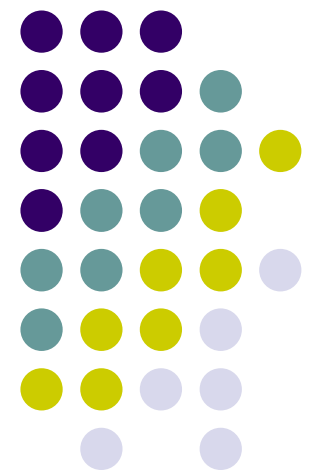


# Optimización del Factor de Potencia.

---



# FACTOR DE POTENCIA.



## INTRODUCCION

- El operar con bajo factor de potencia una instalación eléctrica, además del impacto que puede tener en la factura eléctrica, tiene otras implicaciones de igual o mayor importancia, particularmente en relación con la capacidad de los equipos de transformación y distribución de la energía eléctrica y con el uso eficiente de las máquinas y aparatos que funcionan con electricidad.

# FACTOR DE POTENCIA.



- La explicación del factor de potencia, los efectos que se presentan cuando su valor es reducido, y los métodos para corregirlo, no son temas nuevos. Desde hace muchos años han sido tratados en innumerables artículos, libros y revistas especializadas. Sin embargo el factor de potencia es un problema permanente y de obligada importancia para todos aquellos relacionados con el diseño, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas, así como vendedores de equipos eléctricos que provoquen variaciones en éste, por lo que una revisión de los conceptos es necesaria.

# FACTOR DE POTENCIA. DEFINICIÓN.

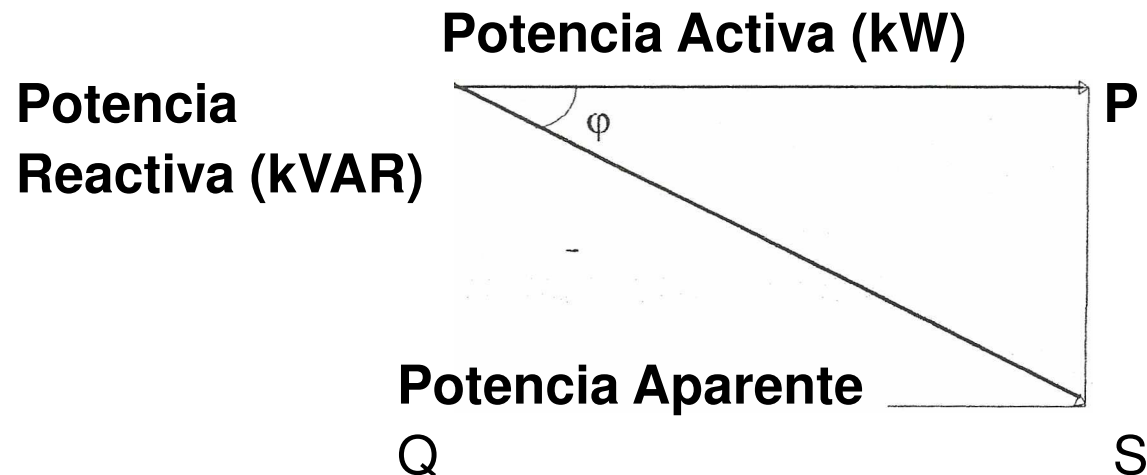


- La gran mayoría de los equipos eléctricos; motores, transformadores, hornos de inducción, lámparas fluorescentes, soldadoras, etc., consumen tanto potencia activa o de trabajo (kW), que es la potencia que el equipo convierte en trabajo útil y potencia reactiva o no productiva (kilovoltamperes reactivos), que proporciona el flujo magnético necesario para el funcionamiento del equipo, pero que no se transforma en trabajo útil.
- Por lo tanto, la potencia total aparente que consume el equipo, está formada por estas dos componentes.

# FACTOR DE POTENCIA. DEFINICIÓN.



- Las diferentes formas de potencia eléctrica se ilustran gráficamente en la figura



# FACTOR DE POTENCIA. DEFINICIÓN.



- Por lo tanto, el factor de potencia ( $\cos \phi$ ) se define como el coseno del ángulo existente entre la potencia activa  $P$  y la aparente total  $S$ . Se obtiene dividiendo la potencia activa entre la potencia aparente.

$$F. P. = \cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{kWh}{kVAh}$$

# FACTOR DE POTENCIA. DEFINICIÓN.



- El factor de potencia puede también ser expresado como una función de las potencias activa y reactiva: de la figura tenemos que:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

sustituyendo tenemos que el factor de potencia será:

$$\text{F. P.} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

- Esta fórmula muestra que el factor de potencia puede ser considerado como un valor característico de la potencia reactiva consumida.

# PROBLEMAS DEBIDOS A UN BAJO FACTOR DE POTENCIA.



- En la Corriente.
- En las Pérdidas en Cables.
- En las Pérdidas en Transformadores.
- En la Potencia de los Transformadores.



# Optimización del Factor de Potencia.



Efecto de un bajo Factor de Potencia en la corriente.

# EFFECTO DE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA EN LA CORRIENTE.



- Para una potencia constante, la cantidad de corriente de la red se incrementará en la medida que el factor de potencia disminuya. Por ejemplo, con un factor de potencia igual a 0.5, la cantidad de corriente para la carga será dos veces la corriente útil, en cambio para un factor de potencia igual a 0.9 la cantidad de corriente será 10% más alta que la corriente útil (ver figura).

# EFFECTO DE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA EN LA CORRIENTE.

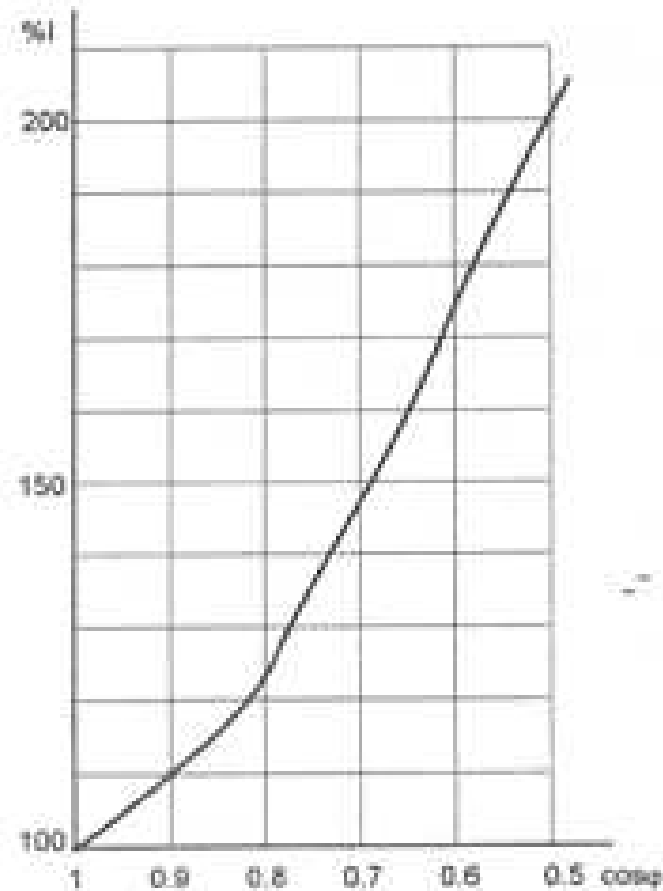
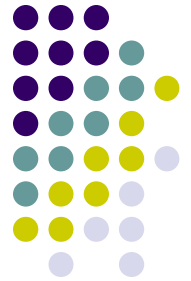


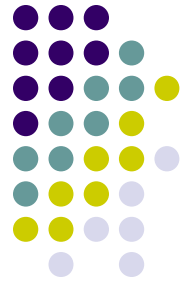
Figura 2. Efecto del factor de potencia sobre la corriente nominal

# EFECTO DE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA EN LA CORRIENTE.



- Esto significa que a bajos factores de potencia los transformadores y cables de distribución pueden sobrecargarse y que las pérdidas en ellos se incrementarán en proporción al cuadrado de la corriente, afectando a la red tanto en alto como en bajo voltaje.

# Optimización del Factor de Potencia.



Efecto de un bajo Factor de Potencia en las pérdidas en cables.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN CABLES.

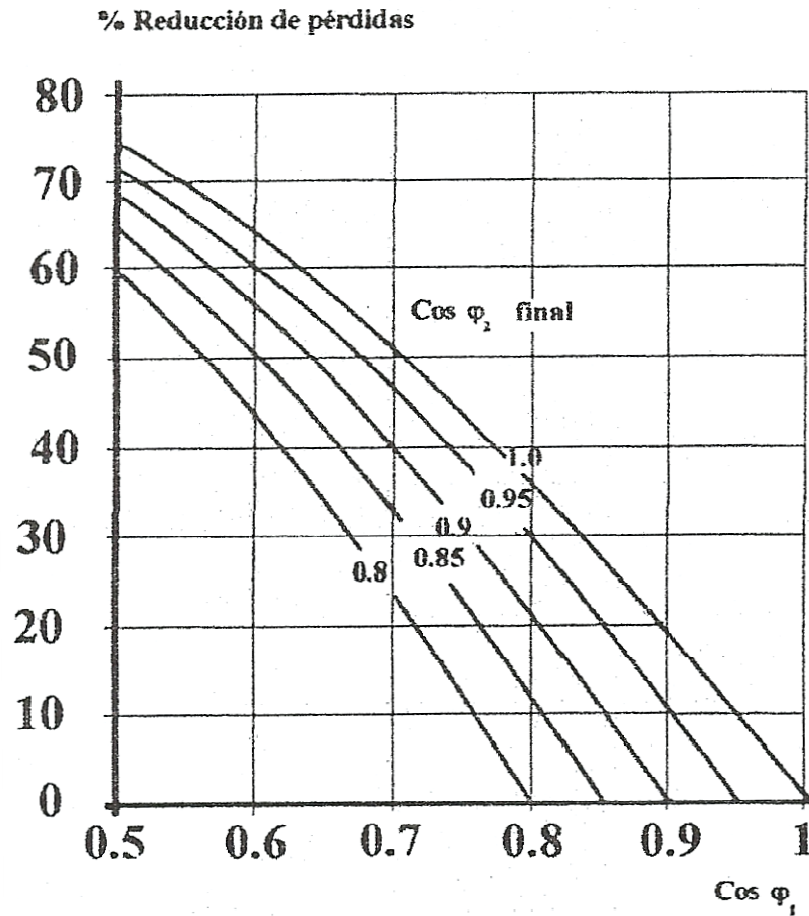


- Para una misma potencia activa transmitida, una mejora en el factor de potencia significa una reducción en la corriente principal. Para mejorar el factor de potencia de un valor inicial  $\cos \phi_1$  a un valor final  $\cos \phi_2$  las pérdidas  $I^2R$  en watts pueden ser reducidas por un factor:

$$K = [1 - (\cos \phi_1 / \cos \phi_2)^2] * 100$$

- En la figura siguiente se muestra la reducción de las pérdidas en los cables en función de la mejora del factor de potencia; así vemos que una mejora del factor de potencia de 0.6 a 0.8 reduce las pérdidas en un 44 %.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN CABLES.



# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN CABLES.



- **Ejemplo:**

Se tiene una instalación que alimenta a un grupo de bombas. El motor está clasificado en 37KW a 440 V, y tiene un  $fp = 0.72$  El cable alimentador es tipo aéreo de 35 mm con una longitud de 180 m. La instalación está en servicio 480 horas/mes.

- Determinar el ahorro anual cuando el factor de potencia (fp) es mejorado de 0.72 a 0.95



# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN CABLES.



- La tabla siguiente muestra los valores de resistencia en ohms por metro del cable (por fase).
- NOTA: Resistencia a 20°C en alambre de cobre electrolítico

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN CABLES.



RESISTENCIA EN ohm/m					
DIAMETRO mm	AREA SECC mm <sup>2</sup>	PESO kg/km	de acuerdo a VDE		de acuerdo a estándares
			cobre suave	cobre estirado en frío	
0.05	0.0020	0.017	8.949	9.276	8.795
0.1	0.0079	0.07	2.234	2.316	2.196
0.2	0.0314	0.28	0.558	0.579	0.549
0.3	0.0707	0.629	0.248	0.257	0.244
0.4	0.1257	1.12	0.14	0.145	0.137
0.5	0.1963	1.75	0.0893	0.0926	0.0878
0.6	0.2827	2.52	0.062	0.0643	0.0610
0.7	0.3848	3.43	0.0456	0.0472	0.0448
0.8	0.5027	4.47	0.0349	0.0362	0.0343
1.0	0.7854	6.99	0.0223	0.0227	0.0220
1.12	1.0000	8.90	0.0175	0.0179	0.0175
1.13	1.003	10.07	0.0155	0.0158	0.0152
1.38	1.496	13.35	0.0117	0.0119	0.0115
1.5	1.767	15.73	0.00963	0.0101	0.00976
1.78	2.488	22.3	0.00702	0.00714	0.00690
2.00	3.142	28.00	0.00558	0.00568	0.00549
2.26	4.00	35.6	0.00439	0.00447	0.00431
2.6	5.309	47.3	0.00330	0.00336	0.00325
2.76	6.00	53.4	0.00292	0.00298	0.00287
3.0	7.069	62.9	0.00248	0.00253	0.00244
3.2	8.042	71.6	0.00128	0.00222	0.00214
3.4	9.079	80.8	0.00193	0.00197	0.00190
3.57	10.00	89.00	0.00175	0.00179	0.00172
4.52	16.00	142.4	0.00110	0.001116	0.001075
5.63	25.00	222.5	0.000702	0.000715	0.000688
6.67	35.00	311.5	0.000502	0.000510	0.000491
7.97	50.00	445.00	0.000351	0.000357	0.000344
11.0	95.00	845.50	0.000185	0.000188	0.000181

Tabla A. Resistencia de alambres de cobre

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN CABLES.



## Pérdidas térmicas.

a)  $fp = 0.72$

$$P = 3 * R * I * I = 3 * 0.09 * 67.52 * 67.52 = 709.5 \text{ W}$$

Donde 67.52 es la corriente del motor con  $fp=0.72$

b)  $fp = 0.95$

$$P = 3 * R * I * I = 3 * 0.09 * 51 * 51 = 405 \text{ W}$$

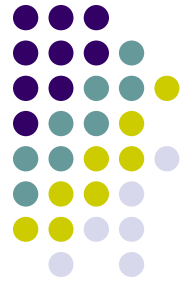
Donde 51 es la corriente del motor con  $fp=0.95$

## Diferencia en consumo anual de energía.

$$\frac{304.5 * 480 * 12}{1000} = 1754 \text{ KWh}$$

Nota: Este ahorro está solamente en las “pérdidas en cables”.

# Optimización del Factor de Potencia.



Efecto de un bajo Factor de Potencia  
en las Pérdidas en Transformadores.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES.



- Las pérdidas en un transformador son de dos clases diferentes; pérdidas en el entre hierro (núcleo) y pérdidas en el embobinado (cobre).
- Las pérdidas en el núcleo corresponden aproximadamente a la potencia disipada en el transformador bajo condiciones sin carga. Las pérdidas en el cobre varían con el cuadrado de la corriente y están directamente relacionadas con el factor de potencia.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES.

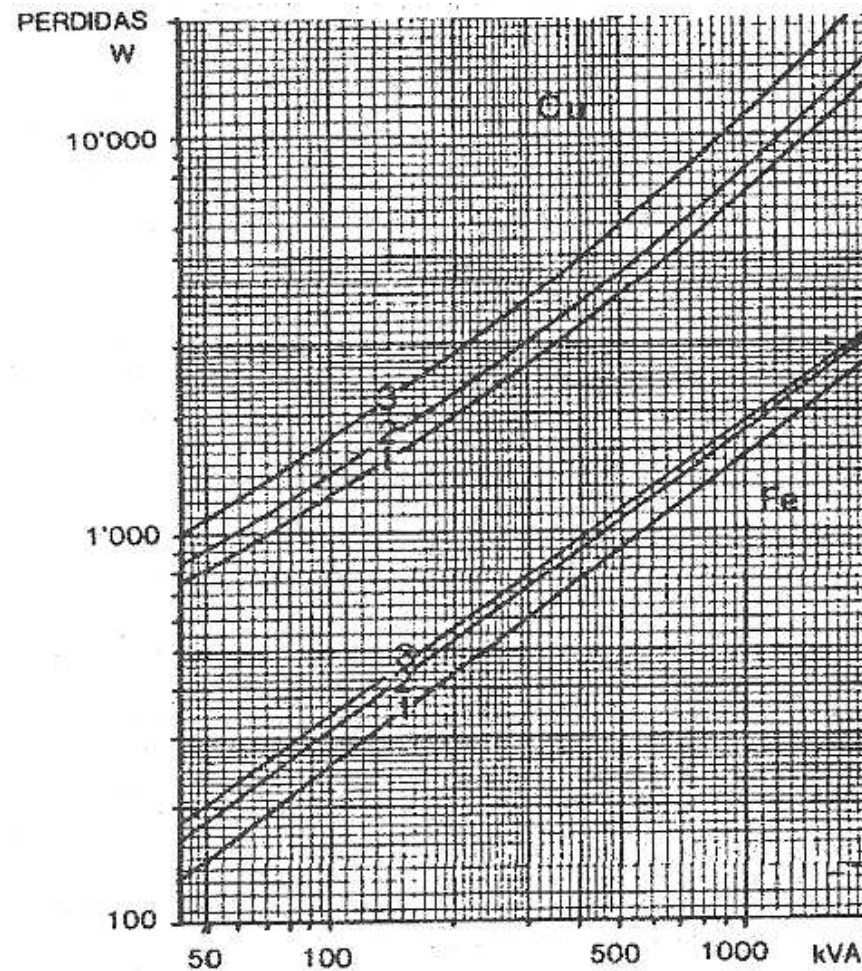


- Las pérdidas totales son iguales a las pérdidas en el núcleo más las pérdidas en el cobre a plena carga, corregidas por el índice de carga (la potencia a la carga dada dividida por la potencia a plena carga), al cuadrado:

$$P_{tot} = P_{Fe} + P_{Cu} * \left[ \frac{KW}{F.P. * kVA} \right]^2$$

- En la figura siguiente se dan valores promedio de las pérdidas en el hierro y en el cobre.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES.



- 3 = Transformador con pérdidas normales.
- 2 = Transformador con pérdidas bajas.
- 1 = Transformador con pérdidas extrabajas.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LAS PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES.



**Ejemplo:** Se tiene un transformador de 500 kVA dando 300 kW con un factor de potencia de 0.7, las pérdidas totales son:

$$P_{tot} = 1150 + 6000 * [300 / (0.7 + 500)] = 5588 \text{ W}$$

- Si el factor de potencia puede ser corregido hasta la unidad, las pérdidas se reducirían a 3310 W, con una ganancia de 2278 W .
- Si suponemos un tiempo de trabajo de 480 horas por mes, la reducción de pérdida anual será:  
$$2.278 * 480 * 12 = 13,121 \text{ kWh.}$$



# Optimización del Factor de Potencia.



Efecto de un bajo Factor de Potencia  
en la regulación de la Tensión.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LA REGULACIÓN DE TENSIÓN.



- En la figura siguiente se muestra la relación que existe entre un bajo factor de potencia y la caída de voltaje.

Por ésto, es importante mantener en la salida del transformador un factor de potencia tan cercano a la unidad como sea posible.

Nota: Los valores están tomados bajo condiciones nominales del transformador.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LA REGULACIÓN DE TENSIÓN.

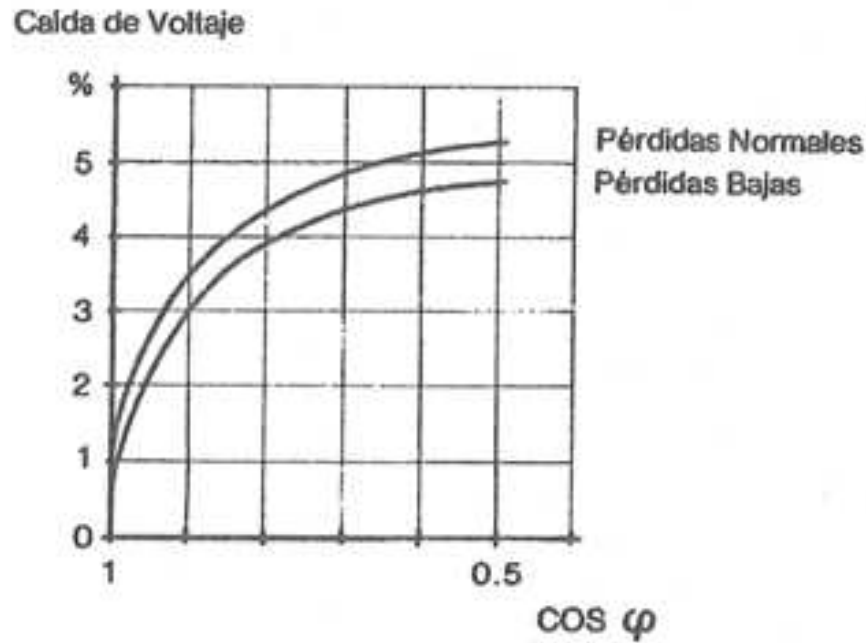


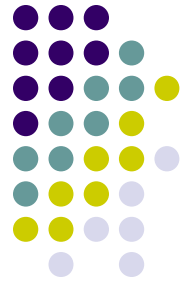
Figura 5. Caída de voltaje en los transformadores.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LA REGULACIÓN DE TENSIÓN.



Un aumento en la caída de tensión resulta en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.); estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida.

# Optimización del Factor de Potencia.



Efecto de un bajo Factor de Potencia  
en la Potencia del Transformador.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.



- La potencia que puede ser liberada de un transformador corresponde a la potencia aparente, la cual está en función, de un voltaje dado a la corriente máxima. Como la corriente esta afectada directamente por el factor de potencia, entonces, para liberar la máxima potencia aparente de un transformador es necesario trabajar con un Factor de Potencia cercano a la unidad.
- En la figura siguiente se muestra el efecto que tiene el corregir el factor de potencia en la recuperación de potencia aparente.

# EL FACTOR DE POTENCIA Y LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.

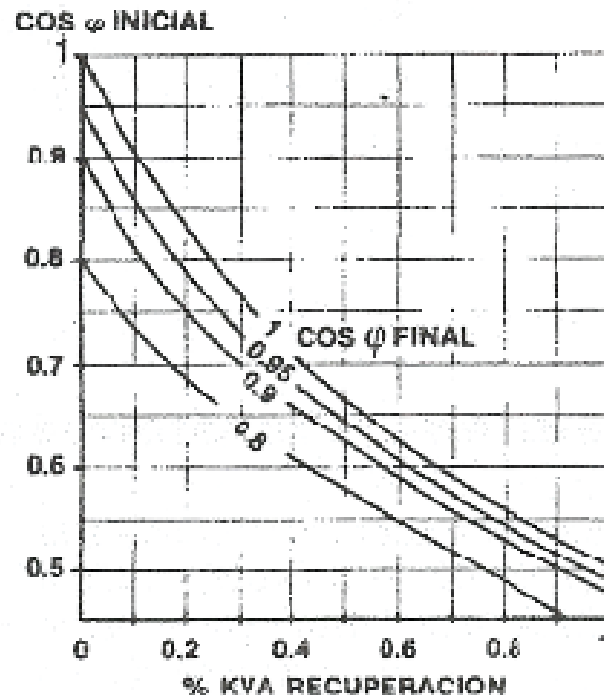
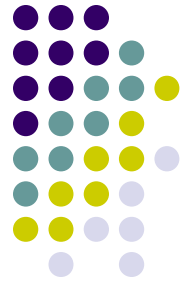


Figura 7. Recuperación de potencia en un transformador.

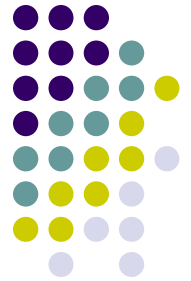
# Optimización del Factor de Potencia.



CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

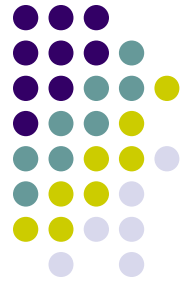


# Optimización del Factor de Potencia.



CONCEPTOS AVANZADOS DE CORRECCIÓN DEL  
FACTOR DE POTENCIA

# Optimización del Factor de Potencia.



COLOCACIÓN ECONÓMICA DE LOS CAPACITORES

# Optimización del Factor de Potencia.



## EJERCICIO PROPUESTO 1

# Optimización del factor de potencia.

Presentación elaborada con materiales publicados por el FIDE en *Energía Racional*.

**FIN DEL TEMA.**  
**Roberto Ruelas Gómez.**  
[ruelsa@ruelsa.com](mailto:ruelsa@ruelsa.com)

070924

