



**ELECTROTECNIA DE CORRIENTE ALTERNA**

PLAN 2008

**COMPETENCIA GENERAL**

**COMPETENCIA GENERAL** Soluciona problemas de circuitos de corriente alterna monofásicos y trifásicos, de acuerdo a los conceptos, principios y leyes de la corriente alterna para aplicarlos en situaciones reales de circuitos eléctricos electrónicos

**COMPETENCIAS PARTICULARES**

**Competencia particular 1** Maneja las características de corriente alterna en los circuitos resistivos, capacitivos e inductivos, en condiciones reales e ideales, para aplicarlo en circuitos eléctricos monofásicos v trifásicos.

RAP 1: Determina las ecuaciones senoidales y su representación gráfica de tensión y corriente, para comprender las características de corriente alterna.

RAP 2: Maneja los números complejos en sus distintas representaciones para aplicarlos en circuitos eléctricos de C.A.

RAP 3: Determina las expresiones senoidales, fasoriales, impedancia, diferencia de fase, factor de potencia y potencia de circuitos resistivos, inductivos y capacitivos, en base a las condiciones ideales.

**Competencia particular 2** Resuelve problemas de circuitos eléctricos monofásicos de acuerdo a la combinación RLC, RL y RC, para comprender los sistemas eléctricos de C.A.

RAP 1: Determina analíticamente los parámetros de las funciones senoidales, diagrama fasorial, diagrama de impedancias, potencia y factor de potencia del circuito RLC, RL y RC en corriente alterna en base a un circuito serie.

RAP 2: Determina analíticamente los parámetros de las funciones senoidales, diagrama fasorial, diagrama de impedancias, potencia y factor de corriente alterna en base a un circuito paralelo.

RAP 3: Resuelve la corrección del factor de potencia de un circuito monofásico de acuerdo a la combinación RLC en serie o en paralelo para optimizar su funcionamiento.

**Competencia particular 3** Aplica la corrección del factor de potencia, de circuitos trifásicos con conexión estrella y delta balanceada para mejorar el consumo de energía eléctrica.

RAP 1: Determina analíticamente las expresiones senoidales y fasoriales en circuitos trifásicos, a partir de la generación.

RAP 2: Calcula la tensión de línea y tensión de fase de cada rama de la carga trifásica para su conexión delta y estrella.

RAP 3: Calcula la cantidad de KVAR's capacitivos necesarios para corregir el factor de potencia de una instalación industrial trifásica de acuerdo a condiciones reales de una instalación industrial propuesta.

**UNIDAD 1 DEL PROGRAMA:**

Competencia particular 1 Maneja las características de corriente alterna en los circuitos resistivos, capacitivos e inductivos, en condiciones reales e ideales, para aplicarlo en circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos

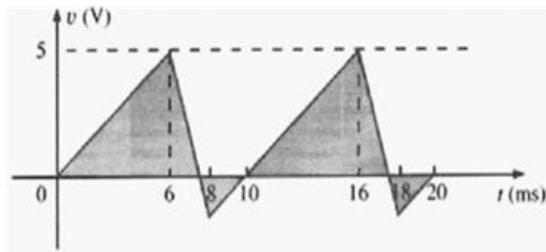
RAP 1: Determina las ecuaciones senoidales y su representación gráfica de tensión y corriente, para comprender las características de corriente alterna.  
 RAP 2: Maneja los números complejos en sus distintas representaciones para aplicarlos en circuitos eléctricos de C.A.  
 RAP 3: Determina las expresiones senoidales, fasoriales, impedancia, diferencia de fase, factor de potencia y potencia de circuitos resistivos, inductivos y capacitivos, en base a las condiciones ideales.

**CONTENIDO:**

**UNIDAD 1: FORMAS DE ONDA SENOIDALES ALTERNAS.**

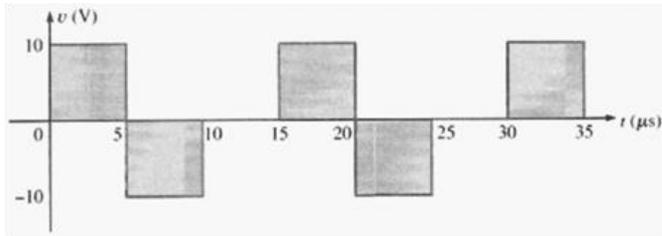
**1.1 CARACTERÍSTICAS Y DEFINICIONES DEL VOLTAJE SONOIDAL DE CA.**

- 1) Para la forma de onda periódica de la Figura 1:
  - a) Encuentre el periodo T.
  - b) ¿Cuántos ciclos se muestran?
  - c) ¿Cuál es la frecuencia?
  - d) Determine la amplitud positiva y el valor pico a pico (**¡piense!**).



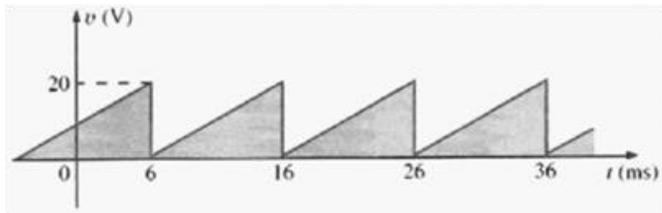
**Figura 1.** Problema 1.

2) Repita el problema 1 para la forma de onda periódica de la **Figura 2**.



**Figura 2.** Problemas 2 y 9.

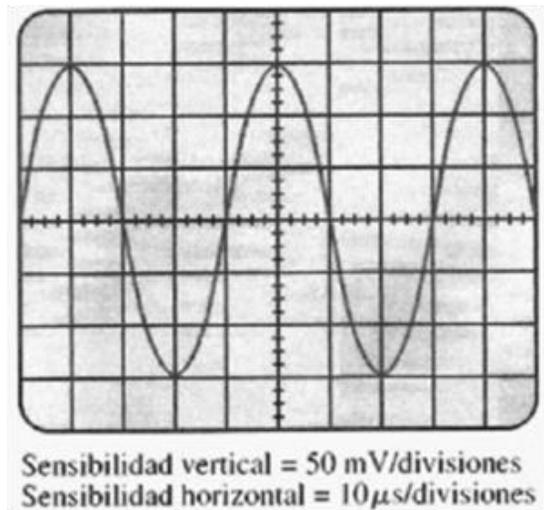
3) Determine el periodo y la frecuencia para la forma de onda de diente de sierra mostrada en la **Figura 3**.



**Figura 3.** Problema 3.

- 4) Encuentre el periodo de una forma de onda periódica cuya frecuencia es de:
  - a) 25 Hz.
  - b) 35 MHz.
  - c) 55 kHz.
  - d) 1 Hz.
  
- 5) Encuentre la frecuencia de una forma de onda repetitiva cuyo periodo es:
  - a) 1/60 s.
  - b) 0.01 s.
  - c) 34 ms.
  - d) 25 μs.
  
- 6) Encuentre el periodo de una forma de onda senoidal que completa 80 ciclos en 24 ms.

- 7) Si una forma de onda periódica tiene frecuencia de 20 Hz, ¿cuánto tiempo (en segundos) le tomará completar cinco ciclos?
- 8) ¿Cuál es la frecuencia de una forma de onda periódica que completa 42 ciclos en 6 segundos?
- 9) Trace una onda cuadrada periódica, como la que aparece en la figura 2, con frecuencia de 20,000 Hz y valor pico de 10 mV.
- 10) Para el patrón de osciloscopio de la **Figura 4**:
  - a) Determine la amplitud pico.
  - b) Encuentre el periodo.
  - c) Calcule la frecuencia.



**Figura 4.** Problema 10.

Trace de nuevo el patrón de osciloscopio si se añade un nivel de cd de +25 mV a la forma de onda de entrada.

## 1.2 LA ONDA SENOIDAL.



11) Convierta los siguientes grados a radianes:

- a)  $45^\circ$
- b)  $60^\circ$
- c)  $120^\circ$
- d)  $270^\circ$
- e)  $178^\circ$
- f)  $221^\circ$

12) Convierta los siguientes radianes a grados:

- a)  $\pi/4$
- b)  $\pi/6$
- c) —
- d) -
- e)  $3\pi$
- f)  $0.05 \pi$

13) Encuentre la velocidad angular de una forma de onda con periodo de:

- a) 2 s.
- b) 0.3 s.
- c) 4  $\mu$ s.
- d) - s.

14) Encuentre la velocidad angular de una forma de onda con frecuencia de:

- a) 50 Hz.
- b) 600 Hz.
- c) 2 kHz.
- d) 0.004 MHz.

15) Encuentre la frecuencia y el periodo de ondas senoidales que tengan velocidad angular de:

- a) 754 rad/s.
- b) 8.4 rad/s.
- c) 6000 rad/s.
- d) — rad/s.

- 16) Dado que \_\_\_\_\_, determine cuánto tiempo le tomará a la forma de onda senoidal recorrer un ángulo de  $45^\circ$ .
- 17) Si una forma de onda senoidal recorre un ángulo de  $30^\circ$  en 5 ms, determine la velocidad angular de la forma de onda.

### 1.3 FORMATO GENERAL PARA VOLTAJE Y LA CORRIENTE SENOIDALES.

- 18) Encuentre la amplitud y la frecuencia de las siguientes ondas:
- a)  $20 \text{ sen } 377t$
  - b)  $5 \text{ sen } 754t$
  - c)  $10^6 \text{ sen } 10,000t$
  - d)  $0.001 \text{ sen } 942t$
  - e)  $-7.6 \text{ sen } 43.6t$
  - f)  $- \text{ sen } 6.283t$
- 19) Trace  $5 \text{ sen } 754t$  con la abscisa el:
- a) Ángulo en grados.
  - b) Ángulo en radianes.
  - c) Tiempo en segundos.
- 20) Trace  $10^6 \text{ sen } 10,000t$  con la abscisa el:
- a) Ángulo en grados.
  - b) Ángulo en radianes.
  - c) Tiempo en segundos.
- 21) Trace  $-7.6 \text{ sen } 43.6t$  con la abscisa el:
- a) Ángulo en grados.
  - b) Ángulo en radianes.
  - c) Tiempo en segundos.
- 22) Si  $e = 300 \text{ sen } 157t$ , ¿cuánto tiempo ( en segundos) le tomará a esta forma de onda completar  $/2$  ciclo?
- 23) Dado que  $i = 0.5 \text{ sen } \alpha$ , determine  $i$  en  $\alpha = 72^\circ$ .
- 24) Dado que  $v = 20 \text{ sen } \alpha$ , determine  $v$  en  $\alpha = 1.2\pi$ .

25) Dado que  $v = 20 \times 10^{-3} \text{ sen } \alpha$ , determine los ángulos en que  $v$  será igual a 6 mV.

26) Si  $v = 40 \text{ V}$  en  $\alpha = 30^\circ$  y  $t = 1 \text{ ms}$ , determine la expresión matemática para el voltaje senoidal.

#### 1.4 RELACIONES DE FASE.

27) Trace  $\text{sen}(377t + 60^\circ)$  con la abscisa el:

- a) Ángulo en grados.
- b) Ángulo en radianes.
- c) Tiempo en segundos.

28) Trace las siguientes forma de ondas:

- a)  $50 \text{ sen}(\omega t + 0^\circ)$
- b)  $-20 \text{ sen}(\omega t + 2^\circ)$
- c)  $5 \text{ sen}(\omega t + 60^\circ)$
- d)  $4 \text{ cos } \omega t$
- e)  $2 \text{ cos}(\omega t + 10^\circ)$
- f)  $-5 \text{ cos}(\omega t + 20^\circ)$

29) Encuentre la relación de fase entre las formas de onda de cada conjunto:

- a)  $v = 4 \text{ sen}(\omega t + 50^\circ)$   
 $i = 6 \text{ sen}(\omega t + 0^\circ)$
- b)  $v = 25 \text{ sen}(\omega t - 80^\circ)$   
 $i = 5 \times 10^{-3} \text{ sen}(\omega t - 10^\circ)$
- c)  $v = 0.2 \text{ sen}(\omega t - 60^\circ)$   
 $i = 0.1 \text{ sen}(\omega t + 20^\circ)$
- d)  $v = 200 \text{ sen}(\omega t - 210^\circ)$   
 $i = 25 \text{ sen}(\omega t - 60^\circ)$

30) Repita el problema 29 para los siguientes conjuntos:

- a)  $v = 2 \text{ cos}(\omega t - 30^\circ)$   
 $i = 5 \text{ sen}(\omega t + 60^\circ)$
- b)  $v = -1 \text{ sen}(\omega t + 20^\circ)$   
 $i = 10 \text{ sen}(\omega t - 70^\circ)$

c)  $v = -4 \cos(\omega t + 90^\circ)$   
 $i = -2 \sin(\omega t + 10^\circ)$

31) Escriba la expresión analítica para las formas de onda de la **Figura 5** con el ángulo de fase en grados.

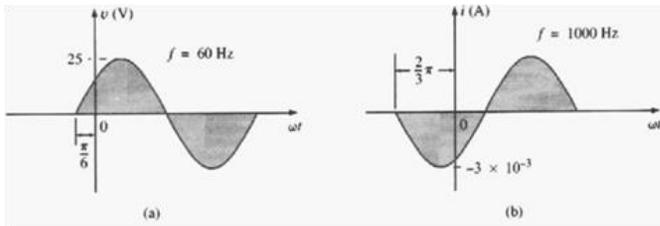


Figura 5. Problema 31.

32) Repita el problema 31 para las formas de onda de la **Figura 6**.

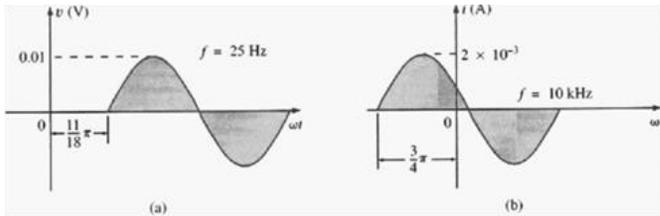
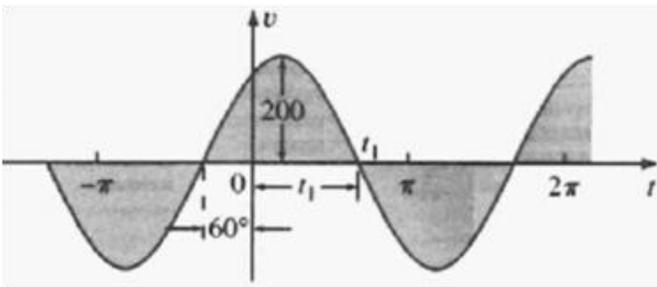


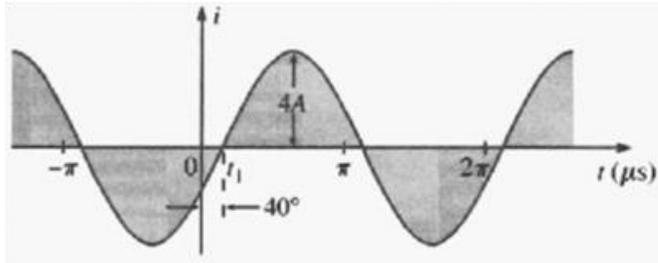
Figura 6. Problema 32.

33) El voltaje senoidal  $v = 200 \sin(2\pi 1000t + 60^\circ)$  se trazo en la **Figura 7**. Determine el tiempo  $t_1$ .



**Figura 7.** Problema 33.

34) La corriente senoidal  $i = 4 \text{ sen}(50,000t - 40^\circ)$  se trazo en la **Figura 8**. Determine el tiempo  $t_1$ .



**Figura 8.** Problema 34.

35) Determine el retraso de fase en milisegundos entre las siguientes dos formas de onda:

$$v = 60 \cos(1800t + 20^\circ)$$

$$i = 1.2 \text{ sen}(1800t - 20^\circ)$$

36) Para la imagen de osciloscopio de la **Figura 9**:

- Determine el periodo de cada forma de onda.
- Determine la frecuencia de cada forma de onda.
- Determine el desplazamiento de fase entre las dos formas de onda e identifique cuál se encuentra adelantada y cuál retrasada.

RAP 1: Determina las ecuaciones senoidales y su representación gráfica de tensión y corriente, para comprender las características de corriente alterna.

RAP 2: Maneja los números complejos en sus distintas representaciones para aplicarlos en circuitos eléctricos de C.A.

RAP 3: Determina las expresiones senoidales, fasoriales, impedancia, diferencia de fase, factor de potencia y potencia de circuitos resistivos, inductivos y capacitivos, en base a las condiciones ideales.

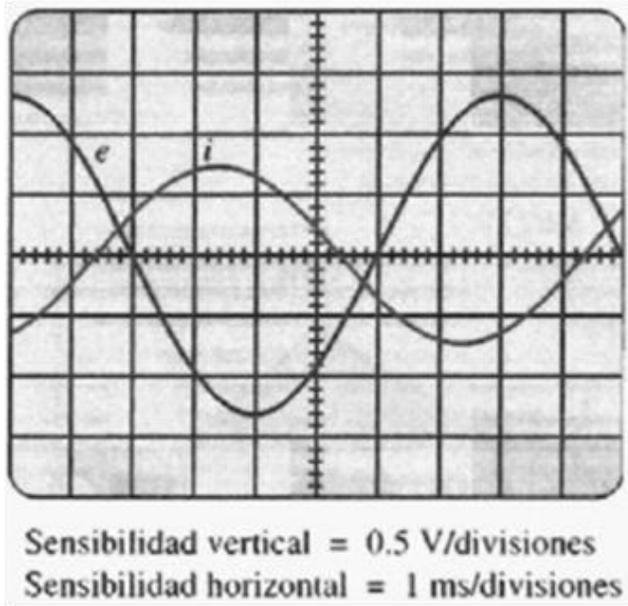


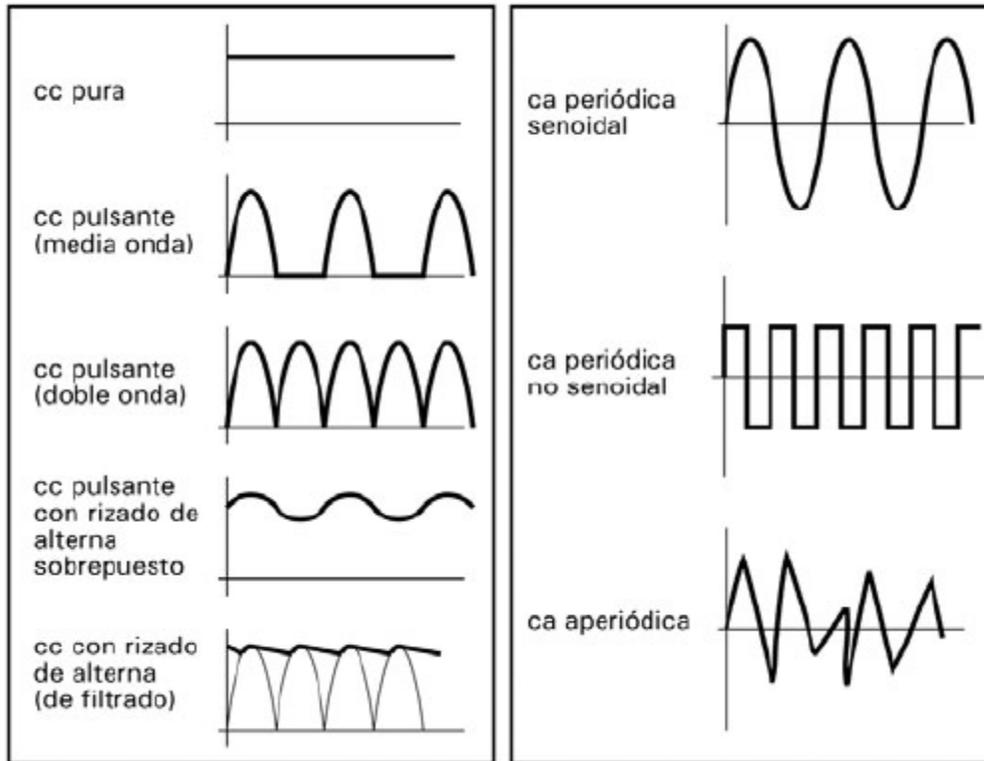
Figura 9. Problema 36.

### CIRCUITOS ELECTRICOS

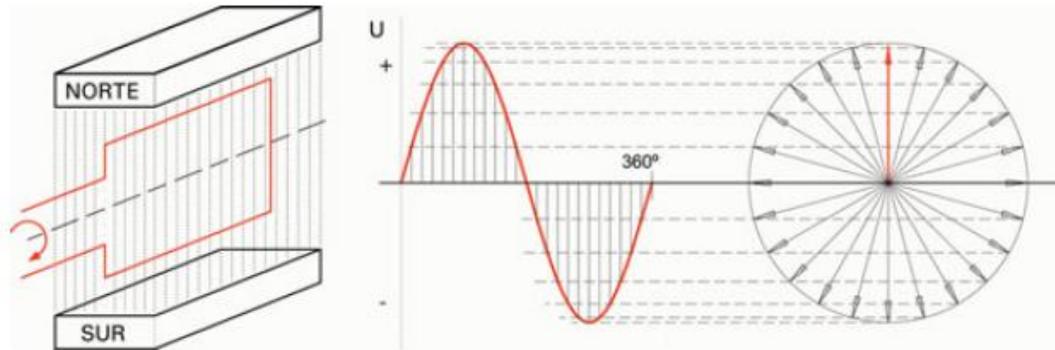
Un circuito eléctrico está formado por diferentes elementos que constituye el sistema eléctrico como generadores y receptores, que consta de fuentes de energía, elementos de control, protección, conductores y receptores.

Fuentes de energía:

Las fuentes de energía se pueden dividir de acuerdo a su forma y tipo en:



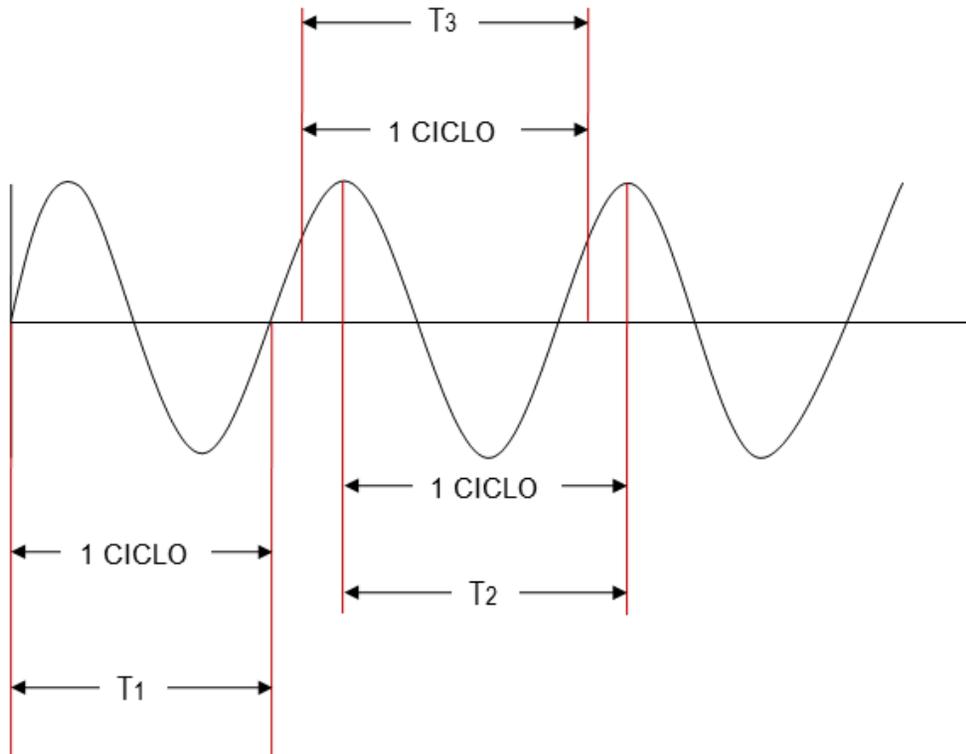
La fuente que genera la corriente eléctrica alterna son los generadores y lo hace girando una espira con velocidad angular constante dentro de un campo magnético uniforme de tal forma que el eje de giro sea perpendicular al campo y se produce en la bobina una "f.e.m." inducida alterna y senoidal.



Las magnitudes y valores de la C.A. senoidal son :

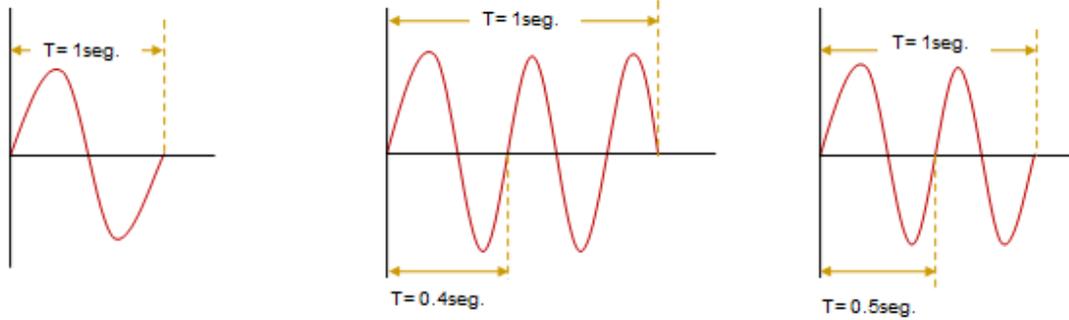
**CICLO**

Es la variación completa de la corriente de 0 a un valor máximo ( $E_m$ ) positivo y luego a 0, de este a un valor máximo ( $E_m$ ) negativo y de nuevo a 0.



**FRECUENCIA (f)**

Números de ciclos que se producen en un segundo. Su unidad es el Hertz (Hz) que equivale a un ciclo por segundo, se representa con la letra f.



### PERIODO (T)

Tiempo necesario para que un ciclo se repita. Se mide en segundos y se representa con la letra T. Frecuencia y periodo son dos valores inversos:

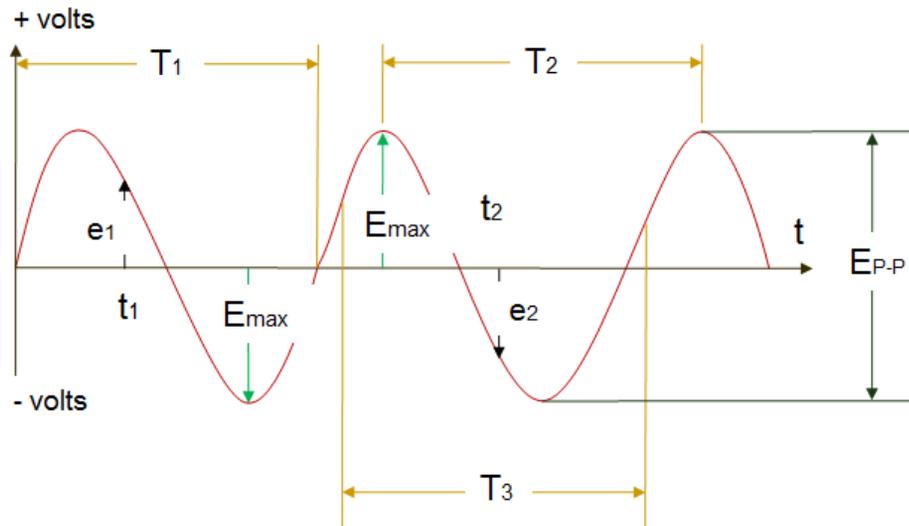
$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{1}{T}$$

### LONGITUD DE ONDA ( $\lambda$ )

Distancia (en línea recta) que puede recorrer la corriente en el tiempo que dura un ciclo completo. Es igual a la velocidad de la corriente entre la frecuencia:

\_\_\_\_\_

### VALORES FUNDAMENTALES



Los valores instantáneos que se manifiestan en la gráfica sinusoidal se deben de representar con letra minúsculas como el caso de la tensión ( $e$ ), y corriente ( $i$ ),

El valor máximo: corresponde al punto más alto de la gráfica y puede ser positivo o negativo y se expresa con la letra mayúscula con subíndice "max." Ejemplo  $E_{max}$ , ó  $I_{max}$

Es el promedio: de todos los valores instantáneos de medio ciclo. Es igual a 0.637 del valor máximo. Ejemplo: El valor medio para una tensión de 294 v será:

El valor eficaz: es el valor que indica un valor eléctrico que aparece en los instrumentos de medición también llamado Valor cuadrático medio (r.m.s)

El valor eficaz de una tensión ó corriente alterna es el que, en un circuito puramente resistivo, produce la misma cantidad de calor que la producida por una corriente continua del mismo valor. Por ejemplo una corriente alterna cuyo valor es 1 A, generará el mismo calor en una resistencia de  $10 \Omega$ , que el generado por una corriente continua de 1 A.

El valor eficaz es igual a la raíz cuadrada del valor medio de la suma de los cuadrados de los valores instantáneos de corriente o tensión de medio ciclo.

En función del valor pico el valor eficaz es 0.707 del valor pico, o bien podemos obtener el valor eficaz dividiendo el valor pico entre 1.4142.

Este es el valor más importante, ya que cuando se habla de valores de tensión y corriente, se está haciendo referencia al valor eficaz. Así cuando se habla de 120, 150, 208, 260, 380 ó 440 V (tensiones más usadas en nuestro medio) se hace referencia exclusivamente a valores eficaces.

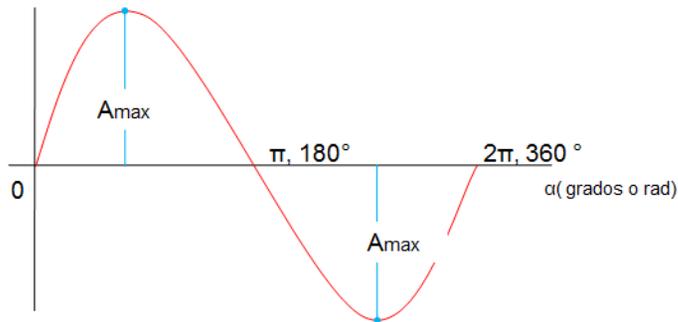
### FASE

Con una representación vectorial o cartesiana se puede considerar como fase a cada una de las posiciones que va ocupando un punto determinado a lo largo de su trayectoria circular o senoidal. Estas variaciones se dan en grados, por lo cual se denominan ángulos de fase.

La “fase” indica el punto de inicio de la senoide. Esto es, la fase indica el ángulo por el cual la senoide se encuentra “adelantada” o “atrasada” respecto al valor que tendría si hubiese iniciado en el tiempo  $t=0$ .

El formato matemático básico para la forma de onda senoidal es:

$A_{max} \text{ sen } \alpha \text{ o } A_{max} \text{ sen } \omega t$



Donde:

$A_{max}$ : Es el valor pico de la forma de onda

$\alpha$ : Es la unidad de medición para el eje horizontal.

$\alpha = \omega t$

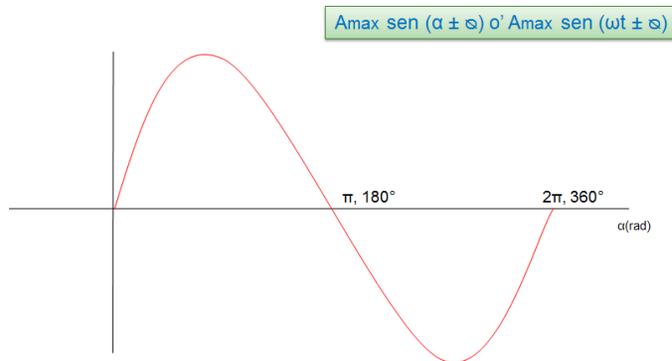
Para cantidades eléctricas como la corriente y el voltaje , el formato general es:

$$i = I_{max} \text{ sen } \omega t = I_{max} \text{ sen } \alpha \text{ (Amp)}$$

$$e = E_{max} \text{ sen } \omega t = E_{max} \text{ sen } \alpha \text{ (volts)}$$

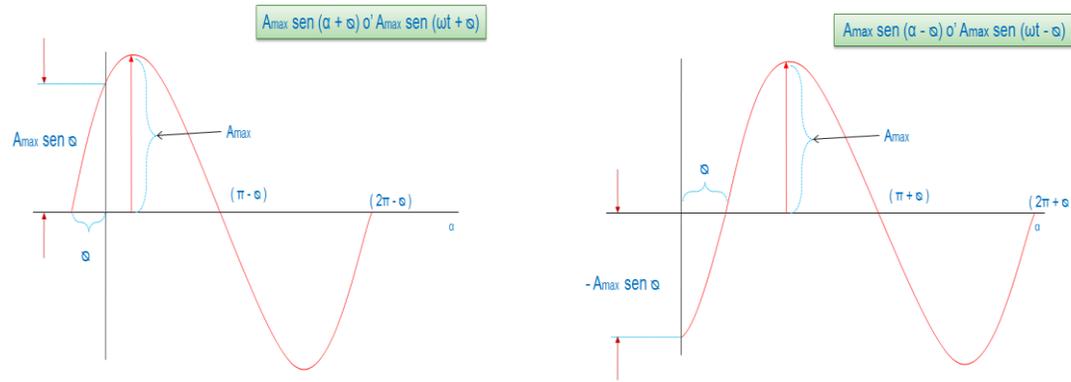
### DEFASAMIENTO

El desfase puede darse en tensiones y en corrientes, como también en una tensión con respecto a una corriente, depende del retraso o adelanto de una onda con respecto a otra o con el eje de referencia. Generalmente se mide en grados para una mayor

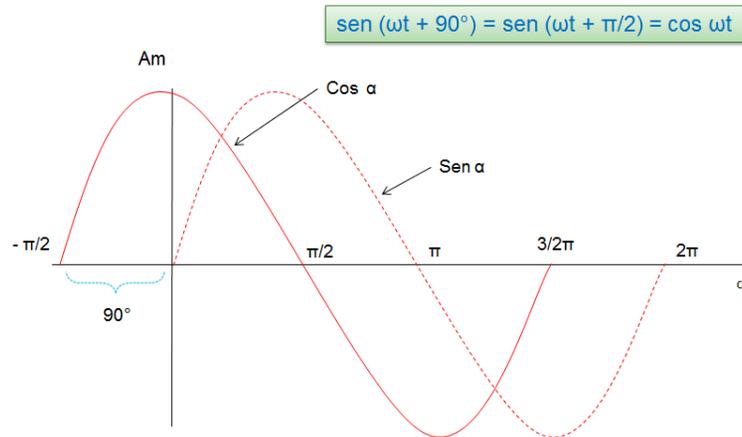


precisión.

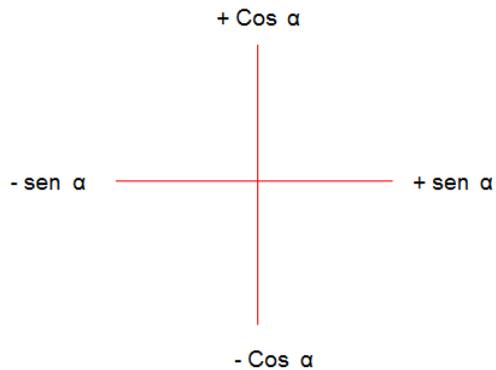
Estas ondas como se puede ver están defasadas con respecto a su eje de referencias una adelantada y la otra atrasada.



Aquí se presentan las dos curvas, una en fase y la otra defasada  $90^\circ$  una con respecto a la otra representada con su análisis matemático.

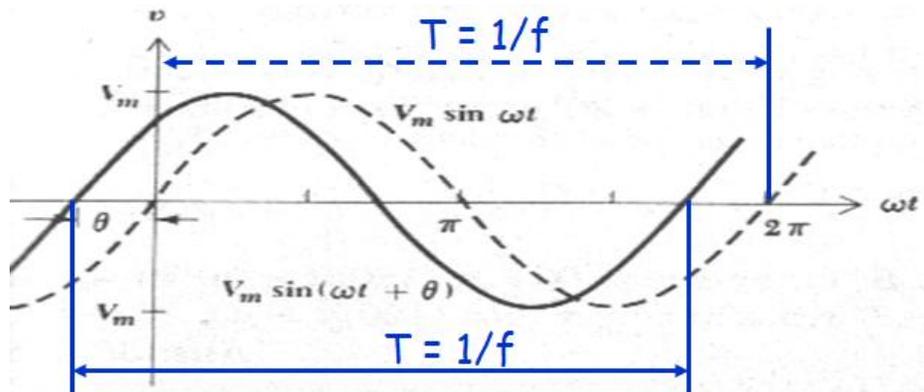


Se presenta algunas de las funciones trigonométricas que se utilizarán.



$\text{sen}(\omega t + 90^\circ) = \text{sen}(\omega t + \pi/2) = \text{cos } \omega t$   
 $\text{Cos } \alpha = \text{sen}(\alpha + 90^\circ)$   
 $\text{Sen } \alpha = \text{cos}(\alpha - 90^\circ)$   
 $-\text{Sen } \alpha = \text{sen}(\alpha \pm 180^\circ)$   
 $-\text{Cos } \alpha = \text{sen}(\alpha + 270^\circ) = \text{sen}(\alpha - 90^\circ)$

Ejemplo de desfaseamiento: En la figura se muestra la onda de voltaje representada por la línea sólida, “adelanta” en “ $\theta$ ” radianes a la representada por la línea punteada. En otras palabras, la función representada por la línea sólida inicia “ $\theta$ ” radianes o bien “ $\theta/\omega$ ” segundos antes que la representada por la línea punteada.



**EL CONCEPTO DE FASOR**

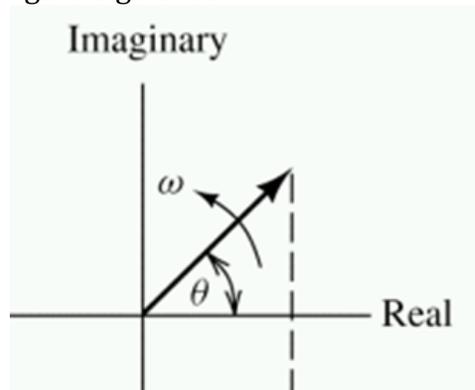
Es un número complejo que representa la amplitud y fase de una función sinusoidal [*The IEEE Dictionary, Ed. CRC. 2000*]. Utilizado para representar cantidades eléctricas, que inicialmente se denominaron vectores. Posteriormente cambiaron su nombre para evitar confusión con el concepto de vectores en el espacio.

Un fasor gira conforme pasa el tiempo y representa a una cantidad senoidal. Mientras que un vector permanece estacionario en el espacio.

En un fasor, el valor absoluto (modulo) del número complejo representa la amplitud máxima (valor pico) o el valor medio cuadrático (rms) de la cantidad. Mientras que su fase (argumento) representa el ángulo de fase en el tiempo  $t=0$ .

Representación Gráfica del Fasor.

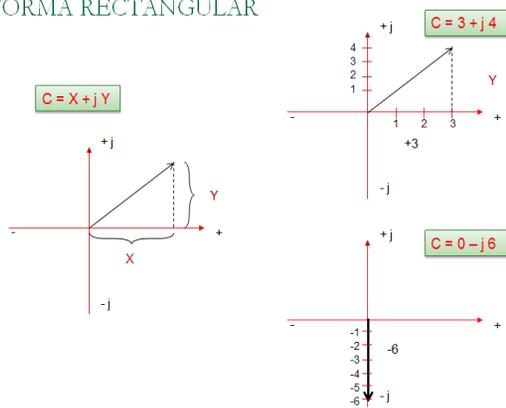
La representación gráfica del fasor de una cantidad eléctrica (**C**) es similar a la de un vector rotatorio como se muestra en la figura siguiente:



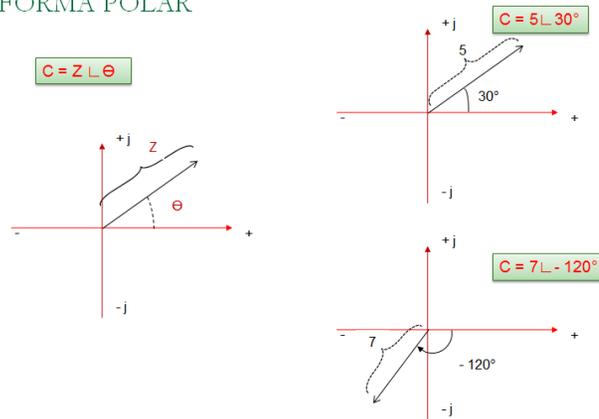
Un análisis tanto de voltajes como las corrientes se pueden representan usualmente en forma de fasor, En cualquiera de sus formas, siendo las más usadas la rectangular y polar, una cantidad eléctrica (**C**):

- Forma rectangular  $\mathbf{C} = R + jI$
- Forma polar  $\mathbf{C} = |Z| \angle +\phi$
- Forma exponencial  $\mathbf{C} = |Z| e^{j\theta}$
- En el dominio del tiempo  $\mathbf{C}(t) = C_{max} \text{ Sen } (\omega t + \phi)$

FORMA RECTANGULAR



FORMA POLAR



Determine su número complejo correspondiente, de la forma en el dominio del tiempo si la frecuencia angular  $\omega=100$ , rad/seg. Los siguientes ejemplos.

- a)  $20 \text{ sen}(100t + 60^\circ) \rightarrow \underline{20} \angle 60^\circ = 14.18 \angle 60^\circ$
- b)  $10 \text{ cos}(100t - 50^\circ) = 10 \text{ sen}(100t + 40^\circ) \rightarrow \underline{10} \angle 40^\circ = 7.09 \angle 40^\circ$
- c)  $\text{Sen}(100t - 15^\circ) \rightarrow \underline{1} \angle -15^\circ = 0.7 \angle -15^\circ$
- d)  $4 \text{ cos } 100t \rightarrow \underline{4} \angle 90^\circ = 2.83 \angle 90^\circ$

## CONVERSION ENTRE FORMAS

FORMA POLAR  
 $C = Z \angle \theta$

FORMA RECTANGULAR  
 $C = X + jY$

RECTANGULAR A POLAR  
 $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$   
 $\theta = \text{TAN}^{-1} Y / X$

POLAR A RECTANGULAR  
 $X = Z \cos \theta$   
 $Y = Z \sin \theta$

## OPERACIONES DE NÚMEROS COMPLEJOS

SUMA  
 $C1 + C2 = (\pm X1 \pm X2) + j (\pm Y1 \pm Y2)$

RESTA  
 $C1 - C2 = [\pm X1 - (\pm X2)] + j [\pm Y1 - (\pm Y2)]$

La suma o la resta no podrán realizarse en forma polar a menos que los números complejos tengan el mismo ángulo  $\theta$  o a menos que estos difieran solo por múltiplos de  $180^\circ$

MULTIPLICACION  
 $C1 \times C2 = ((X1)(X2) - (Y1)(Y2)) + j ((Y1)(X2) + (X1)(Y2))$   
 $C1 \times C2 = Z1 \times Z2 \angle \theta1 + \theta2$

RECTANGULAR  
POLAR

DIVISION

$$\frac{C1}{C2} = \frac{X1X2 + Y1Y2}{X_2^2 + Y_2^2} + j \frac{X2Y1 - X1Y2}{X_2^2 + Y_2^2}$$

RECTANGULAR

$$\frac{C1}{C2} = \frac{Z1}{Z2} \angle \theta1 - \theta2$$

POLAR

**Problemas complementarios**

**1. Exprese los complejos dados en su forma polar.**

- a)  $3 + 4j$
- b)  $5 - 3j$
- c)  $-2 - 8j$
- d)  $-1 + 2j$

**2. Exprese los complejos dados en su forma rectangular**

- a)  $10 \angle 53^\circ$
- b)  $4 \angle -35^\circ$



c)  $25 \angle 135^\circ$

d)  $8 \angle -105^\circ$

**3. Efectué las operaciones indicadas**

a)

b)  $5 \angle 45^\circ + 3 + 41 \angle -60^\circ$

c)  $(8 + 6j) (-2 + 4j)$

d)  $(3 + 2j) (1 - j) (3 + j)$

e)  $10 \angle 20^\circ \times (3 + 6j) \times 5$

f)  $\frac{3 \angle 15^\circ \times (4 + 2j)}{3 + 2j}$

g)  $\frac{(1 + j) \times 2 \angle -60^\circ}{4 \angle 30^\circ \times (2 + j)}$

h)  $\text{---} \times 10 \angle 120^\circ$

**4. Expresar en su forma general :  $A \sin (\omega t + \phi)$  las siguientes funciones senoidales:**

a)  $-25 \sin (314t - 60^\circ)$

b)  $10 \sin (-2000t + 15^\circ)$

c)  $8 \cos (628t + 30^\circ)$

**5. Encuentre el periodo, los ceros, máximos y mínimos de la función  $10 \sin (1000t + 30^\circ)$**

**6. Para las senoides dadas de una misma frecuencia angular  $\omega = 314$ , establezca los números complejos correspondientes, empleando  $\quad =$**

a)  $5 \sin (314t - 30^\circ)$

b)  $4 \cos (314t + 25^\circ)$

c)  $-10 \sin (314t + 180^\circ)$

**7. Expresé los complejos dados en su forma polar.**

e)  $3 + 4j$

f)  $5 - 3j$

g)  $-2 - 8j$



h)  $-1 + 2j$

**8. Exprese los complejos dados en su forma rectangular**

e)  $10 \angle 53^\circ$

f)  $4 \angle -35^\circ$

g)  $25 \angle 135^\circ$

h)  $8 \angle -105^\circ$

**9. Realize las operaciones sig.**

i)

j)  $5 \angle 45^\circ + 3 + 41 - \underline{\beta} - 60^\circ$

k)  $(8 + 6j) (-2 + 4j)$

l)  $(3 + 2j) (1 - j) (3 + j)$

m)  $10 \angle 20^\circ \times (3 + 6j) \times 5 \text{ —}$

n)  $\underline{3 \angle 15^\circ} \times (4 + 2j)$

$$3 + 2j$$

$$o) \frac{(1 + j) \times 2 \angle -60^\circ}{4 \angle 30^\circ \times (2 + j)}$$

$$4 \angle 30^\circ \times (2 + j)$$

$$p) \text{---} \times 10 \angle 120^\circ$$

**10. Exprese en su forma general : A sen ( $\omega t + \phi$ ) las siguientes funciones senoidales:**

$$d) -25 \text{ sen } (314t - 60^\circ)$$

$$e) 10 \text{ sen } (-2000t + 15^\circ)$$

$$f) 8 \text{ cos } (628t + 30^\circ)$$

**11. Encuentre el periodo, los ceros, máximos y mínimos de la función**

$$E = 10 \text{ sen } (1000t + 30^\circ)$$

**12. Para las senoides dadas de una misma frecuencia angular  $\omega = 314$ , establezca los números complejos correspondientes, empleando**  $\text{---} =$

$$d) 5 \text{ sen } (314t - 30^\circ)$$

e)  $4 \cos (314t + 25^\circ)$

f)  $-10 \sin (314t + 180^\circ)$

### GUIA PARA EL 1º EXAMEN DEPARTAMENTAL

- 1) Corriente alterna.
- 2) Senoide
- 3) Grafica de una onda senoidal de corriente alterna.
- 4) Ecuación General de Tensión y Corriente Senoidal.
- 5) Desfasamiento de las ondas senoidales.
- 6) Conversión de expresiones senoidales de tensión y corriente a fasores y viceversa.
- 7) Números complejos
- 8) Conversión de expresiones polares a rectangulares y viceversa.
- 9) Operaciones matemáticas con expresiones de la forma polar y rectangular o binómicas.

### GUIA DEL PRIMER EXAMEN DEPARTAMENTAL

Instrucciones: coloca en el paréntesis junto al número la letra que corresponda a la respuesta correcta.

1.- ( ) Cual es la forma de onda típica de la corriente alterna

- a) Una función escalón unitaria
- c) Una Senoide

- b) Una línea recta
- d) Diente de sierra

- 2.- ( ) Es un período
- a) El tiempo en que se completa un ciclo  
b) La distancia entre dos cuerpos cargados  
c) El número de ciclos en la unidad de tiempo  
d) La velocidad que tarda un ciclo
- 3.- ( ) Es la frecuencia
- a) La velocidad a la que viaja la luz  
b) El número de ciclos en la unidad de tiempo  
c) La aceleración de un electrón  
d) El tiempo en que se completa un ciclo
- 4.- ( ) Es la forma en que se representa la unidad de período en el sistema internacional de unidades
- a)  $m/s^2$   
b) s  
c) Hertz  
d) m/s
- 5.- ( ) Es la forma en que se representa la unidad de frecuencia en el sist. internacional de unidades
- a) W  
b) A  
c) V  
d) Hz
- 6.- ( ) Son los tipos de valores asociados a la corriente alterna
- a) Cresta (pico), medio (promedio) y eficaz (rms)  
b) Monofásico, bifásico y trifásico  
c) verdaderos y falsos  
d) Binarios
- 7.- ( ) Es la equivalencia de  $360^\circ$  en rad
- a)  $\pi/2$   
b)  $57.3^\circ$   
c)  $2\pi$   
d)  $\pi$
- 8.- ( ) Son los valores que registran instrumentos de medición normales
- a) Eficaz  
b) Cresta  
c) Promedio  
d) Máximo
- 9.- ( ) Es el instrumento con el que se puede medir los valores cresta
- a) Estetoscopio  
b) Osciloscopio  
c) Ampérmetro  
d) Voltmetro
- 10.- ( ) Son las formas de expresar un número complejo
- a) Logarítmica y exponencial  
b) Reales e imaginarios  
c) Polar y rectangular  
d) Cartesiana y tridimensional

Valor de cada reactivo: 1 puntos x 10 = 10 puntos

**PARTE II.**

Instrucciones: relaciona ambas columnas y escribe en cada paréntesis de la izquierda el número de la derecha que corresponda a la respuesta correcta.

- |  |   |
|--|---|
| ( ) Relación entre frecuencia y período                        | 1. $V \angle \theta$ Volts                  |
| ( ) Ecuación de la corriente instantánea                       | 2. $I_{inst} = I_{max} \text{ sen } \theta$ |
| ( ) Equivalencia en grados de un radián                        | 3. $I_R + j I_X$ Amperes                    |
| ( ) Es la forma de dos números complejos para poder dividirlos | 4. $V_{inst} = V_{max} \text{ sen } \theta$ |
| ( ) Es la forma de dos números complejos para poder sumarlos   | 5. Rectangular                              |
| ( ) Relación entre valores cresta o máximo y eficaz o rms      | 6. $57.3^\circ$                             |
| ( ) Ecuación de la tensión instantánea                         | 7. Polar                                    |
| ( ) Representación de una corriente en forma rectangular       | 8. $V_{max} = \sqrt{2} \times V_{rms}$      |
| ( ) Relación entre valores cresta o máximo y medio o promedio  | 9. $V_{prom} = 0.637 \times V_{max}$        |
| ( ) Representación de una tensión en forma polar               | 10. $f = 1 / T$                             |

Valor de cada reactivo: 1 puntos x 10 = 10 puntos

**PARTE III.**

Instrucciones: resuelve los problemas indicados.

1. Encuentra el valor instantáneo cuando el ángulo es: 35, 45, 60, 130, 225 y 390 grados
  - i. Si  $V_{max} = 100 \text{ sen } \phi$

Valor: 15 puntos

2. En el osciloscopio se miden 9 V de valor máximo de una onda de tensión de corriente alterna, calcular los valores instantáneos para un período completo (de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ) en intervalos de  $30^\circ$  y graficar los resultados para observar la onda senoidal.

Valor: 15 puntos

3. Se conectan un voltmetro y un ampermetro en un circuito eléctrico y sus lecturas respectivas son 120 V y 5 A, calcular los valores cresta, eficaz y promedio de cada uno.

Valor: 15 puntos

4. Dados los números complejos A, B, C y D resuelve las operaciones solicitadas

5.  $A = 4 + j3$

6.  $B = 6 - j8$

7.  $C = 3 - j4$

8.  $D = 8 + j6$

Operaciones:

$X = (AB) / (CD)$

$Y = (A + D) / (B + C)$

Valor: 20 puntos

9. Grafica la siguientes curvas fasoriales que se piden en la misma coordenadas:

$i_1 = 50 \text{ sen. } (\omega t + 30^\circ)$

$i_2 = 75 \text{ sen. } (\omega t + 0^\circ)$

$i_3 = 30 \text{ sen. } (\omega t - 45^\circ)$

Valor: 15 puntos

**UNIDAD 2 DEL PROGRAMA:**

Competencia particular 2 Resuelve problemas de circuitos eléctricos monofásicos de acuerdo a la combinación RLC, RL y RC, para comprender los sistemas eléctricos de C.A.

RAP 1: Determina analíticamente los parámetros de las funciones senoidales, diagrama fasorial, diagrama de impedancias, potencia y factor de potencia del circuito RLC, RL y RC en corriente alterna en base a un circuito serie.

RAP 2: Determina analíticamente los parámetros de las funciones senoidales, diagrama fasorial, diagrama de impedancias, potencia y factor de potencia del circuito RLC, RL y RC en corriente alterna en base a un circuito paralelo.



RAP 3: Resuelve la corrección del factor de potencia de un circuito monofásico de acuerdo a la combinación RLC en serie o en paralelo para optimizar su funcionamiento.

## SEGUNDO DEPARTAMENTAL

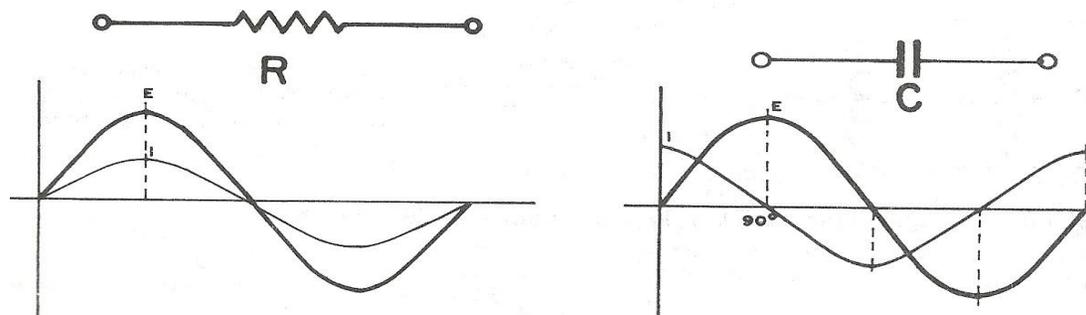
### CAPACITANCIA

Es la propiedad de un circuito eléctrico que le permite almacenar energía eléctrica, por medio de un campo electrostático, para liberarlo posteriormente.

La unidad de capacitancia es el **faradio** (= cuando al aplicar a dos placas un voltio, almacena un columbio de cargas en cada una de ellas).

El efecto capacitivo se produce en un condensador (cuando se les considera como capacitancia pura) provoca un **defasamiento de adelanto** de  $90^\circ$  de la **corriente** con respecto a la **tensión**.

Este defasaje máximo irá disminuyendo a medida que vaya aumentando la resistencia:



### Capacitores

Más comúnmente conocidos como **condensadores**, son elementos que introducen capacitancia en un circuito.

Existe capacitancia siempre que un material aislante separe a dos conductores que tengan diferencia de potencial entre sí.

Los capacitores están constituidos por dos placas y un material aislante o dieléctrico.

Un capacitor está cargado cuando existe diferencia de potencial entre sus placas. A mayor carga de sus placas se obtendrá un campo eléctrico más intenso, pero si esta carga es excesiva (sobrecarga) se produce la perforación de las placas, deteriorándose el capacitor.

### Reactancia capacitiva ( $X_C$ )

Un capacitor se opone al flujo de corriente al terna en forma análoga a una resistencia o inductancia. Esta oposición que presentan los capacitores se denomina **reactancia capacitiva** y se expresa en ohmios.

Como el flujo de corriente es directamente proporcional a la frecuencia y a la capacitancia, la reactancia capacitiva será inversamente proporcional a los mismos.

De allí este puede calcularse con la siguiente ecuación.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Donde  $2\pi f$  representa la rapidez del cambio de la corriente,  $C$  es la capacitancia representada en faradios.

En un circuito capacitivo (al igual que los circuitos inductivos), con el único factor que limita el flujo de corriente es la reactancia capacitiva puede aplicarse la ley de ohm, con la correspondiente adecuación obteniéndose la siguiente ecuación:

Como  $X_c$  es inversamente proporcional a la  $f$ , cuando esta se altera también se modificará la corriente, pero en proporción directa.

**Cálculos de la capacitancia total en circuitos puramente capacitivos**

- a. Circuitos en serie: — — — —
- b. Circuitos en paralelo:

**Problemas complementarios**

**Capitulo V**

**Números complejos, senoides y correspondencia entre senoides y complejos**

Formulario:

### 1.-numeros complejos

Un numero complejo se define como un par ordenado <x,y> el cual usualmente se expresa en las siguientes formas:

$$Z=x+ jy$$

forma cartesiana

$$Z=r(\cos \theta + i \text{sen } \theta)$$

forma rectangular

$$Z=r$$

forma exponencial

$$Z=r$$

forma polar

En donde:

$$R=|z|=+$$

Módulo de z

$$-$$

Ángulo de fase

$$i=$$

Unidad imaginaria

#### Operaciones con complejos:

Sean 2 números complejos:

$$Z_1=x_1+iy_1=r_1 (\cos \theta_1 + i \text{sen } \theta_1)=r_1 e^{j\theta_1}$$

$$Z_2=x_2+iy_2=r_2 (\cos \theta_2 + i \text{sen } \theta_2)=r_2 e^{j\theta_2}$$

Se definen las siguientes operaciones:

Suma  $z_1+z_2=(x_1+x_2) + i(y_1+y_2)$

Resta  $z_1-z_2=(x_1-x_2) - i(y_1-y_2)$

Producto  $z_1z_2=r_1r_2 e^{j(\theta_1+\theta_2)} = r_1 r_2 e^{j\theta}$

División  $\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} e^{j(\theta_1-\theta_2)} = \frac{r_1}{r_2} e^{j\theta}$

Conjugado

Si  $z=x + jy=r (\cos \theta + i \text{sen } \theta) = r e^{j\theta}$

Se define su conjugado como

$Z^*=x - jy = r (\cos \theta - i \text{sen } \theta) = r e^{-j\theta}$

Prop.  $Z Z^*=|z|^2$

#### Senoides

Una senoide en una función de la forma:

$$F(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

En donde: A=amplitud

$\omega = 2\pi f$  F=frecuencia angular

Angulo de fase

F=frecuencia

T=periodo

### Problemas resueltos

**1.-Pasar de su forma rectangular a su forma polar los siguientes números complejos.**

**a)**  $Z = 8 + 6j$

$$r = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{6}{8} = 37^\circ$$

$$Z = 10 \angle 37^\circ$$

**b)**  $Z = -3 + j5.2$

$$r = \sqrt{(-3)^2 + (5.2)^2} = 6$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{5.2}{-3} = 120^\circ$$

$$Z = 6 \angle 120^\circ$$

**c)**  $Z = j = 1 \angle 90^\circ$

**2.-Pasar de su forma polar a su forma rectangular los siguientes complejos:**

**a)**  $Z = 30 \angle 60^\circ$

$$= 30(\cos 60^\circ + j \sin 60^\circ)$$

$$= 15 + j26$$

**B)**  $Z = 53 \angle 160^\circ$

$$= 53(\cos 160^\circ + j \sin 160^\circ)$$

$$= -50 + j18$$

**c)**  $Z = 10 \angle -45^\circ$

$$= 10(\cos 45^\circ - j \sin 45^\circ)$$

$$= 7.07 - j7.07$$

**3.-Efectuar las operaciones indicadas**

$$(2+31) + (4-21) + (-2+1) = 4+21$$

$$(3+81) + 5 + (9-31) + 21 = 17+71$$

$$42 \angle 200^\circ + (24.25 + 114j) - 20 \angle -40^\circ$$

$$= 42(\cos 200^\circ + 1j \sin 200^\circ) + 24.25 + 114j - 20 \cos 40^\circ + 120j \sin 40^\circ$$

$$= -39.48 - 14.36j + 24.25 + 141j - 15.32 + 12.86j$$

$$= -30.55 + 12.51j$$

$$= 33 \angle 157.8^\circ$$

$$(3-21)(1-4j) = (3)(1) - (-2)(-4) + j[(3)(-4) + (-2)(1)]$$

$$= -5 - 14j$$

$$4 \angle 30^\circ \times 5 \angle 15^\circ = 20 \angle 45^\circ$$

$$(2-21) \times 3 \angle -50^\circ \times 4 e^{2j} \angle -45^\circ \times 3 \angle -50^\circ \times 4 \angle 30^\circ$$

$$= 33.94 \angle -65^\circ$$

a) \_\_\_\_\_ - -1

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_ -

d) \_\_\_\_\_

e) \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_

$$= 21 + \frac{-}{-} = -1 + \frac{-}{-} = 1.38 + 1.92j$$

f) \_\_\_\_\_

$$= \frac{\dots}{\dots} = -2.661$$

**4.-Expresa en su forma general**

A  $\sin(\omega t + \phi)$  las sig. Funciones senoidales:

- a)  $-10 \sin(100t + 45^\circ) = 10 \sin(100t - 135^\circ)$
- b)  $15 \cos(314t - 10^\circ) = 15 \sin(314t + 80^\circ)$
- c)  $2 \sin(-500t + 30^\circ) = -2 \sin(500t - 30^\circ)$   
 $= 2 \sin(500t + 150^\circ)$

**5.- Encuentre el periodo los ceros máximos y mínimos de la función  $5 \sin(314t + 15^\circ)$**

Solución

De la frecuencia angular  $\omega = 314$  obtenemos el periodo:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ por lo tanto } T = \frac{2\pi}{\omega}$$

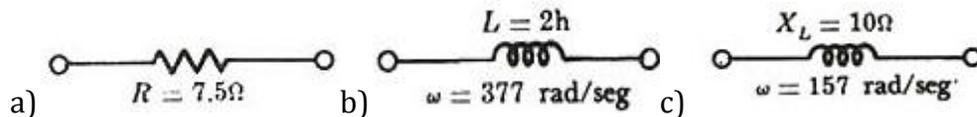
los ceros serán cuando  $314t + 15^\circ$  sean  $180^\circ$  o cualquier múltiplo de ellos o sea:

$$314t + 15^\circ = n \cdot 180^\circ \text{ donde } n = 0, 1, 2, \dots$$

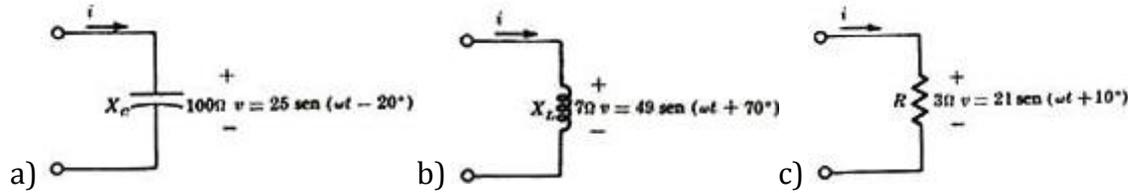
$$\text{Por lo tanto } t = \frac{n \cdot 180^\circ - 15^\circ}{314}$$

Los máximos estarán cuando  $314t + 15^\circ$  sean  $90^\circ$  o cualquier múltiplo de la forma -

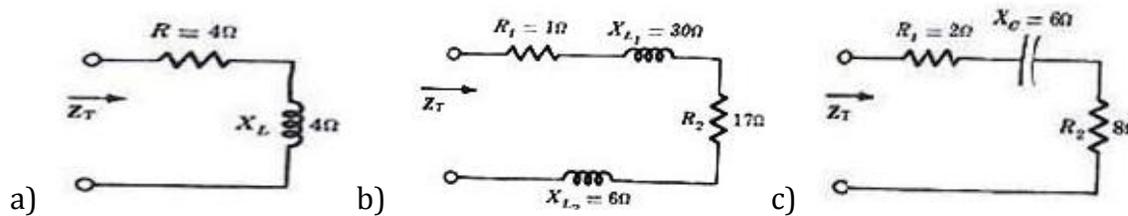
) Expresa la impedancia de la figura en forma polar y rectangular



2) Determine la corriente  $i$  para los elementos de la figura utilizando el álgebra fasorial. Trace la forma de onda para  $v$  y para  $i$  en el mismo conjunto de ejes.

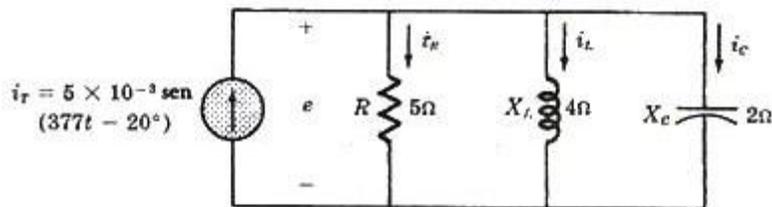


3) Calcule la impedancia de los circuitos de la figura. Exprese su respuesta en forma polar y rectangular y trace el diagrama de impedancia.



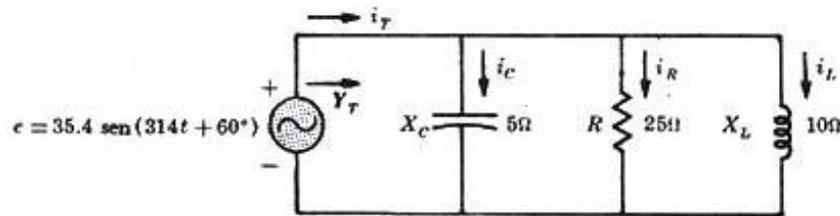
4) Para el siguiente circuito calcule:

- Verifique la ley de corriente de kirchhoff en un nodo.
- Encuentre la potencia promedio suministrada al circuito.
- Determine el factor de potencia del circuito e indique si tiene adelanto o retraso.
- Encuentre las expresiones senoidales para las corrientes y la tensión.
- Trace las formas de onda para las corrientes y la tensión en un mismo conjunto de ejes.

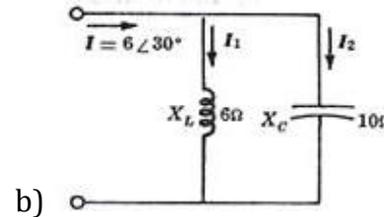
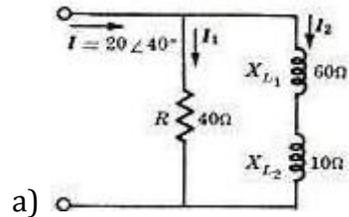


5) Para el siguiente circuito calcule:

- Verifique la ley de corriente de kirchhoff en un nodo.
- Encuentre la potencia promedio suministrada al circuito.
- Determine el factor de potencia del circuito e indique si tiene adelanto o retraso.
- Encuentre las expresiones senoidales para las corrientes y la tensión.
- Trace las formas de onda para las corrientes y la tensión en un mismo conjunto de ejes.



6) Calcule las corrientes  $i_1$  e  $i_2$  de los siguientes circuitos en forma de fasores, utilizando la regla del divisor de corrientes.



RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RAP) N° 2

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RAP) N° 3



**ELECTROTECNIA C.A.  
GUIA PARA EL 2º EXAMEN DEPARTAMENTAL**

- 10) Comportamiento en C.A. de la ley de ohm.
- 11) Representación fasorial y senoidal.
- 12) Reactancias Inductiva
- 13) Reactancia capacitiva.
- 14) Circuito serie RL
- 15) Circuito serie RC.
- 16) Circuito Serie RLC
- 17) Impedancia.
- 18) Circuito paralelo RL
- 19) Circuito Paralelo RC.
- 20) Circuito Paralelo RLC

**ELECTROTECNIA C.A.  
GUIA PARA EL 3º EXAMEN DEPARTAMENTAL**

- 21) Potencia Real
- 22) Potencia Aparente.
- 23) Potencia Reactiva.
- 24) Factor de Potencia.
- 25) Corrección de Factor de Potencia.
- 26) Sistemas Trifásicos
- 27) Conexión delta
- 28) Conexión estrella
- 29) Corrección de Factor de Potencia en circuitos trifásicos

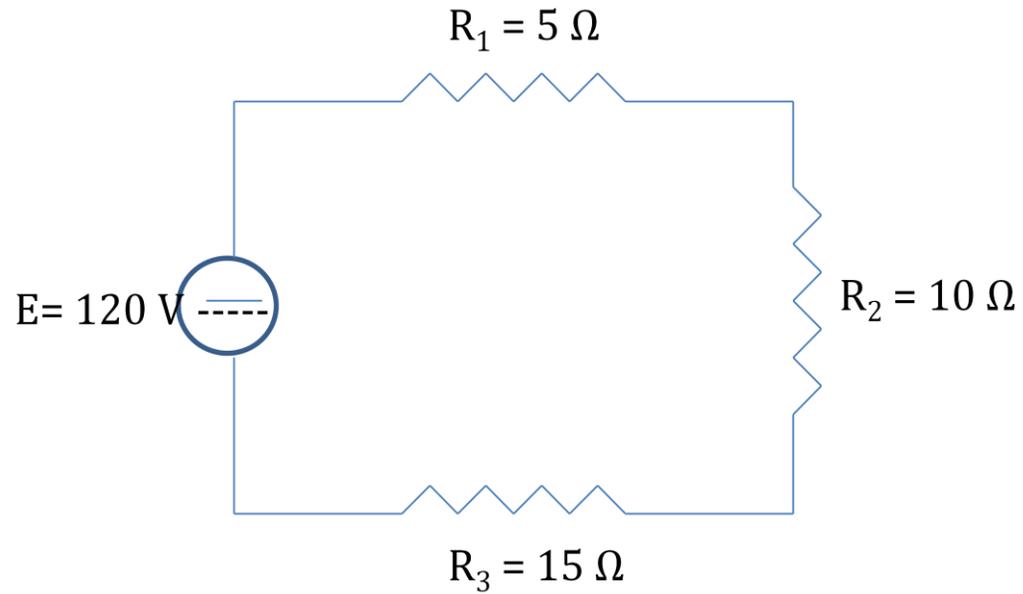


**ELECTROTECNIA C.C.  
GUIA PARA EL 2º EXAMEN DEPARTAMENTAL**



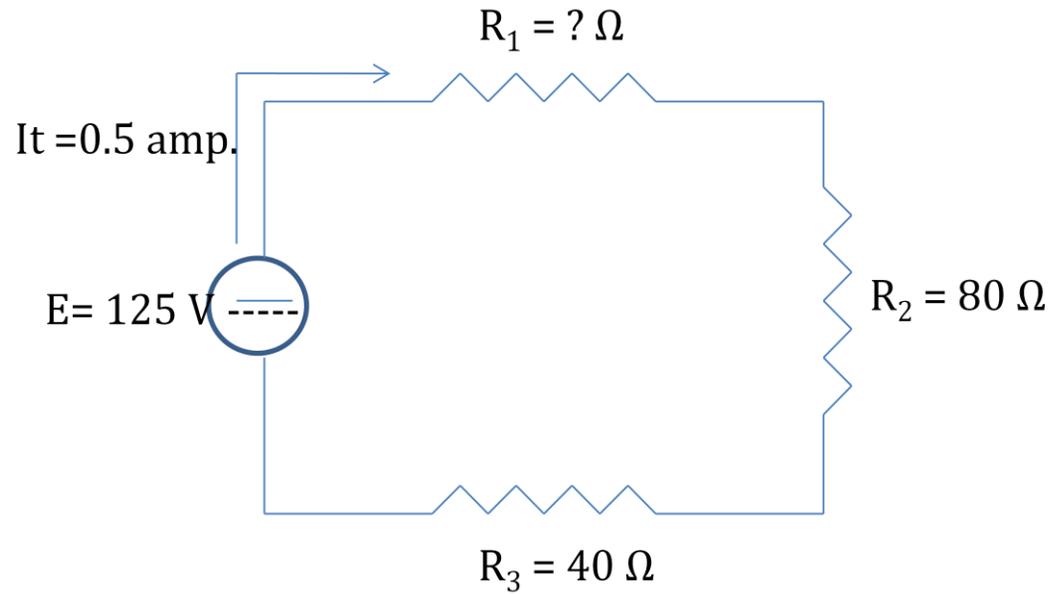
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- B) LA CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



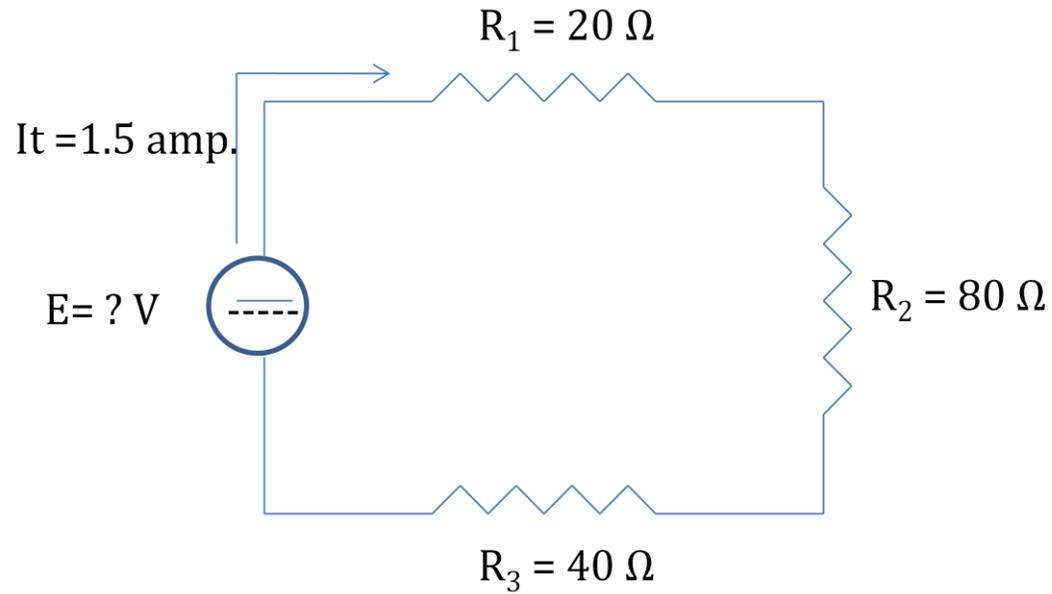
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER LA RESISTENCIA 1
- B) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



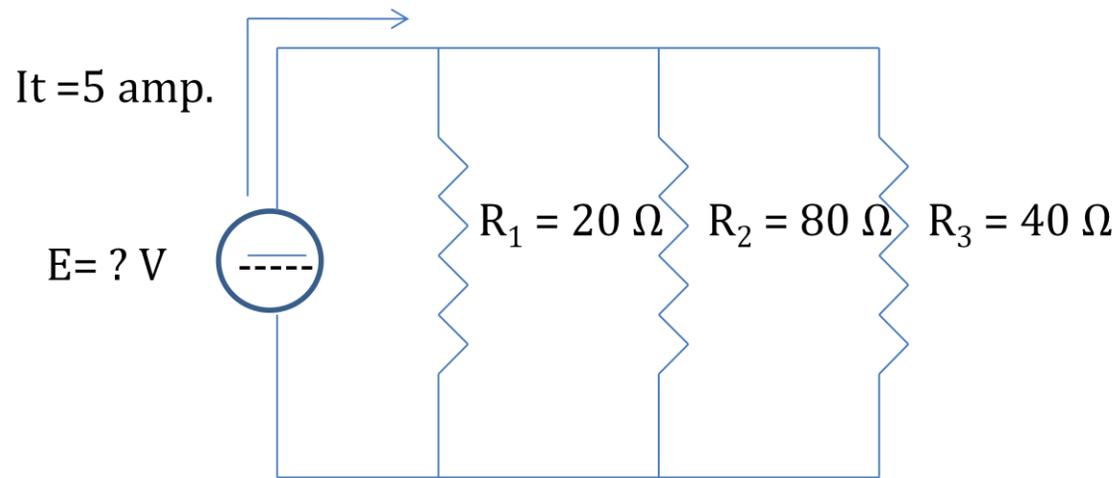
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER EL VOLTAJE TOTAL
- B) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



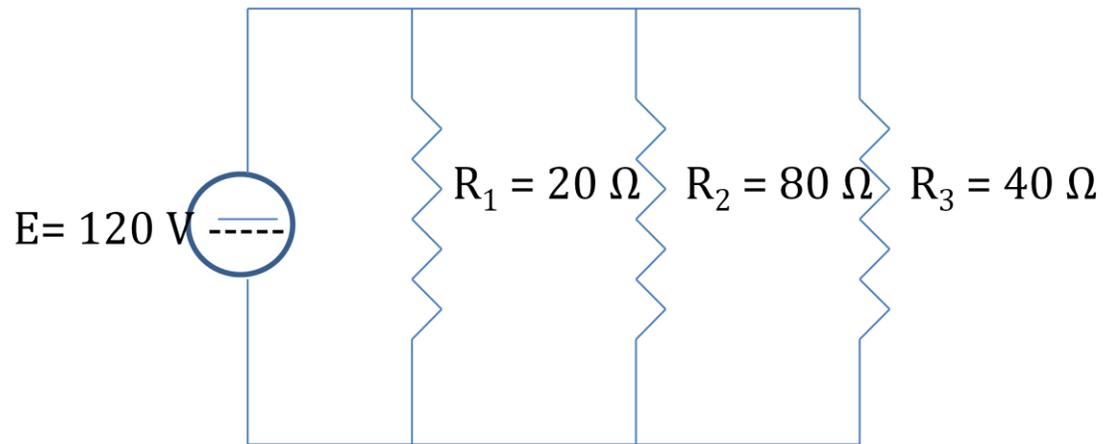
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER EL VOLTAJE TOTAL
- B) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



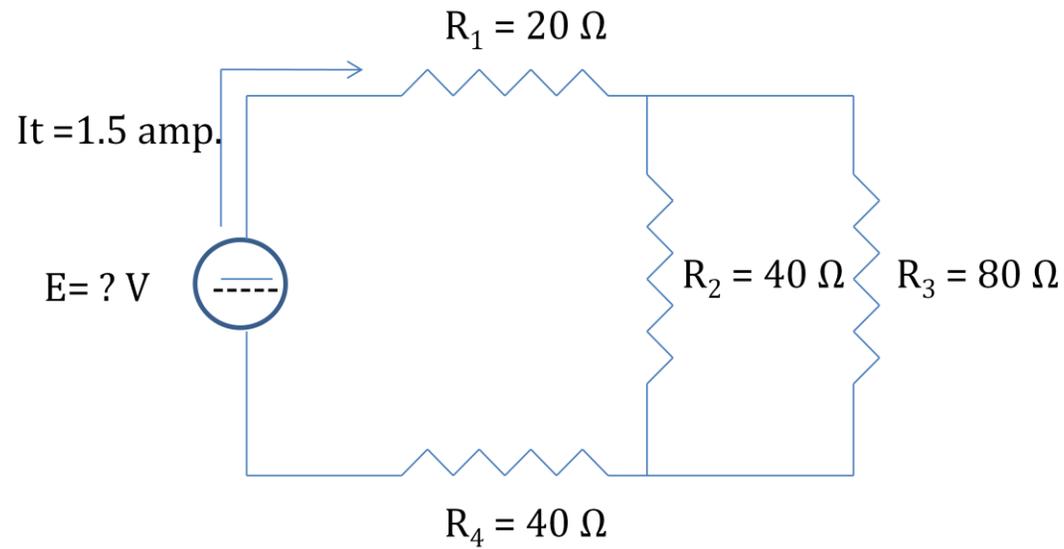
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- B) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- C) LA CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO



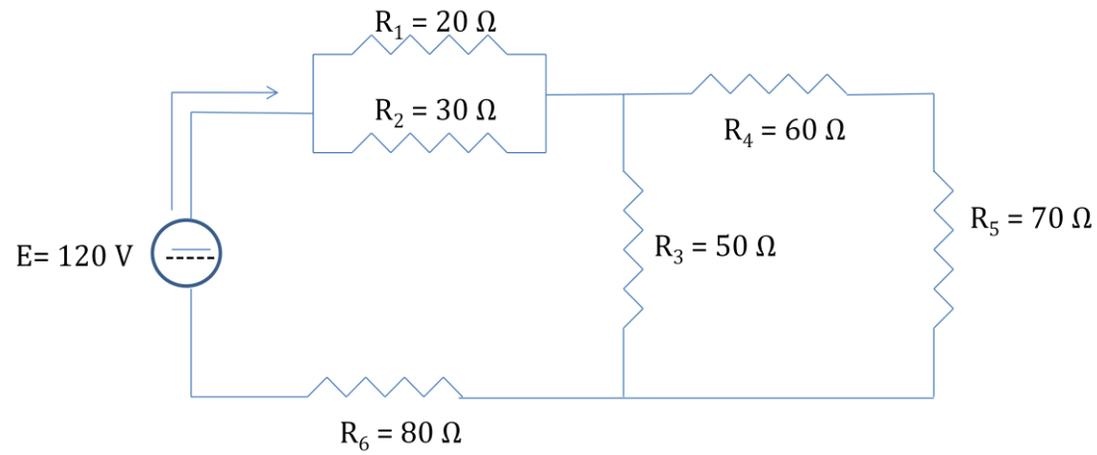
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER EL VOLTAJE TOTAL
- B) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- D) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



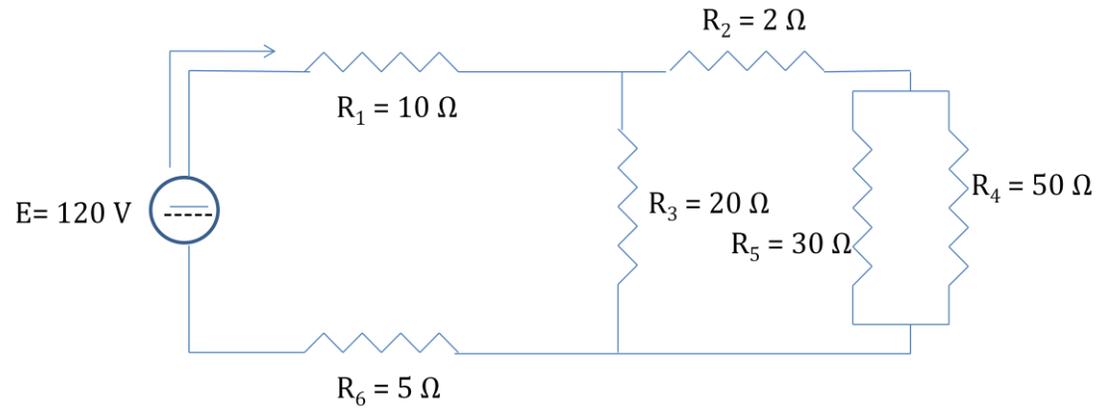
RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER LA CORRIENTE TOTAL
- B) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- D) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA:

- A) OBTENER LA CORRIENTE TOTAL
- B) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- C) LOS VOLTAJES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- D) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA



**UNIDAD 3 DEL PROGRAMA:**

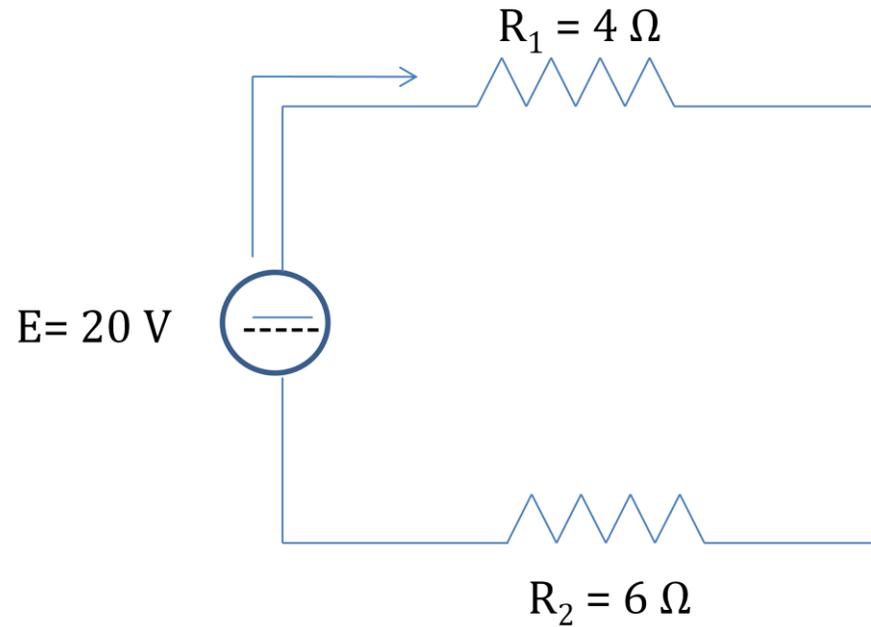
Competencia particular 3 Aplica la corrección del factor de potencia, de circuitos trifásicos con conexión estrella y delta balanceada para mejorar el consumo de energía eléctrica.

RAP 1: Determina analíticamente las expresiones senoidales y fasoriales en circuitos trifásicos, a partir de la generación  
RAP 2: Calcula la tensión de línea y tensión de fase de cada rama de la carga trifásica para su conexión delta y estrella.  
RAP 3: Calcula la cantidad de KVAR's capacitivos necesarios para corregir el factor de potencia de una instalación industrial trifásica de acuerdo a condiciones reales de una instalación industrial propuesta.

**GUIA PARA EL 3º EXAMEN DEPARTAMENTAL**

RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA A TRAVES DE LA LEY DE TENSIONES DE KIRCHOFF:

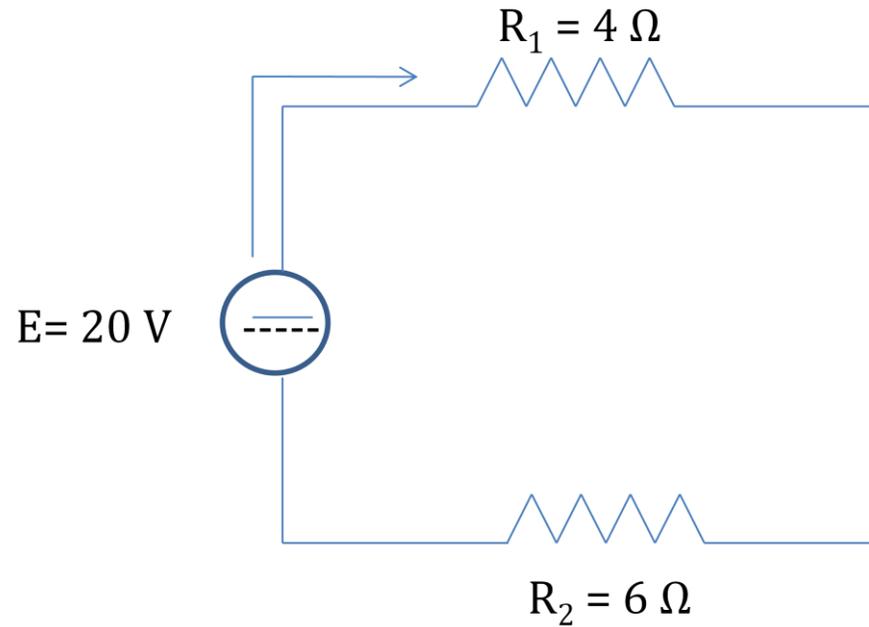
- A) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- B) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- C) LA CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO
- D) LA POTENCIA ENTREGADA EN EL CIRCUITO





RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA A TRAVES DE LA LEY DE TENSIONES DE KIRCHOFF:

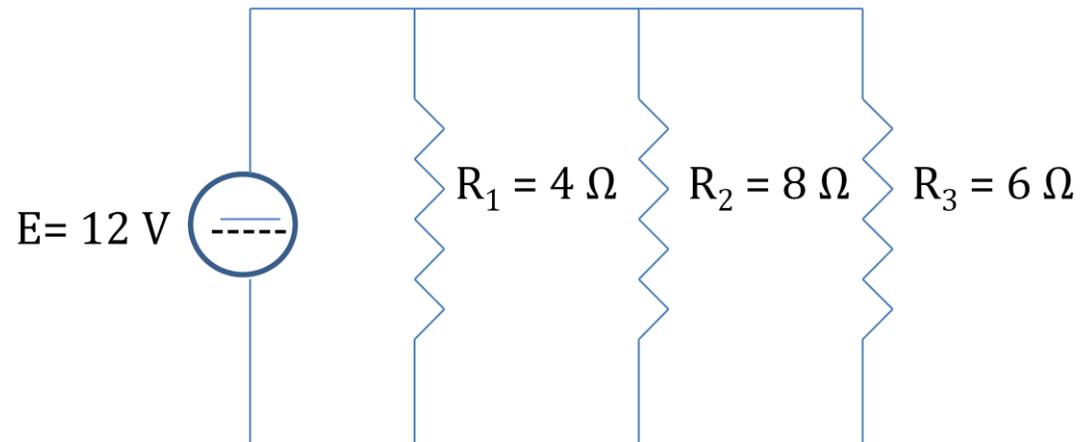
- A) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- B) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- C) LA CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO
- D) LA POTENCIA ENTREGADA EN EL CIRCUITO





RESUELVA EL SIGUIENTE PROBLEMA A TRAVES DE LA LEY DE CORRIENTES DE KIRCHOFF:

- A) LA RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO
- B) LAS CORRIENTES PARCIALES EN CADA RESISTENCIA
- C) LA CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO
- D) LA POTENCIA ENTREGADA EN EL CIRCUITO



## GLOSARIO

La Resistencia Eléctrica.- La oposición al paso de la corriente en un conductor eléctrico

Clasificación de los tipos de la Resistencia Eléctrica.- 2 Tipos variables y fijos

La Resistividad.- Es la capacidad de conducción de un material de un conductor

Capacitor.- Es un dispositivo con la capacidad de almacenar energía y produce campo eléctrico

Clasificación de los Capacitores.- 2 tipos cerámicos, electrolíticos

La Inductancia.- Es un dispositivo a través el cual tiene la capacidad de producir un campo magnético

La Densidad de Flujo.- Es la cantidad de líneas magnéticas y con que calidad

El Electromagnetismo.- Es la ley que estudia las cargas

FEM.- Es la fuerza que se produce en un trabajo

La Ley de Lenz.- Es una ley la cual dice que produce una fuerza contraria a la fuerza que lo produce en una bobina

La ley de Coulomb.- Es la que refiere a la fuerza es directamente proporcional a la constante de proporcionalidad, las cargas e inversamente proporcional a la distancia que las separa.

Corriente.- Es el paso de los electrones en un medio conductor.

Voltaje.- Es la fuerza que realiza el trabajo de circular a los electrones en un medio conductor

Potencia.- Es la rapidez con que se mueven estos electrones en un medio conductor

La ley de tensiones de Kirchoff.- La suma algebraica de las subidas (fuentes) y caídas de tensión ( resistencias ) en torno a un circuito cerrado ( o de trayectoria ) es cero.

La ley de corrientes de Kirchoff.- La suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es cero, en otras palabras, la suma de las corrientes que entran a un nodo debe ser igual a la suma de corrientes que salen de él.

Un nodo.- Es la unión de dos o más ramas o derivaciones



**BIBLIOGRAFIA:**

**ANALISIS INTRODUCTORIO DE CIRCUITOS, ROBERT L. BOYLESTAD, ED. TRILLAS  
ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, CHESTER L. DAWES, REVERT S.A,  
FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD, MILTON GUSSOW, LIMUSA  
ELECTRICIDAD SERIE 1-7, HARRY MILEAF, LIMUSA  
CIRCUITOS ELECTRICOS PROBLEMAS, XAVIER ALBERT MOPRENA, EDICIONES UPC**