

# Energía y Telecomunicaciones

## Tema 2.2. Circuitos de corriente alterna. Material complementario



**Alberto Arroyo Gutiérrez**  
**Mario Mañana Canteli**  
**Raquel Martínez Torre**  
**Jesús Mirapeix Serrano**  
**Cándido Capellán Villacián**

Departamento de Ingeniería Eléctrica  
y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## 1.1. Representación instantánea de señales sinusoidales:

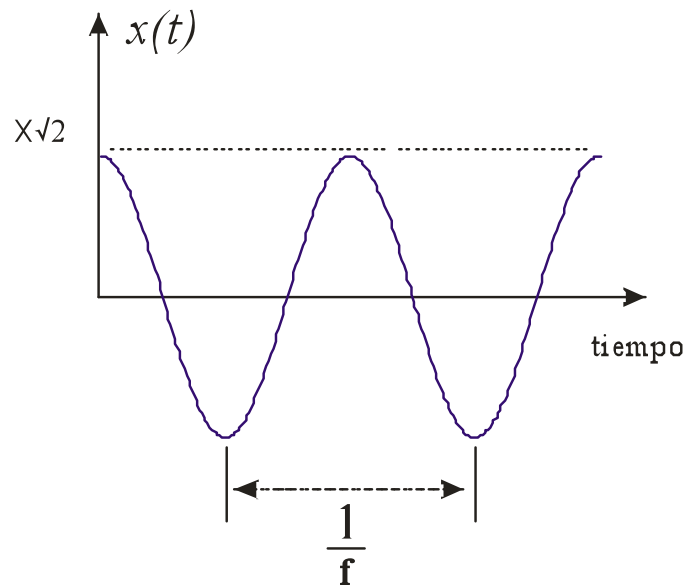
$$x(t) = X\sqrt{2} \cos(2\pi ft + \varphi_0)$$

**$x(t)$** : valor instantáneo de la tensión o intensidad.

**$X$** : valor eficaz de la tensión o intensidad.

**$f$** : frecuencia de la tensión o intensidad.

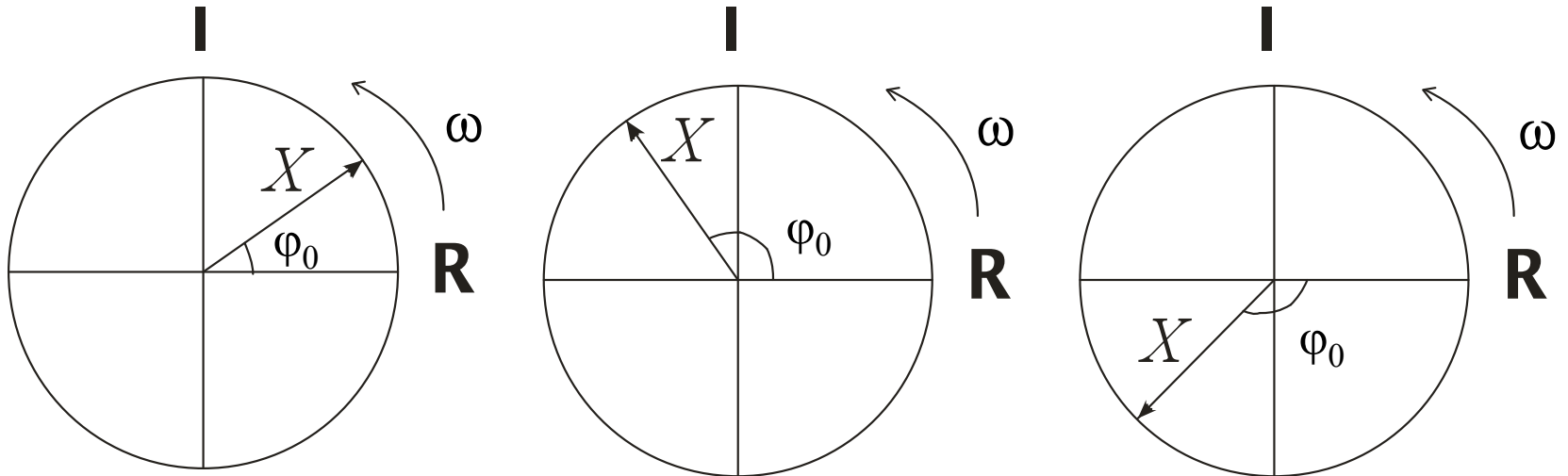
**$\varphi$** : fase inicial en el instante  $t = 0$ .



## Parámetros equivalentes de la señal en el dominio temporal

Parámetro	Formulación
Valor medio $x_{\text{medio}}$	$x_{\text{medio}} = \frac{1}{T} \int_T x(t) dt$
Valor eficaz $x_{\text{rms}}$	$x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T x^2(t) dt}$
Valor de pico $x_p$	$x_p = \max \{x(t)\}$
Valor de pico a pico $x_{pp}$	$x_{pp} = \max \{x(t)\} - \min \{x(t)\}$
Factor de pico o cresta FC	$FC = \frac{x_p}{x_{\text{rms}}}$
Factor de forma FF	$FF = \frac{x_{\text{rms}}}{x_{\text{medio}}}$

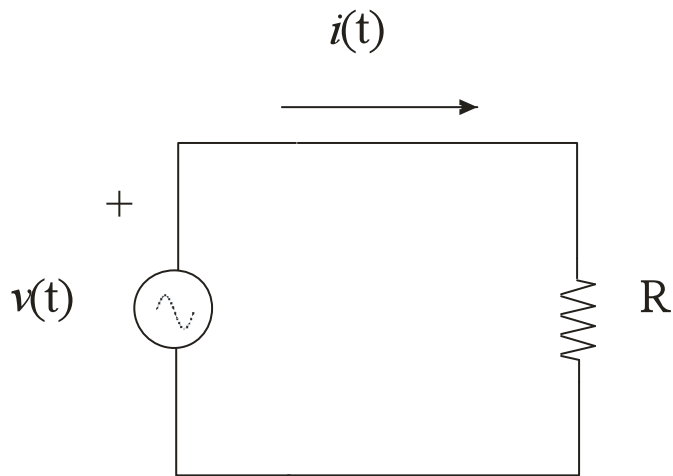
## 1.2. Representación fasorial:

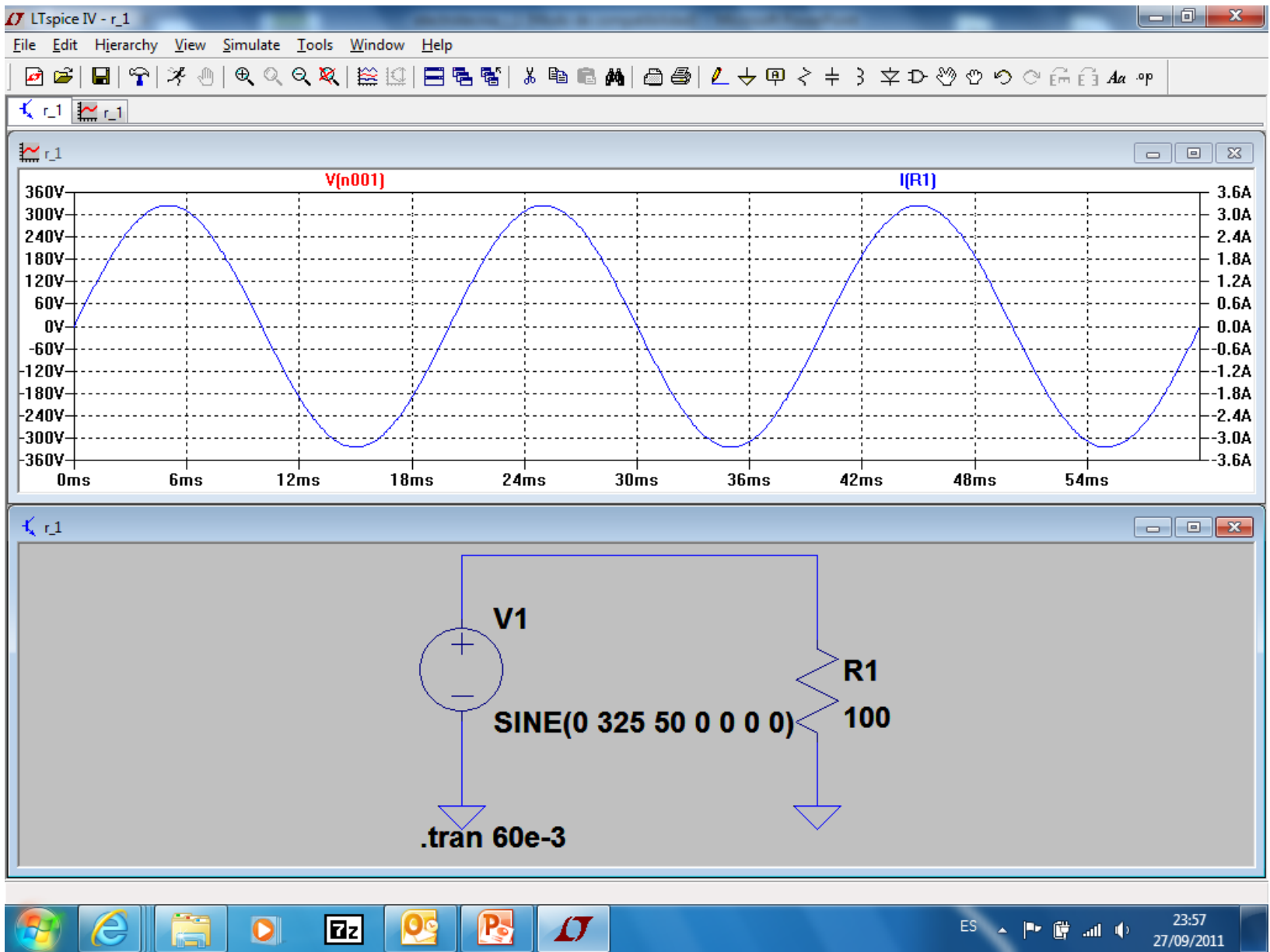


### 1.3. Representación fasorial de magnitudes que representan elementos pasivos:

Resistencias:

$$v(t) = Ri(t) \qquad \bar{V} = R\bar{I}$$

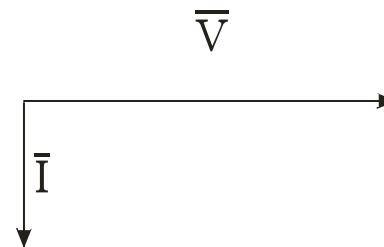
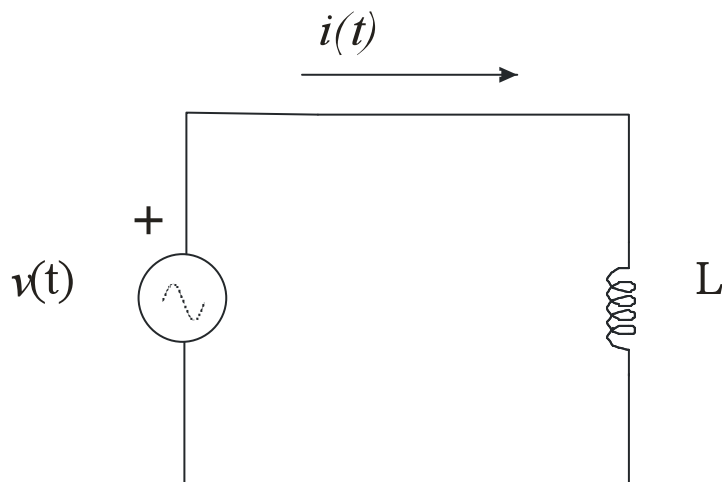




### 1.3. Representación fasorial de magnitudes que representan elementos pasivos:

Inductancias:

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} \qquad \bar{V} = j\omega L \bar{I}$$



LTspice IV - I\_1

File Edit Hierarchy View Simulate Tools Window Help

The plot shows two sinusoidal waveforms. The red waveform, labeled V(n001), represents the voltage across the inductor. The blue waveform, labeled I(L1), represents the current through the inductor. The voltage waveform has a peak amplitude of approximately 300V and a period of 6ms. The current waveform has a peak amplitude of approximately 6.3A and a period of 6ms. The two waveforms are out of phase by approximately 90 degrees.

The circuit diagram shows a voltage source V1 connected in series with an inductor L1. The voltage source is defined by the command SINE(0 325 50 0 0 0 0). The inductor is defined by the command L1 0.318. The simulation command is .tran 60e-3.

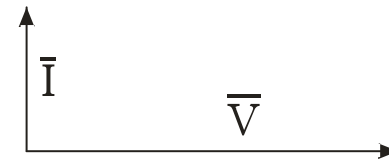
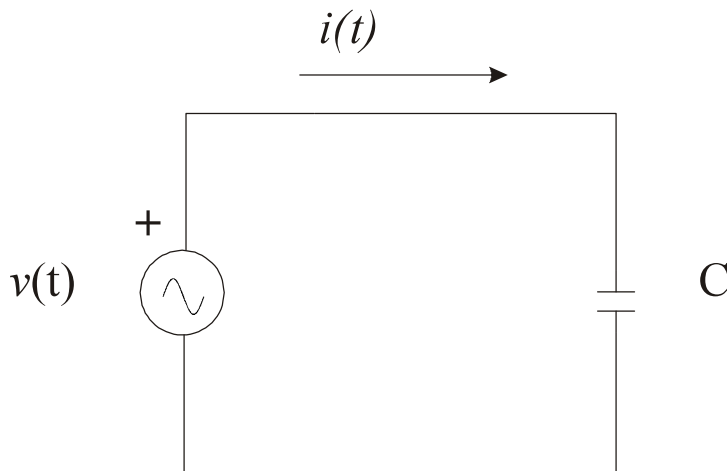
ES 23:55 27/09/2011



### 1.3. Representación fasorial de magnitudes que representan elementos pasivos:

Capacidades:

$$v(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt \qquad \bar{V} = \frac{1}{j\omega C} \bar{I}$$



LTspice IV - c\_1

File Edit Hierarchy View Simulate Tools Window Help

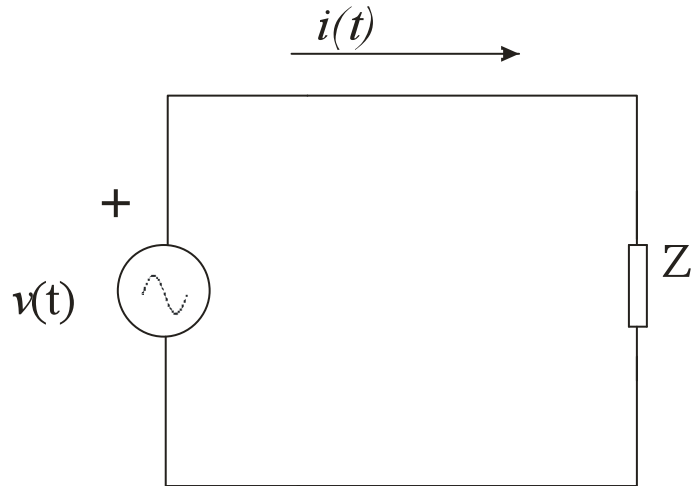
The top window shows a plot of two signals over time. The x-axis represents time in milliseconds (ms), ranging from 0ms to 54ms with major ticks every 6ms. The left y-axis represents voltage in Volts (V), ranging from -360V to 360V with major ticks every 60V. The right y-axis represents current in Amperes (A), ranging from -3.6A to 3.6A with major ticks every 0.6A. The red curve, labeled V(n001), is a sine wave with an amplitude of approximately 300V. The blue curve, labeled I(C1), is a sine wave with an amplitude of approximately 3.0A. Both signals are in phase and have a period of 12ms.

The bottom window shows the circuit schematic. It consists of a voltage source V1 and a capacitor C1 connected in series. The voltage source V1 is represented by a circle with a plus sign at the top and a minus sign at the bottom. Below the source, the text "SINE(0 325 50 0 0 0 0)" is displayed. The capacitor C1 is represented by two parallel lines, with the text "C1" above it and "31.8μ" below it. Below the schematic, the text ".tran 60e-3" is displayed.

martes, 27 de septiembre de 2011

ES 23:58 27/09/2011

### 1.4. Potencias en corriente alterna sinusoidal monofásica:



$$v(t) = \sqrt{2}V \cos(\omega t)$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \cos(\omega t - \varphi)$$

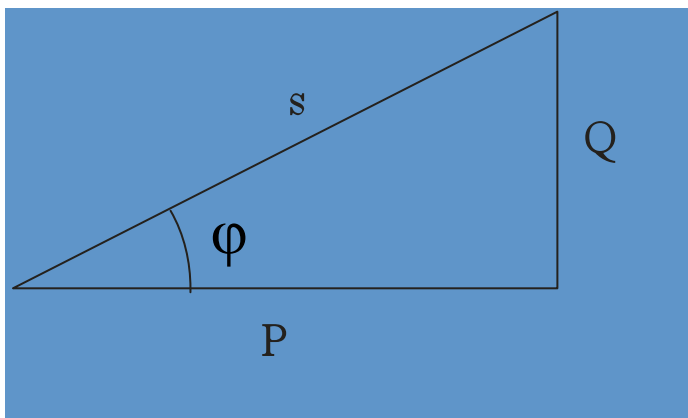
$$p_i(t) = v(t)i(t) = 2VI \cos(\omega t) \cos(\omega t - \varphi) = P(1 + \cos(2\omega t)) + Q(\sin(2\omega t))$$

## 1.4. Potencias en corriente alterna sinusoidal monofásica:

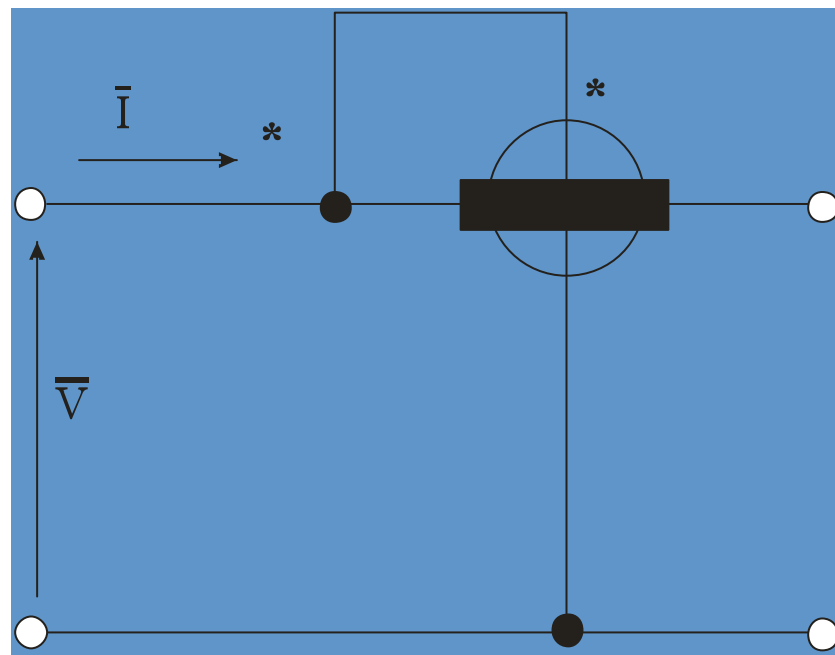
$P(1 + \cos(2\omega t))$  Potencia activa instantánea.

$Q \sin(2\omega t)$  Potencia reactiva instantánea.

$$P = VI \cos(\varphi) \quad Q = VI \sin(\varphi)$$



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

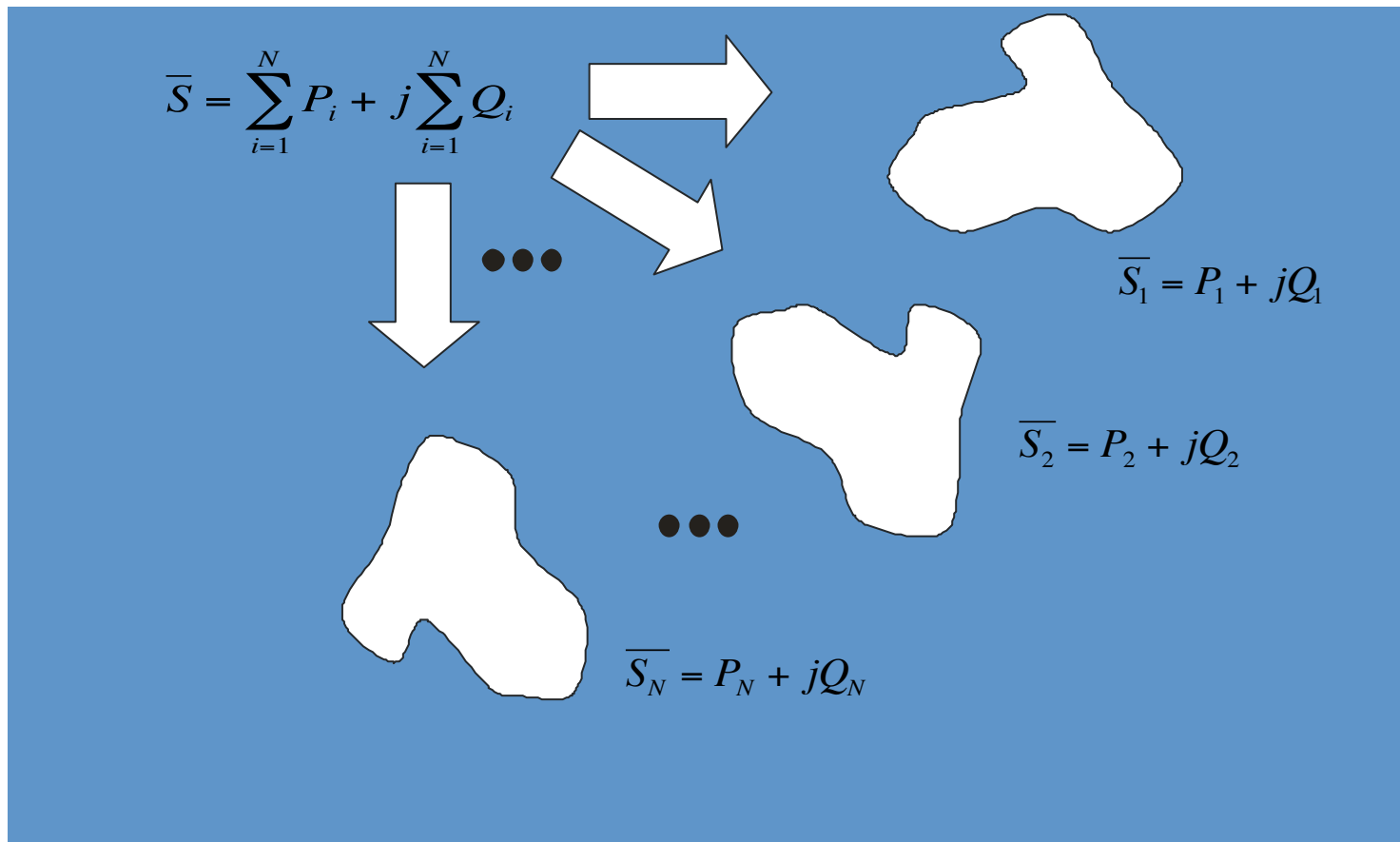


$$\bar{S} = \bar{V}\bar{I}^* = P + jQ$$

## 1.4. Potencias en corriente alterna sinusoidal monofásica:

Elemento	Potencia	Descripción
<b>R</b>	$\bar{S} = \bar{V}I^* = V_{\angle 0^\circ} I_{\angle 0^\circ} = VI_{\angle 0^\circ}$ $P = VI; Q = 0$	<p>Consume potencia activa. No consume ni genera potencia reactiva.</p>
<b>L</b>	$\bar{S} = \bar{V}I^* = V_{\angle 0^\circ} I_{\angle 90^\circ} = VI_{\angle 90^\circ}$ $P = 0; Q = VI$	<p>No consume potencia activa. Consume potencia reactiva.</p>
<b>C</b>	$\bar{S} = \bar{V}I^* = V_{\angle 0^\circ} I_{\angle -90^\circ} = VI_{\angle -90^\circ}$ $P = 0; Q = -VI$	<p>No consume potencia activa. Genera potencia reactiva.</p>

### 1.5. Teorema de Boucherot:



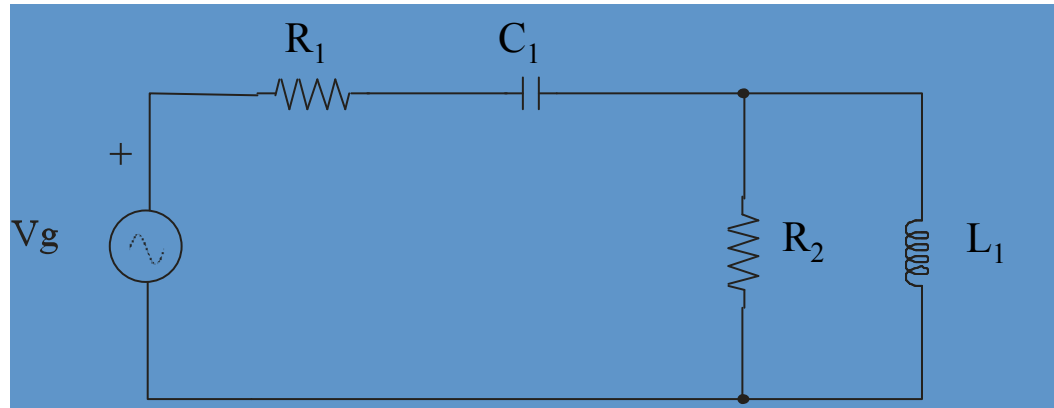
## 1.5. Teorema de Boucherot:

### Ejemplo 1.1:

Del circuito de la figura se sabe que las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  disipan una potencia de 100 y 200 W respectivamente. La inductancia  $L$  consume 50 var mientras que el condensador presenta un consumo de potencia de  $-50$  var.

#### - Se pide:

Determinar las potencias activa y reactiva puestas en juego por el generador que alimenta al circuito.

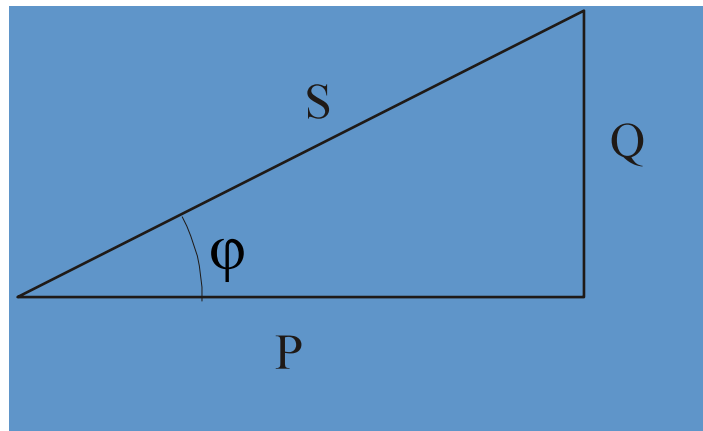


#### - Solución:

Aplicando el teorema de Boucherot, es posible obtener la potencia activa generada como:  $P = 100 + 200 = 300$  W;  $Q = 50 - 50$  var = 0 var;  $S = (300^2 + 0^2)^{1/2} = 300$  VA.

## 1.6. Factor de potencia:

Se define el factor de potencia (FP) de un circuito como el cociente entre las potencias activa y aparente consumidas. También se conoce al factor de potencia como  $\cos\varphi$ , ya que coincide con el coseno del ángulo que forma la hipotenusa del triángulo de potencias con la base:



$$FP = \cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$



## 1.6. Factor de potencia:

### Ejemplo 1.2:

De un circuito eléctrico pasivo se sabe que consume 100 W de potencia activa y 50 var de potencia reactiva. Obtener el valor del FP.

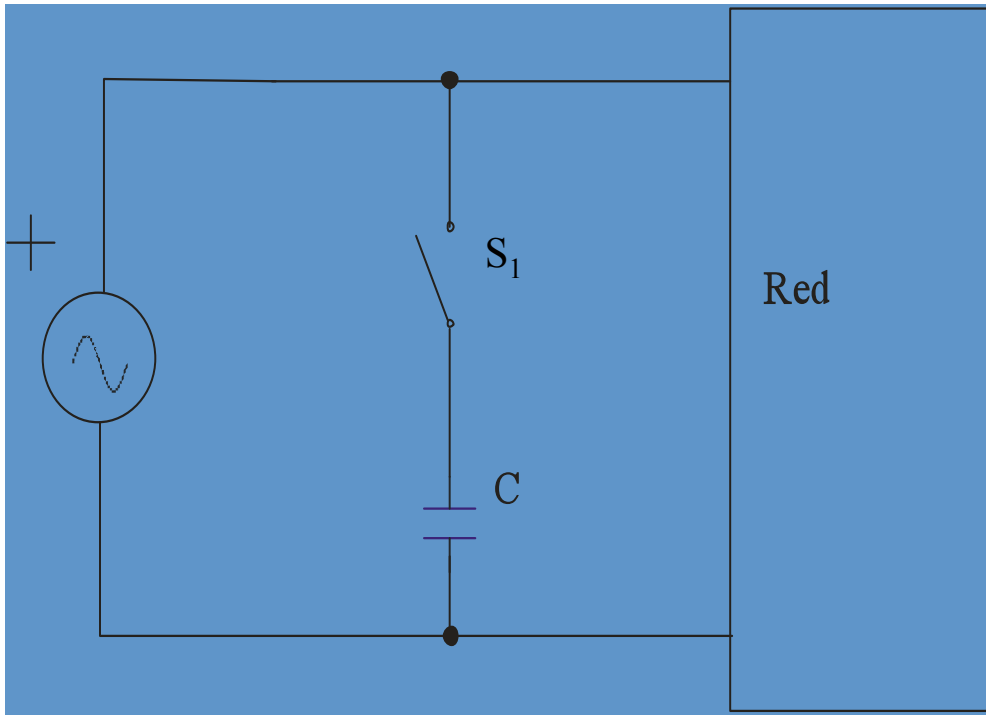
#### - Solución:

El factor de potencia FP será:

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{100}{\sqrt{100^2 + 50^2}} = 0,89$$

## 1.7. Mejora del factor de potencia:

La mejora del factor de potencia de un circuito o instalación consiste en añadir inductancias o capacidades de forma que se disminuya el consumo total de energía reactiva, aumentando así el FP.

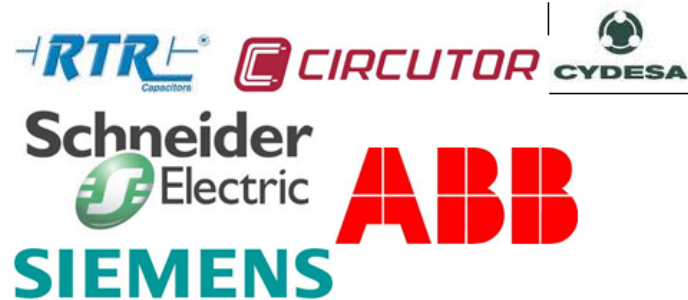


$$FP_{S_1,abierto} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$FP_{S_1,cerrado} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q + Q_c)^2}}$$

$$Q'_c = P \sqrt{\frac{1}{FP'^2} - 1} - Q$$

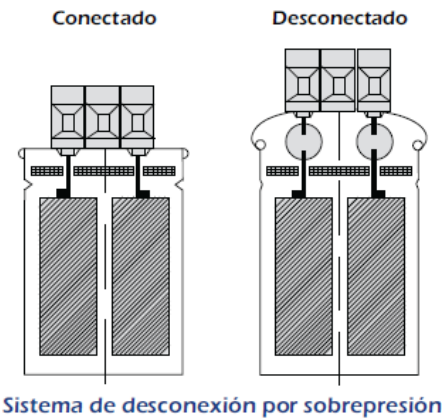
## 1.7. Mejora del factor de potencia:



## 1.7. Mejora del factor de potencia:

Serie MA/C/CE/TER

230/440/480/525, 50Hz



Potencia	Tensión	Dimensiones	P.V.P
<del>Kvar</del> <i>Kvar</i>	V.c.a	D x H (mm)	€/Und
2.5	230 V	70 x 215	82,00
5	230 V	85 x 215	151,00
7.5	230 V	100 x 215	221,00
10	230 V	100 x 300	272,00
12.5	230 V	120 x 300	284,50
15	230 V	120 x 300	339,00
20	230 V	136 x 300	373,00

## 1.7. Mejora del factor de potencia:

### Ejemplo 1.3:

Una instalación eléctrica monofásica de 230 V, 50 Hz, presenta un consumo de potencia activa y reactiva de 1 kW y 100 var respectivamente. Calcular el valor del condensador C que habría que conectar para conseguir un factor de potencia ideal.

#### - Solución:

Sabiendo que  $P = 1000$  W,  $Q = 100$  var,  $\omega = 2\pi f = 2\pi 50$  rd/seg,  $V = 230$  V, y  $FP' = 1$ , el valor del condensador C será:

$$C = \frac{100 - 1000 \sqrt{\frac{1}{1^2} - 1}}{2\pi \cdot 50 \cdot 230^2} = 6\mu F$$

## 1.8. Energía:

Se define la energía consumida durante un intervalo  $T_E$  como la integral de la potencia instantánea durante dicho intervalo  $T_E$ .

$$E_{ACTIVA} = \int_{T_E} P(t)dt \quad Wh$$

$$E_{REACTIVA} = \int_{T_E} Q(t)dt \quad var h$$

En términos geométricos, la energía puede definirse como el área bajo la curva definida por la potencia instantánea.

## 1.9. Introducción a las tarifas en régimen monofásico:

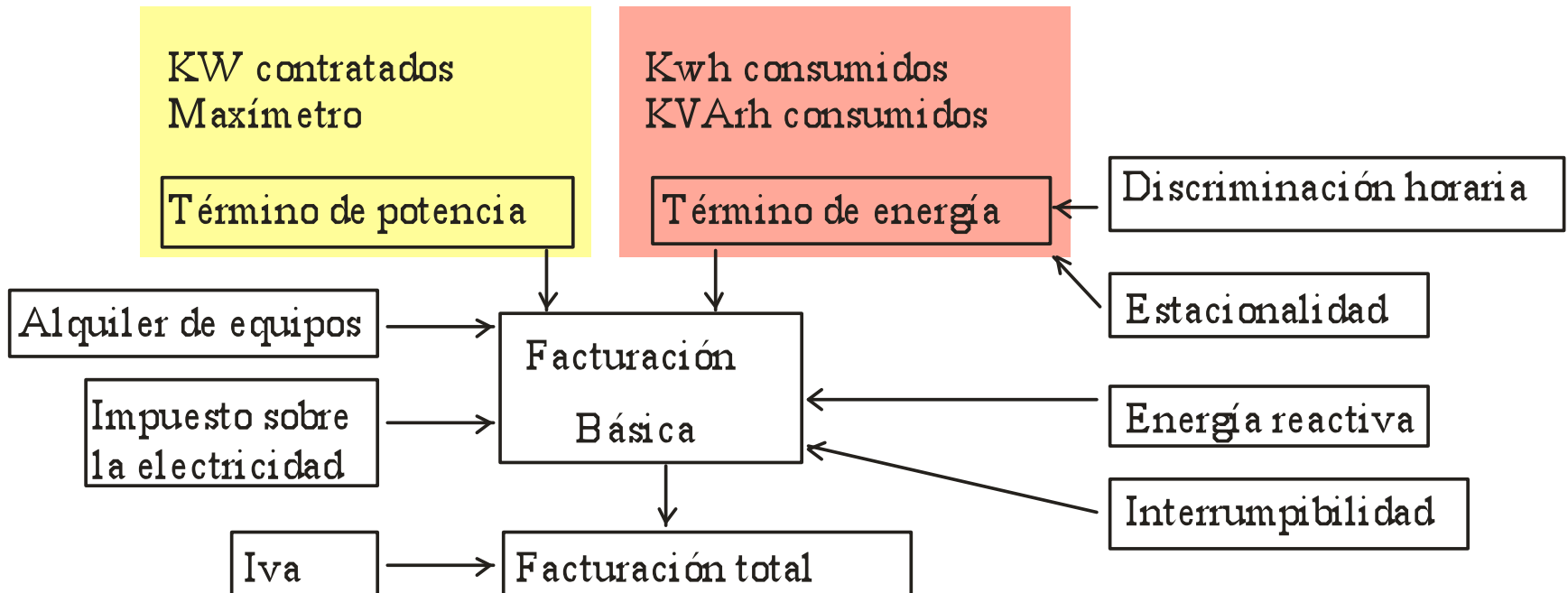
El tipo de tarifa que un usuario debe pagar a la compañía eléctrica distribuidora depende de distintos factores:

- Tipo de distribución: alta o baja tensión.
- Potencia instalada.
- Tipo de uso (general, alumbrado, riego agrícola, horarios, interrupción del servicio).
- Tipo de energía consumida: activa o reactiva.

Las tarifas eléctricas vigentes en España tienen una estructura binómica constituida por un término obtenido a partir de la potencia contratada y otro calculado según la energía consumida.

En los casos en los que proceda, se aplicarán complementos (descuentos o recargos) que dependerán de la discriminación horaria, el factor de potencia, la estacionabilidad y la interrumpibilidad.

## Estructura de las tarifas





## Suministro a tarifa. Tarifa PVPC

### - Sin discriminación horaria:

Tarifas de referencia para suministros de baja tensión hasta 10 kW con aplicación de TUR sin discriminación horaria	Término de potencia	Término de energía
	Tp: euros / kW día	Te: euros / kWh
Potencia < 10 kW, sin discriminación horaria (1)	0,115188	0,044027

### - Con discriminación horaria:

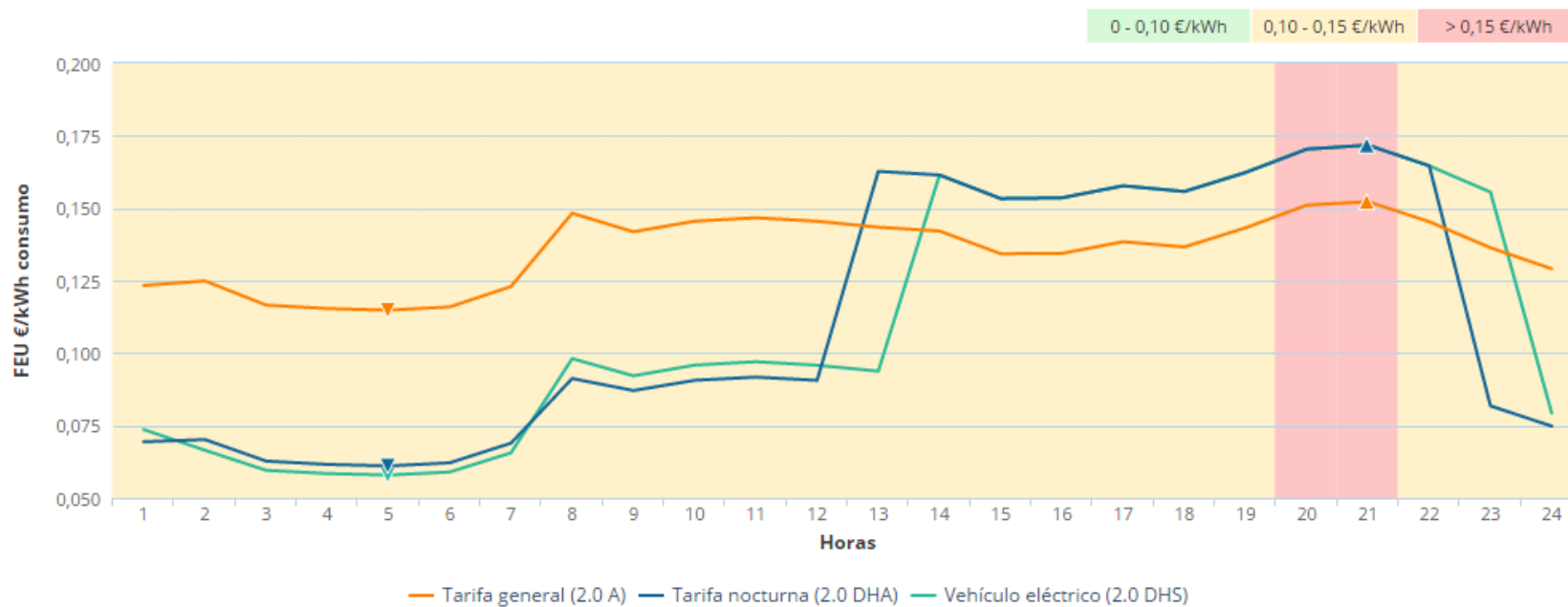
Tarifas de referencia para suministros de baja tensión hasta 10 kW con aplicación de TUR con discriminación horaria	Término de potencia	Término de energía P1	Término de energía P2	Término de energía P3
	Tp: euros / kW día	Te: euros / kWh	Te: euros / kWh	Te: euros / kWh
P1 y P2. Potencia < 10 kW	0,115188	0,062012	0,002215	-
P1, P2 y P3. Potencia < 10 kW	0,115188	0,062012	0,002878	0,000886

## Suministro a tarifa. Tarifa PVPC. Discriminación horaria

Periodo tarifario	Duración
P1	10 horas/día
P2	14 horas/día
P1	10 (punta) horas/día
P2	8 (valle) horas/día
P3	6 (supervalles) horas/día

Periodos 1 y 2				Periodos 1, 2 y 3		
Invierno		Verano		Invierno y verano		
P1	P2	P1	P2	P1	P2	P3
12-22	0-12	13-23	0-13	13-23	7-13	1-7
	22-24		23-24		23-1	

## Suministro a tarifa. Tarifa PVPC. Discriminación horaria



Fuente: [www.ree.es](http://www.ree.es)