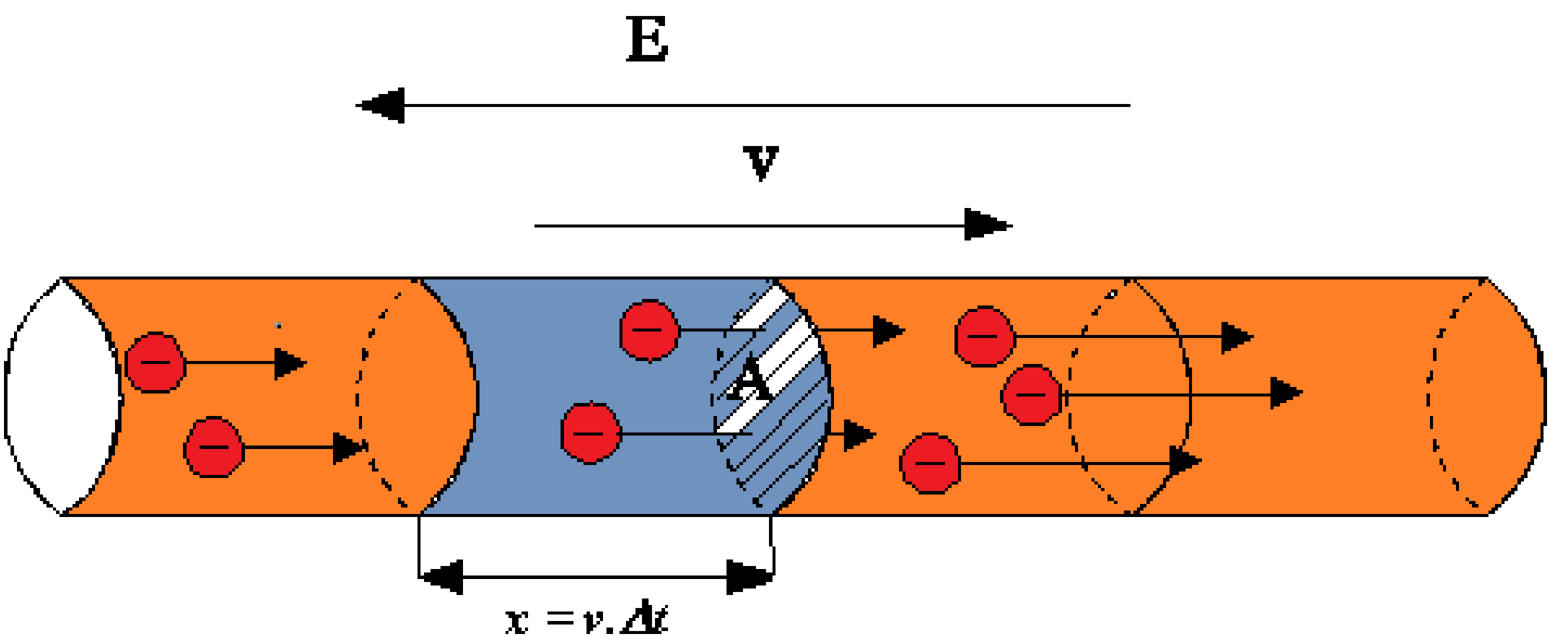
Corriente Alterna Monofásica

Electrotecnia y Máquinas Eléctricas

20/02/2020

• Corriente Continua

Las cargas eléctricas en un conductor metálico son electrones (cargas negativas) y las cargas libres en un electrolito son iones positivos o negativos. Si queremos que circule una corriente permanente en un conductor, debemos mantener continuamente un campo, o un gradiente de potencial dentro de él. Si el campo tiene siempre el mismo sentido, aunque pueda variar de intensidad, la corriente se denomina continua. Si el campo se invierte periódicamente, el flujo de cargas se invierte en la misma forma y la corriente es alterna.

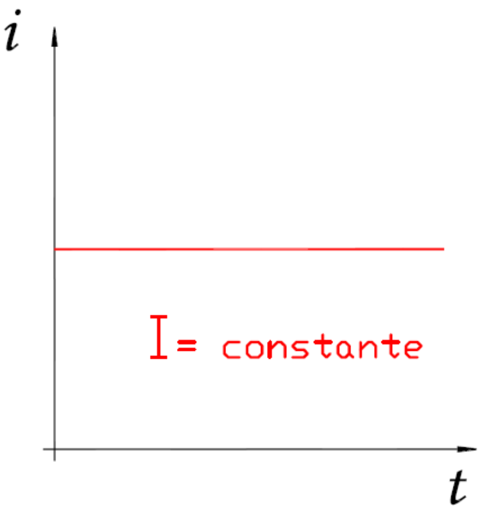


Corriente Continua

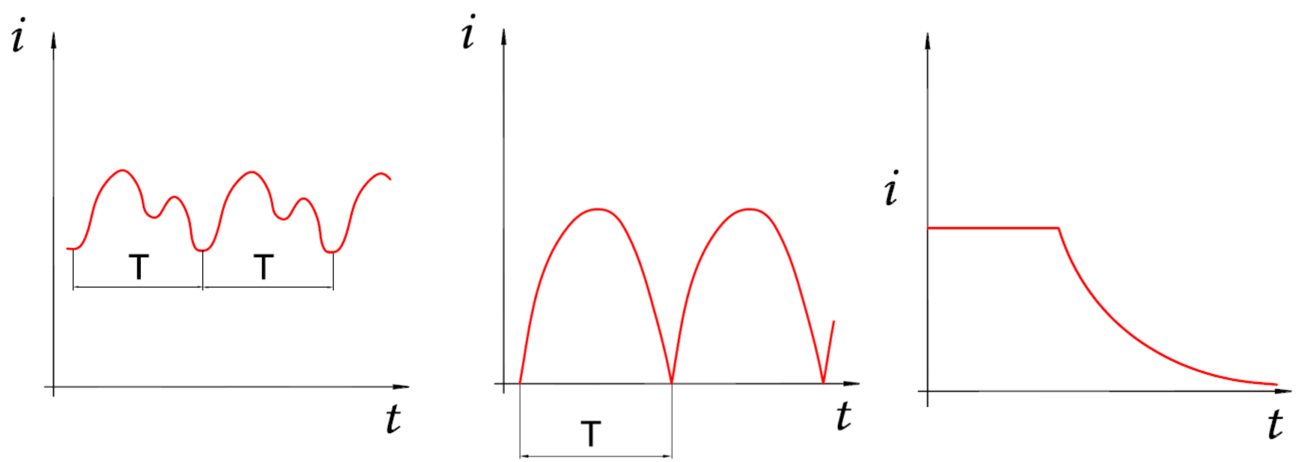
Circulación de electrones por un circuito, siempre en el mismo sentido, unidireccional, aunque su intensidad sea variable.

El sentido de circulación es invariable.

- C.C. pura:



- C.C. periódica, pulsante, transitoria



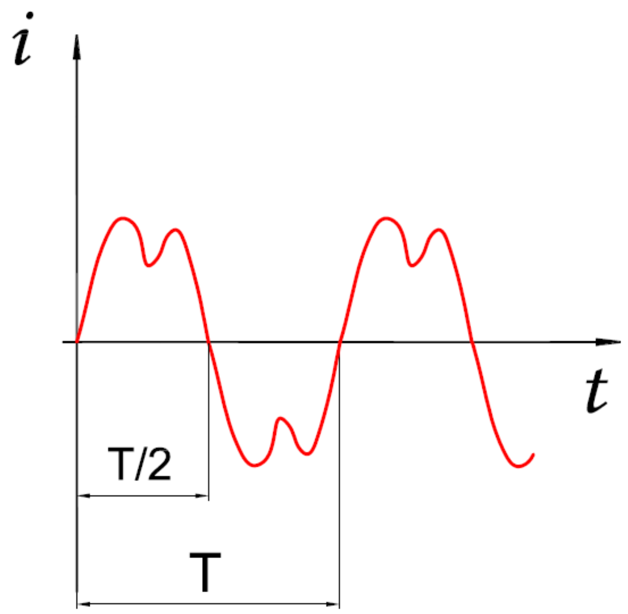
Período T
Frecuencia f

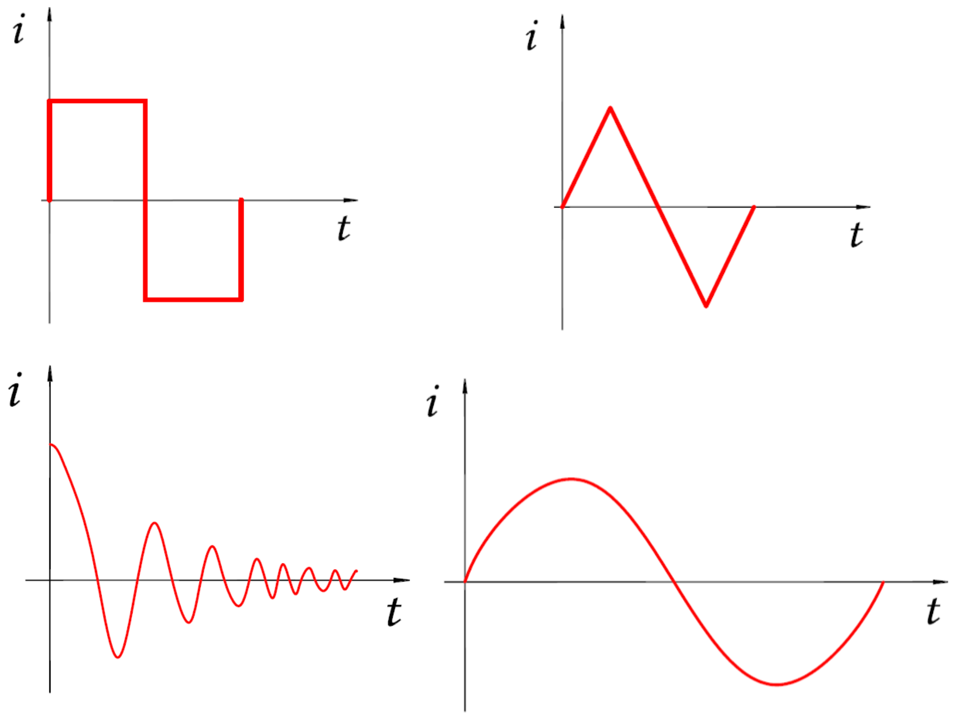
$$f = \frac{1}{T} \quad [Hz]$$

Corriente Alterna

La circulación de electrones por un circuito cambia periódicamente de sentido. Cumple 2 condiciones:

1. **Su periodo puede dividirse en 2 partes iguales (semi-períodos)**
2. **La sucesión de valores de un semi-período es igual a la del siguiente, pero con distinto signo (distinto sentido de circulación).**



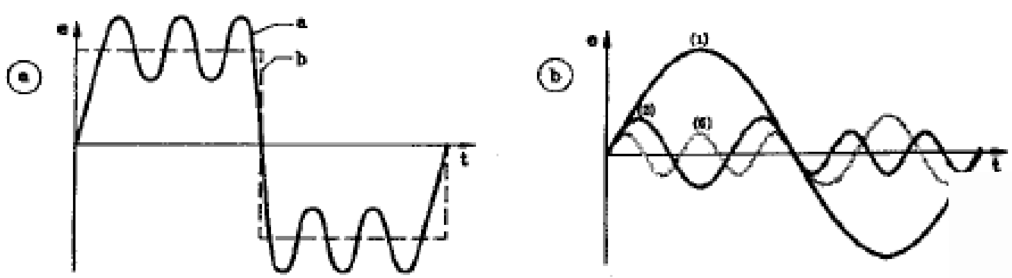


Corriente Alterna

¿Por qué se trabaja con la onda seno?

1. La función seno está perfectamente definida gráfica y matemáticamente.

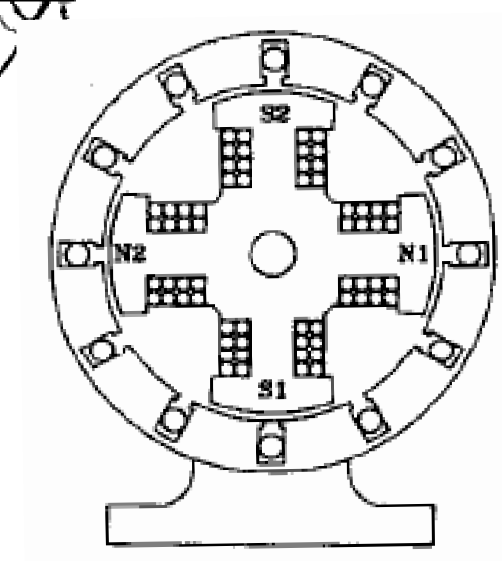
2. Las ondas periódicas no senoidales se descomponen en una serie de ondas senoidales de distintas frecuencias, y son operables mediante series de Fourier.



3. Son de fácil generación, y en magnitudes elevadas (alternadores trifásicos).

4. Son de fácil transformación en otras ondas de distinta magnitud (transformadores).

5. Son de fácil transporte y utilización.

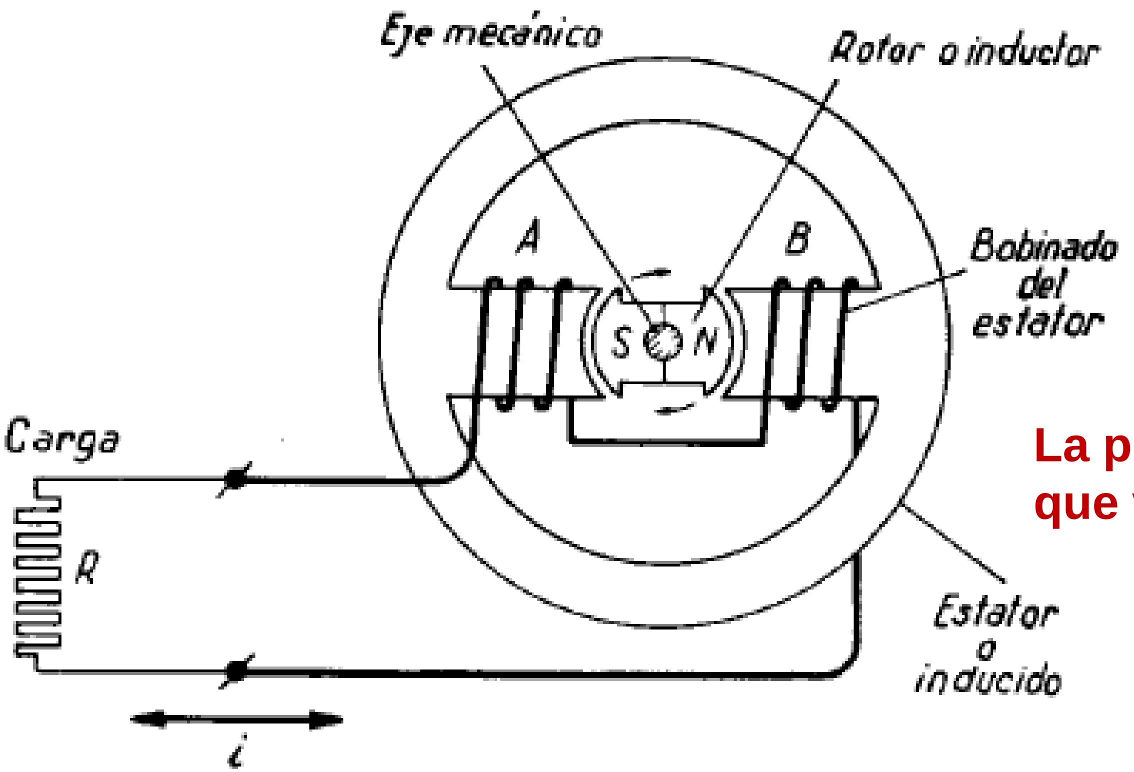


Generación de C.A. senoidal

1. **Rotor de polos magnéticos que giran con:**

$$\omega = cte$$

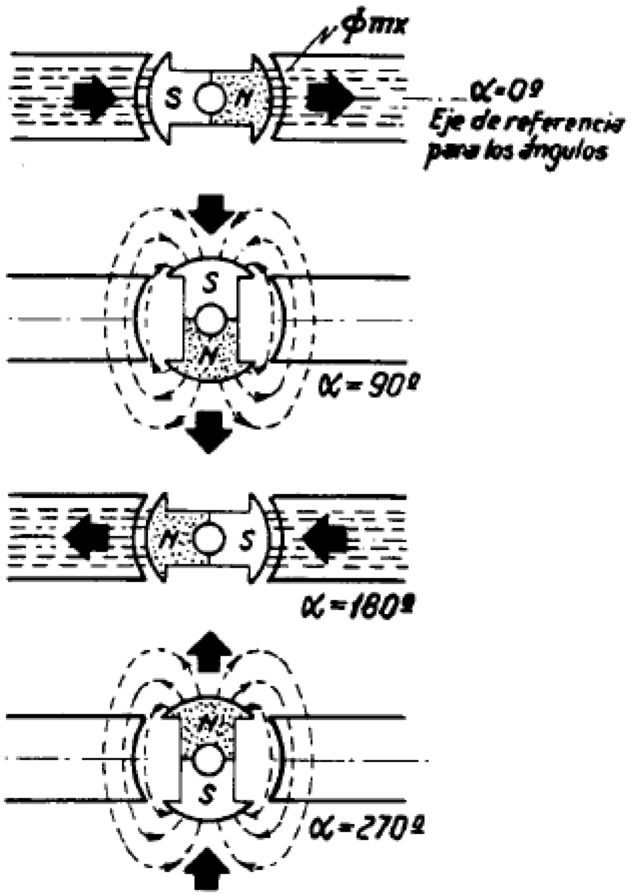
2. **Bobinas A y B en serie, igual sentido, y que juntas completan N vueltas.**



La polaridad no es fija, sino que va cambiando en el tiempo.

Generación de C.A. senoidal

1. Flujo magnético que reciben las bobinas A y B por efecto del rotor:



$$\phi(t) = \Phi \cos wt$$

$$\Phi = \phi_{max}$$

Ángulo α recorrido por el rotor:

$$\alpha = \omega . t$$

siendo: $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi f t$$

resulta:

$$\phi = \Phi \cos 2\pi f t$$

Generación de C.A. senoidal

2. **Fem.. inducida: en las bobinas A y B, debidas a variaciones en el flujo magnético, que según Faraday- Lenz:**

$$e = -N\frac{d\phi}{dt} = \omega N\Phi sen\omega t$$

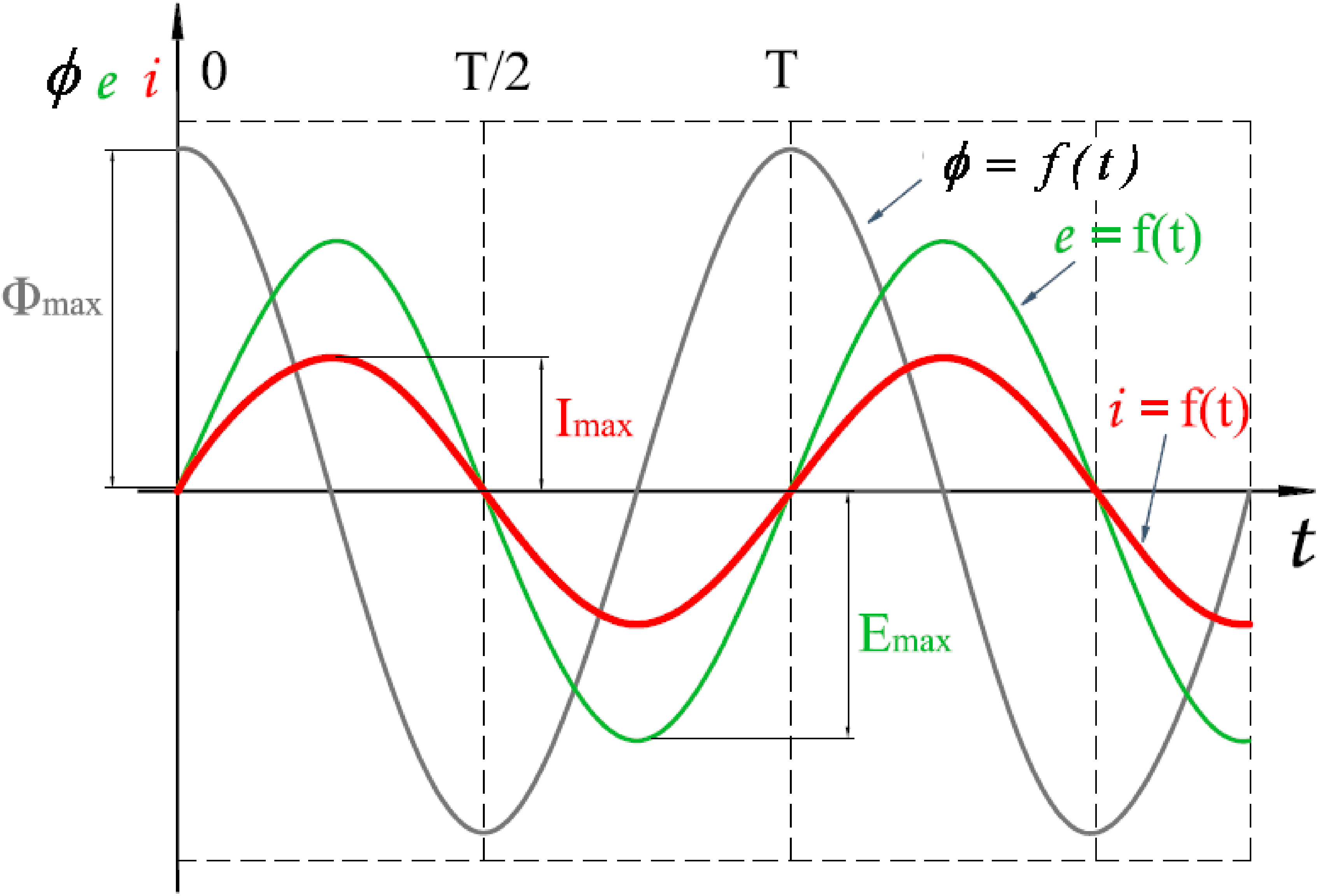
siendo: $$E_{\max} = \omega N\Phi = 2\pi f N\Phi$$

$$e = E_{Máx}.sen2\pi ft = E_{Máx}.sen\omega t$$

3. **Intensidad instantánea: que circula por la R, se obtiene aplicando Ley de Ohm a cada instante :**

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_{Máx}}{R}.sen\omega t = I_{Máx}.sen\omega t$$ siendo: $$I_{max} = \frac{E_{max}}{R} = cte$$

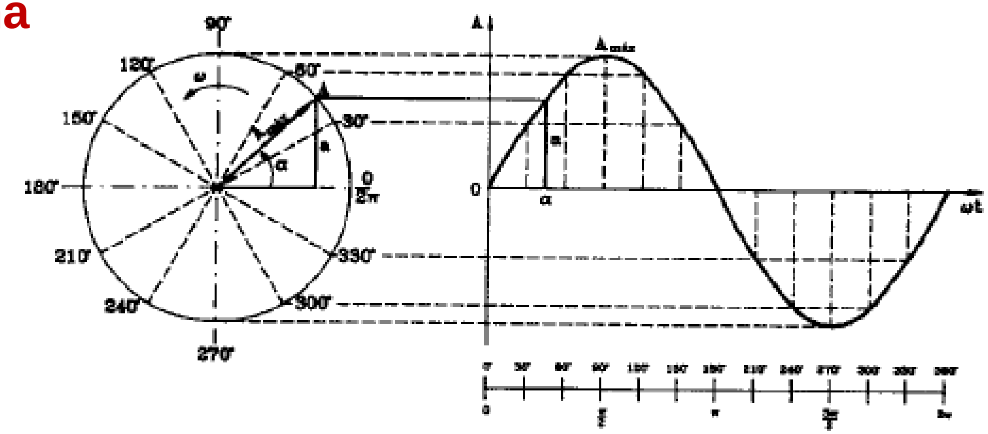
Generación de C.A. senoidal



Definición matemática y representación gráfica de una onda senoidal

- **Físicamente: la función seno se forma por movimiento vibratorio armónico.**

- **Matemáticamente: una senoide se forma por la proyección de un vector giratorio sobre un eje fijo.**



$$a = A_{Máx}.\,sen\omega t = A_{Máx}.\,sen2\pi ft$$

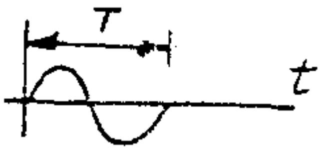
- **Ángulos eléctricos de la función seno:**

Son distintos a los ángulos geométricos (descriptos por la espira o rotor)

$$\alpha = \omega.t = 2\pi ft\ [rad]; (1\,rad = 57{,}2958°)$$

Parámetros de una onda seno

1. Período: **Es el tiempo transcurrido en realizar un ciclo. Tiempo que abarca una onda completa.**



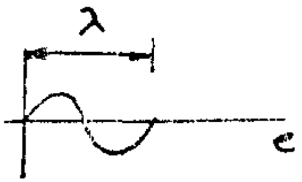
$$T = \frac{1}{f}\,[s]$$

2. Velocidad angular (velocidad eléctrica o pulsación):

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = 2\pi f\,[\frac{rad}{s}]$$

3. Longitud de onda **λ**: **espacio que abarca la onda completa.**

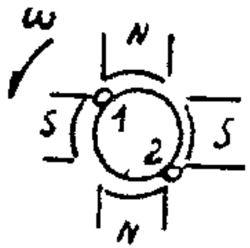
$$v = \frac{e}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda . f$$



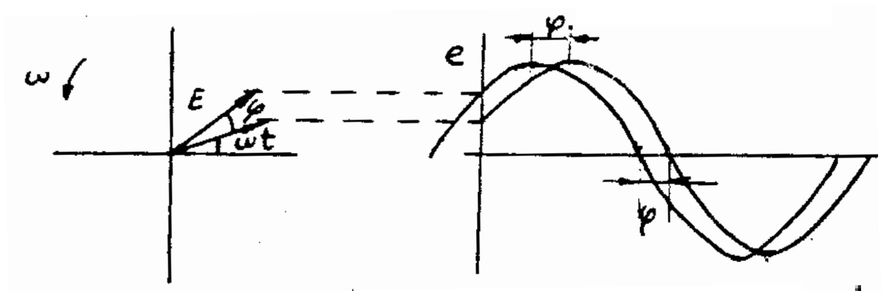
Parámetros de una onda seno

4. Frecuencia: **n° de ciclos o períodos comprendidos en un segundo.**

$$f = \frac{1}{T} \qquad f = \frac{\omega}{2\pi}\ [Hz] \qquad f = \frac{pn}{60}$$

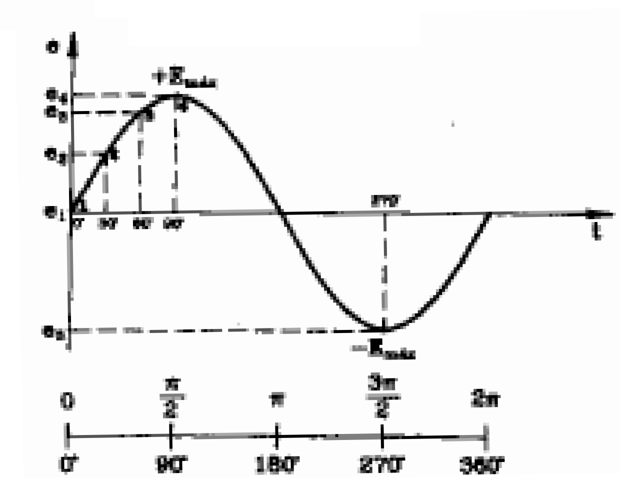


5. Desfase φ: **ángulo comprendido entre vectores o senoides.**



6. Valor instantáneo:
   Es el valor que toma la onda en un determinado instante. Se representa mediante letras minúsculas. Surge de sustituir en la expresión matemática, el valor de α correspondiente.

$$a = A_{Máx}.sen\omega t = A_{Máx}.sen2\pi ft$$

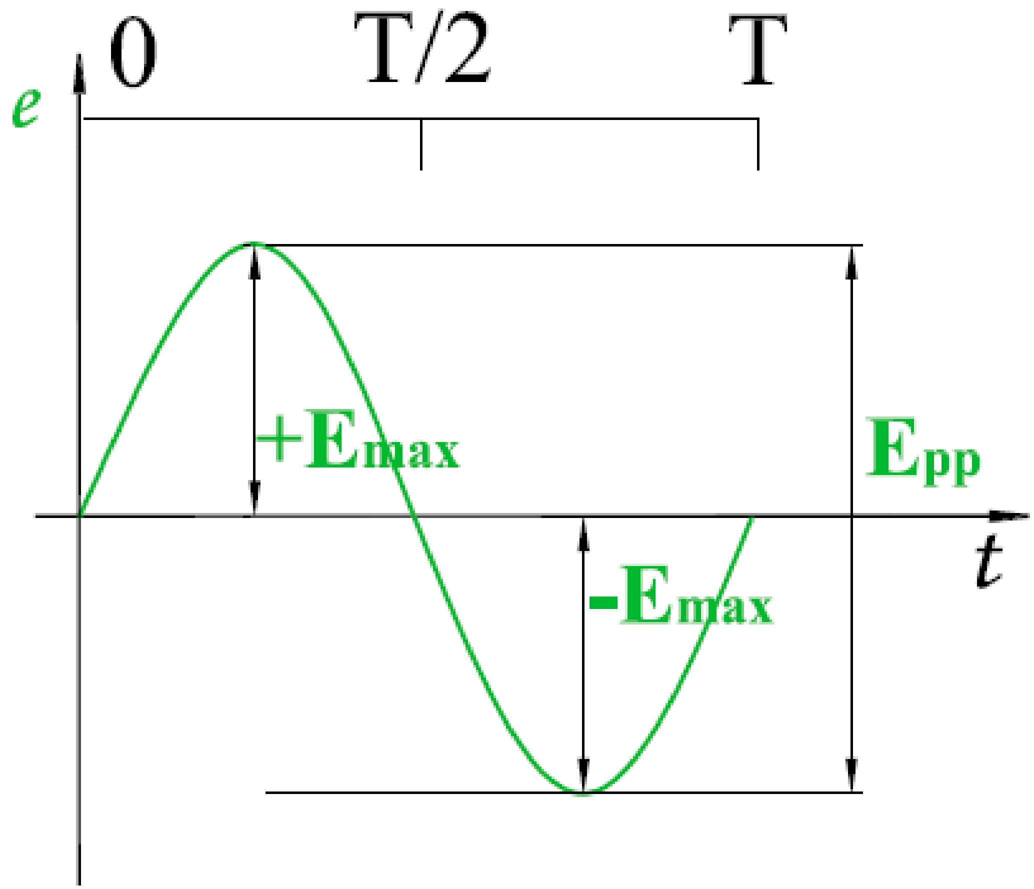


Parámetros de una onda seno

7. Valor máximo (amplitud): **valor que toma la ordenada máxima de la onda, en un período T.**

8. Valor pico a pico: **se define como dos veces el valor máximo.**

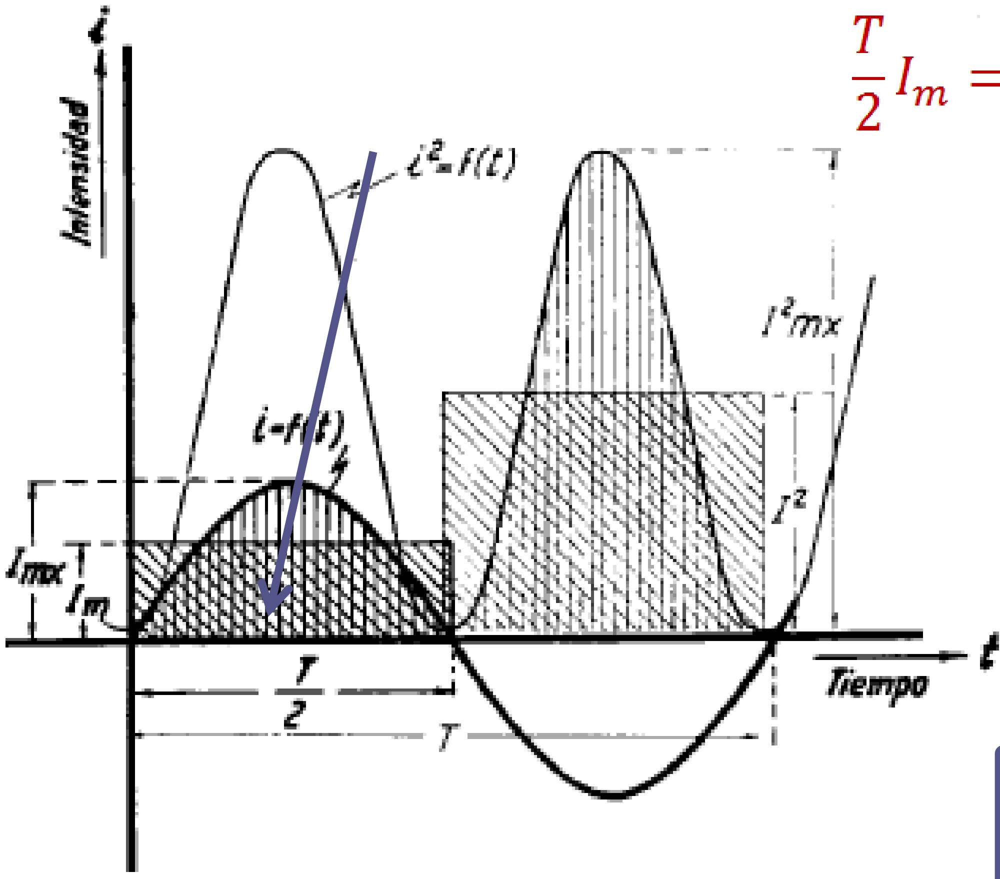
$$E_{pp} = 2.E_{Máx}$$



Parámetros de una onda seno

9. Valor medio:

Se considera un rectángulo de base T/2 y altura I_{med}. Su superficie es igual a la encerrada por la semi-onda y el eje de los tiempos:



$$\frac{T}{2} I_m = \int_0^{T/2} i.dt$$

• **en forma general:**

$$\boxed{I_m = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} i.dt}$$

•**para onda sinusoidal:**

$$I_m = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \mathrm{I}_{max}.sen\omega t\,.dt$$

$$I_m = \frac{2\mathrm{I}_{max}}{T}\left|-\frac{1}{\omega}cos\omega t\right|_0^{T/2}$$

$$\boxed{I_m = \frac{2}{\pi}.I_{Máx} = 0{,}6366.I_{Máx}}$$

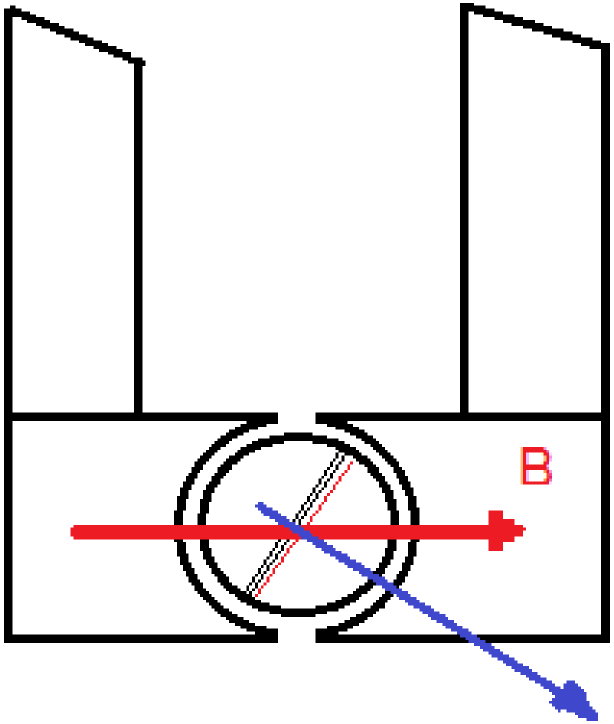
Parámetros de una onda seno

9. Valor medio:

- **Se emplea en el cálculo de la cantidad de electricidad para carga y descarga de baterías:**

$$Q = I_{med}.t\ [Ah]$$

- **Instrumento de bobina móvil:** $F = Bli$ **dado que B = cte, la desviación es proporcional a la intensidad de corriente.**



- **Si el instrumento es de cero en el centro, una C.C. produce una desviación constante.**
- **Una C.A. lo haría oscilar alrededor del cero, si la frecuencia fuera baja.**
- **Intercalando un rectificador, la aguja se sitúa en una posición fija que depende del "valor medio" aritmético de las intensidades.**

Parámetros de una onda seno

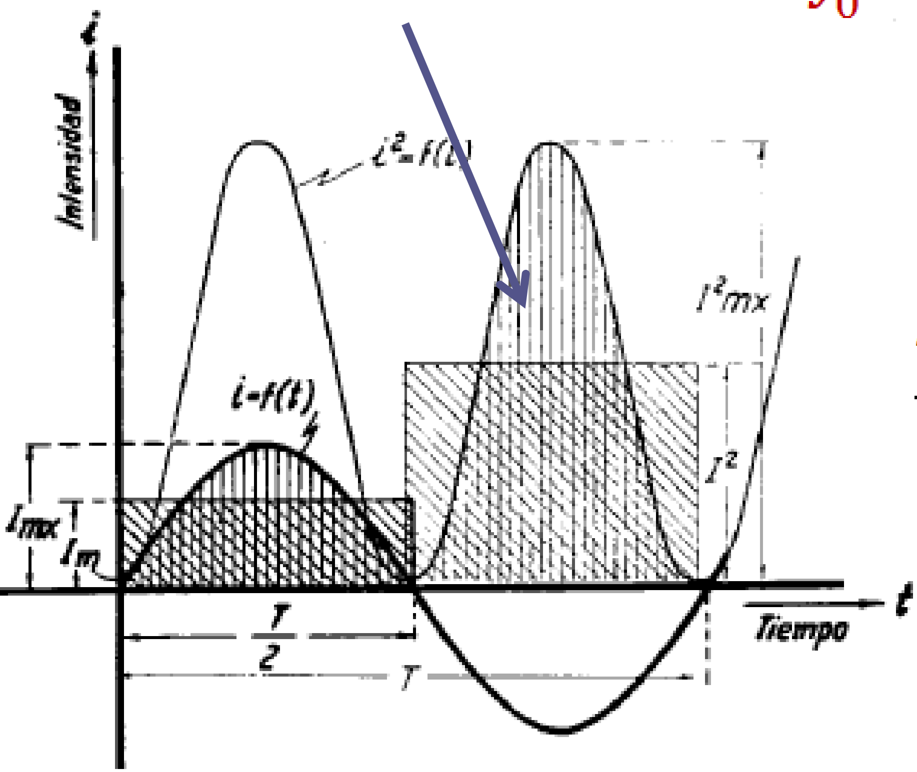
10. Valor eficaz:

El valor eficaz de una corriente (o una tensión) alternada, es un valor particular de la *corriente (o de la tensión) continua*, que producirá iguales efectos térmicos en una R dada.

$$\frac{T}{2} I^2 = \int_0^{T/2} i^2 . dt$$

• en forma general:

$$\boxed{I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{T} i^2 . dt}}$$



•para onda sinusoidal:

$$\frac{T}{2} I^2 = \mathrm{I}_{max}{}^2 \int_0^{T/2} sen^2 \omega t . dt$$

$$\frac{T}{2} I^2 = \mathrm{I}_{max}{}^2 \left(\int_0^{T/2} \frac{1}{2} dt - \int_0^{T/2} \frac{cos 2\omega t}{2} dt\right)$$

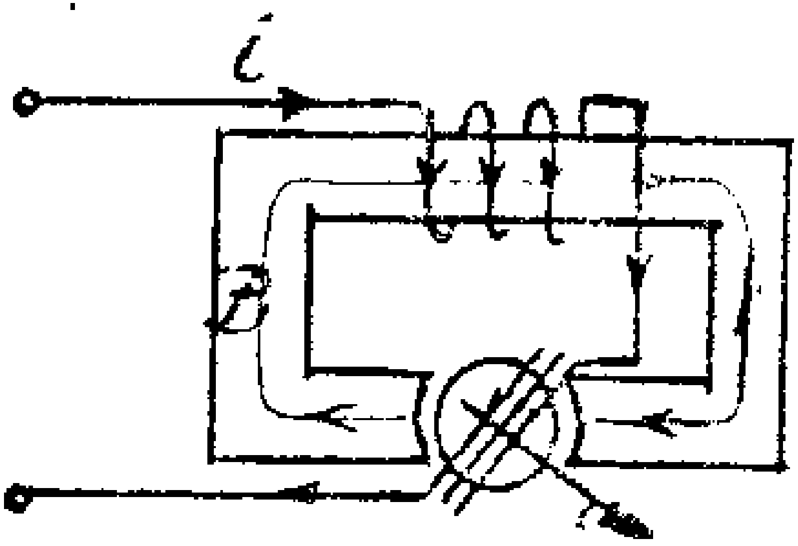
$$I^2 = \frac{\mathrm{I}_{max}{}^2}{2} \Rightarrow \boxed{I = \frac{I_{Máx}}{\sqrt{2}} = 0{,}707 . I_{Máx}}$$

Parámetros de una onda seno

10. Valor eficaz:

- **Instrumentos de acción cuadrática: se emplean para medir C.A. evitando tener que rectificarla. Sentido de desviación independiente del sentido de la corriente. Miden el valor medio cuadrático de los valores instantáneos.**

- **Instrumentos térmicos:** Ri^2
- **Instrumentos ferrodinámicos**
- **al circular por la bobina fija:** $B = f(i)$
- **al circular por la bobina móvil:** $F = Bli$
- **por lo tanto:** $F = f(i^2)$



Parámetros de una onda seno

11. Factor de amplitud:

- Cociente entre el valor máximo de una onda senoidal y su correspondiente valor eficaz.
- Dato necesario para juzgar rigidez dieléctrica, o tiempos de actuación de interruptores y fusibles frente a cortocircuitos.

$$K_a = \frac{E_{max}}{E} = \sqrt{2}$$

8. Factor de forma:

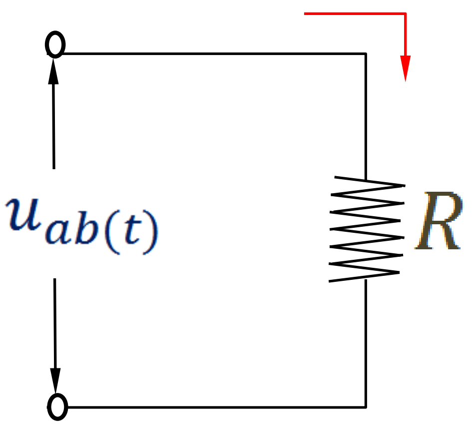
- Cociente entre el valor eficaz de una onda senoidal y su valor medio durante un semiperíodo.
- Da una idea de la forma de la onda.

$$K_f = \frac{E}{E_{med}} = 1{,}11$$

FACTOR	FORMA DE ONDA	SENOIDAL	RECTANGULAR	SEMICIRCULAR	TRIANGULAR	PUNTA DE FLECHA DOS SEMIPARÁBOLAS	SEMIELÍPTICA
AMPLITUD		$\sqrt{2}$	1,00	1,22	$\sqrt{3}$	2,22	1,22
FORMA		1,11	1,00	1,04	1,15	1,35	1,04

Circuito resistivo puro

$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$



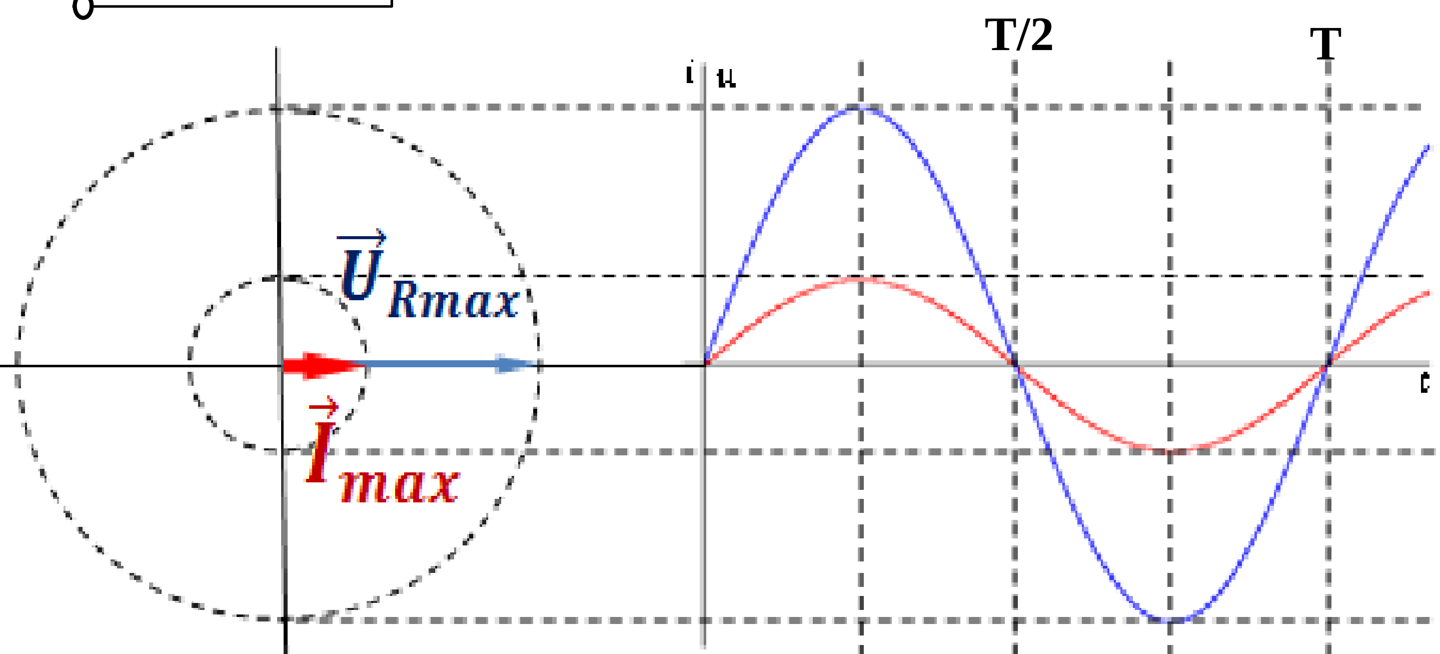
$$u_{r(t)} = R \cdot i_{(t)} = R \cdot I_{max} sen\omega t$$

siendo: $U_{max} = R \cdot I_{max}$

resulta: $u_{r(t)} = U_{max} sen\omega t$

Notación Simbólica

$$\boxed{\bar{U} = R\,\bar{I}}$$



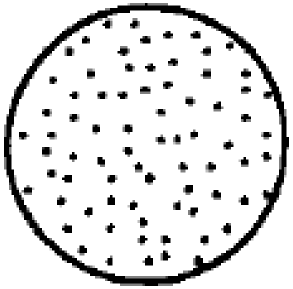
$u_{(t)} = U_{max} sen\omega t$

$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$

Circuito resistivo puro

- **Resistencia óhmica o resistencia de C.C.**

Ofrecida por un conductor al circular por él una corriente no cambiante. Densidad de corriente constante en la sección. Las cargas libres en movimiento atraviesan la sección recta por todos sus puntos.



- **Resistencia efectiva o resistencia de C.A.**

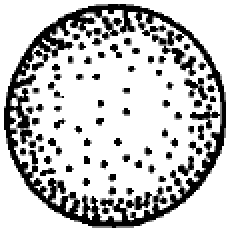
Resistencia total ofrecida al paso de la C.A., incluyendo la resistencia óhmica y resistencia debida a corrientes parásitas, por histéresis, dieléctricas, por efecto corona, y por efecto Kelvin.

Circuito resistivo puro

EFECTO PELICULAR O SKIN, O EFECTO KELVIN

En C.A. los conductores presentan mayor densidad de corriente en la superficie que en el centro.

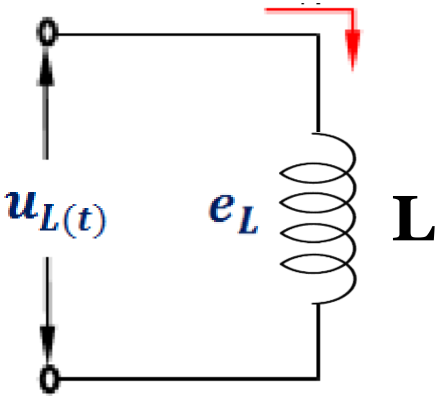
- **Causa**: En el centro existe una mayor reactancia inductiva dado que la variación del campo magnético $(d\Phi/dt)$ es mayor en el centro.



- Es mayor para conductores de grandes secciones, a mayores frecuencias, en conductores con cubierta metálica, o si están arrollados sobre núcleo ferromagnético.

Circuito inductivo puro

$$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$$



$$e_L = -N\frac{d\emptyset}{dt} = -L\frac{di}{dt}$$

$$u_{L(t)} = -e_L = +L\,\frac{d(I_{max} sen\omega t)}{dt}$$

siendo: $X_L = \omega \cdot L$

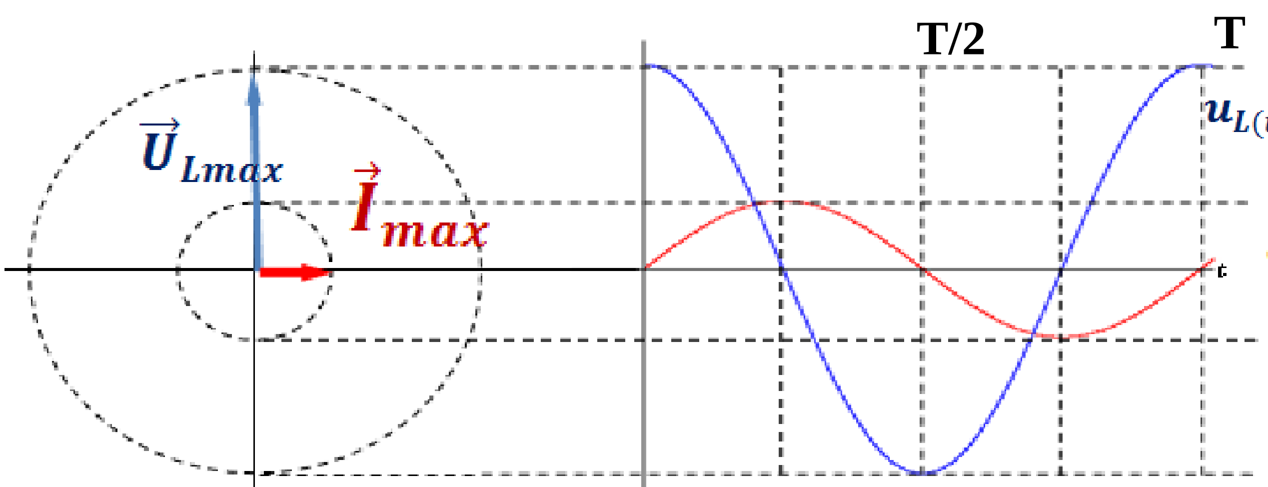
$$cos\omega t = \mathrm{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$U_{max} = X_L \cdot I_{max}$$

resulta: $u_{L(t)} = U_{max} sen(\omega t + \dfrac{\pi}{2})$

Notación Simbólica

$$\boxed{\bar{U} = jX_L . \bar{I}}$$

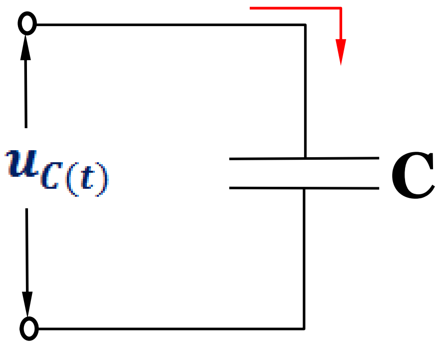


$$u_{L(t)} = X_L \cdot I_{max} \cdot sen(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$$

Circuito capacitivo puro

$$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$$



$$du = \frac{1}{C} \cdot dq$$

$$dq = i \cdot dt$$

$$d_{u_C(t)} = \frac{1}{C}.i(t) = \frac{1}{C}.I_{Máx}.senwt.dt$$

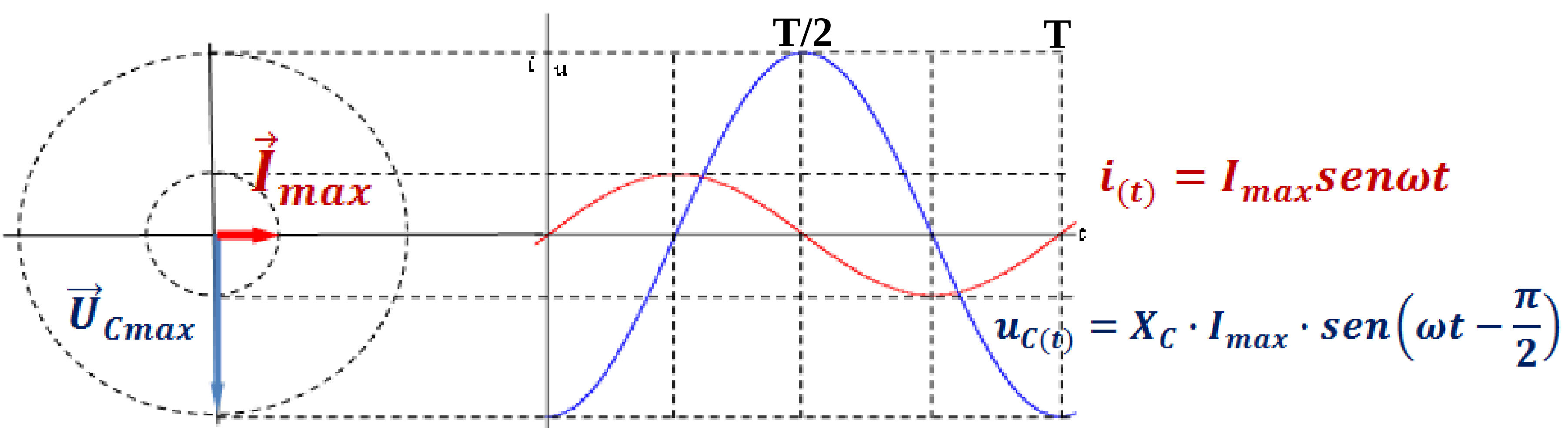
$$u_{C(t)} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \cdot I_{max} \cdot \cos \omega t$$

siendo: $X_C = \dfrac{1}{\omega \cdot C}$

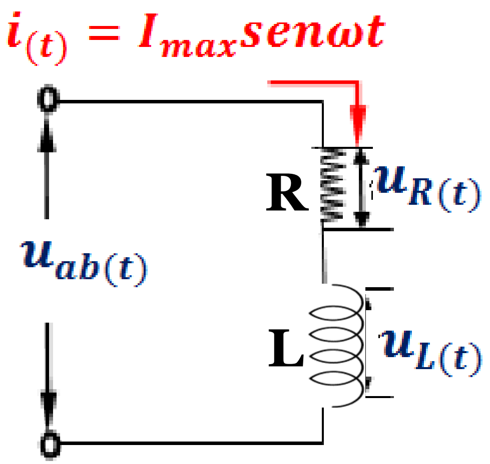
$$u_{C(t)} = X_C \cdot I_{max} \cdot \operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Notación Simbólica

$$\boxed{\overline{U} = -jX_C \cdot \overline{I}}$$



Circuito R-L



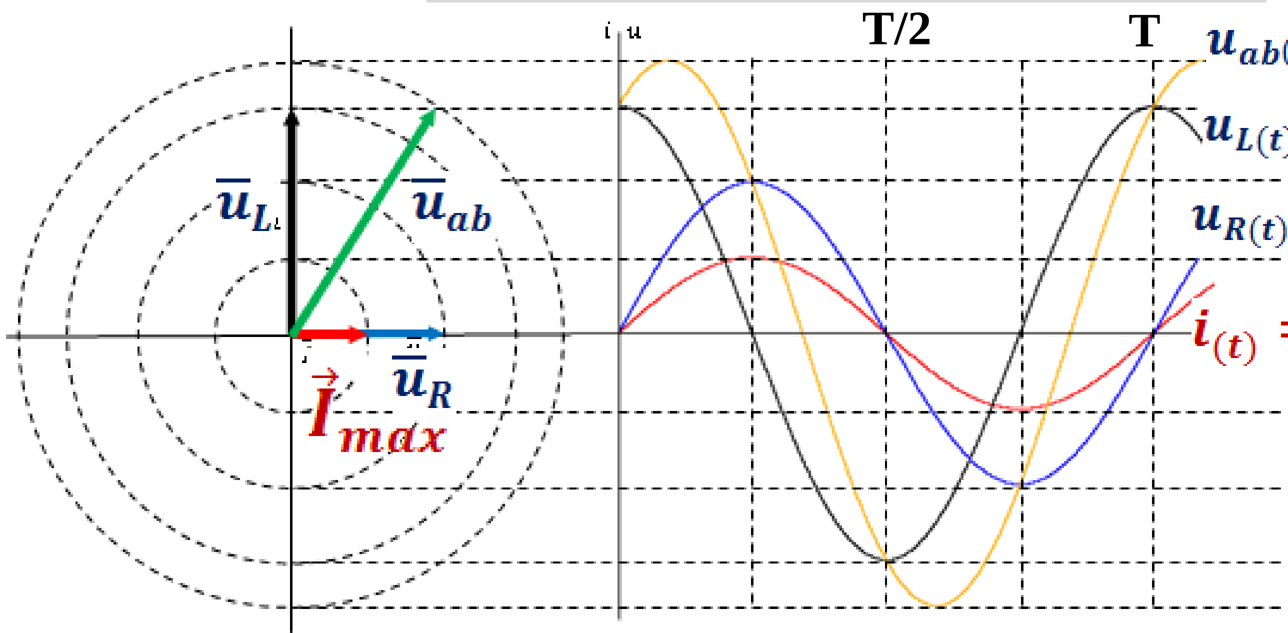
$$u_{ab(t)} = u_{r(t)} + u_{L(t)}$$

$$u_{ab(t)} = R \cdot I_{max} \cdot \operatorname{sen} \omega t + X_L \cdot I_{max} \cdot \cos \omega t$$

$$u_{ab(t)} = \sqrt{(R^2 + X_L^2)} \cdot I_{max} \cdot \operatorname{sen}\left(\omega t + arctg \frac{X_L}{R}\right)$$

$$\boxed{\overline{U} = (R + j \cdot X_L) \cdot \overline{I}}$$

Notación Simbólica



$u_{ab(t)} = u_{r(t)} + u_{L(t)}$

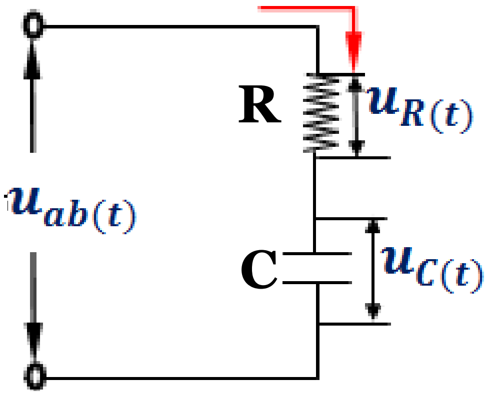
$u_{L(t)} = X_L \cdot I_{max} sen\omega t$

$u_{R(t)} = R \cdot I_{max} sen\omega t$

$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$

Circuito R-C

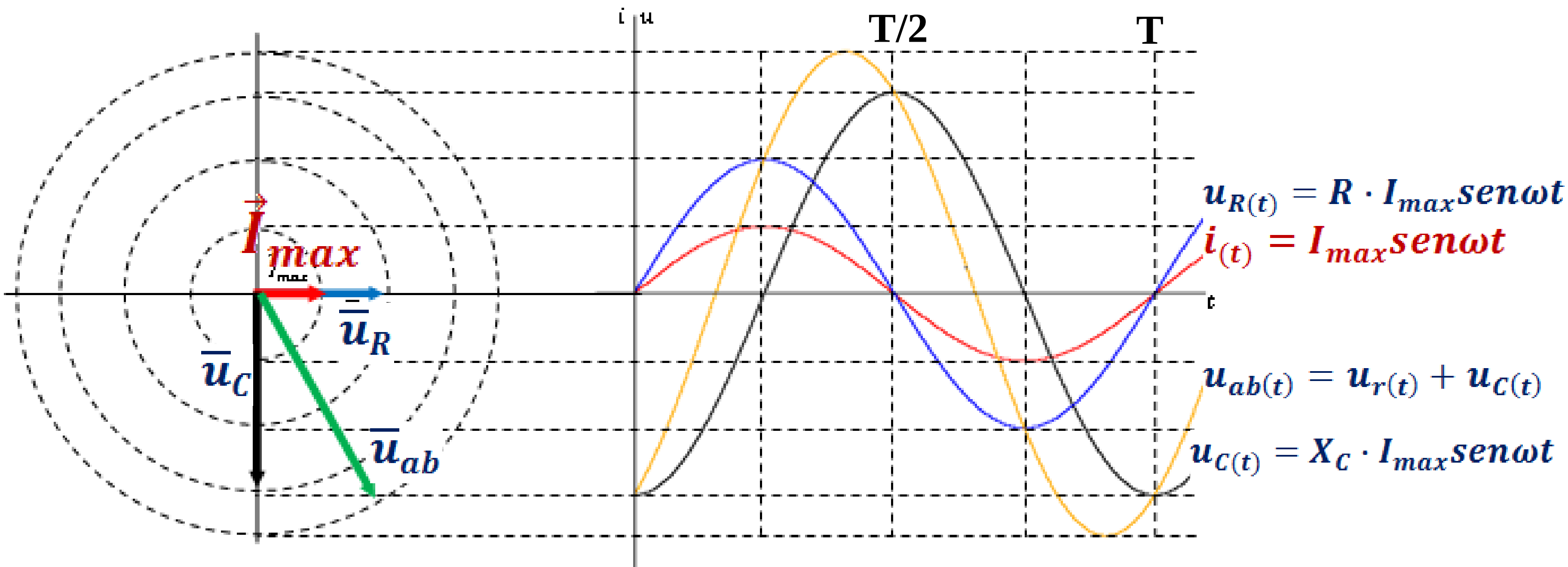
$$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$$



$$u_{ab\,(t)} = u_{r(t)} + u_{C(t)}$$

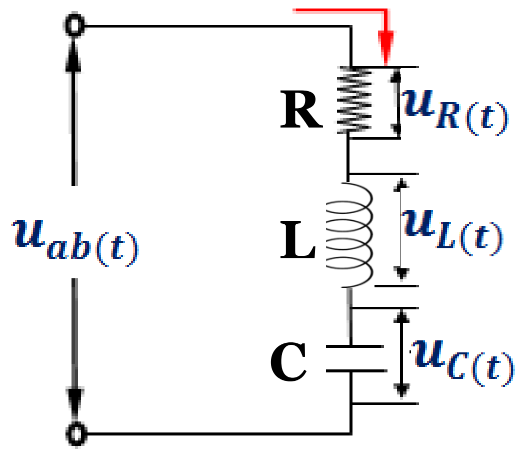
$$u_{ab(t)} = R \cdot I_{max} \cdot \operatorname{sen}\omega t - \frac{1}{C} \cdot \int I_{max} \cdot \operatorname{sen}\omega t\, dt$$

$$\boxed{\overline{U} = (R - j \cdot X_C) \cdot \overline{I}}$$



Circuito R-L-C serie

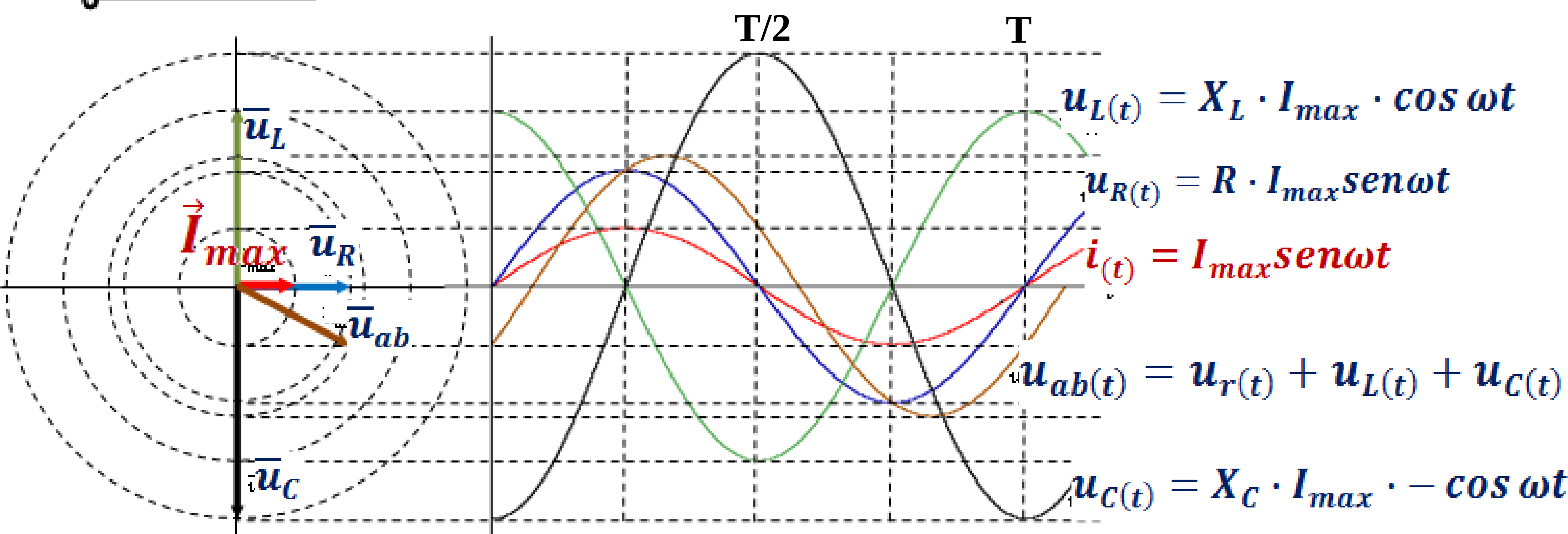
$i_{(t)} = I_{max} sen\omega t$



$$u_{ab(t)} = u_{R(t)} + u_{L(t)} + u_{C(t)}$$

$$u_{ab(t)} = R \cdot I_{max} \cdot \operatorname{sen} \omega t + X_L \cdot I_{max} \cdot \cos \omega t - X_C \cdot I_{max} \cdot \cos \omega t$$

$$\boxed{\overline{U}_{ab} = [R + j \cdot (X_L - X_C)] \cdot \overline{I} = z \cdot \overline{I}}$$



Ley de Ohm en C.A.

$$Z = \frac{\overline{U}}{\overline{I}} \quad [\Omega]$$

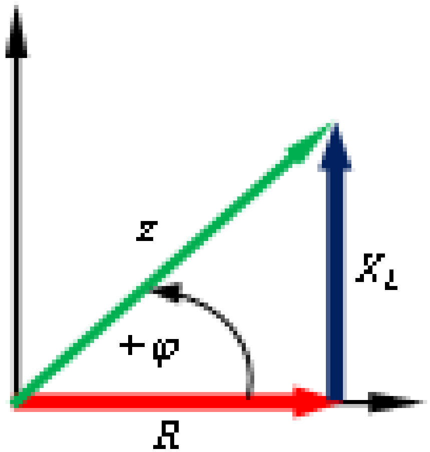
$$Z = R + jX$$

$$R = Z.\cos\varphi$$ (parte real)

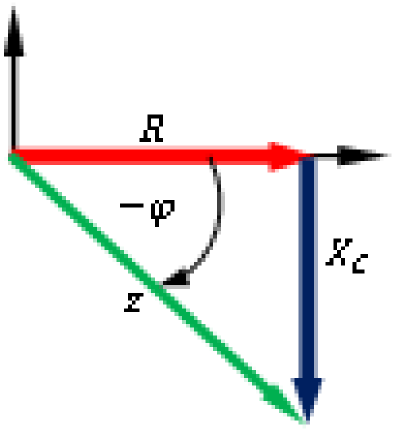
$$X = Z.sen\varphi$$ (parte imaginaria)

TRIÁNGULOS DE IMPEDANCIA:

Circuito Inductivo



Circuito Capacitivo



Ley de Ohm en C.A.

ADMITANCIA: magnitud inversa a la impedancia.

$$Y_L = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + jX_L} = \frac{1}{R + jX_L} \cdot \frac{R - jX_L}{R - jX_L}$$

$$Y = \frac{R - jX_L}{R^2 + X_L^2} = \frac{R}{Z^2} - j\frac{X_L}{Z^2} \qquad Unidad \Rightarrow S\left[Siemens\right]$$

donde: $G\,(conduc\tan cia) = \dfrac{R}{Z^2}$ CONDUCTANCIA

$$B\,(sucep\tan cia) = \frac{X_L}{Z^2}$$

SUSCEPTANCIA

Potencia en C.A. monofásica

Potencia Instantánea y Potencia Activa

- **POTENCIA INSTANTÁNEA**
  - Está dada por:

$$p = u \,.\, i$$

donde **u** e **i** son los valores instantáneos de la tensión y la intensidad

$$i = \sqrt{2}\,.\,I\,.\,\mathrm{sen}\,(\omega\ t + \varphi)$$

$$u = \sqrt{2}\,.\,U\,.\,\mathrm{sen}\,\omega\ t$$

(φ puede ser positivo, negativo o nulo)

  - El desfasaje φ depende de la impedancia de carga.
  - Reemplazando:

$$p = u.i = 2.U.I.\,\mathrm{sen}\,(\omega\, t + \varphi)\,.\,\mathrm{sen}\,\omega\ t$$

Potencia Instantánea y Potencia Activa

- **POTENCIA INSTANTÁNEA**

$$p = 2.\, U.\, I\, [\text{sen}^2\, \omega\, t.\ \cos\varphi + \text{sen}\, \omega t . \cos \omega t .\ \text{sen}\, \varphi]$$

siendo:

$$\text{sen}^2\, \omega\, t = \frac{1 - \cos 2\, \omega\, t}{2}$$

$$\text{sen}\, \omega\, t.\ \cos \omega\, t = \frac{\text{sen}\ 2\, \omega\, t}{2}$$

$$p = U\, .\, I\, .\ [\cos\varphi - \cos 2\, \omega t . \cos\varphi + \text{sen}\ 2\, \omega\, t . \text{sen}\, \varphi] \qquad \textbf{(A)}$$

$$\boxed{p = U\, .\, I\, .\ \cos\varphi - U\, .\, I\, .\ \cos\,(2\, \omega\, t + \varphi)}$$

Potencia Instantánea y Potencia Activa

- **POTENCIA INSTANTÁNEA**

- Cuando es (+) el circuito absorbe energía del generador.

- Cuando es (-), el circuito entrega energía al generador.

- Su expresión muestra valores muy relativos.

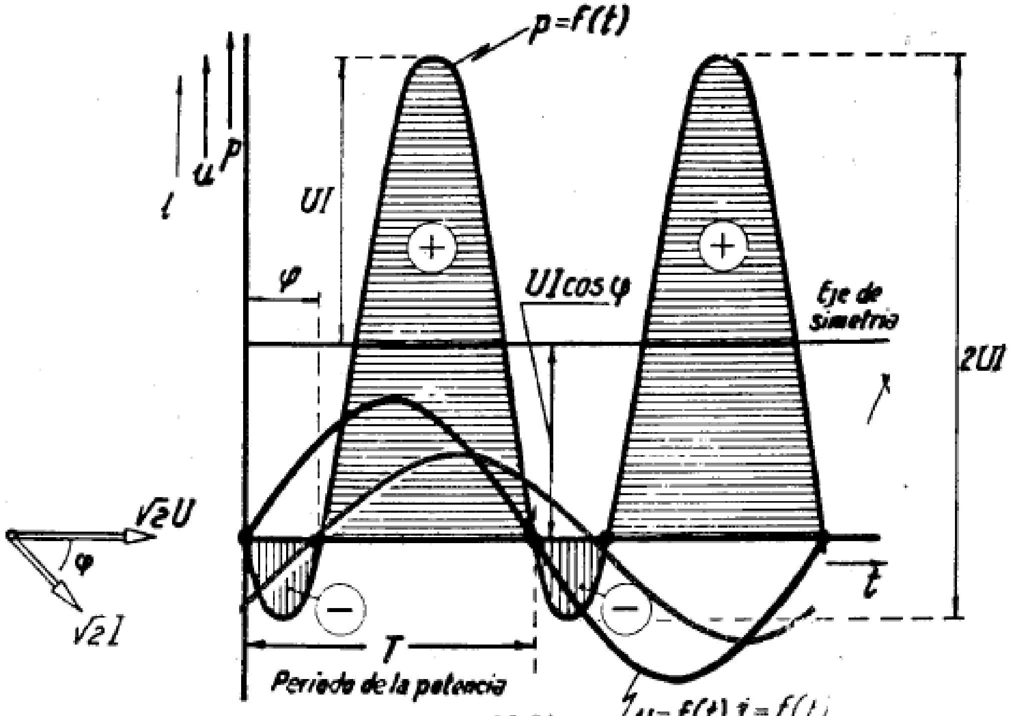


Fig. 05-01

Potencia Instantánea y Potencia Activa

- *POTENCIA MEDIA o POTENCIA ACTIVA*

- Es el balance entre lo que entra y sale de un circuito. Es el valor medio de la potencia instantánea:

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p\,dt = \frac{1}{T} U \, . \, I \, . \int_0^T [\cos\varphi - \cos(2\,\omega t + \varphi)]\,dt$$

$$P = U \, . \, I \, . \, \cos\varphi$$

$\boxed{\cos\varphi}$ *factor de potencia*

(*U* e *I* en valores eficaces)

- Es la potencia que puede transformarse en alguna forma útil.

- Se mide en vatios [W] $10^3\ W = 1\ kW$ (kilowatt)

Potencia Reactiva y Potencia Aparente

- **POTENCIA REACTIVA**

  - Es la que se necesita para crear los campos magnéticos de las bobinas y los campos eléctricos de los capacitores, y que es restituida por los mismos al generador.

  - Componente que no produce trabajo ni otra forma útil de energía, pero juega un vaivén entre la carga y el generador.

  - Está dada por: $Q = U.I.sen\varphi$

  - Se mide en “Voltamperios reactivos” [VAR]

$$10^3\ VAR = 1kVAR\ (kiloVolt\ Amper\ \mathrm{Re}\,activo)$$

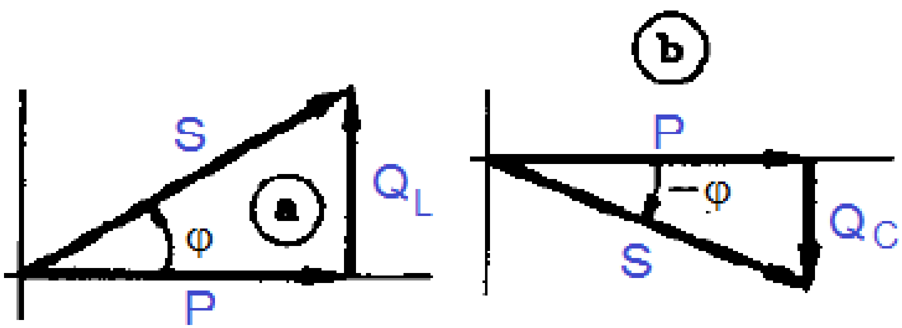
Potencia Reactiva y Potencia Aparente

- **POTENCIA APARENTE**
- No es una potencia en sentido estricto, es una definición. Se emplea para dimensionar máquinas y aparatos eléctricos (da idea de su capacidad máxima).

- Está dada por: $S = U.I$ $\qquad 10^3\,VA = 1kVA \quad (kilovoltamper)$

- Se mide en "Volt Aamperios" [VA] $A = \pi r^2$ $\quad P = S.\cos\varphi \quad Q = S.sen\varphi$

$$S^2 = P^2 + Q^2 \qquad \frac{Q}{P} = tg\,\varphi$$



$$S = U.e^{j0} I.e^{j\varphi} = \mathrm{U.I.}(\cos\varphi + jsen\varphi)$$
$$S = \mathrm{U.I.}\cos\varphi + jU.I.sen\varphi)$$
$$S = P + jQ$$

Triángulo de potencias de un circuito serie RLC:
(a) Predominio inductivo; (b) Predominio capacitivo.

Factor de potencia

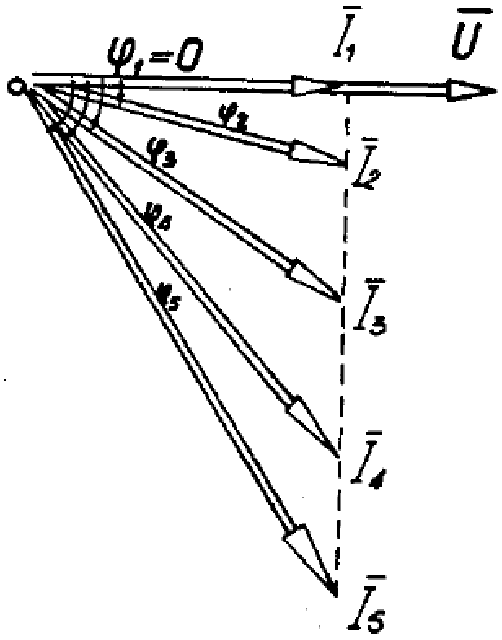
- **Coseno del ángulo de desfase entre tensión e intensidad.**

  Factor de Potencia = cosφ

- De gran importancia en instalaciones de corriente alterna.

- Está determinado por el balance general de resistencias y reactancias de una instalación, y que constituyen la carga.

- Problema:



$$P = U\,I_1 \cos\varphi_1 = U\,I_2 \cos\varphi_2 = U\,I_3 \cos\varphi_3 =$$
$$= U\,I_4 \cos\varphi_4 = U\,I_5 \cos\varphi_5 = \text{cte.}$$

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = \frac{\text{Constante}}{\cos\varphi}$$

Triángulo de Potencias

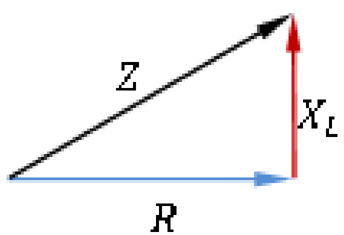
Surge de multiplicar el triángulo de impedancias por la intensidad al cuadrado.

$$P = R \cdot I^2 = U \cdot I \cdot \cos\varphi \qquad [W]$$

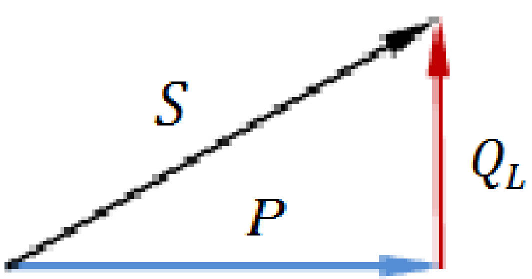
$$Q = X \cdot I^2 = U \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi \qquad [VAr]$$

$$S = Z \cdot I^2 = U \cdot I \qquad [VA]$$

Ejemplo:

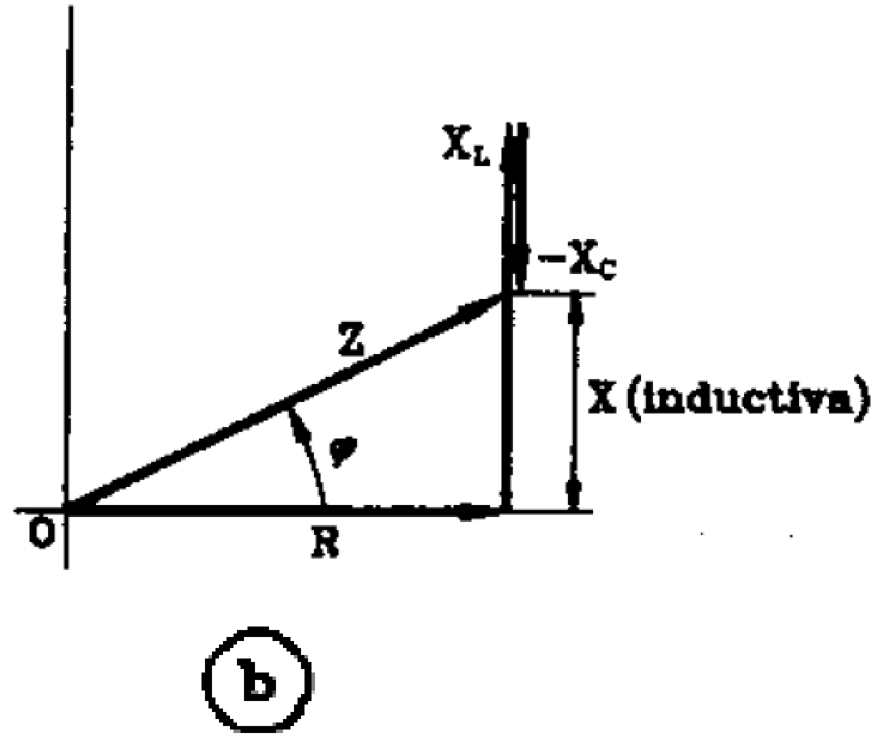


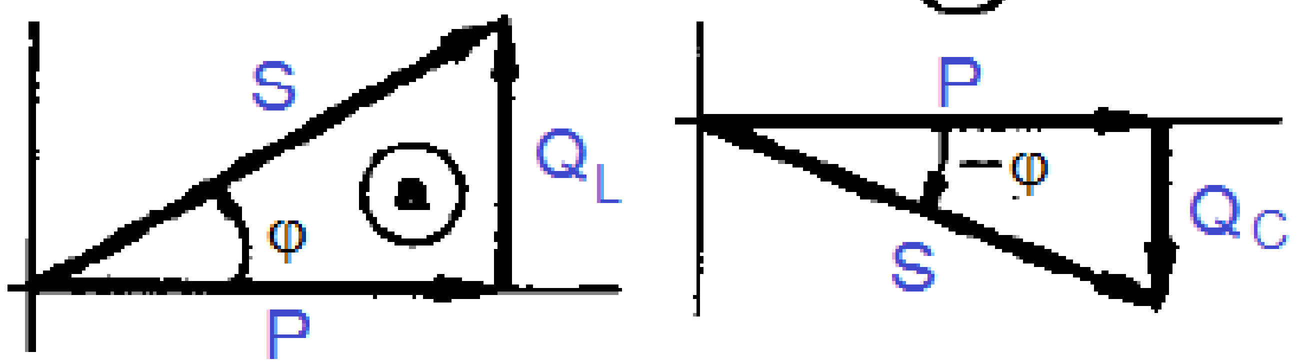
$$\cdot \; I^2$$



Potencia en circuito R-L

Circuito RLC





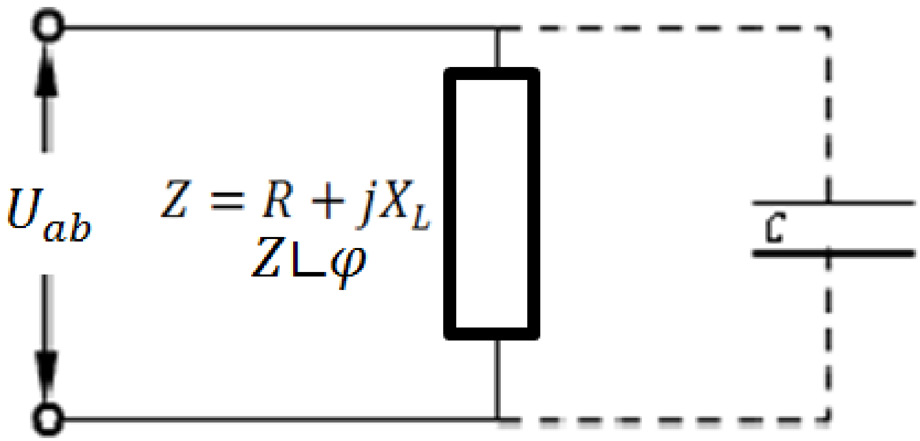
Triángulo de potencias de un circuito serie RLC:
(a) Predominio inductivo; (b) Predominio capacitivo.

Corrección del factor de potencia

- Por un criterio económico, para una misma potencia útil o activa, nos interesa que el factor de potencia sea lo más próximo a la unidad.

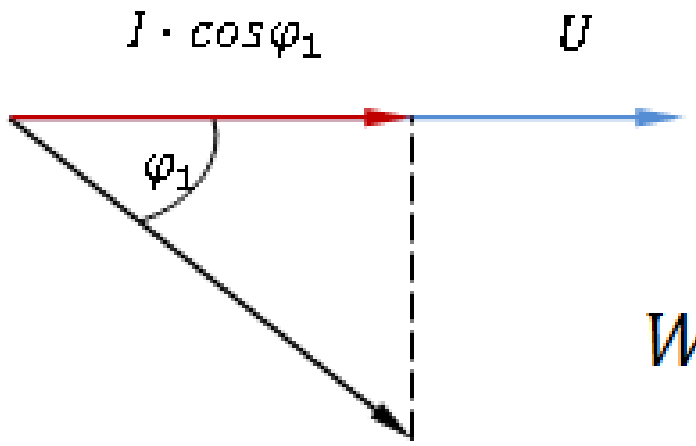
- Ello se logra mediante la instalación de condensadores en paralelo con la carga.

- La empresa distribuidora restringe a ciertos parámetros de potencia reactiva, para lo cual obliga a corregir el factor de potencia con una batería de capacitores.



Corrección del factor de potencia

•φ_1 **inicial**. Como usuarios, estamos consumiendo *I* pero estamos ***pagando su proyección sobre la tensión***:



$$P = U \cdot I \cdot cos\varphi_1 \quad [kW]$$

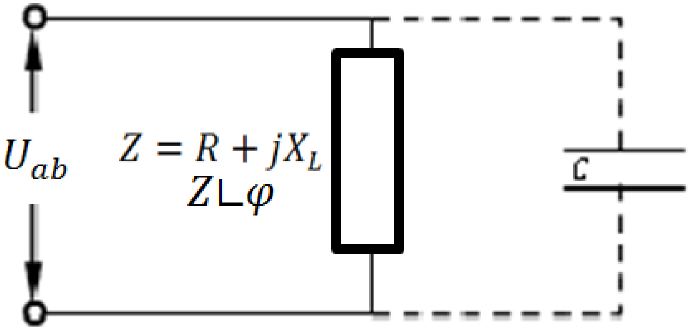
$$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot cos\varphi_1 \cdot t \quad [kWh]$$

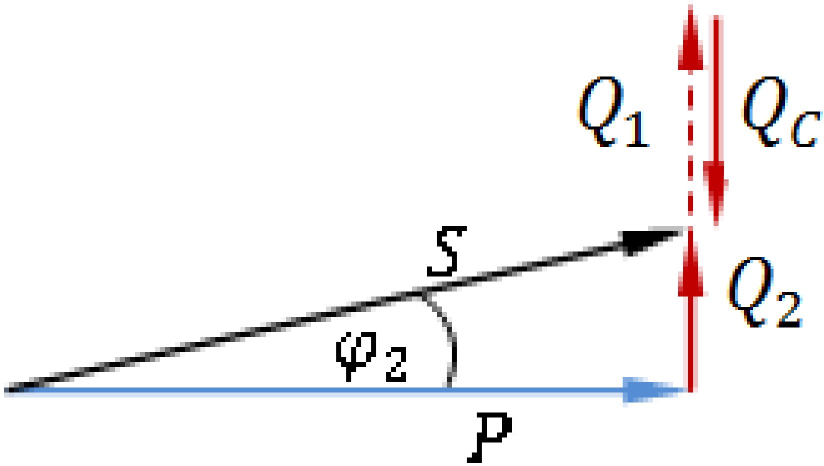
• **Inconvenientes:** una I tan desfasada ocupa conductores de gran sección y provoca caídas de tensión y potencia:

$$\Delta U = R_L \cdot I \qquad \Delta P_L = R_L \cdot I^2$$

Corrección del factor de potencia

- **Solución:** conectar en paralelo una *batería de* **capacitores.**





$$Q_C = P(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

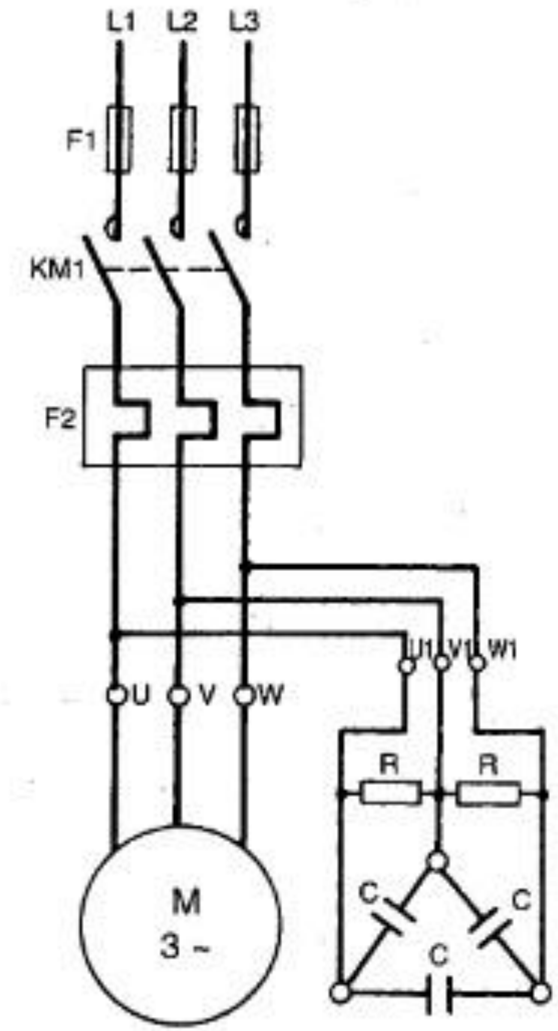
La potencia reactiva en capacitores necesaria

La capacidad necesaria es: $\boxed{C = \dfrac{P.(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)}{2.\pi.f.U^2}}$

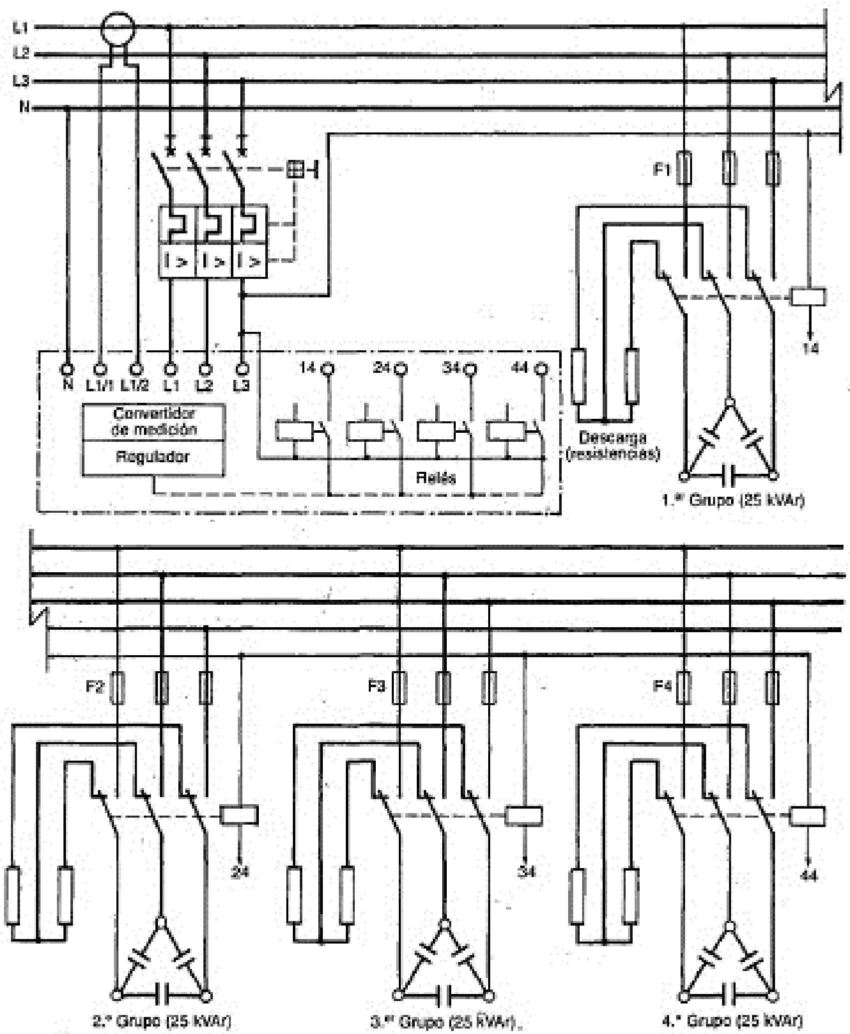
Factor de Potencia

APARATO ELÉCTRICO		cosφ	Ángulo φ
▪ Motor asincrónico ordinario con carga de:	0% (vacío).............	0,17	80°
	25%......................	0,55	56°
	50%......................	0,73	43°
	75%......................	0,80	37°
	100% (carga).........	0,85	32°
▪ Lámpara incandescente..	....	1	0°
▪ Lámparas fluorescentes...	....	0,5	60°
▪ Lámparas de descarga..	....	0,4 a 0,6	66° a 53°
▪ Lámparas LED..	....	0,5 a 0,9	60° a 26°
▪ Hornos de resistencia...	....	1	0°
▪ Hornos de inducción..	....	0,85	32°
▪ Hornos de calefacción eléctrica..	....	0,8 a 0,9	37° a 26°
▪ Máquinas de soldar por resistencia..	....	0,8 a 0,9	37° a 26°
▪ Centros estáticos monofásicos de soldadura al arco..............	....	0,5	60°
▪ Grupos rotativos de soldadura por arco..................................	....	0,7 a 0,9	45° a 26°
▪ Transformadores-rectificadores de soldadura al arco.............	....	0,7 a 0.9	45° a 26°
▪ Hornos al arco..	....	0,8	37°

Compensación Individual de un MTA



Compensación Centralizada del cosφ



Equipo de compensación de 100 kVAr dispuestos en grupos de 25 kVAr y que entrarán progresivamente en función de las necesidades del circuito. Lo mismo sucederá con la desconexión. Resulta muy importante que cuando se desconecten los condensadores éstos se descarguen para así evitar que en el momento de su nueva conexión estén parcialmente cargados, lo que podría dar lugar a picos de corriente importantes en el momento de la conexión.

ANEXO CIRCUITO RL

-
    - $u_{ab(t)} = R.I_{máx}.sen(wt) + x_L.I_{máx}.sen\left(wt + \frac{\pi}{2}\right)$ ***1***
- Y también la tensión en los bornes ab puede expresarse en función del tiempo y para un defasaje φ cualquiera dado por la carga RL, será:
- $u_{ab(t)} = U_{máx}.sen(wt + \varphi) = U_{máx}.sen(wt).cos\varphi + U_{máx}.sen\varphi.cos(wt)$ ***2***
- Comparamos la ***1*** y ***2,*** se tiene:
- $U_{máx}.cos\varphi = R.I_{máx}$ ***3***
- $U_{máx}.sen\varphi = x_L.I_{máx}$ ***4***
- Elevando al cuadrado ***3*** y ***4*** y sumando, tenemos:

ANEXO RLVOLVER A RL

- $U_{máx}^2 = (R^2 + X_L^2).I_{máx}^2$
- $U_{máx} = \sqrt{(R^2 + X_L^2)}.I_{máx}$
- $Haciendo\ el\ cociente\ de\ 3\ y\ 4\ ;$
- $\frac{U_{máx}.sen\varphi}{U_{máx}.cos\varphi} = \frac{X_L.I_{máx}}{R.I_{máx}}; tg\varphi = \frac{X_L}{R}; \varphi = arctg\left(\frac{X_L}{R}\right)$
- Y en términos en función del tiempo, queda:
- $u_{ab(t)=}\sqrt{(R^2 + X_L^2)}.I_{máx}.sen(wt + arctg\frac{X_L}{R})$
- Volver a circuito RL

Demostración p_1

- $p_1 = U.I.cos\varphi.(1 - cos2wt)$
- $p_1 = U.I.cos\varphi.\dfrac{sen^2wt}{2};\ p_1 = \dfrac{U.I.}{2}cos\varphi.sen^2\,wt;$
- $U = \dfrac{U_{máx}}{\sqrt{2}};I = \dfrac{I_{máx}}{\sqrt{2}};p_1 = 2.\dfrac{U_{máx}.I_{máx}}{2}.cos\varphi.sen^2\,wt;$
- pero: $U_{máx} = R.I_{máx};p_1 = R.I_{máx}^2.cos\varphi.sen^2wt =$
- Siendo: $cos\varphi = 1; por\ tratrase\ de\ carga\ resistiva\ pura$
- $p_1 = R.i^2$
- Volver a