

TEMA 8

CIRCUITOS SERIE R - L - C

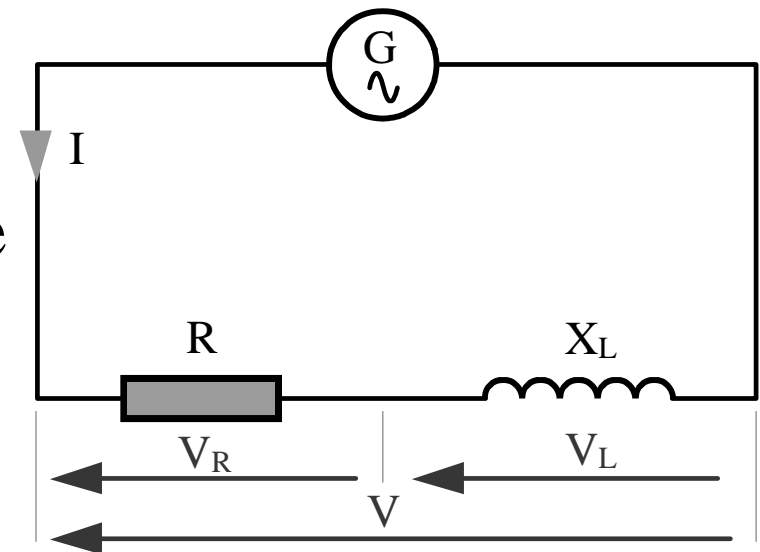
EN CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA

8.1.- ACOPLAMIENTO EN SERIE DE BOBINAS Y RESISTENCIAS.

Son bobinas con resistencia debido al conductor.

Se considera bobina y resistencia en serie.

- Una I común para R y X_L
- La combinación de valores de R y X_L limitan la I .
- Aparece la Impedancia Z



- La Ley de Ohm será:

$$I = \frac{V}{Z}$$

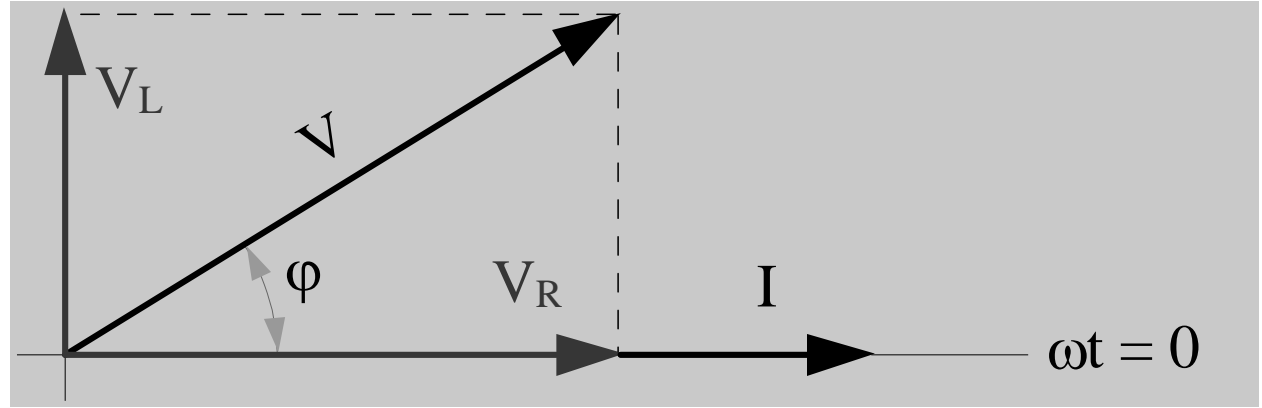
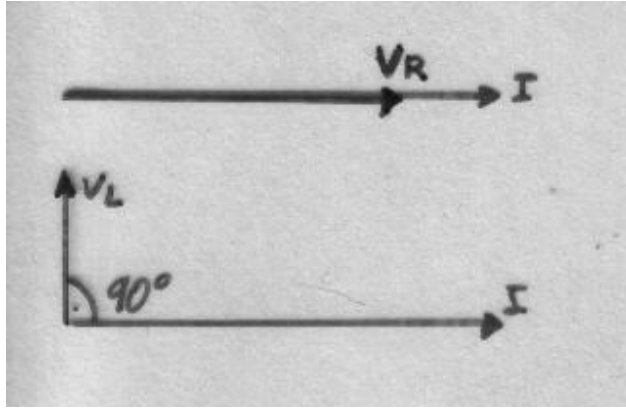
$$\left. \begin{aligned} V_R &= R \cdot I \\ V_L &= X_L \cdot I \end{aligned} \right\}$$

La tensión total aplicada al circuito será:

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L \Rightarrow \text{Suma vectorial}$$

- Recordar que una bobina retrasa la Intensidad 90° con respecto de la tensión.

- En la representación vectorial tomamos la **I** como referencia.



$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L$$

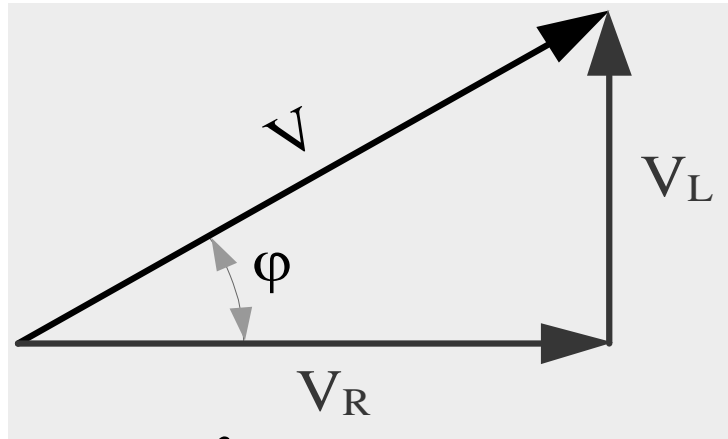
- **V** adelanta un ángulo ϕ respecto de la Intensidad.
- **I** atrasa un ángulo ϕ respecto de la tensión.
- El ángulo $\phi \neq 90^\circ \Rightarrow$ Dependerá de **R** y **X_L**

$$\text{Si } \mathbf{R} \gg \mathbf{X}_L \Rightarrow \phi \uparrow$$

$$\text{Si } \mathbf{X}_L \gg \mathbf{R} \Rightarrow \phi \downarrow$$

TRIÁNGULO DE TENSIONES.

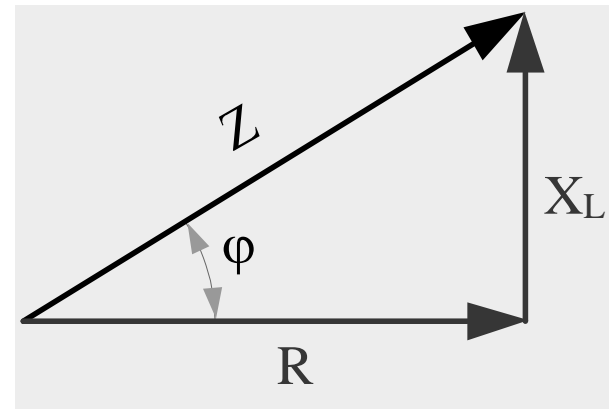
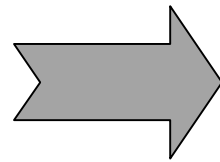
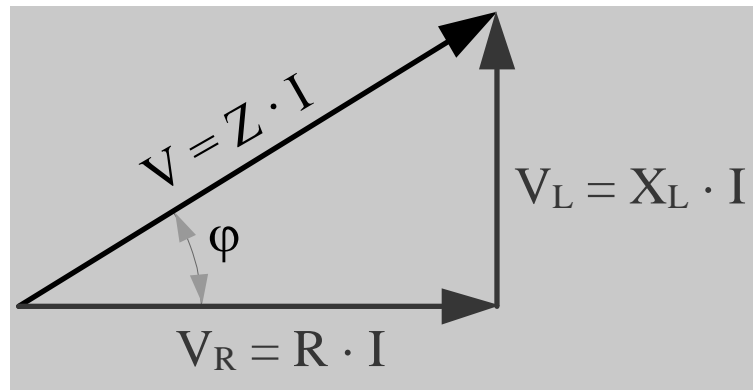
- Los vectores de tensiones forman un triángulo rectángulo.



$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

TRIÁNGULO DE IMPEDANCIAS.

- En el triángulo de tensiones la I es igual para todo el circuito.

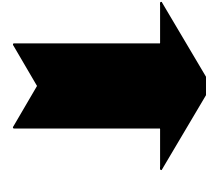


Triángulo de impedancias



$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R}$$



$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_L}{R}$$

POTENCIA DE UN CIRCUITO R-L.

- Consumo de Energía en forma de calor por la Resistencia.
- La bobina se carga y descarga por el campo magnético.
 - Necesita Energía.
- Coexisten diferentes tipos de potencia.
 - Potencia Activa.
 - Potencia Reactiva.

POTENCIA ACTIVA.

- La Resistencia la transforma en calor.
- Potencia real => la que consume del generador.

$$P = R \cdot I^2 = \text{vatio(W)}$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

POTENCIA REACTIVA

- Para cargar y descargar la bobina.
 - Campo magnético variable.
- Potencia que no se consume.
 - Se intercambia con el generador.
 - Hay una corriente extra por los conductores.

$$Q_L = X_L \cdot I^2 = \text{voltiamperio reactivo (Var)}$$

$$Q_L = V \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$$

POTENCIA APARENTE.

- Potencia total que transportan los conductores.
- Suma vectorial:

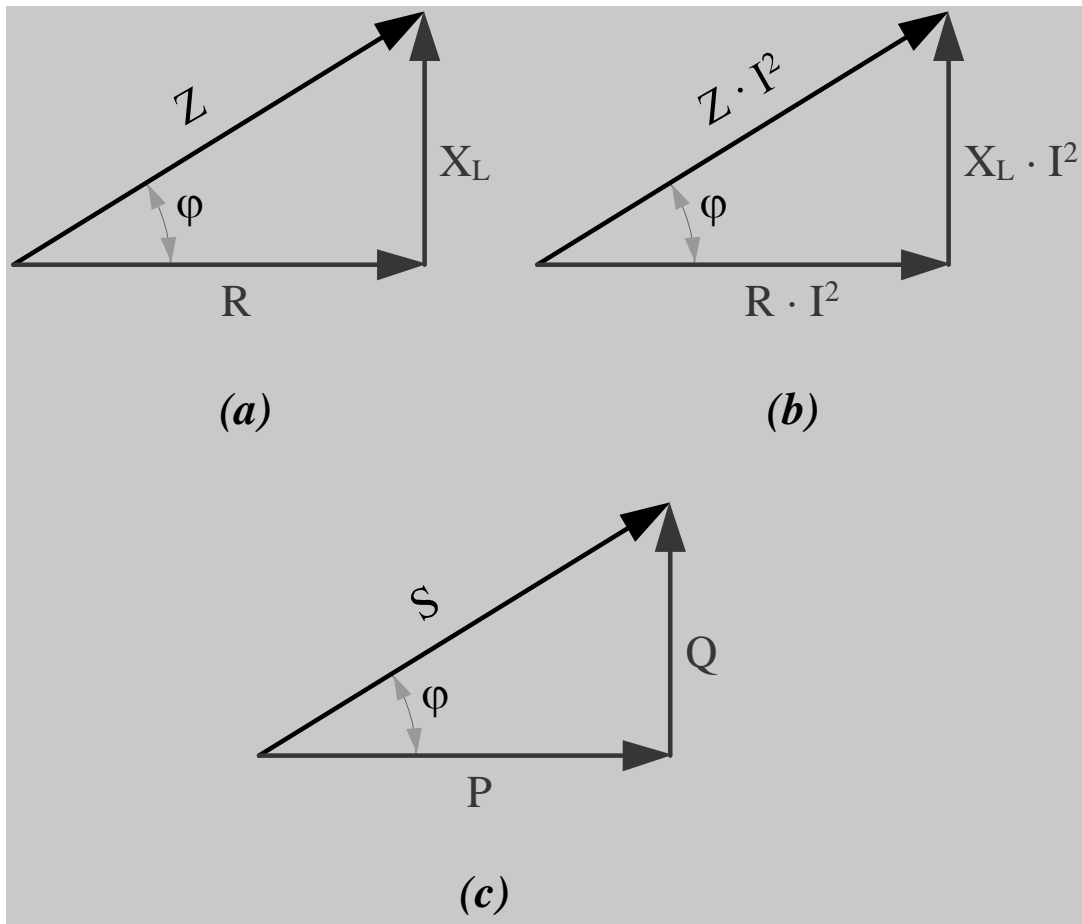
$$\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}_L$$

$$S = V \cdot I$$

Volti-amperio (VA)

TRIÁNGULO DE POTENCIAS.

- Es el triángulo de impedancias multiplicado por I^2



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

FACTOR DE POTENCIA.

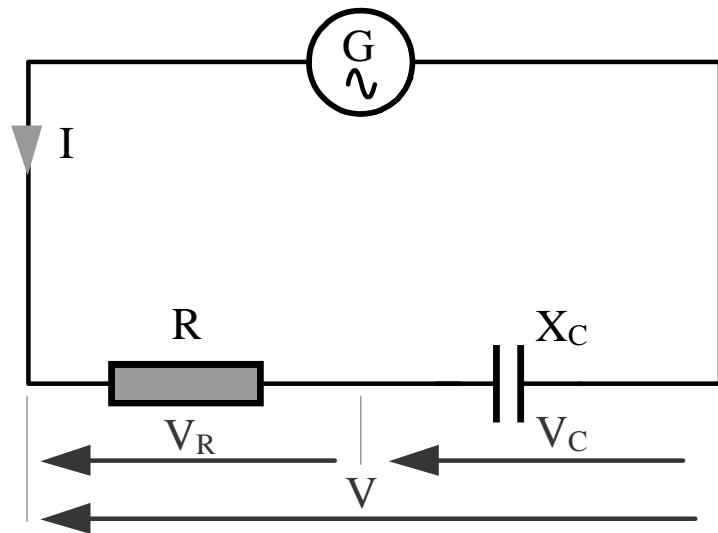
- Relación entre potencia activa (**P**) y potencia aparente (**S**).
- Indica la cantidad de potencia activa que existe en un circuito respecto a la potencia total aparente.

$$\text{F.P.} = \frac{P}{S} = \cos \varphi$$

8.2.- ACOPLAMIENTO EN SERIE DE RESISTENCIAS Y CONDENSADORES.

- Corriente limitada por una Z .

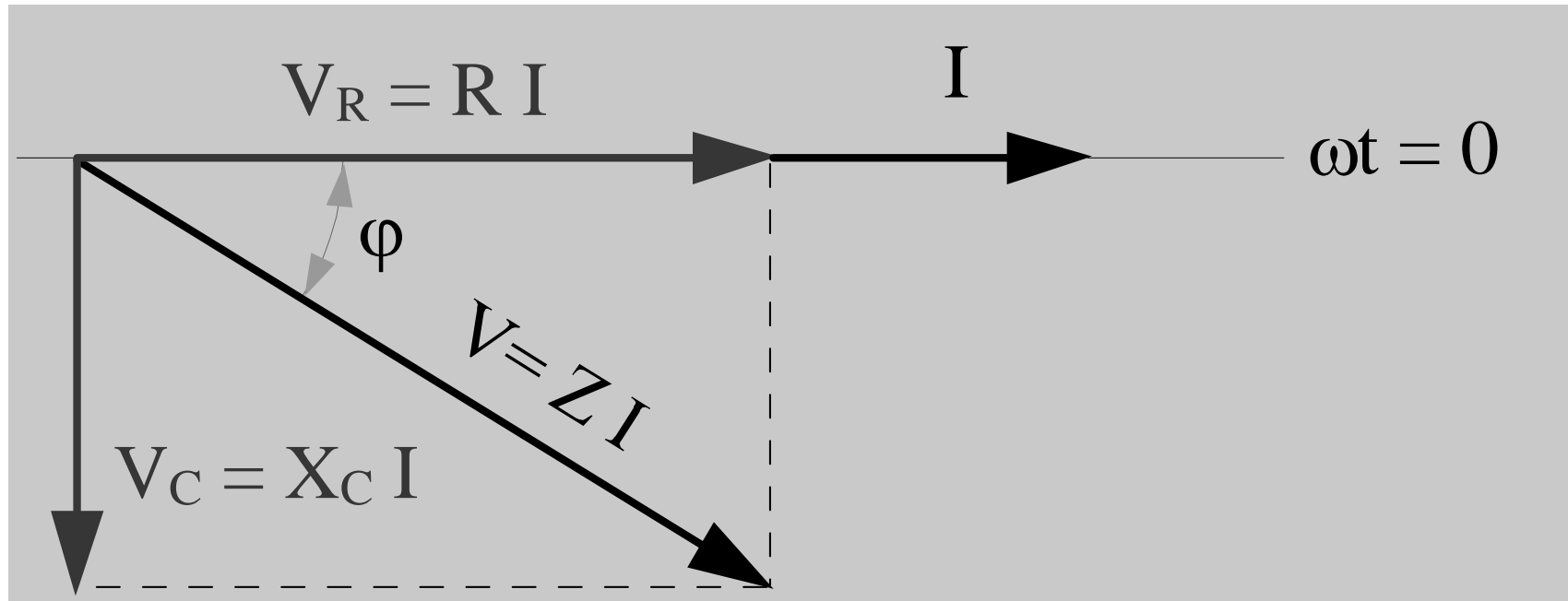
$$I = \frac{V}{Z}$$



$$\left. \begin{array}{l} V_R = R \cdot I \\ V_C = X_C \cdot I \end{array} \right\} \vec{V} = \vec{V}_C + \vec{V}_L$$

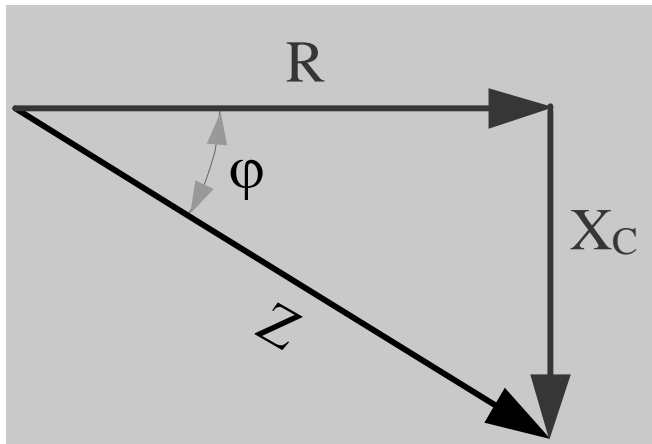
Con condensadores la I se adelanta 90° respecto a la V

- Si tomamos como referencia la \mathbf{I} , tenemos.



La corriente queda adelantada un ángulo φ respecto a la corriente.

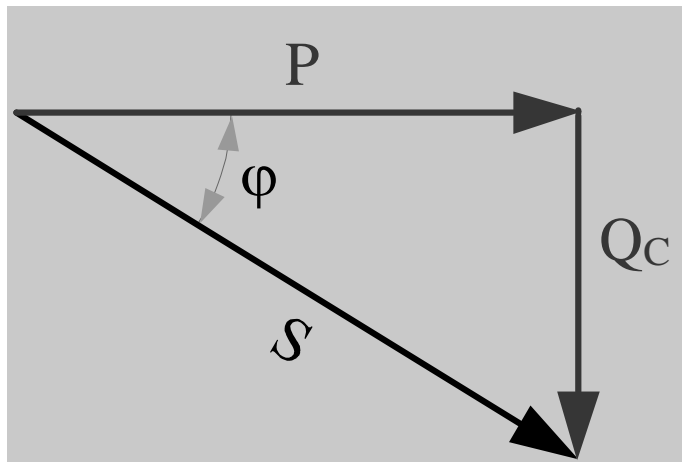
TRIÁNGULO DE IMPEDANCIAS.



$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

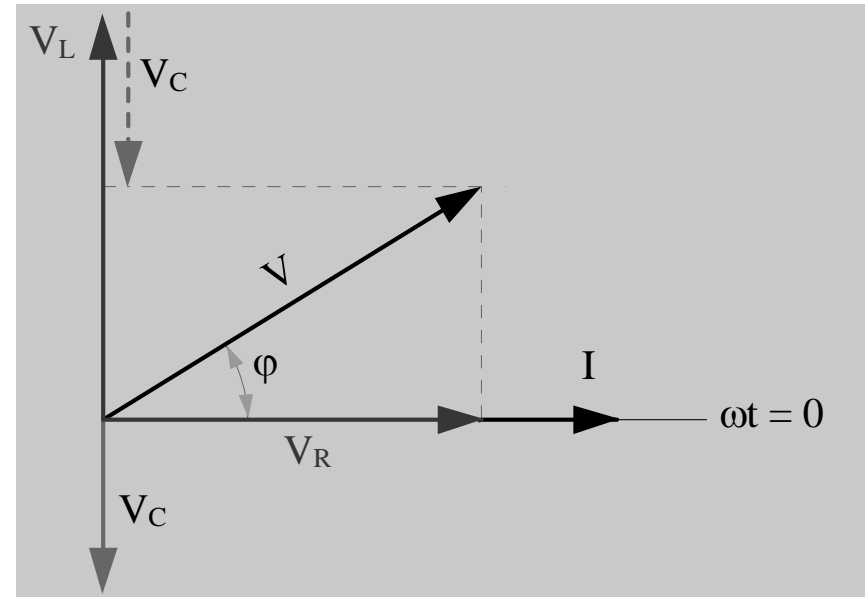
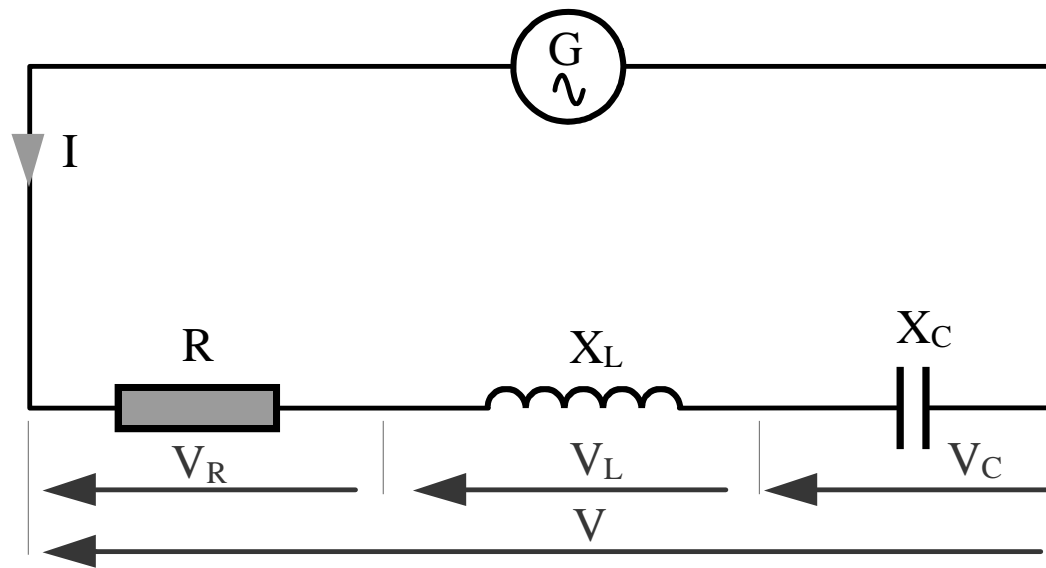
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_C}{R} \quad \longrightarrow \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_C}{R}$$

TRIÁNGULO DE POTENCIAS.



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

8.3.- CIRCUITO SERIE R – L – C.



$$V_R = R \cdot I$$

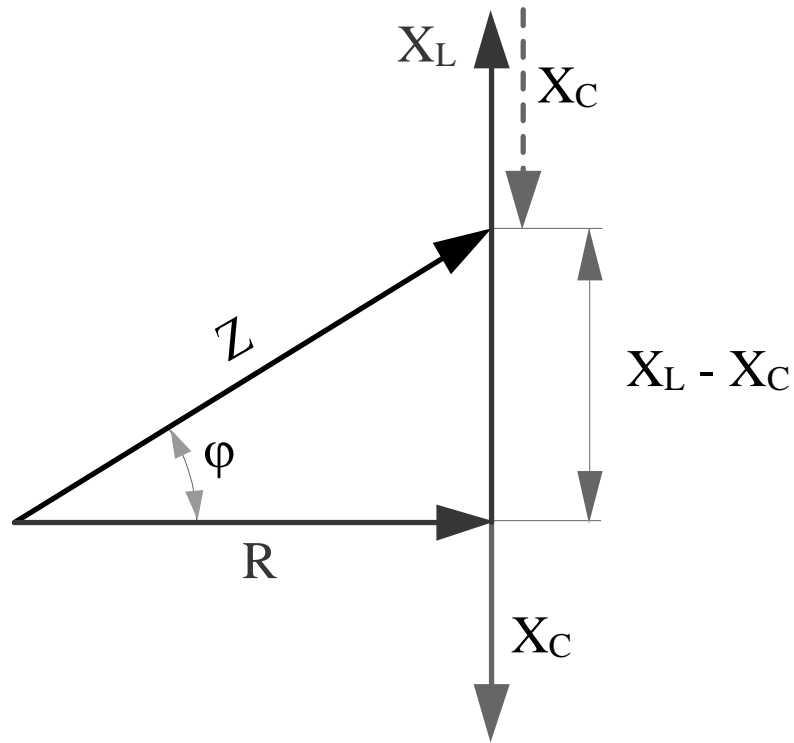
$$V_L = X_L \cdot I$$

$$V_C = X_C \cdot I$$

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L + \vec{V}_C$$

V_L y V_C están en oposición.

TRIÁNGULO DE IMPEDANCIAS.



X_L y X_C están en oposición.

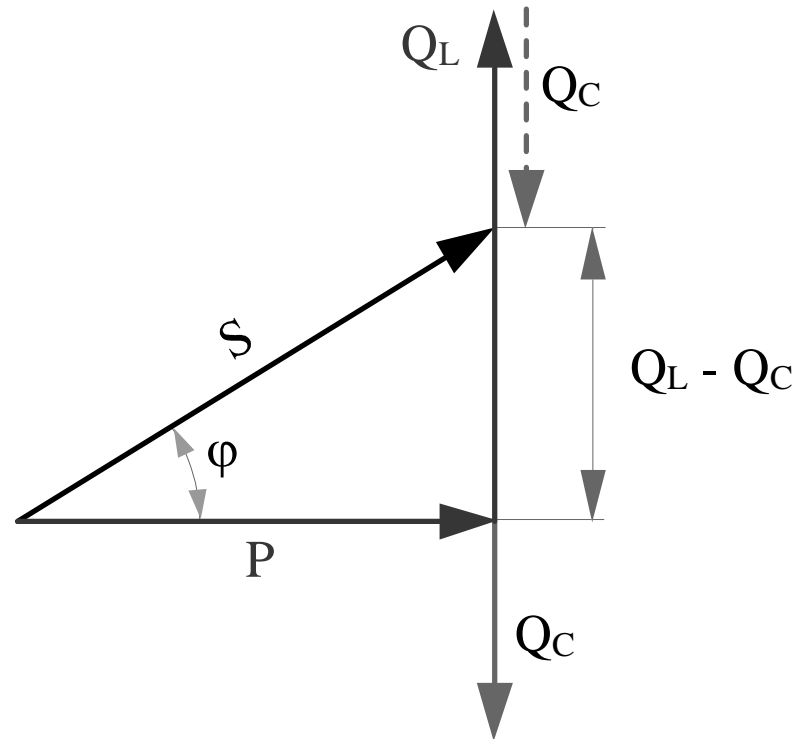
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_L - X_C}{R}$$

TRIÁNGULO DE POTENCIAS.



$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

8.4. IMPORTANCIA PRÁCTICA DEL FACTOR DE POTENCIA.

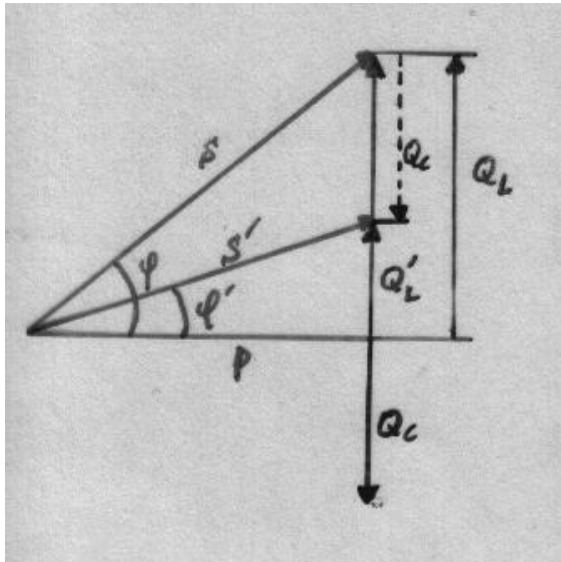
- Si $\cos\varphi = 1 \Rightarrow$ Ángulo de desfase $\varphi = 0^\circ$
 - No hay potencia reactiva.
 - Toda la potencia es activa.
- Si tenemos una bobina y el $\cos \varphi$ es bajo:
 - Q_L elevada por la autoinducción.
- Q_L no se transforma en trabajo, solo genera campo magnético y luego se devuelve.
- La compañía eléctrica tiene que suministrar una S .
 - Provoca un aumento de la I .
 - Repercute en las instalaciones de la compañía.

- Si se acerca el **cos φ** a **1**, se reduce **Q_L** y **S**.
 - Para conseguir esto se conectan condensadores en paralelo con la carga.
 - **Q_C** compensa **Q_L**.
- Los condensadores se cargan con la Energía que devuelven las bobinas y viceversa, así en cada cuarto de ciclo.
- Se evita el incremento de **I** y la fluctuación de la Potencia Reactiva.
- La compañía eléctrica pide un **cos φ ≈ 0,9**.
 - Si no es así te recarga el precio del KWh.
- Si se reduce el **cos φ**, se reduce la **I**.

	Bonificación (%)								0	2,2	4
<i>Cos φ</i>	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1
	47	35,2	26,2	19,2	13,7	9,2	5,6	2,5	Recargo (%)		

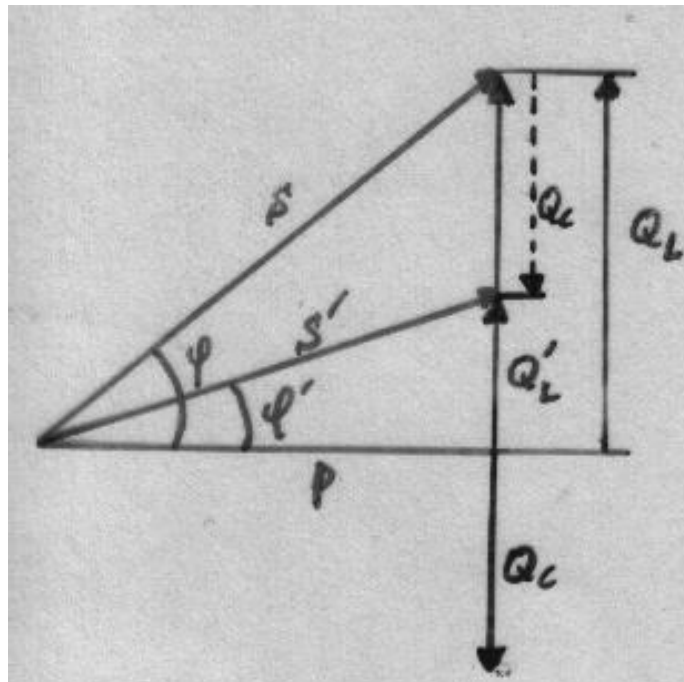
CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE CONDENSADORES.

- ¿Qué necesita Energía Reactiva?
 - Motores, lámparas de descarga, transformadores, electroimanes, etc.
- Se compensa con condensadores para conseguir un $\cos \varphi \approx 1$
- Si tenemos una Q_L que genera un $\cos \varphi$, habrá que buscar un condensador con una Q_C que compense Q_L y aproxime a 1 el $\cos \varphi$, o al valor que designemos.



$\varphi = \text{Ángulo que genera } Q_L \text{ de la bobina.}$
 $\varphi' = \text{Ángulo compensado por } Q_L - Q_C$

Potencia Reactiva del condensador.



$$Q_C = Q_L - Q_L'$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q_L}{P} \Rightarrow Q_L = P \cdot \text{tg } \varphi$$

$$\text{tg } \varphi' = \frac{Q_L'}{P} \Rightarrow Q_L' = P \cdot \text{tg } \varphi'$$

$$Q_C = P \cdot \text{tg } \varphi - P \cdot \text{tg } \varphi'$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} \Rightarrow X_C = \frac{V}{I_C}$$

- Ahora se calcula la Intensidad que alimenta al condensador I_C .
- La tensión de la bobina es la misma que la del condensador por estar en paralelo.

- La reactancia capacitiva será:

$$Q_C = V \cdot I_C \Rightarrow I_C = \frac{Q_C}{V}$$

- Como: $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$

- La capacidad del condensador será:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}$$

TIPOS DE COMPENSACIÓN DE LA ENERGÍA REACTIVA.

- Conexión de condensadores en paralelo con la carga.

COMPENSACIÓN INDIVIDUAL.

- Se conecta un condensador en paralelo con cada carga.
- Para lámparas de descarga.

• COMPENSACIÓN CENTRALIZADA.

- Batería de condensadores en paralelo con la línea general de la instalación.
- La Potencia Reactiva depende de las cargas conectadas.
 - Se conectan baterías automáticas de condensadores.
 - Se conectan y desconectan escalonadamente según el $\cos \varphi$.
- Son reguladores de Potencia Reactiva.

CAÍDA DE TENSIÓN EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS MONOFÁSICAS DE C.A.

- Los conductores tienen una resistencia interna R_L .
 - Produce una caída de tensión.

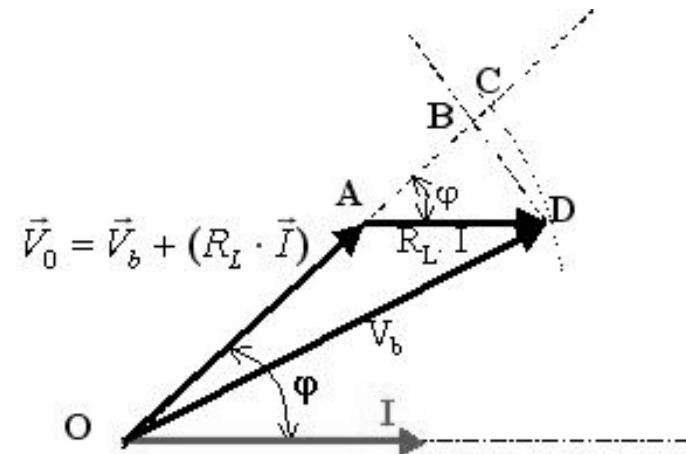
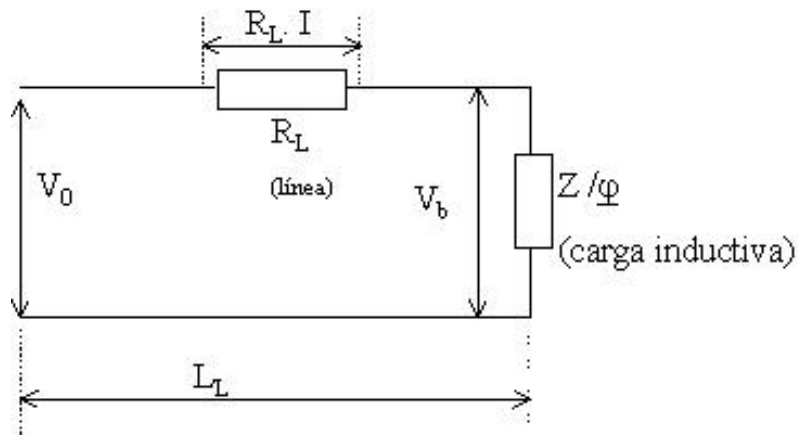
Habrà que tener en cuenta el $\cos\varphi$.

V_0 = Tensión de línea.

V_b = Tensión de la carga.

$R_L \cdot I$ = Caída de tensión del conductor.

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_b + \vec{R}_L \cdot \vec{I}$$



- La caída de tensión es la diferencia entre la tensión inicial V_0 y V_b

$$\Delta V = R_L \cdot I \cdot \cos \varphi$$

ΔV = Caída de tensión (V).

R_L = Resistencia de la línea (Ω).

I = Corriente eficaz por la línea (A).

$\cos \varphi$ = Factor de potencia de la carga.

El cálculo de la Sección del conductor será:

$$S = \frac{\rho \cdot 2 \cdot L \cdot I}{\Delta V} \cdot \cos \varphi$$

S = sección del conductor (mm²).

ρ = resistividad (Ω · mm² / m)

L = Distancia desde la carga a la alimentación (m).

I = Intensidad por la línea (A).

cos φ = factor de potencia de la carga.

ΔV = caída de tensión máxima en la línea (V)