

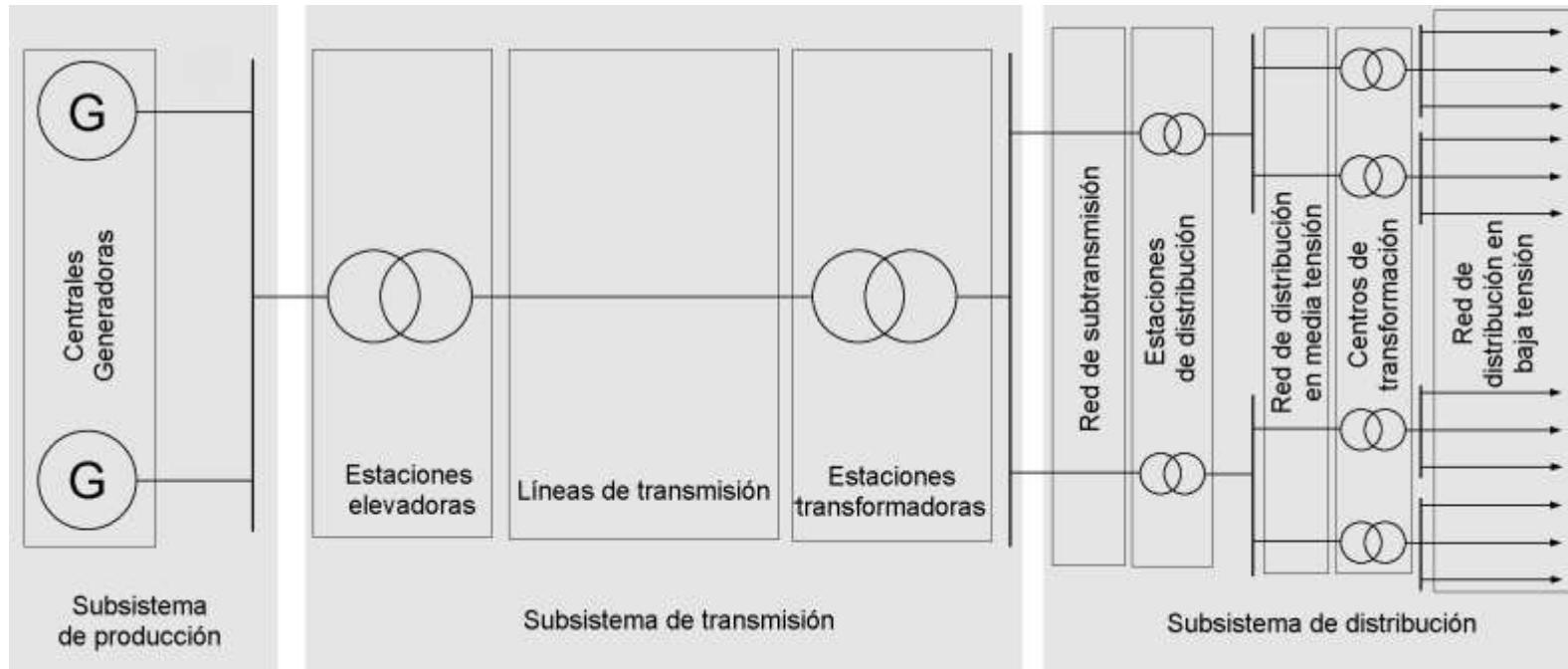
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

**CLASE DE COMPENSACION
FACTOR DE POTENCIA**

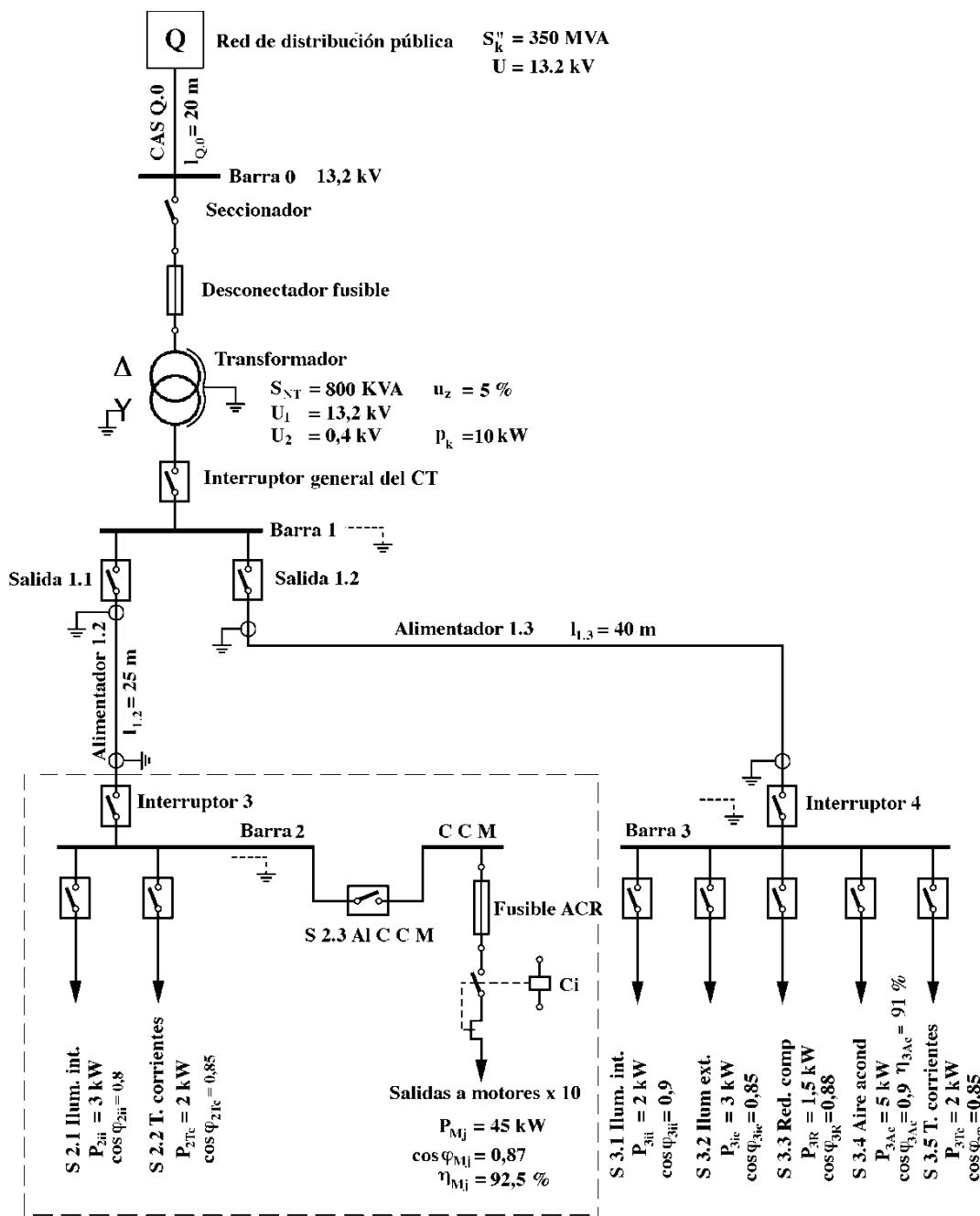
Asignatura : Máquinas e Instalaciones Eléctricas

Ingeniero Mario Marcelo Flores

ESQUEMA DEL SISTEMA ELECTRICO

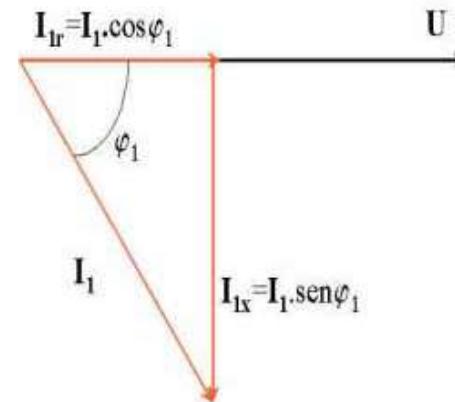
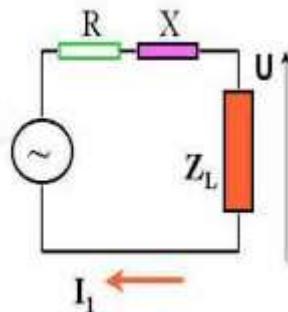


ESQUEMA UNIFILAR DE INSTALACION INDUSTRIAL EN MEDIA Y BAJA TENSION



CORRIENTE ABSORBIDA

En un circuito RL, inicialmente tenemos un $\cos\varphi_1$ y la corriente I_1 se compondrá fasorialmente de una corriente activa en fase con la tensión I_{1r} , y otra reactiva I_{1x} en cuadratura



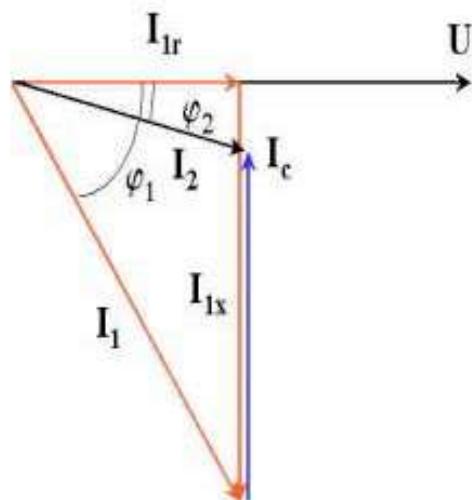
Tal como sabemos, **cuanta mas energía reactiva** consume una instalación, **peor es el factor de potencia**, por lo que **para una misma potencia activa** consumida, **mayores serán la potencia aparente** y por lo tanto la **corriente absorbida**.

El tener que transportar en todos los circuitos eléctricos una mayor corriente lleva consigo una mayor carga de los cables y transformadores de distribución y un **aumento de las pérdidas** (función del cuadrado de la corriente) en todos ellos, no solo en las instalaciones del abonado sino también en la red de distribución, en la transmisión y en las centrales generadoras.

REDUCCIÓN DE LA CORRIENTE ABSOBIDA

Vamos a ver como influencia la reducción del ángulo φ y consecuente aumento del $\cos \varphi$, en la reducción de la corriente final (I_2).

Siempre que se mantenga constante la componente resistiva de ambas corrientes (I_1 & I_2)



$$I_{1r} = I_1 \cos \phi_1 = I_2 \cos \phi_2 = I_{2r}$$

$$I_2 = \frac{I_1 \cos \phi_1}{\cos \phi_2} = \frac{K}{\cos \phi_2}$$

$$I_n = \frac{I_1 \cos \phi_1}{\cos \phi_n} = \frac{K}{\cos \phi_n}$$

En estas condiciones, se ve claramente que la corriente I_2 resulta inversamente proporcional al $\cos \varphi_2$

REDUCCIÓN DE LA CORRIENTE ABSOBIDA

Veamos otra forma del impacto de la variación del $\cos \varphi$

Si comparamos distintas corrientes I_i y $\cos \varphi_i$ con la corriente I_0 y $\cos \varphi_0 = 1$

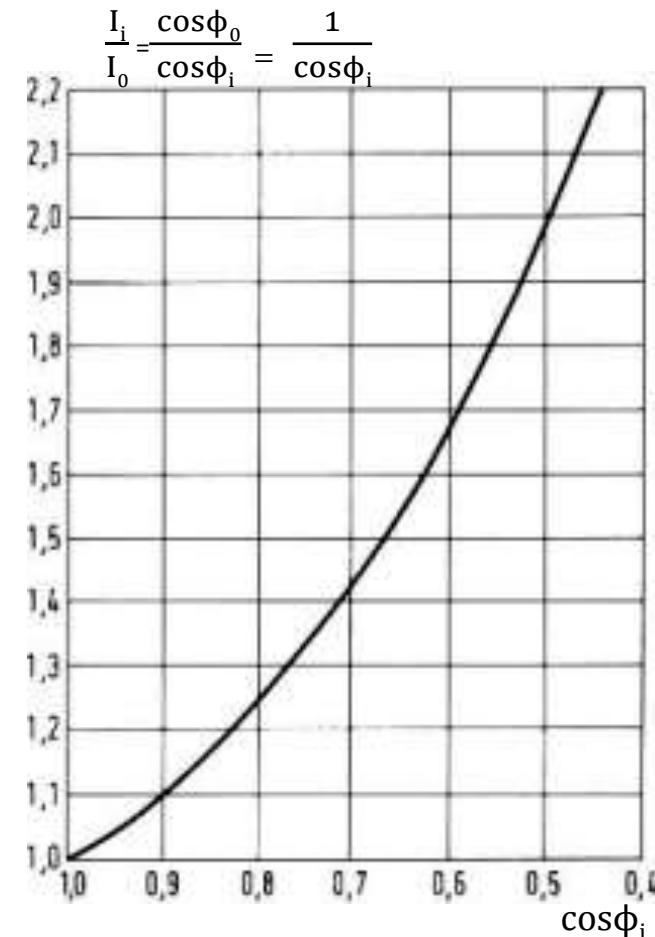
Para distintas corrientes que consumen la misma potencia activa y tomando como referencia la corriente I_0 para $\cos \varphi_0 = 1$

Se cumple:

$$I_i \cos \varphi_i = I_0 \cos \varphi_0$$

$$\frac{I_i}{I_0} = \frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi_i} = \frac{1}{\cos \varphi_i}$$

En la Fig.1 se aprecia la variación de la relación de corriente (I_i/I_0) en función del $\cos \varphi_i$ a potencia activa constante y surge inmediatamente que la corriente I_i baja significativamente al aumentar el factor de potencia y viceversa.



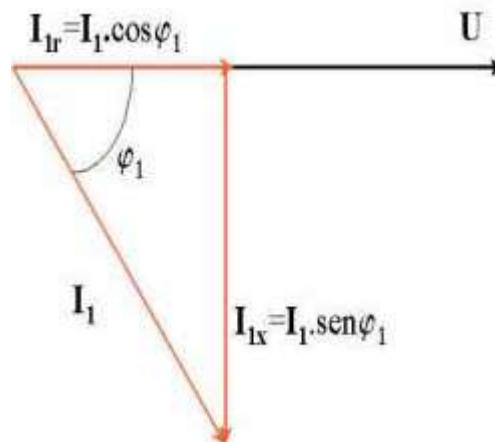
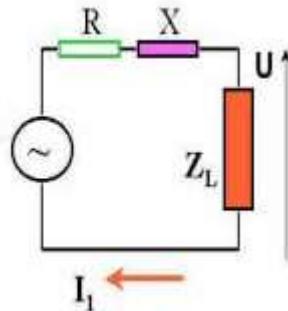
Efectos de un bajo factor de potencia y de su compensación

Se ha visto que para una misma potencia activa transportada, la corriente varía en función inversa al $\cos\varphi$. Un cable o una línea puede representarse paramétricamente como una impedancia en serie formada por una resistencia R y una reactancia inductiva X. Esta impedancia al ser atravesada por una corriente I_1 , generará pérdidas de potencia activa: $P_{p1} = I_1^2 \cdot R$

La reactancia inductiva no interviene en la disipación de pérdidas activas.

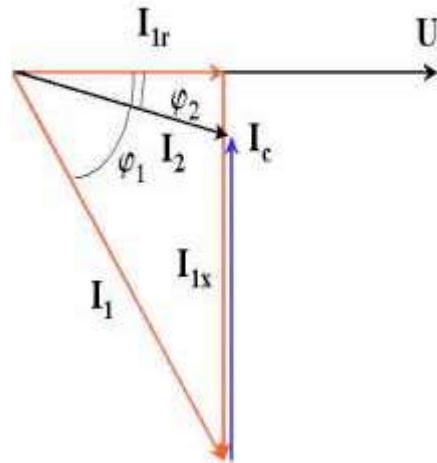
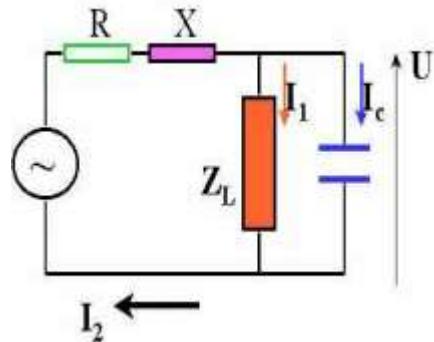
De esta última ecuación se desprende que dada una sección de cable determinada, las pérdidas son función del cuadrado de la corriente

Si inicialmente tenemos un $\cos\varphi_1$ la corriente I_1 se compondrá fasorialmente de una corriente activa en fase con la tensión I_{1r} , y otra reactiva I_{1x} en cuadratura

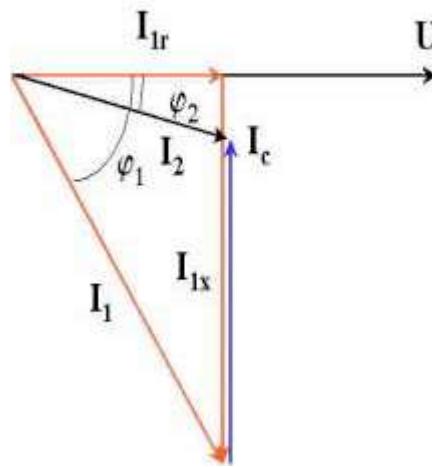
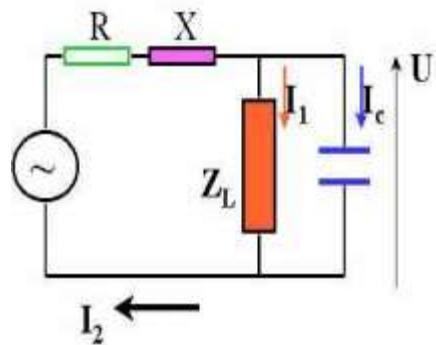
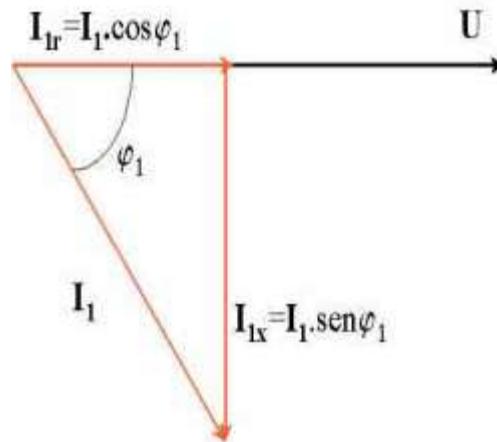
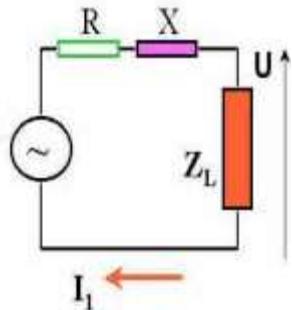


Efectos de un bajo factor de potencia y de su compensación

La incorporación de un capacitor (o banco de capacitores) introducirá una corriente I_c al circuito, que dará como resultado una reducción del angulo de fase desde φ_1 a φ_2 , dicho en otros términos, un mejoramiento del factor de potencia desde el valor $\cos\varphi_1$ al valor $\cos\varphi_2$.



Efectos de un bajo factor de potencia y de su compensación



Reducción de las pérdidas en función del cos φ

El pasar de un $\cos\varphi_1$ inicial, a un $\cos\varphi_2$ final, significa **hacer variar las pérdidas por efecto Joule**, según la fórmula que se desarrolla a continuación con el diagrama fasorial y las curvas correspondientes.

Pérdidas con el $\cos\varphi_1$ inicial:

$$I_1 = I_{1r} / \cos\varphi_1 \Rightarrow P_{p1} = I_1^2 R$$

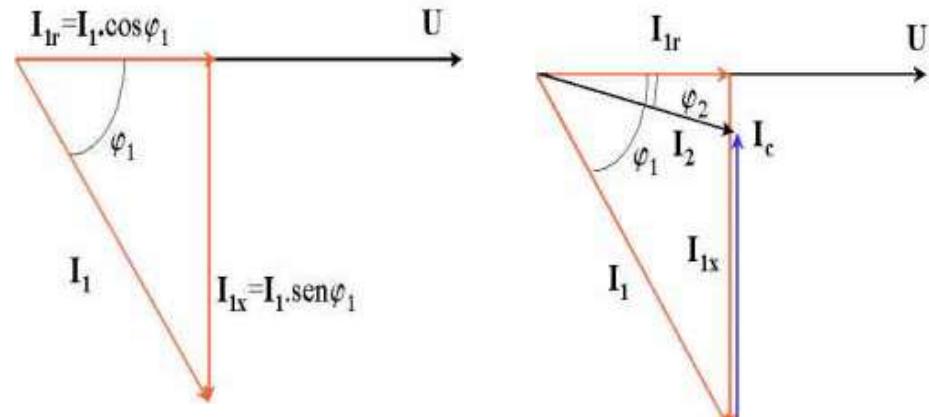
Pérdidas con el $\cos\varphi_2$ final:

$$I_2 = I_{1r} / \cos\varphi_2 \Rightarrow P_{p2} = I_2^2 R$$

Diferencia porcentual de pérdidas:

$$\Delta P_p [\%] = [(P_{p1} - P_{p2}) / P_{p1}] \cdot 100$$

$$\Delta P_p [\%] = (1 - P_{p2}/P_{p1}) \cdot 100$$



Operando, resulta:

$$\Delta P_p [W] = R I_{1r}^2 (1 / \cos\varphi_1^2 - 1 / \cos\varphi_2^2)$$

$$\Delta P_p [\text{p.u.}] = [R I_{1r}^2 (1 / \cos\varphi_1^2 - 1 / \cos\varphi_2^2)] / (R I_{1r}^2 / \cos\varphi_1^2)$$

$$\Delta P_p [\text{p.u.}] = [(1 / \cos\varphi_1^2 - 1 / \cos\varphi_2^2)] \cos\varphi_1^2$$

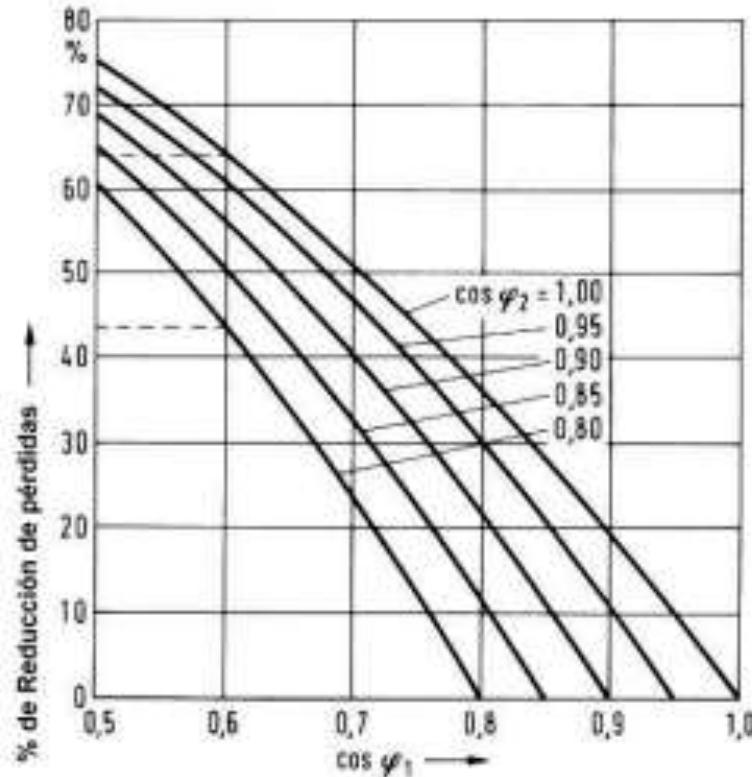
$$\Delta P_p [\%] = [1 - (\cos\varphi_1 / \cos\varphi_2)^2] \cdot 100$$

Reducción de las pérdidas en función del cos φ

$$\Delta P_p [\%] = [1 - (\cos \varphi_1 / \cos \varphi_2)^2] \cdot 100$$

Representando de esta última ecuación el ΔP_p expresado en %, en función del $\cos \varphi_1$ inicial, eligiendo como parámetro el $\cos \varphi_2$ final, resulta el gráfico de la Fig.3.

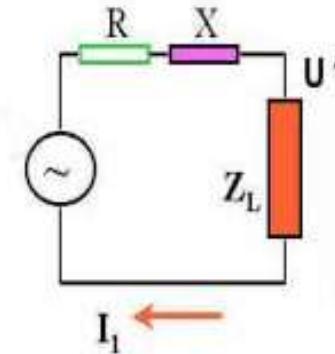
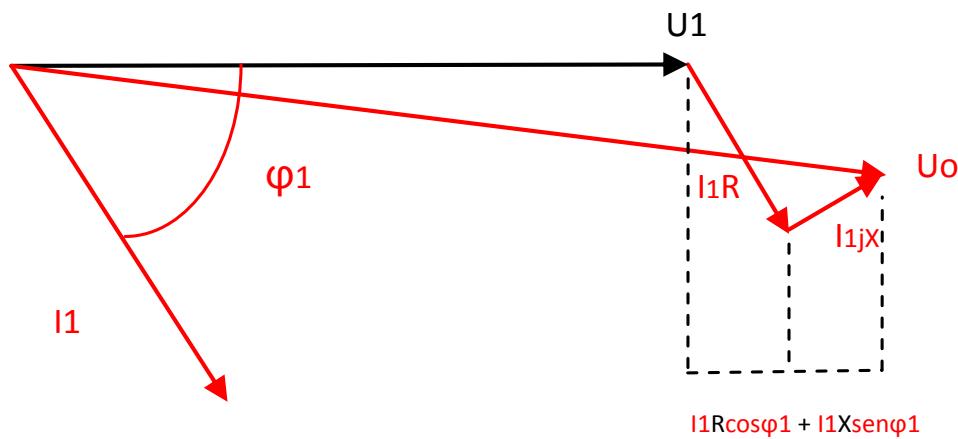
Fig.3 ⇒



Por ejemplo al pasar de un $\cos \varphi_1 = 0.6$ a un $\cos \varphi_2 = 0.85$, se reducen las pérdidas en un 50%.

Caída de tensión en un conductor

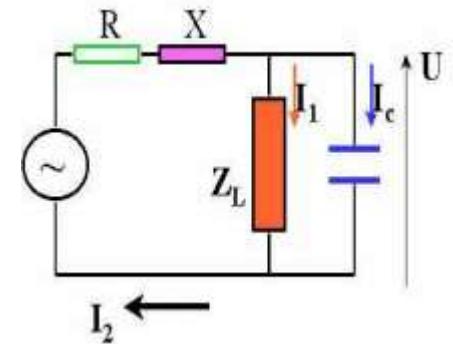
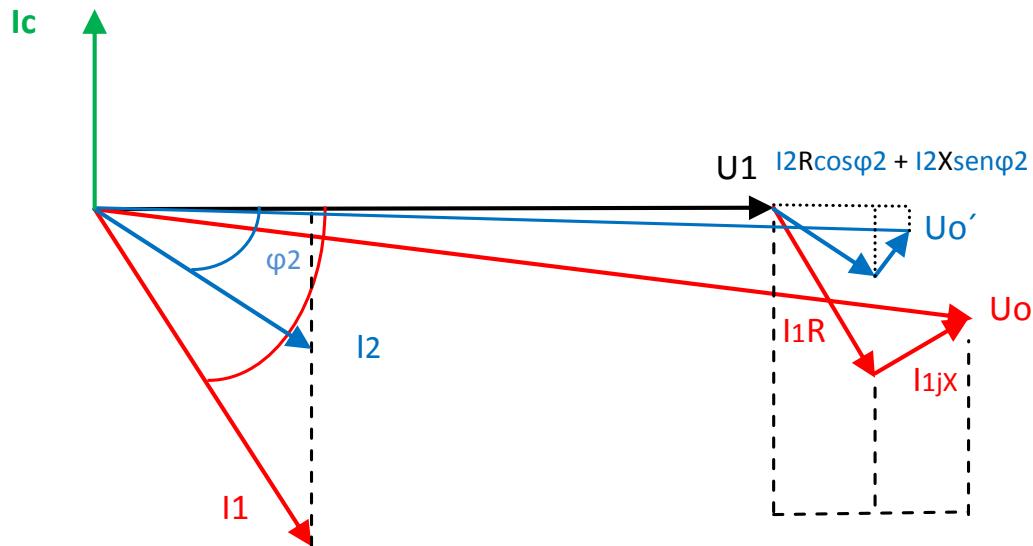
Carga sin Compensar



$$U_o - U_1 \approx \Delta U = I_1R\cos\varphi_1 + I_1X\sin\varphi_1$$

Caída de tensión en un conductor

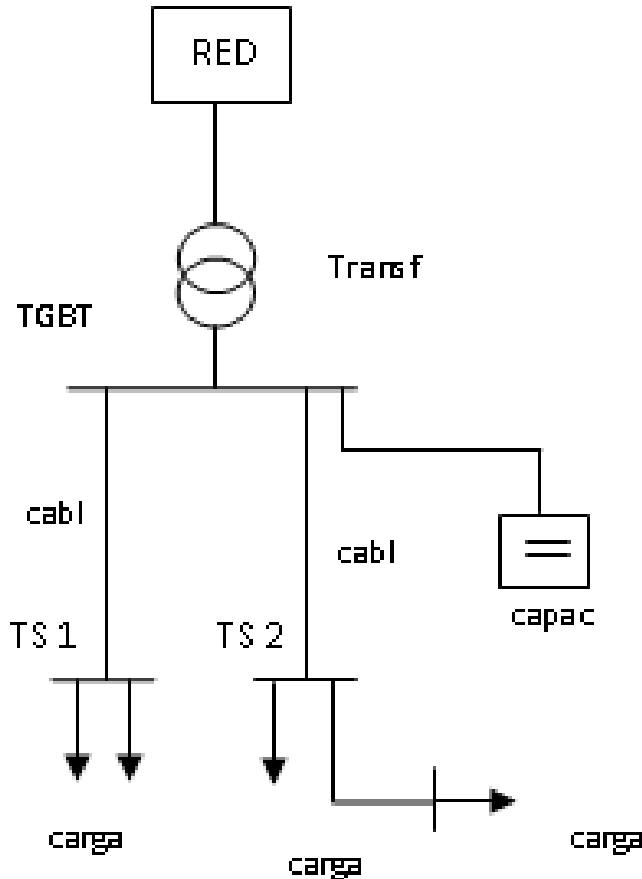
Carga Compensada



$$U_o' - U_1 \approx \Delta U' = I_2 R \cos \varphi_2 + I_2 X \sin \varphi_2$$

UNIFILAR DE INSTALACIÓN DE POTENCIA

Diagrama Unifilar de Compensación General



Ventajas:

Compensa toda la instalación aguas arriba del TGBT

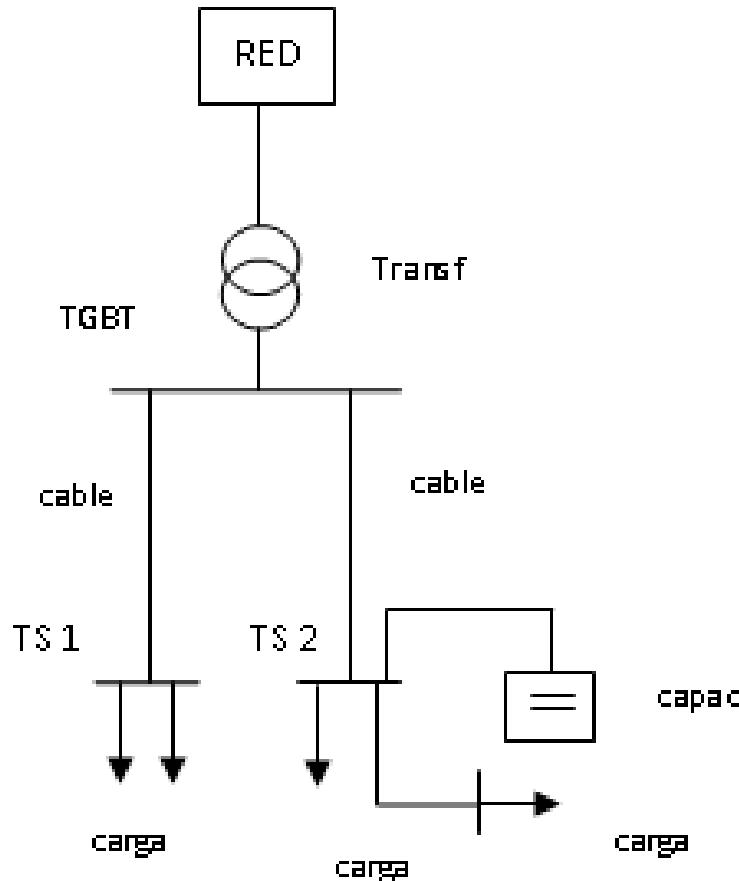
Desventajas:

NO Compensa la instalación aguas abajo del TGBT

NO mejora la ΔU de cables alimentadores a TS

UNIFILAR DE INSTALACIÓN DE POTENCIA

Diagrama Unifilar de Compensación Seccional



Ventajas:

Compensa parcialmente la instalación aguas arriba del TGBT

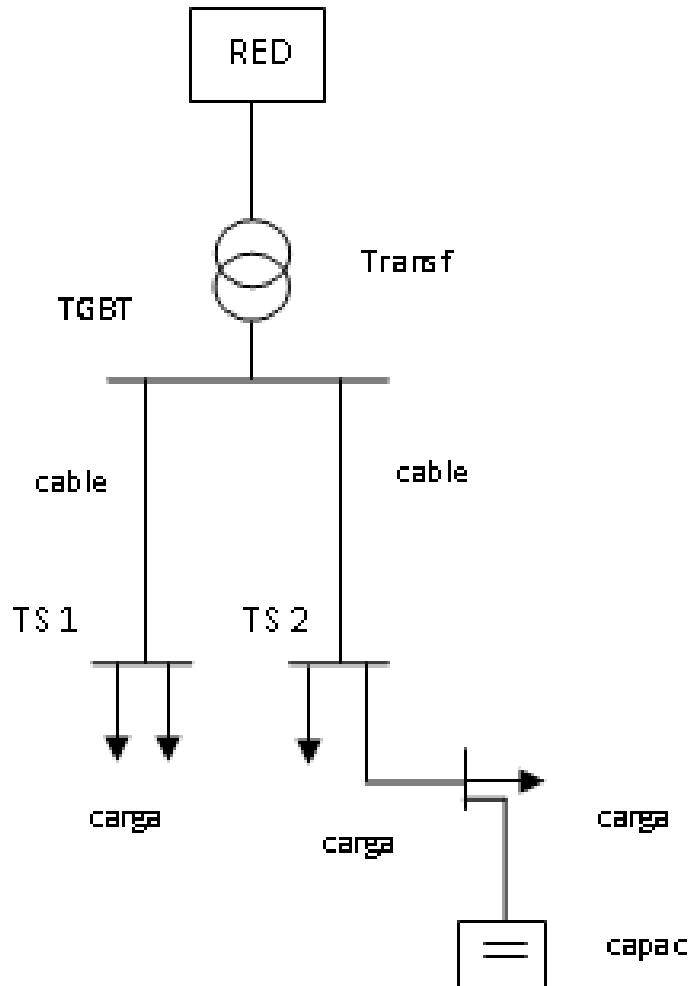
Mejora la ΔU de cable alimentador a TS 2

Desventajas:

NO Compensa totalmente la instalación aguas abajo del TGBT

UNIFILAR DE INSTALACIÓN DE POTENCIA

Diagrama Unifilar de Compensación Individual



Ventajas:

Compensa la carga generadora de alto reactivo inductivo

Compensa parcialmente la instalación aguas arriba del TGBT

Mejora la ΔU de cable alimentador a TS 2

Desventajas:

NO Compensa totalmente la instalación aguas abajo del TGBT

Bibliografía

LEYDEN - Boletín Técnico BT006

UNLP - Dispositivos e Instalaciones Eléctricas II