

## MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Ing. Juan Alejandro Gómez Romo – CIMEA, A.C.

2006

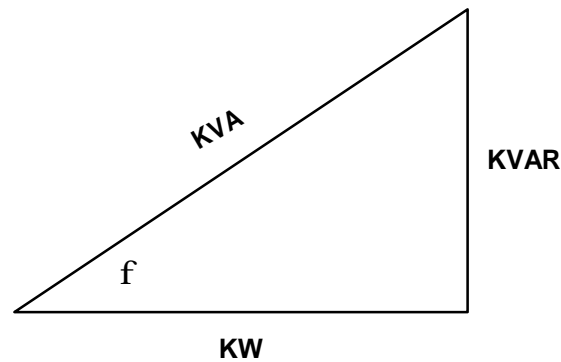
Definición:

Relación de la potencia activa a la potencia aparente (*American National Standards Institute*)

La relación entre la potencia activa y los volt-amper en cualquier circuito de corriente alterna (*Electrical Metermen's Handbook*)

$$\text{FACTOR DE POTENCIA} = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}}$$

Representación vectorial:



Métodos para determinar el factor de potencia en circuito de 3 fases 3 hilos:

1. Conexión W1 – W2
2. Conexión “Z”
3. Conexión Fases Cruzadas
4. Conexión directa de KVARH
5. Conexión QH

El método 4, medición directa de KVARH se puede efectuar mediante un wathorímetro polifásico conectadas sus bobinas de potencial a un autotransformador defasador, o bien con un medidor de KVARH, con defasamiento en sus conexiones internas. De éstos 5 métodos los 1 y 3 son para cargas balanceadas el resto, 2, 3 y 5 para cargas balanceadas o desbalanceadas.

Porque de éste artículo, antes de que aparecieran los actuales medidores electrónicos, que registran diferentes parámetros, Comisión Federal de Electricidad determinaba el factor de potencia con dos equipos de medición, uno equipo que registraba KW y KWH y el otro equipo que también registraba KWH y mediante cualquiera de las conexiones anteriores se determinaba los KVARH, y mediante una simple relación obtener el Factor de Potencia.

Para entender la determinación del Factor de Potencia a través de las conexiones antes descritas, es necesario enunciar algunos conceptos.

Teorema de Blondel. En cualquier sistema de N hilos la potencia real puede ser medida por la conexión de un wattmetro en cada línea, excepto uno (N-1 wattmetro), la bobina de corriente estará en serie con la línea y la bobina de potencial conectada entre ésta línea y la línea que no contenga bobina de corriente. La potencia total para cualquier condición de carga es la suma algebraica de las lecturas de todos los wattmetros conectados, con tal que la conexión del neutro puesto a tierra de la carga o fuente tenga otro hilo (*American National Standards Institute*)

Teorema de Blondel. En un sistema de N conductores, N-1 elementos, conectados apropiadamente, miden la potencia o energía tomada. La conexión de cada una de las bobinas de potencial, una de las terminales deberá conectarse donde no haya bobina de corriente (*Electrical Metermen's Handbook*)

Wattorímetro – Estator. Montaje de un wattorímetro de inducción el cual consiste de un circuito de voltaje, uno o más circuitos de corriente, y un circuito magnético, cuyo efecto conjunto, cuando es energizado, ejerce un par impulsor sobre el rotor por la reacción con las corrientes inducidas individuales conduciendo el disco común (*American National Standards Institute*)

Wattorímetro – Rotor. Esa parte del medidor que está directamente conducida por acción electromagnética (*American National Standards Institute*)

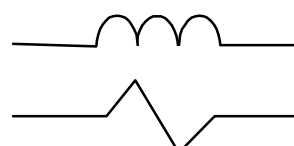
Wattorímetro - Estator. Unidad la cual produce el par impulsor en un wattorímetro. Consta de una bobina de potencial y una o más bobinas de corriente, y el acero necesario para producir las líneas magnéticas requeridas. Otros nombres usados son elemento o elemento conductor (*Electrical Metermen's Handbook*)



BOBINA DE POTENCIAL



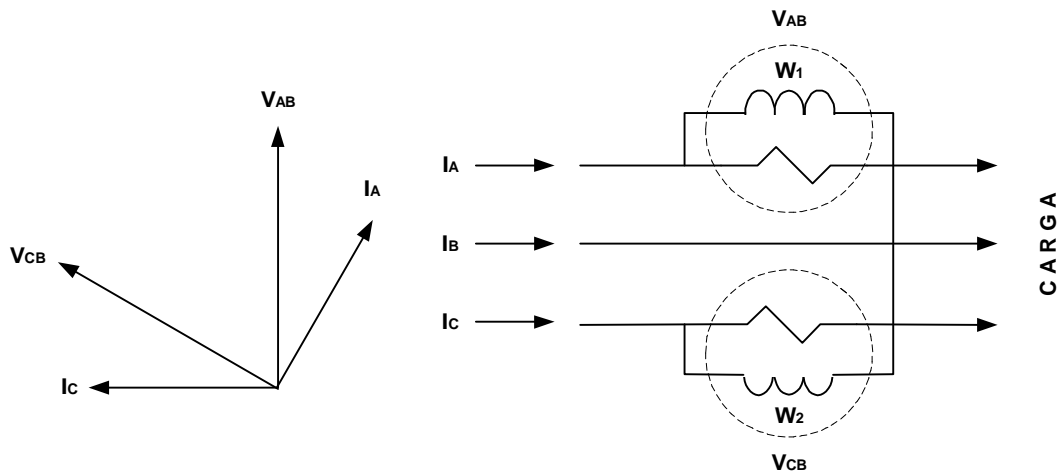
BOBINA DE CORRIENTE



ESTATOR O ELEMENTO

## Conexión W1 – W2

Diagrama fasorial y conexión



Registro de kwh:

$$W1 = V_{AB} I_A \cos (30 + \phi) = V_{AB} I_A \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi - \frac{1}{2} \sin \phi \right)$$

$$W2 = V_{CB} I_C \cos (30 - \phi) = V_{AB} I_C \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi + \frac{1}{2} \sin \phi \right)$$

Considerando corrientes, voltajes y factor de potencia balanceados.

$$\text{Sumando } W1 + W2 = \sqrt{3} \quad V I \cos \phi$$

$$\text{Restando } W2 - W1 = V I \sin \phi$$

Dividiendo

$$\frac{W2 - W1}{W2 + W1} = \frac{V I \sin \phi}{\sqrt{3} V I \cos \phi} = \frac{\text{tg } \phi}{\sqrt{3}}$$

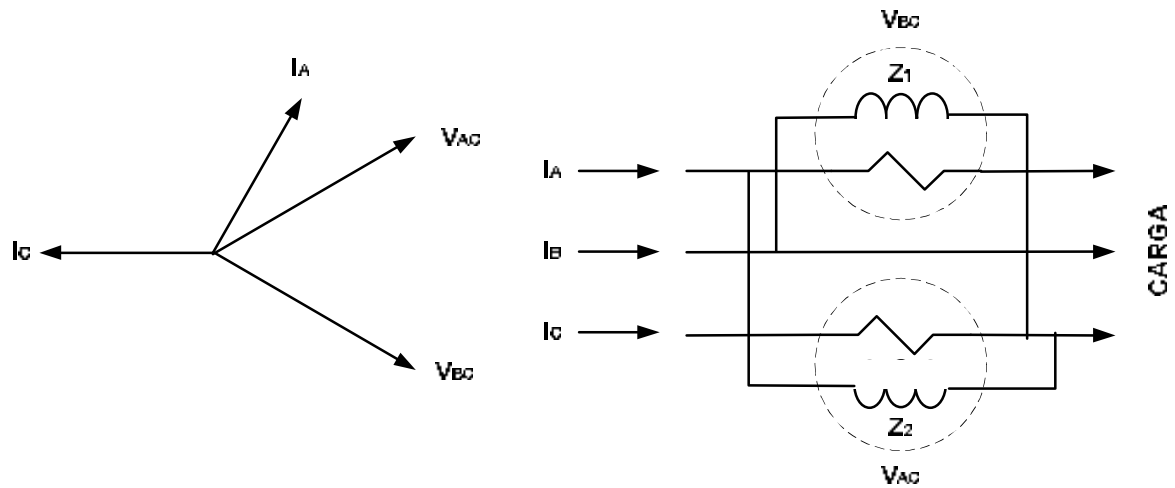
$$\text{tg } \phi = \frac{\sqrt{3}(W2 - W1)}{W2 + W1}$$

$$\text{Factor de potencia} = \cos ( \text{tg}^{-1} f )$$



## Conexión Z

Diagrama fasorial y conexión



Registro de  $Z_1$  y  $Z_2$  y considerando voltajes, corrientes y factor de potencia balanceados:

$$Z_1 = V_{AC} I_A \cos(90^\circ - \phi) = V I \sin \phi$$

$$Z_2 = V_{BC} I_C \cos(150^\circ - \phi) = V I \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi - \frac{1}{2} V I \sin \phi$$

Sumando  $Z_1 + Z_2$ :

$$Z_T = Z_1 + Z_2 = \frac{3}{2} V I \sin \phi - \frac{\sqrt{3}}{2} V I \cos \phi$$

El registro total de potencia de un sistema trifásico balanceado es:

$$KWT = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

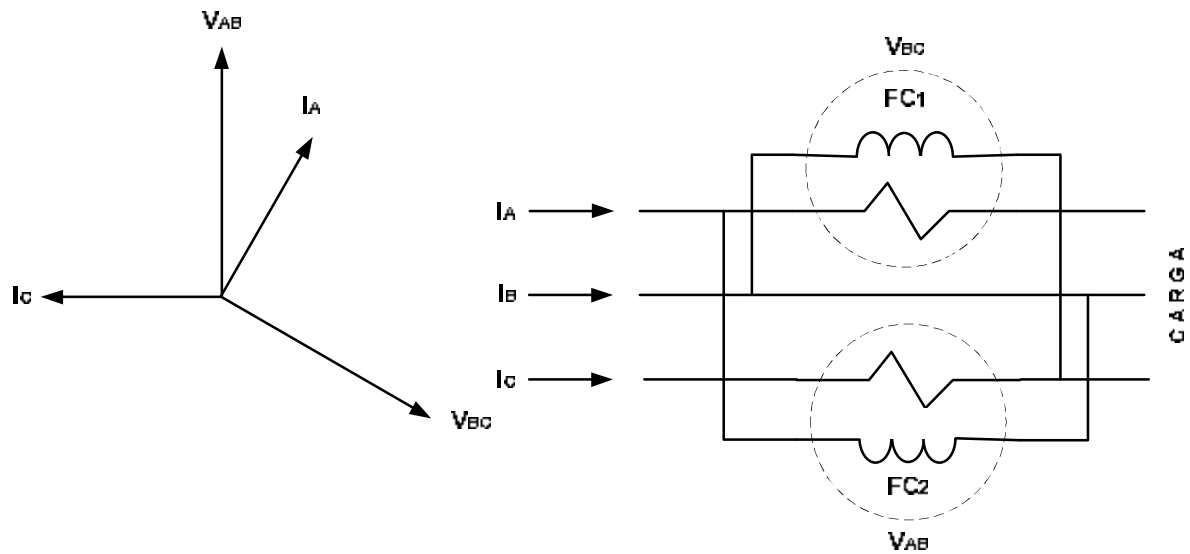
Dividiendo  $\frac{Z_T}{WT}$  tenemos:

$$\tan \phi = \frac{2 Z_T + WT}{\sqrt{3} WT}$$

$$\text{Factor de potencia} = \cos(\tan^{-1} f)$$

## Conexión FASES CRUZADAS

Diagrama fasorial y conexión



Registro de FC1 y FC2 y considerando voltajes, corrientes y factor de potencia balanceados:

$$FC1 = V_{BC} I_A \cos(90^\circ - \phi) = V I \sin \phi$$

$$FC2 = V_{AB} I_C \cos(90^\circ - \phi) = V I \sin \phi$$

Sumando FC1 + FC2:

$$FCT = FC1 + FC2 = 2 V I \sin \phi$$

El registro total de potencia de un sistema trifásico balanceado es:

$$KW_T = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

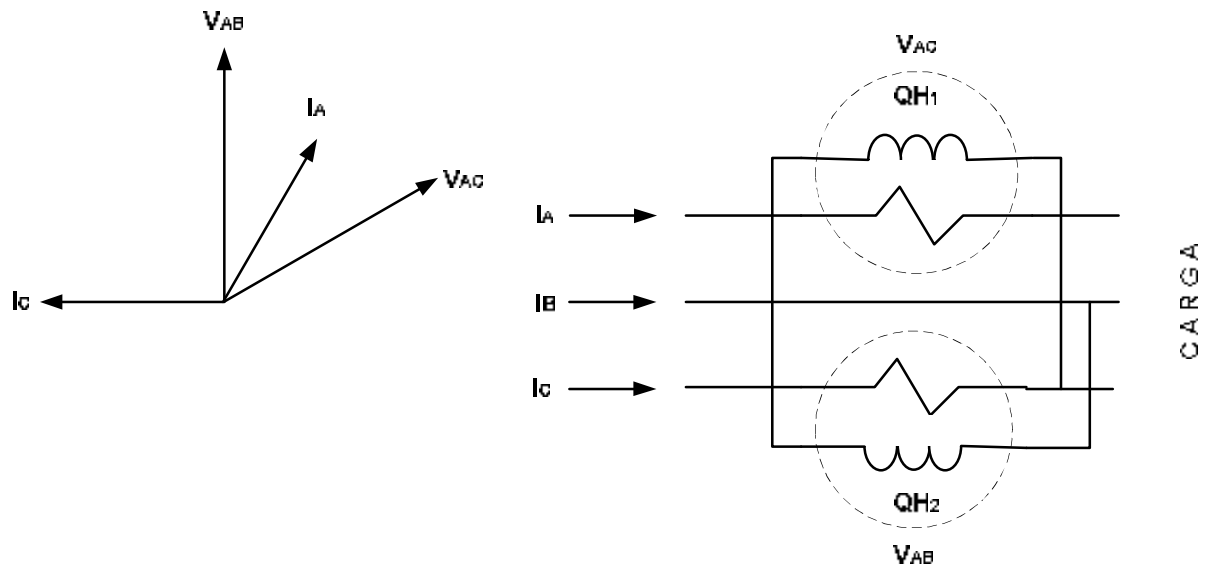
Dividiendo  $\frac{FCT}{KW_T}$  tenemos:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{\sqrt{3} FCT}{2 KW_T}$$

$$\text{Factor de potencia} = \cos(\operatorname{tg}^{-1} f)$$

## Conexión QH

Diagrama fasorial y conexión



Registro de  $QH_1$  y  $QH_2$  y considerando voltajes, corrientes y factor de potencia balanceados:

$$QH_1 = V_{AC} I_A \cos(30 - \psi) = V I \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \psi + \frac{1}{2} \sin \psi \right)$$

$$QH_2 = V_{AB} I_C \cos(90 - \psi) = V I \sin \psi$$

Sumando  $QH_1 + QH_2$ :

$$Q_{HT} = QH_1 + QH_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} V I \cos \psi + \frac{3}{2} V I \sin \psi$$

$$2 Q_{HT} = V I (3 \sin \psi + \sqrt{3} \cos \psi)$$

El registro total de potencia de un sistema trifásico balanceado es:

$$KWT = \sqrt{3} V I \cos \psi$$

Dividiendo  $\frac{2 Q_{HT}}{KWT}$  tenemos:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{2 Q_{HT} - KWT}{\sqrt{3} KWT}$$

$$\text{Factor de potencia} = \cos(\operatorname{tg}^{-1} f)$$