros eléctricos como Potencia Activa, Potencia Aparente, Potencia Reactiva, Corriente de Línea, Tensión de Línea y el Factor de Potencia. Los datos obtenidos con el instrumento se encuentran tabulados en los ANEXOS.

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de las variables eléctricas en la planta.

**VOLTAJE DE LINEA**  
**SISTEMA TRIFASICO 230V**

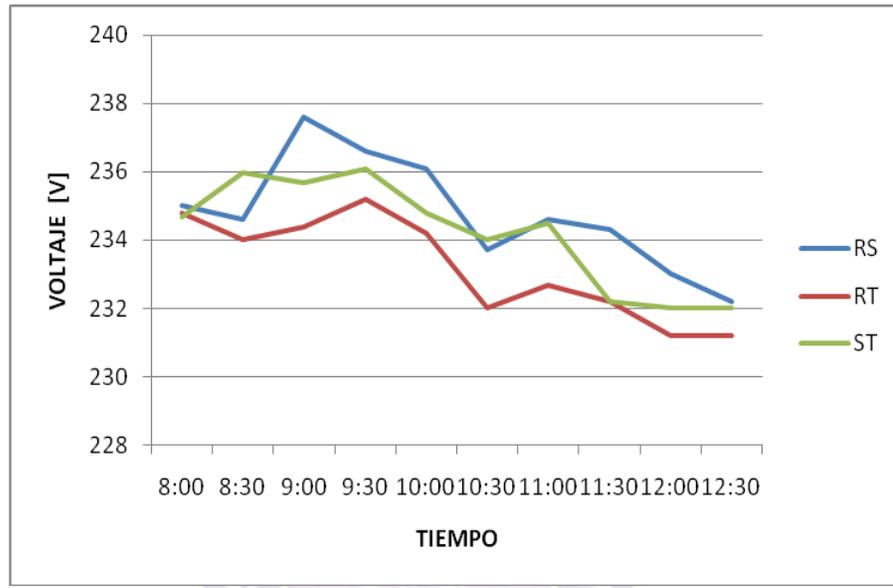


Figura 3.2 Curva Voltaje de Línea 230V

**CORRIENTE DE LINEA**  
**SISTEMA TRIFASICO 230V**

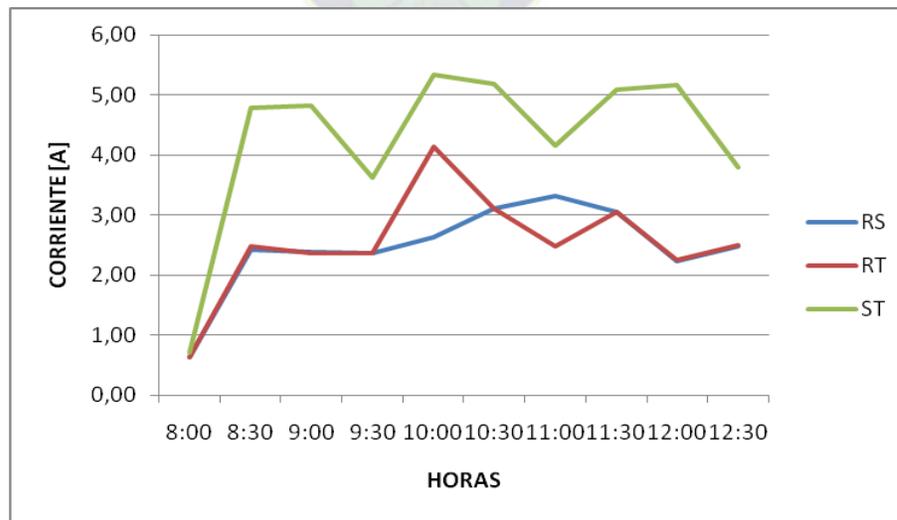
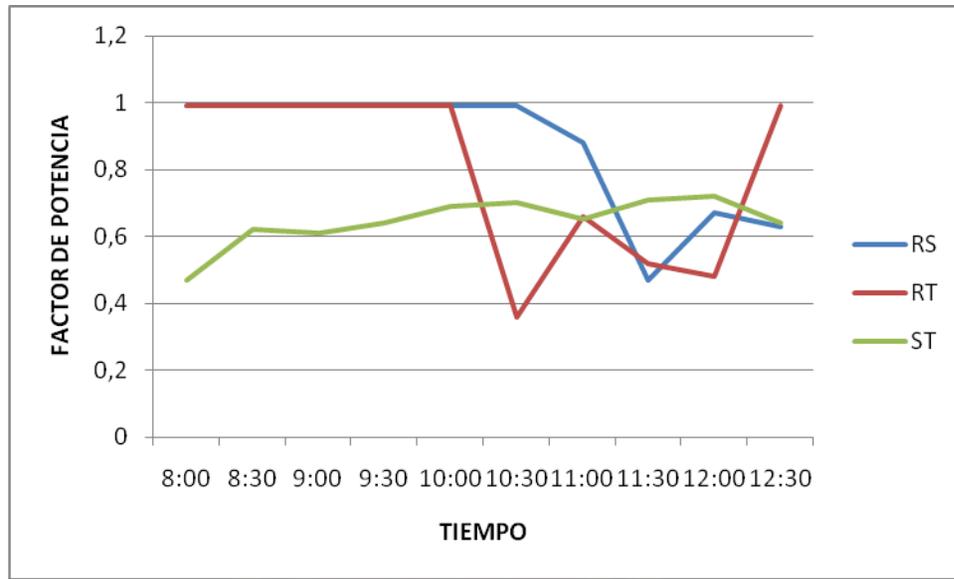


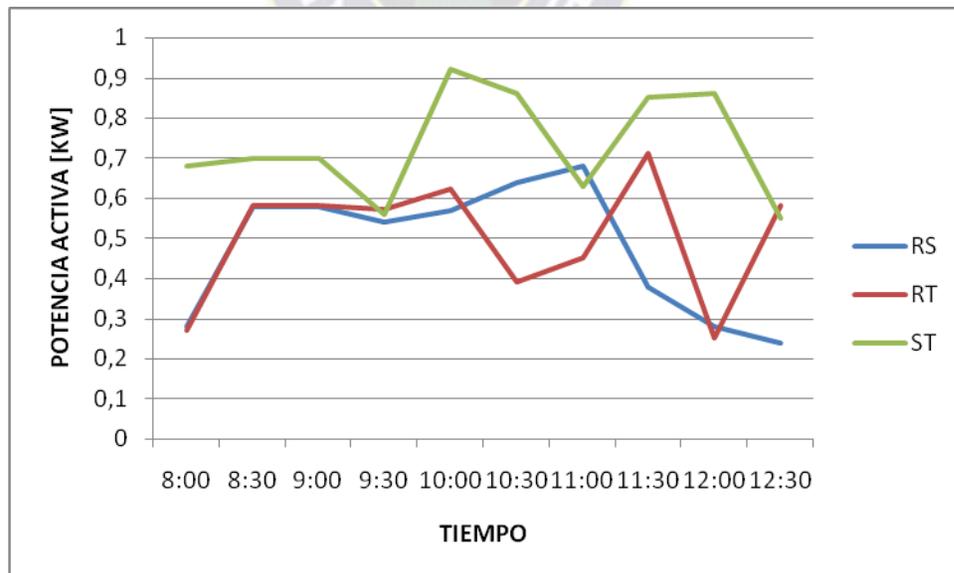
Figura 3.3 Curva Corriente de Línea 230V

**FACTOR DE POTENCIA**  
**SISTEMA TRIFASICO 230V**



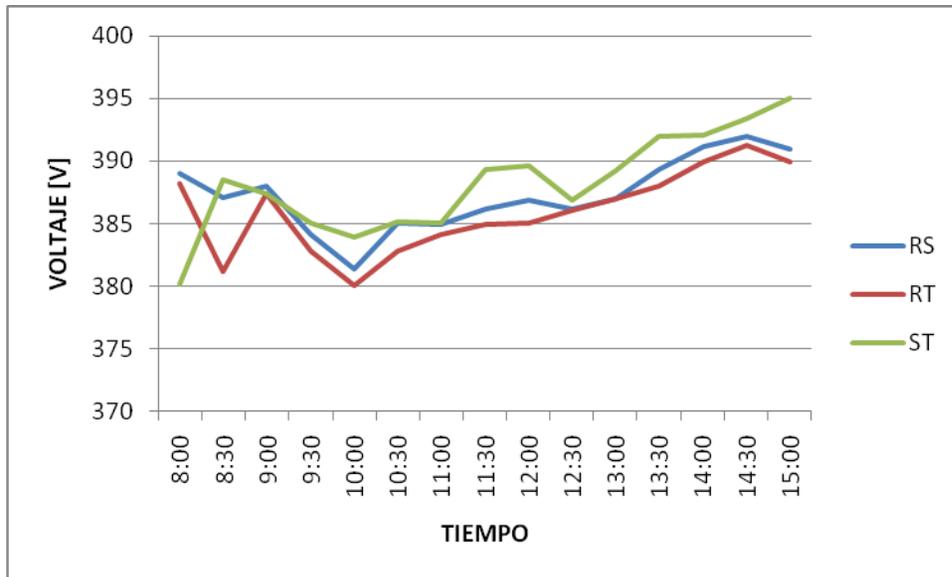
**Figura 3.4 Curva Factor de Potencia 230V**

**POTENCIA ACTIVA**  
**SISTEMA TRIFASICO 230V**



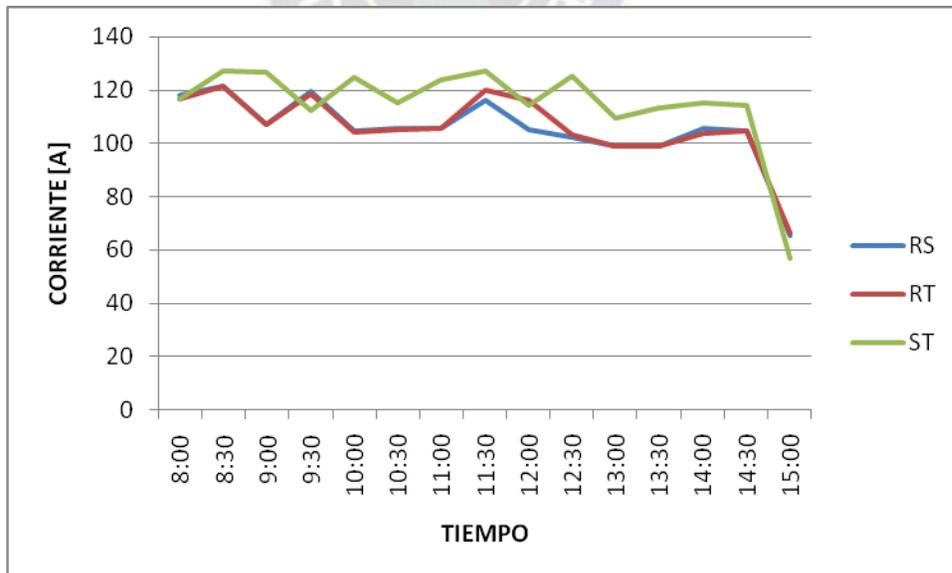
**Figura 3.5 Curva de Potencia Activa 230V**

**VOLTAJE DE LINEA**  
**SISTEMA TRIFASICO 380V**



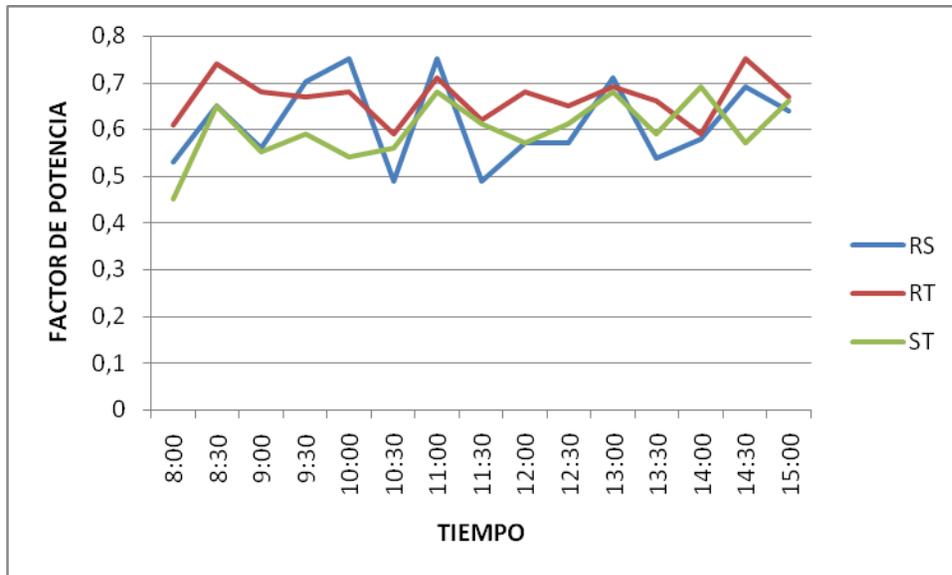
**Figura 3.6 Curva Voltaje de Línea 380V**

**CORRIENTE DE LINEA**  
**SISTEMA TRIFASICO 380V**



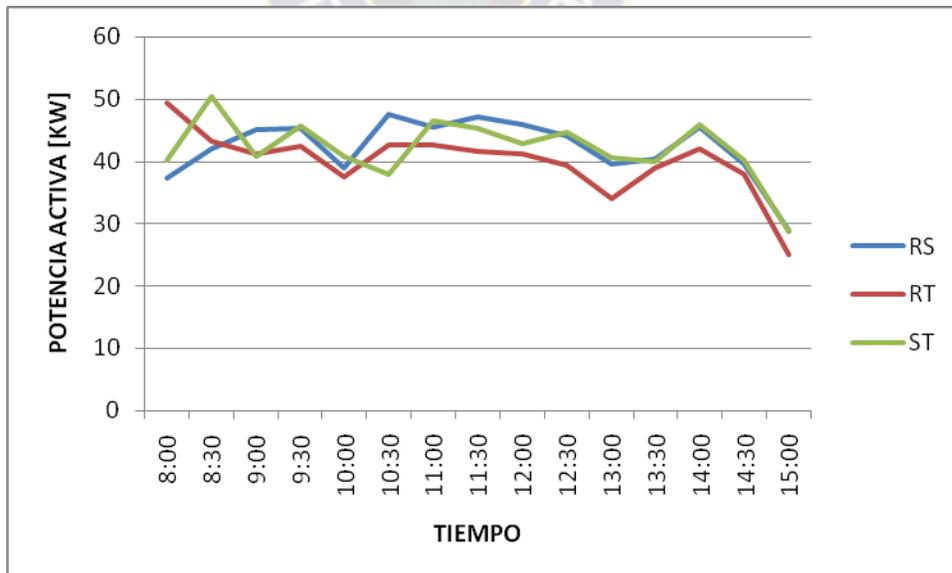
**Figura 3.7 Curva Corriente de Línea 380V**

**FACTOR DE POTENCIA**  
**SISTEMA TRIFASICO 380V**



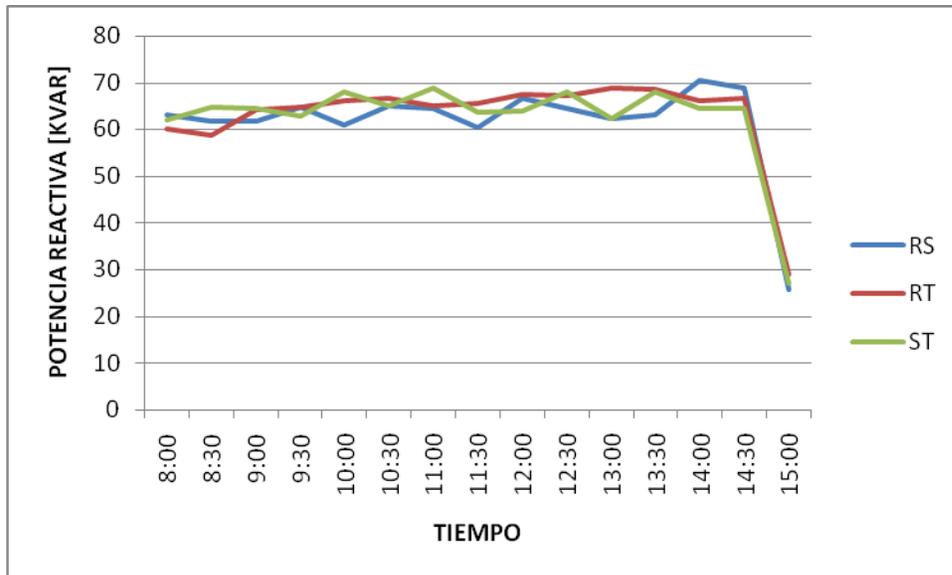
**Figura 3.8 Curva Factor de Potencia 380V**

**POTENCIA ACTIVA**  
**SISTEMA TRIFASICO 380V**



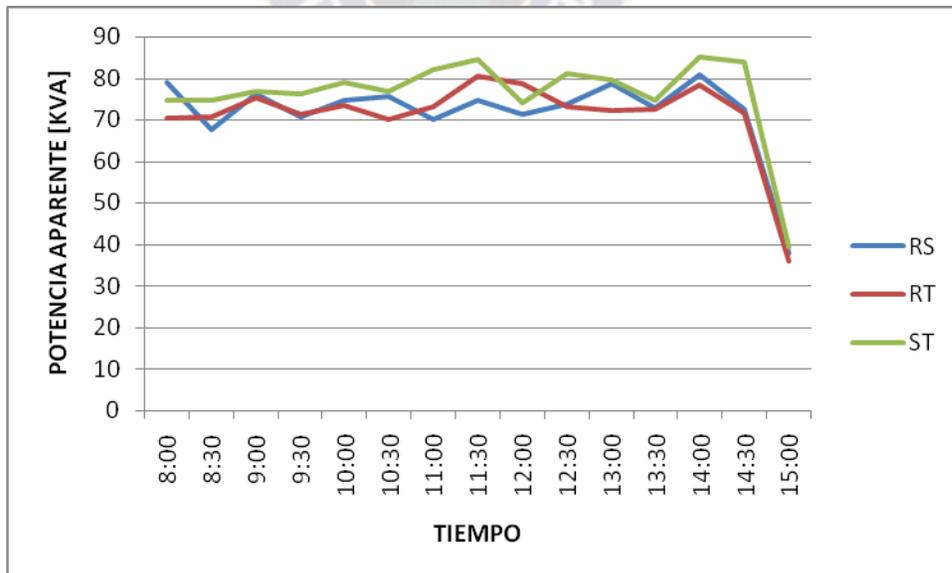
**Figura 3.9 Curva de Potencia Activa 380V**

**POTENCIA REACTIVA**  
**SISTEMA TRIFASICO 380V**



**Figura 3.10 Curva de Potencia Reactiva**

**POTENCIA APARENTE**  
**SISTEMA TRIFASICO 380V**



**Figura 3.11 Curva de Potencia Aparente**

### 3.3 FACTOR DE POTENCIA DE LA EMPRESA

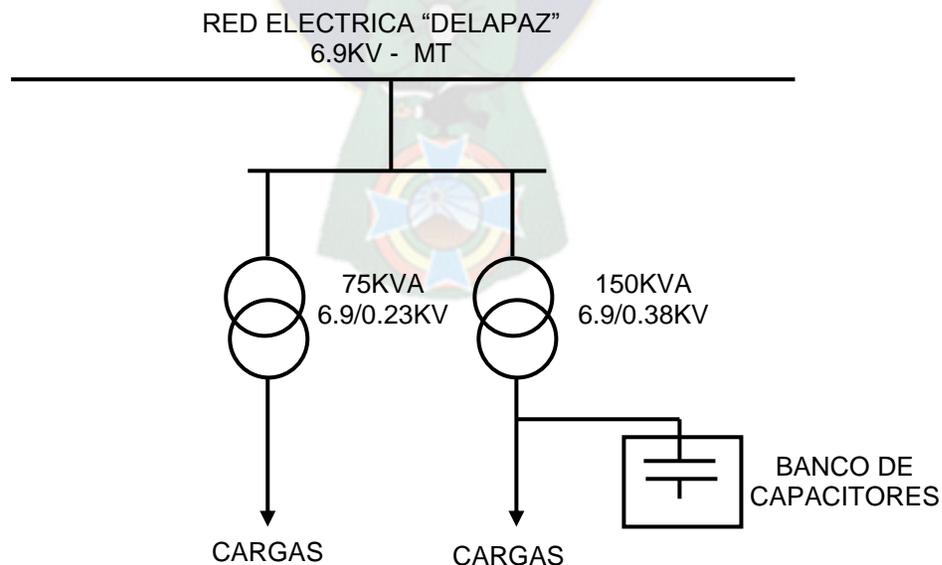
El Factor de Potencia Promedio de la planta en el sistema trifásico 220V y Sistema trifásico de 380V se detalla en la Tabla 3.1.

**TABLA 3.1 FACTOR DE POTENCIA VULTEXIBER**

VARIABLE ELECTRICA	SISTEMA TRIFASICO	
	230 V	380 V
Potencia Activa [KW]	0.57	41.34
Factor de Potencia	0.77	0.63

### 3.4 MÉTODO PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

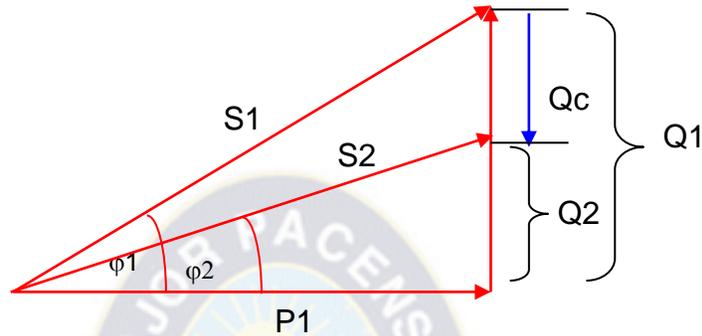
El método empleado en esta situación será la compensación centralizada, ya que presenta varias ventajas. Analizando los datos anteriores se puede apreciar que en el sistema de 230 V trifásico no es necesario la compensación del Factor de Potencia debido a que la Potencia Activa toma un valor de 0.57 KW, lo que implica que no es factible técnico – económico. Solamente se realizará la Compensación de la Potencia Reactiva en el sistema trifásico de 380V.



**Figura 3.12 Diagrama Unifilar Compensación Centralizada**

### 3.5 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA NECESARIA

El valor de la Potencia Activa en el sistema trifásico de 380V es de 41.34KW y el Factor de Potencia de 0.63. Calculando la Potencia Reactiva para esta demanda con la ayuda de la figura 3.13



**Figura 3.13 Triangulo de Potencia**

De la figura 3.13 se tiene:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{Q_1}{P_1} \quad \longrightarrow \quad Q_1 = P_1 * \operatorname{tg} \varphi_1$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{Q_2}{P_1} \quad \longrightarrow \quad Q_2 = P_1 * \operatorname{tg} \varphi_2$$

La potencia reactiva compensada

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = P_1 * \operatorname{tg} \varphi_1 - P_1 * \operatorname{tg} \varphi_2$$

$$\boxed{Q_c = P ( \operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2 )}$$

Donde:  $Q_c$ : Potencia Reactiva Necesaria

$P$  : Potencia Activa

$\varphi_1$  : Valor inicial

$\varphi_2$  : Valor deseado

Para determinar la Potencia Reactiva Necesaria se emplea la ecuación anterior:

$$Q_c = P ( \operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2 )$$

Determinando el ángulo que existe entre la potencia Activa y la Aparente.

$$\cos\varphi_1 = 0.63$$

$$\varphi_1 = \mathbf{50.95}$$

Determinando el ángulo  $\varphi_2$  que es el ángulo del factor de potencia deseado

$$\cos\varphi_2 = 0.95$$

$$\varphi_2 = \mathbf{18.19}$$

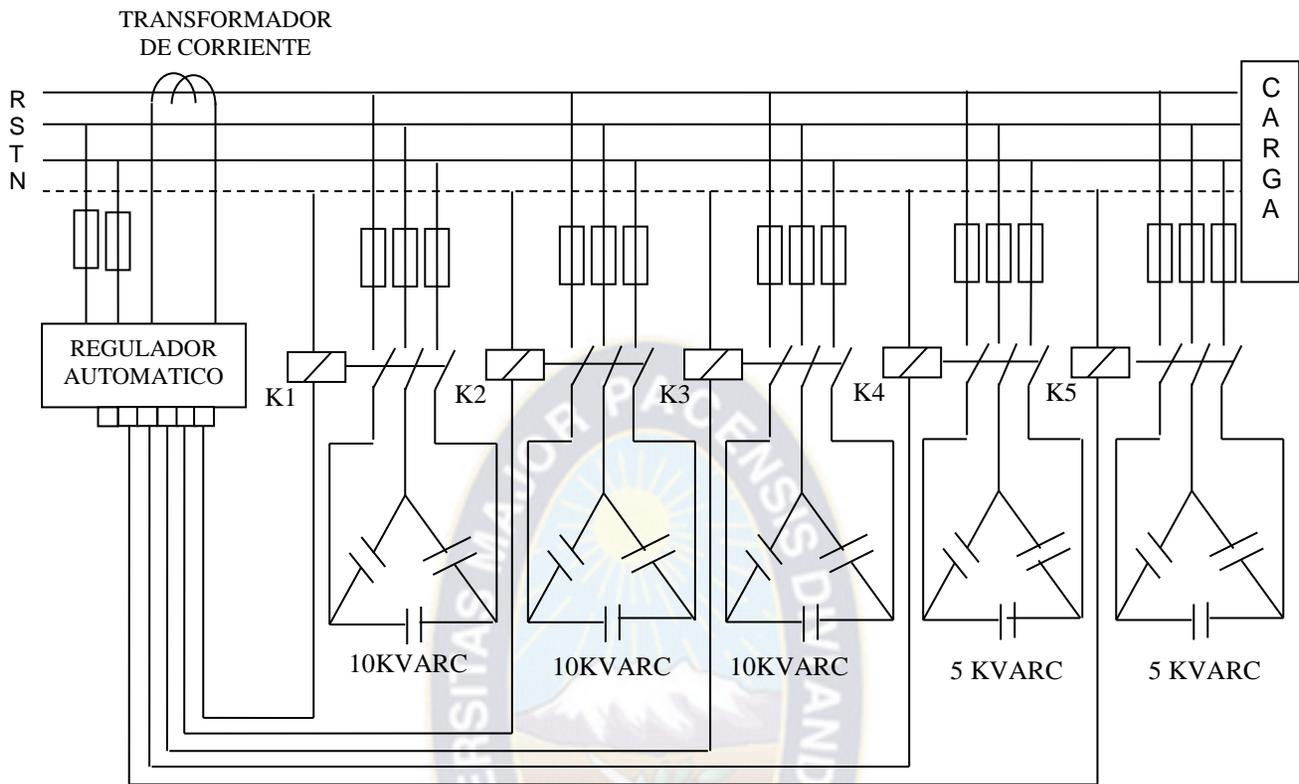
El factor de potencia se mejorará de 0.63 a 0.95. Por lo tanto la Potencia Reactiva Capacitiva necesaria para compensar será:

$$Q_c = P ( \operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2 )$$

$$Q_c = 41.34 ( \operatorname{tg} 50.95 - \operatorname{tg} 18.19 )$$

$$\mathbf{Q_c = 37.37 \text{ KVARC}}$$

### 3.6 SISTEMA DE CONTROL



**Figura 3.14 Circuito de Control y Fuerza**

Para la compensación se empleará cinco capacitores en diferentes escalones o pasos:

- Paso 1: 10 KVARC
- Paso 2: 10 KVARC
- Paso 3: 10 KVARC
- Paso 4: 5 KVARC
- Paso 5: 5 KVARC

Mediante el regulador del Factor de Potencia, hace que los escalones del banco de capacitores se conecten o desconecten en función al Factor de Potencia existente en la Planta o instalación, los aparatos de maniobra son contactores que realizan la conexión de los distintos tramos de batería de condensadores según la señal que reciben del regulador.

### 3.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICOS

Especificaciones técnicas del Tablero de Banco de Capacitores de 40KVARC

- Armario Metálico
  - AE1090.500
  - Medidas: 600x1000x250mm (Ancho x Alto x Profundidad)
  - Color gris sílice: RAL7035
  - Grado de Protección: IP66
  - Resistencia climática: Calor húmedo, cíclico
  - Marca Rital, Industria Alemana
  
- Sistema de Barras
  - Tipo: AKG NLC-CU3X10
  - Intensidad Nominal: 140A
  - Conexión rápida libre de perforaciones
  - Marca Phoenix Contact, Ind. Alemana
  
- Climatización del Tablero
  - Tipo: SK 3239200
  - Marca: Rital, Industria Alemana
  
- Protección Principal
  - Tipo: Breaker LZMC1-A80
  - Intensidad Nominal: 80A
  - Disparador térmico regulable 63 – 80A
  - Disparador magnético regulable
  - Poder de corte: 36 KA
  - Marca: Eaton – Moeller, Industria Alemana

- Protecciones Secundarias

- Protección Arreglos de 10KVAR
  - Tipo: Térmico PLSM-C20/3
  - Intensidad Nominal: 20A
  - Poder de Corte: 10KA
  - Marca: Eaton – Moeller, Industria Alemana
  
- Protección Arreglos de 5KVAR
  - Tipo: Térmico PLSM-C10/3
  - Intensidad Nominal: 10A
  - Poder de Corte: 10KA
  - Marca: Eaton – Moeller, Industria Alemana
  
- Protección Control
  - Tipo: Térmico PLSM-C6
  - Intensidad Nominal: 6A
  - Poder de Corte: 10KA
  - Marca: Eaton – Moeller, Industria Alemana

- Contactores para Capacitores

- Contactor de 12.5KVAR
  - Tipo DILK12.5
  - Potencia nominal: 12.5KVAR
  - Tensión de Accionamiento: 220V
  - Con resistencias seriales intermitentes para disminuir la corriente al momento de la conexión, aumenta la vida del Contactor y del capacitor
  - Marca: Eaton – Moeller, Industria Alemana

- Capacitores
  - Capacitor trifásico de 10KVAR
    - Tipo: LKT12,1
    - Tensión Nominal: 400V
    - Intensidad Nominal: 14.4A
    - Resistencia de descarga
    - Marca: Frako, Industria Alemana
  
  - Capacitor trifásico de 5KVAR
    - Tipo: LKT18.5
    - Tensión Nominal: 400V
    - Intensidad Nominal: 7.5A
    - Resistencia de descarga
    - Marca: Frako, Industria Alemana
  
- Regulador Automático 6 Pasos
  - Tipo: RM9606
  - Control automático del Factor de Potencia
  - Factor de Potencia Programable
  - Marca Frako, Industria Alemana
  
- Transformador de Corriente
  - Tipo: PACT-MCR-V2-200/5
  - Transformador de Relación 200 a 5
  - Marca: Phoenix Contact, Industria Alemana
  
- Ingeniería
  - Diseño del Tablero, Ensamblaje, Mano de obra, pruebas y puesta en marcha

- Varios
  - Cable, Cablecanal, cinturones, terminales, etc

Nota: El Banco de Capacitores está distribuido de la siguiente manera.

- Tres pasos de 10KVAR
- Dos pasos de 5KVAR



## CAPITULO IV

### EVALUACION DE COSTOS

#### 4.1 COSTOS DE INVERSION

**TABLA 4.1 COSTOS DE INVERSION**

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
1	Armario Metálico 600x1000x250mm, 1,5mm, IP 66	Pza	1	2885	2885
2	Sistemas de Barras AKG NLC-CU3X10, 140A	Pza	1	140	140
3	Climatización del Tablero SK 3239200	Pza	1	318	318
4	Protección Principal Breaker LZMC1-A80, Reg. 63 - 80A, 36KA	Pza	1	1315	1315
5	Térmico PLSM-C20/3, 20A, 10KA Industria Alemana	Pza	3	171	513
6	Térmico PLSM-C10/3, 10A, 10KA Industria Alemana	Pza	2	174	348
7	Térmico PLSM-C6, 6A, 10KA Industria Alemana	Pza	1	55	55
8	Contactador DILK12,5, 12,5KVAR, 220V Industria Alemana	Pza	5	467	2335
9	Capacitor trifásico 10KVAR, 400V, 14,4A, Frako, Ind. Alemana	Pza	3	813	2439
10	Capacitor trifásico 5KVAR, 400V, 7,5A, Frako, Ind. Alemana	Pza	2	670	1340
11	Regulador Automático 6 pasos RM9606	Pza	1	5973	5973
12	Transformador de corriente 200/5 PACT-MCR-V2-200/5	Pza	1	296	296
13	Varios	Pza	1	200	200

Son: Diez y ocho mil ciento cincuenta y siete 00/100 Bolivianos

**18157**

## 4.2 ANALISIS DE COSTO UNITARIO

**TABLA 4.2 ANALISIS COSTO UNITARIO DE FUNCINAMIENTO**

**PROYECTO:** CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

**EMPRESA:** VULTEXIBER

**ACTIVIDAD:** INST. ELECTRICA

Fecha:	Marzo 2014
Cantidad:	1
Moneda:	Bs.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
<b>1.- MATERIALES</b>				
Los materiales cotizados en el punto 4,1	Pza	1	18157	18157
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>18157</b>
<b>2.- MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra	Glb	1	1600	1600
SUBTOTAL MANO DE OBRA				1600
CARGA SOCIAL 55% DE MANO DE OBRA				880
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>2480</b>
<b>3.- EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				
HERRAMIENTAS 5% DE MANO DE OBRA				<b>124</b>
<b>4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>				
GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS = 1+2+3 (8%)				1660,88
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>				<b>1660,88</b>
<b>5.- UTILIDADES</b>				
TOTAL UTILIDAD = 1+2+3+4 (8%)				1793,75
<b>TOTAL UTILIDAD</b>				<b>1793,75</b>
<b>6.- IMPUESTOS</b>				
IMPUESTOS IT % DE 1+2+3+4+5 (13,09%)				3169,83
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>				<b>3169,83</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO 1+2+3+4+5+6</b>				<b>27385,46</b>

Son: Veinte siete mil trescientos ochenta y cinco 00/46 Bolivianos

### 4.3 COSTOS DE ENERGIA

La empresa VULTEXIBER LTDA. Tiene una categoría Tarifaria E-GD-MT.

**TABLA. 4.3 DETALLE DE FACTURACION**

DETALLE	COSTO Bs.
Importe por Cargo Fijo	394,84
Importe por Energía- Bloque Medio	8479,75
Importe por Energía - Bloque Bajo	2033,95
Importe por Potencia	719,34
Importe por Exceso de potencia Fuera de Punta	5130,16
Alumbrado Público	1871,46
Aseo Urbano	1600

Son: Veinte mil doscientos veintinueve 50/100 Bolivianos

**20229,5**

Actualmente La Superintendencia de Electricidad y Control Social de Electricidad elabora una Norma de Tarificación donde penaliza el Bajo Factor de Potencia cada punto con 1% del importe total. Por lo tanto el costo total sin corrección del Factor de Potencia será:

$$\text{Costo total} = \text{Importe} + (\text{Importe} \times \% \text{ bajo FP})$$

$$20229.5 + (20229.5 \times 0.27)$$

$$20229.5 + 5461.965$$

$$\underline{\underline{25691.46 \text{ Bolivianos}}}$$

**Costo sin corrección del Factor de Potencia : 25691.46 Bs**

**Son: Veinticinco mil seiscientos noventa y uno 46/100 Bolivianos**

## CONCLUSIONES

- El Factor de Potencia promedio de la planta es de 0.63, este valor es muy bajo ya que la Norma Boliviana NB 777 recomienda como mínimo el valor de 0.9, para corregir este bajo Factor de Potencia se empleó un banco de condensadores automático de 40KVARC de seis pasos, el Banco automático se colocará en el lado de baja tensión del transformador para evitar la penalización por consumo de energía reactiva.
- Uno de los beneficios técnicos es la potencia liberada en el transformador, al compensar el factor de potencia se tiene la posibilidad de incrementar la carga al transformador. Así mismo se minimizarán las pérdidas por efecto Joule de esta manera se reduciendo el costo por consumo de energía.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Empresa la implementación del diseño realizado en el presente Proyecto de Grado, ya que se demuestran las ventajas técnicas como económicas, que se producirán con la instalación del Banco de Capacitores.
- Para los arranques de los motores eléctricos se realice un programa de arranques con la finalidad de reducir la corriente de arranque, lo que implica bajar los costos por exceso de potencia fuera de punta.

## BIBLIOGRAFIA

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto;                    MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
RESIDENCIALES E INDUSTRIALES”,

HUBERT, Charles I.;                            CIRCUITOS ELECTRICOS CA/CC  
ENFOQUE INTEGRADO

SUÑOL ESQUIROL, Ignacio;                    AUTOMATISMOS ELECTRICOS  
INDUSTRIALES

IBNORCA;                                        NORMA BOLIVIANA NB 777

SIEMENS;                                        CATALOGO DE PRODUCTOS ELECTRICOS  
PARA LA INDUSTRIA

HILLER ELECTRIC;                              CATALOGO DE PRODUCTOS”,

ARANCIBIA, Juan Carlos;                    CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

GARCIA TRASANCOS, José                    INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA Y  
BAJA TENSION

[www.ae.gob.bo](http://www.ae.gob.bo)

[www.frako.com](http://www.frako.com)

[www.fluke.com](http://www.fluke.com)

[www.capacitoresycorrecciondelfactordepotencia.com](http://www.capacitoresycorrecciondelfactordepotencia.com)

[www.merlingerin.es](http://www.merlingerin.es)

[www.schneiderelectric.com](http://www.schneiderelectric.com)

[www.abb.com](http://www.abb.com)

# ANEXOS

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 08:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.37	0.37	0.91
	KW	0.28	0.27	0.68
2	FP	0.99	0.99	0.47
	KW	0.27	0.27	0.60
3	KVAR	0.77	0.07	0.88
	KW	0.27	0.27	0.60

4	$\Phi$	0.00	0.00	52.1
	KVA	0.28	0.28	1.12
5	V	235	234.8	234.7
	I	0.64	0.64	0.70

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 08:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.77	0.77	0.93
	KW	0.58	0.58	0.70
2	FP	0.99	0.99	0.62
	KW	0.59	0.58	0.70
3	KVAR	0.11	0.11	0.88
	KW	0.60	0.60	0.70
4	$\Phi$	0.00	0.00	51.8
	KVA	0.61	0.60	1.13
5	V	234.6	234.0	236.0
	I	2.43	2.49	4.79

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 09:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.77	0.77	0.93
	KW	0.58	0.58	0.70
2	FP	0.99	0.99	0.61
	KW	0.58	0.57	0.70
3	KVAR	0.10	0.10	0.92
	KW	0.59	0.57	0.72
4	$\Phi$	0.00	0.00	51.9

	KVA	0.60	0.58	1.15
5	V	237.6	234.4	235.7
	I	2.39	2.37	4.83

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 09:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.72	0.77	0.75
	KW	0.54	0.57	0.56
2	FP	0.99	0.99	0.64
	KW	0.58	0.58	0.57
3	KVAR	0.10	0.10	0.67
	KW	0.68	0.38	0.55
4	$\Phi$	0.00	0.00	50.2
	KVA	0.59	0.59	0.87
5	V	236.6	235.2	236.1
	I	2.37	2.37	3.63

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 10:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.76	0.83	1.23
	KW	0.57	0.62	0.92
2	FP	0.99	0.99	0.69
	KW	0.64	0.62	0.92
3	KVAR	0.46	0.11	0.95
	KW	0.45	0.61	0.91
4	$\Phi$	0.00	0.00	45.8

	KVA	0.63	0.62	1.31
5	V	236.1	234.2	234.8
	I	2.63	4.14	5.34

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 10:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.85	0.52	1.15
	KW	0.64	0.39	0.86
2	FP	0.99	0.36	0.70
	KW	0.70	0.26	0.86
3	KVAR	0.33	0.64	0.85
	KW	0.67	0.39	0.86
4	$\Phi$	26.5	12.1	44.6
	KVA	0.74	0.75	1.22
5	V	233.7	232	234
	I	3.12	3.12	5.18

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 11:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.91	0.60	0.84
	KW	0.68	0.45	0.63
2	FP	0.88	0.66	0.65
	KW	0.68	0.53	0.54
3	KVAR	0.36	0.59	0.74
	KW	0.68	0.56	0.65
4	$\Phi$	64.2	92	48.8

	KVA	0.79	0.83	1.01
5	V	234.6	232.7	234.5
	I	3.32	2.49	4.16

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 11:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.50	0.94	1.13
	KW	0.38	0.71	0.85
2	FP	0.47	0.521	0.71
	KW	0.34	0.37	0.85
3	KVAR	0.62	0.61	0.81
	KW	0.35	0.39	0.84
4	$\Phi$	62	123.3	136
	KVA	0.72	0.73	1.19
5	V	234.3	232.2	232.2
	I	3.06	3.06	5.09

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 12:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.37	0.33	1.15
	KW	0.28	0.25	0.86
2	FP	0.67	0.48	0.72
	KW	0.36	0.26	0.86
3	KVAR	0.45	0.47	0.83
	KW	0.29	0.25	0.85
4	$\Phi$	12.33	60.9	43.6

	KVA	0.54	0.55	1.20
5	V	233	231.2	232
	I	2.23	2.25	5.16

**TABLA Nº 1 TABLERO TRIFASICO 220V**  
**05 – 03 - 2014 Hora: 12:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	0.32	0.77	0.72
	KW	0.24	0.58	0.55
2	FP	0.63	0.99	0.64
	KW	0.25	0.56	0.55
3	KVAR	0.31	0.10	0.61
	KW	0.25	0.59	0.50
4	$\Phi$	48.9	0.00	50.1
	KVA	0.60	0.60	0.88
5	V	232.2	231.2	232
	I	2.49	2.51	3.79

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 08:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	49.8	48.4	53.7
	KW	37.2	49.3	40.1
2	FP	0.53	0.61	0.45
	KW	38.2	41.5	41.3
3	KVAR	63.1	60.2	62.2
	KW	46.1	38.1	48.6
4	$\Phi$	83.4	22.4	96.9

	KVA	78.9	70.4	74.8
5	V	389	388.2	380.2
	I	117.7	116.7	116.3

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 08:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	56.1	57.9	67.5
	KW	41.9	43.2	50.4
2	FP	0.65	0.74	0.65
	KW	41.8	42.9	49.3
3	KVAR	61.9	58.8	64.9
	KW	41.7	43.8	51.6
4	$\Phi$	97.6	24.5	46.2
	KVA	67.7	70.7	74.8
5	V	387.1	387.1	388.5
	I	121.2	121.4	127

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 09:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	6.8	54.1	6.4
	KW	45.1	41.0	40.8
2	FP	0.56	0.68	0.55
	KW	45.3	42.2	41.9
3	KVAR	61.8	64.3	64.4
	KW	58.2	43.7	42.0
4	$\Phi$	98.0	25.6	96.7

	KVA	76.1	75.4	76.7
5	V	388	387.4	387.4
	I	107	107	126.5

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 09:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	6.9	56.9	7.5
	KW	45.2	42.4	45.6
2	FP	0.7	0.67	0.59
	KW	43.8	40.4	45.9
3	KVAR	64.9	64.9	62.8
	KW	45.5	37.2	45.8
4	$\Phi$	98.2	24.1	98.1
	KVA	70.8	71.2	76.1
5	V	384.2	382.8	385.1
	I	119.3	118.4	112.2

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 10:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	43.1	50.5	9.1
	KW	39.0	37.4	40.8
2	FP	0.75	0.68	0.54
	KW	40.8	37.2	41.3
3	KVAR	61.1	66.1	68
	KW	41.5	43	42.7
4	$\Phi$	98.3	25.3	99.4

	KVA	74.6	73.4	78.9
5	V	381.4	380	384
	I	104.5	104.4	124.8

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 10:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	10.5	56.8	5.9
	KW	47.5	42.5	38
2	FP	0.57	0.59	0.56
	KW	47.7	42.2	37.3
3	KVAR	65.1	66.7	65.0
	KW	46.9	42.5	36.0
4	$\Phi$	93.2	25.1	98.6
	KVA	75.7	70.1	76.7
5	V	385.1	382.8	385.2
	I	105.2	105.2	115.1

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 11:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	7.3	57.1	8.8
	KW	45.5	42.6	46.6
2	FP	0.75	0.71	0.68
	KW	47.0	42.0	45.8
3	KVAR	64.5	65.00	68.9
	KW	46.0	44.6	48.1
4	$\Phi$	97.7	25.3	98.6

	KVA	70.2	73.2	82.1
5	V	385	384.1	385.1
	I	105.6	105.6	123.6

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 11:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	9.3	55.6	7.1
	KW	47.1	41.5	45.3
2	FP	0.49	0.62	0.61
	KW	45.7	37.2	44.8
3	KVAR	60.5	65.7	63.6
	KW	45.2	37.2	45.4
4	$\Phi$	97.4	24.2	96
	KVA	74.6	80.5	84.4
5	V	386.2	384.9	389.3
	I	116	120	127

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 12:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	7.7	55.2	6.4
	KW	45.8	41.2	42.8
2	FP	0.57	0.68	0.57
	KW	45.7	41.5	42.9
3	KVAR	66.8	67.6	63.9
	KW	41.5	39.3	41.9
4	$\Phi$	96.3	26.7	96.4

	KVA	71.3	78.8	74.0
5	V	386.9	385	389.6
	I	105.1	116	114.1

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 12:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	5.4	52.9	6.3
	KW	44.1	39.2	44.7
2	FP	0.57	0.65	0.61
	KW	43.7	36.2	45
3	KVAR	64.7	67.2	68.2
	KW	45.0	41	46.3
4	$\Phi$	95.6	25	97.7
	KVA	73.6	73.2	81
5	V	386.2	386.1	386.9
	I	101.9	103.2	125.2

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 13:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	3.4	46	6
	KW	39.6	34	40.5
2	FP	0.71	0.69	0.68
	KW	39.5	33.6	39.5
3	KVAR	62.4	68.9	62.3
	KW	40.3	37.8	40.2
4	$\Phi$	94.0	23.3	94.9

	KVA	78.5	72.3	79.6
5	V	387	387	389.2
	I	98.8	99	109.3

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 13:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	4.4	52.1	8.4
	KW	40.3	38.9	40
2	FP	0.54	0.66	0.59
	KW	41.2	37.6	39.2
3	KVAR	63.1	68.6	68
	KW	40.4	39.5	40.2
4	$\Phi$	93.4	24	97
	KVA	72.9	72.4	74.6
5	V	389.4	388	392
	I	98.6	99	113

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 14:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	7.2	56	7.9
	KW	45.4	42	45.9
2	FP	0.58	0.59	0.69
	KW	44.7	40.6	45.9
3	KVAR	70.6	66.2	64.5
	KW	44.7	37.2	45.8
4	$\Phi$	96.1	23.2	98.2

	KVA	80.8	78.4	85.1
5	V	391.2	390	392.1
	I	105.4	103.9	114.8

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 14:30**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	6	50.6	6.9
	KW	39.5	37.8	40.2
2	FP	0.69	0.75	0.57
	KW	40.5	37.6	40.5
3	KVAR	68.9	66.6	64.5
	KW	40.3	37.7	40.2
4	$\Phi$	95.6	25.4	96.6
	KVA	72.6	71.6	84
5	V	392	391.3	393.4
	I	104.5	104.7	114

**TABLA Nº 2 TABLERO TRIFASICO 380V**  
**06 – 03 - 2014 Hora: 15:00**

POSICIÓN DEL INSTRUMENTO	PARAMETRO ELECTRICO	FASE		
		RS	RT	ST
1	HP	2.65	33.44	6.30
	KW	28.98	24.93	28.70
2	FP	0.64	0.67	0.66
	KW	23.52	24.78	24.70
3	KVAR	25.8	29.00	27.13
	KW	24.36	24.9	23.19
4	$\Phi$	79.2	23.4	82.5

	KVA	37.84	35.85	39.4
5	V	391	390	395
	I	65.3	66.54	56.58

**TABLA N° 3**

**FACTOR DE POTENCIA DE LOS MOTORES A CARGA PARCIAL DE LA POTENCIA NOMINAL**

220, 440 Voltios, 3 fases, 60 ciclos, Motores de Inducción jaula de Ardilla

HP	Velocidad RPM	% Factor de Potencia		
		½ de Carga	¾ de Carga	Plena Carga
1	1720	61	72	80
1	1135	51	66	74
1	800	44	54	63
1-1/2	3500	61	74	80
1-1/2	1740	62	75	82
1-1/2	1125	62	74	80
1-1/2	875	45	56	69
2	3470	68	77	83
2	1740	62	75	82
2	1140	60	71	76
2	865	51	65	72
3	3420	73	82	85
3	1720	71	82	87
3	1160	60	72	81

3	860	56	68	73
7-1/2	3450	75	84	88
7-1/2	1743	82	87	88
7-1/2	1160	70	80	83
7-1/2	865	68	71	76
10	3470	62	89	91
10	1750	75	83	85
10	1160	75	82	85
10	675	69	71	77
15	3500	81	87	88
15	1740	81	85	85
15	1165	74	82	85

**TABLA Nº 3 (CONTINUACION)**

20	1760	72	82	86
20	1170	74	82	85
20	678	63	74	78
25	1760	73	83	87
25	1170	74	82	85
25	880	69	78	81
30	1760	81	87	88
30	1175	74	82	84
30	880	70	79	83
30	880	70	79	83
40	1765	83	88	89
40	1175	76	83	86
40	875	65	76	80
50	1765	84	88	89
50	1170	77	84	87
50	873	70	79	82
60	1775	80	87	88
60	1175	75	83	87
60	875	70	78	83
75	1775	80	88	90
75	1180	75	83	86

75	875	70	82	85
100	1775	80	88	90
100	1180	78	86	88
100	870	71	83	86
100	705	64	76	81
125	1775	80	88	89
125	1180	75	84	88
125	890	70	81	85
125	705	68	78	83
150	1770	81	88	90
150	1175	74	86	89

**TABLA N° 4**

**INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE EN LOS CONDUCTORES**

**HASTA TRES CONDUCTORES POR TUBO O CABLE  
( Basada en la temperatura de 30° C )**

Sección del conductor		Termoplástico Tipo T, Tipo TW	goma tipo RH	Amianto tipo A tipo AA
AWG o cir. mils	mm <sup>2</sup>			
14	2.08	15	15	30
12	3.31	20	20	40
10	5.26	30	30	55
8	8.37	40	45	70
6	13.30	55	65	95
4	21.15	70	85	120
3	26.7	80	100	145
2	83.6	95	115	165
1	42.4	110	130	190
0	58.5	125	150	225
00	67.4	145	175	250
000	85	165	200	285
0000	107	195	230	340
250,000	127	215	255	
300,000	152	240	285	
350,000	177	260	310	
400,000	203	280	335	
500,000	253	320	380	

600,000	304	355	420
700,000	355	385	460
750,000	380	400	475
800,000	405	410	490
900,000	456	435	520
1,000,000	506	455	545
1,250,000	633	495	590
1,500,000	760	520	625
1,750,000	886	545	650
2,000,000	1013	560	665

**TABLA Nº 5**  
**MULTIPLICADORES DE LOS KW PARA DETERMINAR LOS KVARs**  
**REQUERIDOS PARA LA CORRECCION DEL**  
**FACTOR DE POTENCIA**

F. P Original	Factor de Potencia Deseado						
	0.80	0.83	0.85	0.87	0.90	0.93	0.95
0.50	0.951	1.030	1.112	1.134	1.248	1.307	1.403
0.51	0.914	0.993	1.067	1.097	1.202	1.270	1.357
0.52	0.877	0.956	1.023	1.060	1.160	1.233	1.315
0.53	0.840	0.919	0.980	1.023	1.116	1.196	1.271
0.54	0.803	0.882	0.939	0.986	1.075	1.159	1.230
0.55	0.766	0.845	0.899	0.949	1.035	1.122	1.190
0.56	0.730	0.808	0.860	0.913	0.996	1.085	1.151
0.57	0.692	0.770	0.822	0.875	0.958	1.047	1.113
0.58	0.655	0.733	0.785	0.838	0.921	1.010	1.076
0.59	0.619	0.697	0.748	0.802	0.884	0.974	1.039
0.60	0.583	0.661	0.714	0.766	0.850	0.938	1.005
0.61	0.549	0.627	0.679	0.732	0.815	0.904	0.970
0.62	0.516	0.594	0.645	0.699	0.781	0.871	0.936
0.63	0.483	0.561	0.613	0.666	0.749	0.838	0.904
0.64	0.451	0.529	0.580	0.634	0.716	0.806	0.871
0.65	0.419	0.497	0.549	0.602	0.685	0.774	0.840
0.66	0.388	0.468	0.518	0.571	0.654	0.743	0.809

0.67	0.358	0.436	0.488	0.541	0.624	0.713	0.778
0.68	0.328	0.406	0.459	0.511	0.595	0.683	0.750
0.69	0.299	0.377	0.429	0.482	0.565	0.654	0.691
0.70	0.270	0.348	0.400	0.453	0.536	0.625	0.663
0.71	0.242	0.320	0.372	0.425	0.508	0.597	0.634
0.72	0.214	0.292	0.343	0.397	0.479	0.569	0.607
0.73	0.186	0.264	0.316	0.369	0.452	0.541	0.580

**TABLA Nº 5 (CONTINUACION)**

F.P. Original	factor de Potencia Deseado						
	0.80	0.83	0.85	0.87	0.90	0.93	0.95
0.74	0.159	0.237	0.289	0.342	0.425	0.514	0.580
0.75	0.132	0.210	0.262	0.315	0.398	0.487	0.553
0.76	0.105	0.183	0.235	0.288	0.371	0.460	0.526
0.77	0.079	0.157	0.209	0.262	0.345	0.434	0.500
0.78	0.052	0.130	0.183	0.235	0.319	0.407	0.473
0.79	0.026	0.104	0.156	0.209	0.292	0.381	0.447
0.80	0.000	0.078	0.130	0.183	0.266	0.355	0.421
0.81		0.052	0.104	0.157	0.240	0.329	0.395
0.82		0.026	0.078	0.131	0.214	0.303	0.369
0.83		0.000	0.052	0.105	0.188	0.277	0.343
0.84			0.026	0.079	0.162	0.251	0.317
0.85			0.000	0.053	0.136	0.225	0.291
0.86				0.026	0.109	0.198	0.264
0.87				0.000	0.083	0.172	0.238
0.88					0.056	0.143	0.211
0.89					0.028	0.117	0.183
0.90					0.000	0.089	0.155
0.91						0.026	0.127
0.92						0.000	0.097

0.93							0.066
0.94							0.034
0.95							0.000



## CAPACITORES PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

### TIPO LKT

#### CARACTERISTICAS QUE INTERESAN:

- Sobre corriente hasta 2.2 veces la corriente nominal.
- Corriente de entrada hasta 300 veces la corriente nominal.
- Tecnología además desconector de sobrepresión.
- Medio ambiente amigable, tipo seco.
- Reducción en la emisión de CO<sub>2</sub>(Dióxido de Carbono)
- Costo de energía seguros.

#### Observaciones Generales.

**FRAKO** Los condensadores para la corrección de factor de Potencia son producidos en una tecnología avanzada única e incorpora una característica de triple seguridad.

**FRAKO** es el primer capacitor fabricado el cual satisfactoriamente combina la **auto-recuperación** con una película segmentada y desconexión a la sobrepresión. Esta técnica de fabricación garantiza significativamente el mejoramiento de la seguridad de funcionamiento de los condensadores de corrección del factor de potencia. Reservamos el derecho de hacer alteraciones los cuales están basados en el conocimiento recién adquirido los cuales contribuyen a un mejoramiento en nuestros productos.

#### Observaciones Técnicas.

Para la operación de los condensadores de corrección de factor de potencia tres aspectos son de suma importancia:

- ✓ Alta capacidad de sobrecarga.
- ✓ Larga expectativa de vida.
- ✓ Reacción segura en sobrecarga.

#### Capacidad de Sobrecarga.

En redes donde la contaminación con armónicos está aumentando permanentemente, cargas excedentes en los condensadores tienen que ser considerados. Aparte de la carga de voltaje mas alto este es especialmente la corriente efectiva más alta durante resonancias de red, que puede considerablemente esforzar mas a los condensadores.

Si por ejemplo, el décimo primer armónico está presente con un 8 % de el **voltaje nominal de red**, el valor r.m.s de la tensión nominal solo se incrementara un 0.3%, pero la corriente de los condensadores excederán su valor nominal por 33%. Estollega a ser claro que la habilidad de un condensador de resistir a una corriente excesiva es significativamente mayor que la habilidad de resistir a una tensión excesiva.

Por consiguiente **FRAKO** diseña sus condensadores como se menciona.

- Máxima sobre corriente hasta 2.2 veces la corriente nominal.
- Máxima corriente de entrada hasta 300 veces la corriente nominal.

### **Expectativa de vida.**

El uso de material examinado a fondo como también cuidadosos procedimientos que aseguran la calidad y larga expectativa de vida de los productos. **FRAKO** produce sus condensadores de acuerdo a especificaciones propias, que sobrepasan por mucho los requerimientos de EN 60831-1/2. Pruebas de calidad siguiendo cada paso de fabricación, verifica una calidad excepcional de fabricación. Combinado con un condensador de tecnología de fabricación única, **FRAKO** logro una durabilidad líder a nivel mundial.

Por ejemplo, la constante baja perdida de potencia sobre muchos años es logrado mediante el uso del relleno un mineral especial y estabilizar el cual puede evitar las permanentes descargas parciales sin el dieléctrico. Secado al vacio y almacenaje de la temperatura sobre muchos días evitan la inclusión de oxigeno el cual aceleraría el proceso de envejecimiento de un condensador. Esto significa un esfuerzo adicional en nuestra producción de cualquier modo vale la pena para una expectativa de vida más larga.

### **Características de seguridad.**

**FRAKO** Los condensadores de corrección del factor de potencia operan con triple seguridad.

- ✓ Auto recuperación y sobre voltaje.
- ✓ Confiable en funcionamiento debido a la película segmentada.
- ✓ Un desconector de sobre presión desconecta los condensadores desde el principio al final de su tiempo de vida o en sobrecargas peligrosas.

Para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad integrados, **FRAKO** regularmente saca condensadores de muestra de la línea de producción. Una constante calidad excepcional puede ser alcanzado y sustentado solo de esta manera.

## **CAPACITORES PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA**

### **TIPO LKT**

#### **Capacidad de carga de Tensión**

**FRAKO** Los condensadores de factor de corrección de potencia tienen una capacidad de carga de acuerdo con la EN 60831-1 - 2 como también la IEC 831-1 -2.

#### **Aplicación.**

**FRAKO** fabrica tres series de condensadores de factor de corrección de Potencia: Básico, Normalizado (Standard) y Superior (Premium). Nosotros recomendamos los capacitores para redes con bajo contenido de armónicos y temperatura ambiente normal. Condensadores Standard son recomendados para redes con niveles de armónicos más elevados y/o temperatura ambiente elevada. Condensadores Premium deberían ser usados para redes exigentes (es decir redes con niveles de armónicos muy elevados y/o temperatura ambiente muy elevada). Las tres series de condensadores son de excelente calidad **FRAKO**. **FRAKO** cuenta con el certificado del Sistema de Gestión ISO9001 y el certificado de Gestión Ambiental.

### **Construcción Mecánica.**

Caja de aluminio cilíndrico con un tornillo de montaje M 12x12 baja pérdida de auto-recuperación dieléctrica hecha de una película de polipropileno metalizado segmentado. Llenado con un PCB-libre, inhibidor de llama, carga mineral con estabilizador de adhesivo y un desconectador integrado mecánico de sobre presión. Permanentemente conectado resistores de descarga externa en los terminales. El terminal de conexión que está disponible como un accesorio, protege contra contacto directo de los terminales fast-on reúne la clase de protección IP-20.

**Diseño.**

**FRAKO** Los condensadores de Factor de Corrección de Potencia están disponibles como condensadores trifásicos en 3 versiones: Basic, Standard, Premium. Los condensadores monofásicos están disponibles en una versión standard.

**Clasificación.**

1,1 – 30 kvar, 300 – 615; 50/60 Hz (Voltajes más elevados a solicitud).

**Capacitancia e Índice de Tolerancia.**

+/- 5%

**Pérdida de Potencia.**

Aproximado 0,5 Watt/kvar medidos a la conexión del terminal incluyendo resistores de descarga.

**Clase de Temperatura.**

Hasta -40°C, + 65 °C.

**Descarga.**

De acuerdo a la EN 60831, cada condensador de potencia debe tener un dispositivo de descarga el cual garantice una descarga de 75 V en tres minutos. Los condensadores **FRAKO** tienen integrados resistores de descarga, los cuales garantizan una descarga de 50V en un minuto.

Artículo-No	Descripción	Tipo
31-08000	Tipo de enchufe terminal de conexión para condensadores con Ø 60 mm y Ø 70 mm, Trifásico	AKD 25/3
31-08002	Tipo de enchufe terminal de conexión para condensadores con Ø 60 mm y Ø 70 mm, Monofásico	AKD 25/2
31-08003	Tipo de enchufe terminal de conexión para condensadores con Ø 85 mm, Trifásico	AKD 30/3
69-00352	Tapas Plásticas para LKT con Ø 60 mm	AKD 60
69-00350	Tapas Plásticas para LKT con Ø 60 mm	LKD 70
69-00353	Mango de Goma	LKD

**RELAYS DE CONTROL PARA FACTOR DE POTENCIA.**

**TIPO EMR 1100/ EMR 1100S/ RM 9606 / RM 9806**



### **CARACTERISTICAS QUE INTERESAN.**

- ✓ Completamente automático y puesta en marcha sencilla
- ✓ Característica de control patentado – ninguna sobre compensación durante baja carga
- ✓ Medición y monitoreo de armónicos
- ✓ Función de disparo de sobre corriente – protección para condensadores
- ✓ Ningún voltaje y liberación de corriente nula
- ✓ Regulación de cuatro cuadrantes
- ✓ Retardo automático de conexión ajustable
- ✓ Indicación versátil y mensajes en el display.

### **Descripción.**

Microprocesador, control de retardo para control inteligente de banco de condensadores con 12 contactos de control.

### **Puesta en marcha sencilla.**

Por una identificación automática de corriente de umbral (valor c/k), ángulo de fase, conectado a etapas de condensador y secuencias de conexión.

### **Visión general del operador**

A través del display digital, valores momentáneos y parámetros de operación.

- ✓ Factor de potencia ( $\cos \phi$ )
- ✓ Aparente (RMS) corrientes activas y reactivas
- ✓ 5to, 7mo, 11, 13 contenido de voltaje armónicos
- ✓ Potencia capacitiva total requerida para cumplir el objetivo del ajuste del factor de potencia

### **Monitoreo de niveles de armónico**

Tras continuo monitoreo, y mostrar los niveles de voltaje armónicos. En el evento de niveles de armónicos excediendo límites programables, todos los capacitores serán desconectados a través de la alarma de sobre corriente.

### **Prolonga la vida del equipo eléctrico**

El EMR 1100 cuenta, almacena y muestra el número de operaciones de conmutación para cada estado individual del condensador. Una alarma es disparada si el contador de conmutaciones excede los límites programados.

### **Protección adicional para los condensadores.**

La función de monitoreo de corriente RMS provee excelente protección para el banco de condensadores sin filtros armónicos, especialmente cuando la resonancia causa un incremento en niveles de armónicos.

### **Control inteligente para el incremento de la vida útil del equipo.**

- ✓ Conmutación cíclica para estados del condensador del mismo rango
- ✓ Conmutación precisa de los estados del condensador previene conmutación innecesaria para un control sensible
- ✓ Optimización continua del retardo de conmutación de acuerdo a la corriente reactiva requerida

### **Características**

- ✓ Contacto de alarma libre de potencial
- ✓ Alarma de sobre corriente programable limite de umbral (desde 1.05 a 3.0 x 1)
- ✓ Monitoreo continuo para estados de condensadores defectuosos a través de un auto ajuste de control de programa
- ✓ Voltaje cero y corriente cero disparando con la señal de alarma
- ✓ “kinked” control de curva de características evitan sobre compensación bajo una carga ligera
- ✓ Control de potencia en cuatro cuadrantes con display LED cuando activa la energía se genera en la red.
- ✓ Operación manual/automática con habilidad de conmutar cada estado individual del condensador ON o OFF
- ✓ Ajuste del objetivo de factor de potencia ajustable de 0.80 inductivo a 0.95 capacitivo en pasos de 0.01
- ✓ Memorizar hasta tres niveles de condensadores fijos, tiempo de conmutación para marcar el tiempo de descarga de los estados del condensador.
- ✓ Adecuado para transformadores de corriente con corriente nominal de secundario de 1A o 5

### **Señales de Alarma para**

- ✓ Subcompensacion
- ✓ Niveles altos de armónicos
- ✓ Sobre corriente

- ✓ Contadores de conmutación
- ✓ Falla en circuitos de voltaje ( $U = 0$  alarma)
- ✓ Falla en circuitos de corriente ( $I = 0$  alarma)
- ✓ Falla en estados del condensador ( $C = 0$  alarma)

**Extensión opcional de la EMR 11005 A EMR 1100 versión completa por medio de la actualización de software permite**

- ✓ Libre de potencial contacto de conmutación para seleccionar dos independientes objetivos de ajuste del factor de potencia
- ✓ Indicación remota de los valores de medida y datos históricos (curvas diarias, mensuales y evaluación anual)
- ✓ Comunicación con sistemas de control
- ✓ Configuración e indicación remota de los valores medidos vía el interface RS232

**RELAYS DE CONTROL PARA FACTOR DE POTENCIA.**

Tipo RM 9606

**Descripción**

Microprocesador control de retardo para control inteligente de banco de condensadores con 6 contactos de control.

**Puesta en marcha sencilla.**

Por una identificación automática de corriente de umbral (valor  $c/k$ ), ángulo de fase, conectado a etapas de condensador y secuencias de conexión.

**Visión general del operador**

A través del display digital valores momentarios y parámetros de operación.

- ✓ Factor de potencia ( $\cos \varnothing$ )
- ✓ Aparente (RMS) corrientes activas y reactivas
- ✓ 5to, 7mo, 11, 13 contenido de voltaje armónicos
- ✓ Potencia capacitiva total requerida para cumplir el objetivo del ajuste del factor de potencia

**Monitoreo de niveles de armónico**

Tras continuo monitoreo, y mostrar los niveles de voltaje armónicos. En el evento de niveles de armónicos excediendo límites programables, todos los capacitores serán desconectados a través de la alarma de sobre corriente.

**Prolonga la vida del equipo eléctrico**

El EMR 1100 cuenta, almacena y muestra el número de operaciones de conmutación para cada estado individual del condensador. Una alarma es disparada si el contador de conmutaciones excede los límites programados.

**Protección adicional para los condensadores.**

La función de monitoreo de corriente RMS provee excelente protección para el banco de condensadores sin filtros armónicos, especialmente cuando la resonancia causa un incremento en niveles de armónicos.

### **Control inteligente para el incremento de la vida útil del equipo.**

- ✓ Conmutación cíclica para estados del condensador del mismo rango
- ✓ Conmutación precisa de los estados del condensador previene conmutación innecesaria para un control sensible
- ✓ Optimización continua del retardo de conmutación de acuerdo a la corriente reactiva requerida

### **Características**

- ✓ Contacto de alarma libre de potencial
- ✓ Alarma de sobre corriente programable limite de umbral (desde 1.05 a 3.0 x 1)
- ✓ Monitoreo continuo para estados de condensadores defectuosos a través de un auto ajuste de control de programa
- ✓ Voltaje cero y corriente cero disparando con la señal de alarma
- ✓ “kinked” control de curva de características evitan sobre compensación bajo una carga ligera
- ✓ Control de potencia en cuatro cuadrantes con display LED cuando activa la energía se genera en la red.
- ✓ Operación manual/automática con habilidad de conmutar cada estado individual del condensador ON o OFF
- ✓ Ajuste del objetivo de factor de potencia ajustable de 0.80 inductivo a 0.95 capacitivo en pasos de 0.01
- ✓ Memorizar hasta tres niveles de condensadores fijos, tiempo de conmutación para marcar el tiempo de descarga de los estados del condensador.
- ✓ Adecuado para transformadores de corriente con corriente nominal de secundario de 1A o 5

### **Señales de alarma para**

- ✓ Subcompensación
- ✓ Niveles altos de armónicos
- ✓ Sobre corriente
- ✓ Contadores de conmutación
- ✓ Falla en circuitos de voltaje ( $U = 0$  alarma)
- ✓ Falla en circuitos de corriente ( $I = 0$  alarma)
- ✓ Falla en estados del condensador ( $C = 0$  alarma)

## **RELAYS DE CONTROL PARA FACTOR DE POTENCIA.**

Tipo RM 9806

### **Descripción**

Microprocesador control de retardo para control inteligente de banco de condensadores con 6 contactos de control.

#### **Puesta en marcha sencilla.**

Por una identificación automática de corriente de umbral (valor  $c/k$ ), ángulo de fase, conectado a etapas de condensador y secuencias de conexión.

#### **Visión general del operador**

A través del display digital valores momentarios y parámetros de operación.

- ✓ Factor de potencia ( $\cos \phi$ )
- ✓ Factor de distorsión total de voltaje (% THDV)
- ✓ Numero de pasos activos del condensador

#### **Historial de un análisis extensivo**

Cuando en modo automático, muestra de:

- ✓ Fallas de conexión
- ✓ Falla de etapa de capacidad
- ✓ Reconoce la secuencia de pasos

#### **Protección para los condensadores.**

La función de monitoreo de corriente RMS provee excelente protección para el banco de condensadores sin filtros armónicos, especialmente cuando la resonancia causa un incremento en niveles de armónicos.

El umbral puede ser establecido entre 1.05 a 1.95 x  $I_{rms}$

#### **Control inteligente para el incremento de la vida útil del equipo.**

- ✓ Conmutación cíclica para estados del condensador del mismo rango
- ✓ Conmutación precisa de los estados del condensador previene conmutación innecesaria para un control sensible
- ✓ Optimización continua del retardo de conmutación de acuerdo a la corriente reactiva requerida

#### **Características**

- ✓ Contacto de alarma libre de potencial
- ✓ Alarma de sobre corriente programable limite de umbral (desde 1.05 a 1.95 x  $I_{rms}$ )
- ✓ Monitoreo continuo para estados de condensadores defectuosos a través de un auto ajuste de control de programa
- ✓ Voltaje cero y corriente cero disparando con la señal de alarma
- ✓ Dos controles de curvas características
  - Para evitar sobre compensación bajo una carga ligera
  - Para evitar potencia reactiva inductiva bajo condiciones de regeneración
- ✓ Control de potencia en cuatro cuadrantes con display LED cuando activa la energía se genera en la red.
- ✓ Operación manual/automática con habilidad de conmutar cada estado individual del condensador ON o OFF

- ✓ Ajuste del objetivo de factor de potencia ajustable de 0.80 inductivo a 1.00 capacitivo
- ✓ Ajuste independiente del tiempo de conmutación del condensador para que coincida el tiempo de descarga de los estados del condensador
- ✓ Adecuado para transformadores de corriente con corriente nominal de secundario de 1A o 5

**Señales de alarma para**

- ✓ Sobre corriente
- ✓ Fallas en circuito de voltaje ( $U=0$  alarma)
- ✓ Fallas en los estados del condensador





Medidas Corriente, Resistencia de aislamiento, Temperatura (Tipo K) y Energía. Incluye potencia real, potencia aparente y potencia reactiva.

### **380976-K Características**

- ✓ Display LCD doble largo (cuenta 9999)
- ✓ Medidas  $1\Phi$   $3\Phi$  potencia real (kw), potencia aparente (kVA) y potencia reactiva (kVAR) además HP(HorsePower), Factor de Potencia y ángulo de fase con indicador principal/secundario
- ✓ AC+DC corriente  $\mu$ A con 10Na de resolución para pruebas de varilla de flama

- ✓ Max/Minregistro con indicación de tiempo transcurrido
- ✓ Detección automática de medidas de voltaje AC/DC con muestreo de frecuencia simultanea
- ✓ Capacitancia hasta 7000 $\mu$ F con 0.001 $\mu$  F de resolución
- ✓ Altas pruebas de resistencia hasta 100M $\Omega$
- ✓ Tipo K, °C/°F conmutable, temperatura hasta 1000°F
- ✓ Diodo y pruebas de continuidad
- ✓ Auto apagado con desactivación de funciones
- ✓ 1.6 (40mm) sujetador de la pinza abierta
- ✓ Juego de cables para prueba incluye: dos cables de extensión CAT IV-600V 72" (1.8m) con Angulo recto y extremo recto conectores banana envueltos ; dos manijas sondas probadoras con puntas de acero inoxidable; dos sujetadores émbolos retractables, dos extra sujetadores cocodrilo largos
- ✓ Completa con el kit de cables de prueba , probador de termocupla Tipo K propósito general, maletín de transporte, y batería de 9 V

#### Aplicaciones

- ✓ AC Evaluación de energía
- ✓ Motor/Generador instalación y reparación
- ✓ HVAC pruebas de varilla de flama
- ✓ Captura valores de temperatura y corriente Max/Min
- ✓ Categoría III clasificación para medidas industriales



Función	Max rango/Resolución	Precisión básica
Potencia Real (W)	600KW/ 10W	+ - 5%

<b>Potencia Aparente(KVA)</b>	<b>600KVA /100VA</b>	<b>+ -2%</b>
<b>Potencia Reactiva (kVAR)</b>	<b>600KVAR/10VAR</b>	<b>+ -5%</b>
<b>Caballo de Fuerza (HP)</b>	<b>800HP/0.01HP</b>	<b>+ -5%</b>
<b>Angulo de Fase</b>	<b>-60to+60° /0.1°</b>	<b>+ -6°</b>
<b>AC Corriente (Trms)</b>	<b>1000<sup>3</sup>/10mA</b>	<b>+ -2%</b>
<b>Corriente u A (AC +DC)</b>	<b>1000uA /10nA</b>	<b>+ -1%</b>
<b>AC/DC Voltaje (Trms)</b>	<b>600V/0.1mV</b>	<b>+ -1%</b>
<b>Resistencia (Ω)</b>	<b>1000Kohm /0.1ohm</b>	<b>+ -1%</b>
<b>Resistencia (MΩ)</b>	<b>100Mohm/1Kohm</b>	<b>- +5%</b>
<b>Capacitancia</b>	<b>7000uF/ 1uF</b>	<b>+ -1.5%</b>
<b>Frecuencia</b>	<b>40Hzto1Khz /0.1Hz</b>	<b>+ -5%</b>
<b>Temperatura (Tipo K)</b>	<b>-58to1000°F /0.1°F</b> <b>-50to 900°C/0.1°C</b>	<b>+ -1%</b> <b>+ -1%</b>
<b>Dimensiones</b>	<b>9x3x1.6”</b> <b>(228x76x39mm)</b>	
<b>Peso</b>	<b>16.7 oz (465)</b>	



## **CAPACITORES PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA**

### **TIPO LKT**

#### **CARACTERISTICAS QUE INTERESAN:**

- Sobre corriente hasta 2.2 veces la corriente nominal.
- Corriente de entrada hasta 300 veces la corriente nominal.
- Tecnología además desconector de sobrepresión.
- Medio ambiente amigable, tipo seco.
- Reducción en la emisión de CO<sub>2</sub>(Dióxido de Carbono)
- Costo de energía seguros.

#### **Observaciones Generales.**

**FRAKO** Los condensadores para la corrección de factor de Potencia son producidos en una tecnología avanzada única e incorpora una característica de triple seguridad. **FRAKO** es el primer capacitor fabricado el cual satisfactoriamente combina la **auto-recuperación** con una película segmentada y desconexión a la sobrepresión. Esta técnica de fabricación garantiza significativamente el mejoramiento de la seguridad de funcionamiento de los condensadores de corrección del factor de potencia. Reservamos el derecho de hacer alteraciones los cuales están basados en el conocimiento recién adquirido los cuales contribuyen a un mejoramiento en nuestros productos.

#### **Observaciones Técnicas.**

Para la operación de los condensadores de corrección de factor de potencia tres aspectos son de suma importancia:

- ✓ Alta capacidad de sobrecarga.
- ✓ Larga expectativa de vida.
- ✓ Reacción segura en sobrecarga.
- ✓

#### **Capacidad de Sobrecarga.**

En redes donde la contaminación con armónicos está aumentando permanentemente, cargas excedentes en los condensadores tienen que ser considerados. Aparte de la carga de voltaje más alto este es especialmente la corriente efectiva más alta durante resonancias de red, que puede considerablemente esforzar más a los condensadores.

Si por ejemplo, el décimo primer armónico está presente con un 8 % de el **voltaje nominal de red**, el valor r.m.s de la tensión nominal solo se incrementara un 0.3%,

pero la corriente de los condensadores excederán su valor nominal por 33%. Esto llega a ser claro que la habilidad de un condensador de resistir a una corriente excesiva es significativamente mayor que la habilidad de resistir a una tensión excesiva.

Por consiguiente **FRAKO** diseña sus condensadores como se menciona.

- Máxima sobre corriente hasta 2.2 veces la corriente nominal.
- Máxima corriente de entrada hasta 300 veces la corriente nominal.

### **Expectativa de vida.**

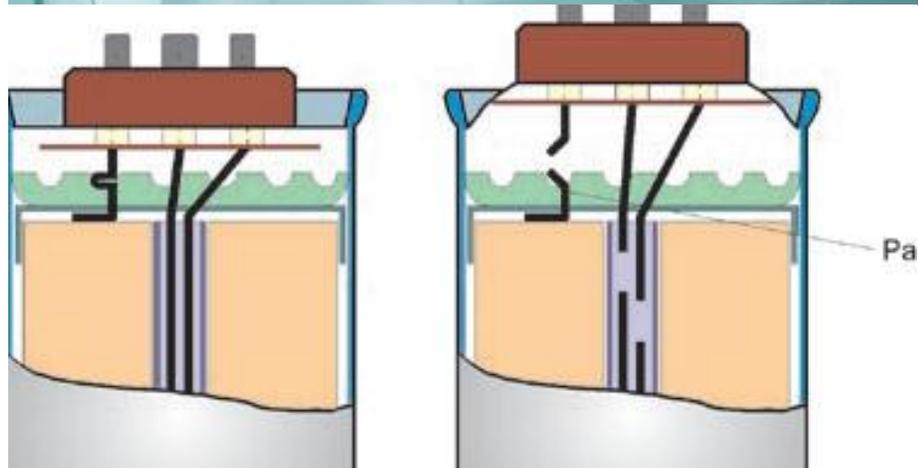
El uso de material examinado a fondo como también cuidadosos procedimientos que aseguran la calidad y larga expectativa de vida de los productos. **FRAKO** produce sus condensadores de acuerdo a especificaciones propias, que sobrepasan por mucho los requerimientos de EN 60831-1/2. Pruebas de calidad siguiendo cada paso de fabricación, verifica una calidad excepcional de fabricación. Combinado con un condensador de tecnología de fabricación única, **FRAKO** logro un durabilidad líder a nivel mundial

Por ejemplo, la constante baja perdida de potencia sobre muchos años es logrado mediante el uso del relleno un mineral especial y estabilizar el cual puede evitar las permanentes descargas parciales sin el dieléctrico. Secado al vacío y almacenaje de la temperatura sobre muchos días evitan la inclusión de oxígeno el cual aceleraría el proceso de envejecimiento de un condensador. Esto significa un esfuerzo adicional en nuestra producción de cualquier modo vale la pena para una expectativa de vida más larga.

### **Características de seguridad.**

**FRAKO** Los condensadores de corrección del factor de potencia operan con triple seguridad.

- ✓ Auto recuperación y sobre voltaje.
- ✓ Confiable en funcionamiento debido a la película segmentada.
- ✓ Un desconectador de sobre presión desconecta los condensadores desde el principio al final de su tiempo de vida o en sobrecargas peligrosas.



Para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad integrados, **FRAKO** regularmente saca condensadores de muestra de la línea de producción. Una constante calidad excepcional puede ser alcanzada y sustentada solo de esta manera.

## CAPACITORES PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

### TIPO LKT

#### Capacidad de cada de Tensión

**FRAKO** Los condensadores de factor de corrección de potencia tienen una capacidad de carga de acuerdo con la EN 60831-1 - 2 como también la IEC 831-1 -2.

Tensión Nominal	300	400	440	480	525	615
8 horas diariamente	330	440	484	528	578	677
30 min diariamente	345	460	506	552	604	707
5 min	360	480	528	576	630	738
5 min	390	520	572	624	683	800

**Aplicación.**

**FRAKO** fabrica tres series de condensadores de factor de corrección de Potencia: Básico, Normalizado (Standard) y Superior (Premium). Nosotros recomendamos los capacitores para redes con bajo contenido de armónicos y temperatura ambiente normal. Condensadores Standard son recomendados para redes con niveles de armónicos más elevados y/o temperatura ambiente elevada. Condensadores Premium deberían ser usados para redes exigentes (es decir redes con niveles de armónicos muy elevados y/o temperatura ambiente muy elevada). Las tres series de condensadores son de excelente calidad **FRAKO**. **FRAKO** cuenta con el certificado del Sistema de Gestión ISO9001 y el certificado de Gestión Ambiental.

**Construcción Mecánica.**

Caja de aluminio cilíndrico con un tornillo de montaje M 12x12 baja pérdida de auto-recuperación dieléctrica hecha de una película de polipropileno metalizado segmentado. Llenado con un PCB-libre, inhibidor de llama, carga mineral con estabilizador de adhesivo y un desconectador integrado mecánico de sobre presión. Permanentemente conectado resistores de descarga externa en los terminales. El terminal de conexión que está disponible como un accesorio, protege contra contacto directo de los terminales fast-on reúne la clase de protección IP-20.

**Diseño.**

**FRAKO** Los condensadores de Factor de Corrección de Potencia están disponibles como condensadores trifásicos en 3 versiones: Basic, Standard, Premium. Los condensadores monofásicos están disponibles en una versión standard.

**Clasificación.**

1,1 – 30 kvar, 300 – 615; 50/60 Hz (Voltajes más elevados a solicitud).

**Capacitancia e Índice de Tolerancia.**

+/- 5%

**Pérdida de Potencia.**

Aproximado 0,5 Watt/kvar medidos a la conexión del terminal incluyendo resistores de descarga.

**Clase de Temperatura.**

Hasta -40°C, + 65 °C.

**Descarga.**

De acuerdo a la EN 60831, cada condensador de potencia debe tener un dispositivo de descarga el cual garantice una descarga de 75 V en tres minutos. Los condensadores **FRAKO** tienen integrados resistores de descarga, los cuales garantizan una descarga de 50V en un minuto.

Artículo-No	Descripción	Tipo
31-08000	Tipo de enchufe terminal de conexión para condensadores con Ø 60 mm y Ø 70 mm, Trifásico	AKD 25/3
31-08002	Tipo de enchufe terminal de conexión para condensadores con Ø 60 mm y Ø 70 mm, Monofásico	AKD 25/2

31-08003	Tipo de enchufe terminal de conexión para condensadores con Ø 85 mm, Trifásico	AKD 30/3
69-00352	Tapas Plásticas para LKT con Ø 60 mm	LKK 60
69-00350	Tapas Plásticas para LKT con Ø 60 mm	LKk 70
69-00353	Mango de Goma	LKk

### Datos Técnicos.

Datos Técnicos	Condensador Basic	Condensador Standard	Condensador Premium	Condensador Premium
Tipo	LKT - DB	LKT -DP	LKT - DL	LKT - DL
Potencia reactiva nominal	1.7-30Kvar	1.1-30Kvar	1.4-20Kvar	1.4-24.2Kvar
Tensión Nominal	230-525V	230-525V	400-525V	400-615V
Frecuencia Nominal	50 – 60Hz	50 – 60Hz	50 – 60 Hz	50 -60 Hz
Max. Sobre corriente	1.5xIN	1.8xIN	2.2xIN	2.0xIN
Max. Corriente de entrada	200xIN	250xIN	300xIN	300xIN
Clase de Temperatura	-25/D	-40/60C	-40/65C	-40/60C
Temperatura Max/Min	55/-25C	60C/-40C	65C/-40C	60C/-40C
Max. Temperatura en la tapa	70C	75C	78C	75C
Tensión de Prueba terminal/terminal	2.15xU2sec 1.85xU18sec	2.15xU2sec 1.85xU18sec	2.15xU2sec 1.85xU18sec	2.15xU2sec 1.85xU18sec
Tensión de Prueba terminal/tapa	3,900V 2sec	3,900V 2sec	3.900V 2sec	3,900V 2sec
Nivel de aislamiento	3/8 KV	3/8 KV	3/8 KV	3/8 KV
Expectación de vida	100,000h	130,000h	170,000h	130,000h
Max. Humedad	95%	95%	95%	95%
Max. Altitud	4,000 m	4,000 m	4,000 m	4,000 m
Número anual de operaciones de conmutación	20,000	40,000	60,000	60,000
Nivel de descarga en 60 seg.	<50 V	< 50 V	< 50 V	< 50 V
Recomendado para	Redes con bajo contenido de armónicos y temperatura ambiente normal.	Redes con niveles de armónicos más elevados y/o temperatura ambiente elevada.	Redes exigentes (es decir redes con niveles de armónicos muy elevados y/o temperatura ambiente	Redes con niveles armónicos más elevados y/o temperatura alta.

			muy elevada).	
--	--	--	---------------	--

Temperatura Ambiente Admisible

Clase de temperatura	Máxima	Significa más de 24 h	elevado Significa más de 1 año
D	55°C	45°C	35°C

