

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

MT 5003
Electrónica de Potencia Aplicada

**Tarea 1: Circuitos trifásicos, fuentes monofásicas,
fusibles y seguridad eléctrica**

Jose Fabio Navarro Naranjo – 2019049626

Adrián Dittel Retana – 2019007945

Emmanuel Naranjo Blanco – 2019053605

Profesora: Johanna Vanessa Muñoz Pérez

Semestre II - 2021

Circuitos trifásicos

1. Investigue los conceptos: tensión de línea, tensión de fase, corriente de línea, corriente de fase y su relación en conexiones estrella y delta (tanto en magnitud como en fase).

La tensión de fase, V_{fase} , es la diferencia de tensión que aparece entre los bordes de una de las cargas conectadas al sistema trifásico, mientras que la tensión de línea, $V_{\text{línea}}$, se define como la diferencia de tensión que aparece entre los conductores de la instalación.

Por otro lado, corriente de fase, I_{fase} , se define como la corriente que circula por una de las cargas conectadas al sistema trifásico. La corriente de línea, $I_{\text{línea}}$, se define como la corriente que va a circular a través de los conductores de la instalación. (Ingeniería Eléctrica Blogspot, 2014)

Es importante mencionar que siempre que el sistema se encuentre balanceado, el desfase entre las tensiones y corrientes de cada de línea y cada fase será de 120° (entre sí mismas).

A la hora de relacionarlo con las distintas conexiones, se tiene que para la conexión delta, las corrientes y los voltajes se determinan de la siguiente forma:

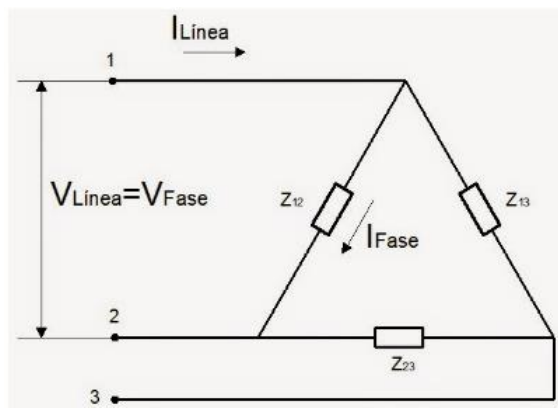


Figura 1. Definición gráfica de corrientes y voltajes para una conexión en delta.

Fuente: Ingeniería Eléctrica Blogspot, 2014.

Observando la Figura 1, se nota que para la conexión delta el voltaje de línea es igual al voltaje de fase tanto en magnitud, sin embargo, para esta misma conexión la corriente de línea es $\sqrt{3}$ veces la corriente de fase, y entre ellas hay un desfase de -30° . (Dorf & Svoboda, 2011)

Asimismo, para el caso de cargas resistivas la corriente de fase va a estar en fase con la tensión de línea, ya que para este caso, como se mencionó anteriormente, dicha tensión es igual a la tensión de fase.

Por otra parte, en la configuración de estrella para las cargas los voltajes y corrientes van a estar expresados como se observa en la Figura 2.

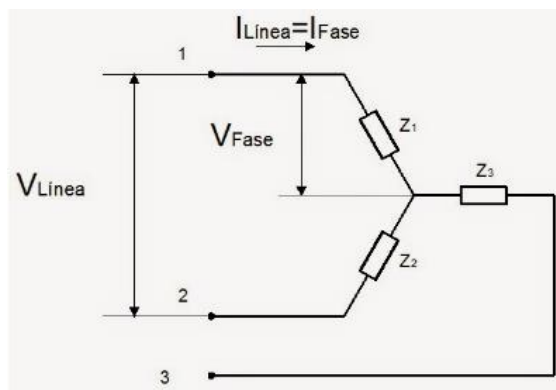


Figura 2. Definición gráfica de corrientes y voltajes para una conexión en estrella.

Fuente: Ingeniería Eléctrica Blogspot, 2014.

En esta conexión, como se muestra en la Figura 2 las corrientes de fase y línea van a tener la misma magnitud y fase, sin embargo, los voltajes de línea y fase difieren tanto en magnitud como en fase, ya que entre estos voltajes va a haber un desfase 30° , y a su vez las tensiones de línea van a tener un valor de $\sqrt{3}$ veces la tensión de fase. (Dorf & Svoboda, 2011)

2. Refiérase a las secuencias de fase ABC y ACB, dibuje sus diagramas fasoriales.

La secuencia ABC se denomina la secuencia positiva y va a ubicarse en sentido antihorario, mientras que la denominada ACB se conoce como la secuencia negativa y es en sentido horario.

En la Figura 3 se pueden observar sus diagramas fasoriales. (Charles K. Alexander, 2013)

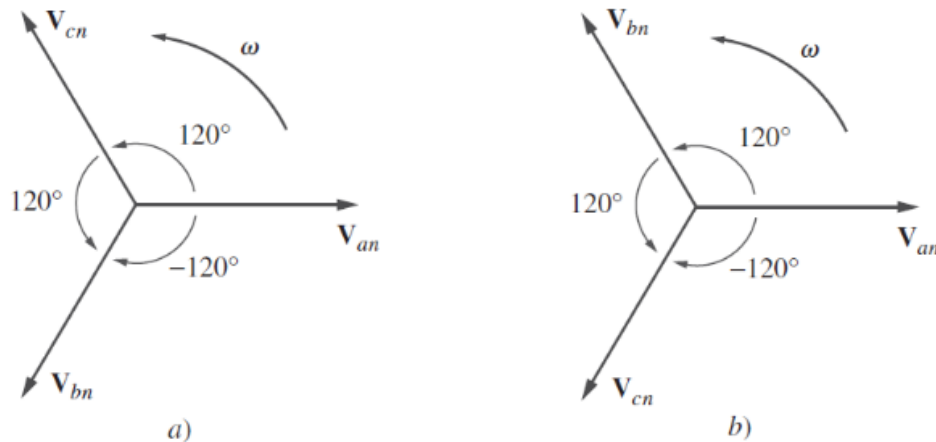


Figura 3. a) Secuencia Positiva. b) Secuencia Negativa.

Fuente: Charles K. Alexander, 2013.

Ahora bien, los desfases de los voltajes de cada una de ellas se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Desfases de los voltajes para las secuencias ABC y ACB en conexiones trifásicas.

Voltaje	Secuencia Positiva	Secuencia Negativa
V_{an}	$V_m \angle 0^\circ$	$V_m \angle 0^\circ$
V_{bn}	$V_m \angle -120^\circ$	$V_m \angle 120^\circ / V_m \angle -240^\circ$
V_{cn}	$V_m \angle 120^\circ / V_m \angle -240^\circ$	$V_m \angle -120^\circ$

3. Calcule los valores teóricos rms y el desfase de la corriente de línea, la corriente de fase, la tensión de línea y la tensión de fase para una de las fases de la carga de las Figuras 4 y 5 (secuencia ABC). Considere que la carga resistiva trifásica se conecta tanto en estrella como en delta, el valor de la resistencia es de $100\text{ k}\Omega$. Cada fuente de alimentación en la conexión estrella y en la conexión delta posee una magnitud de 120 Vrms .

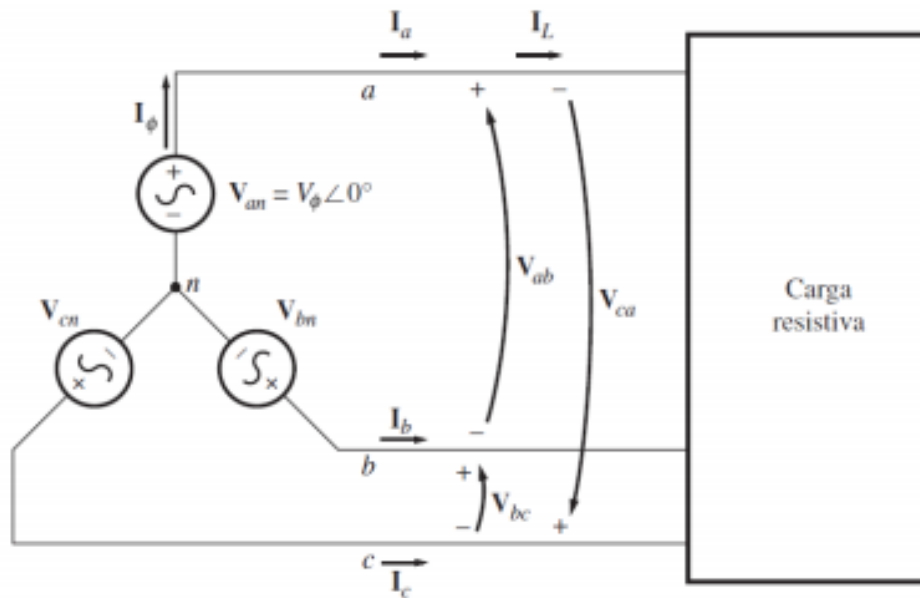


Figura 4. Fuente trifásica en estrella conectada a carga resistiva.

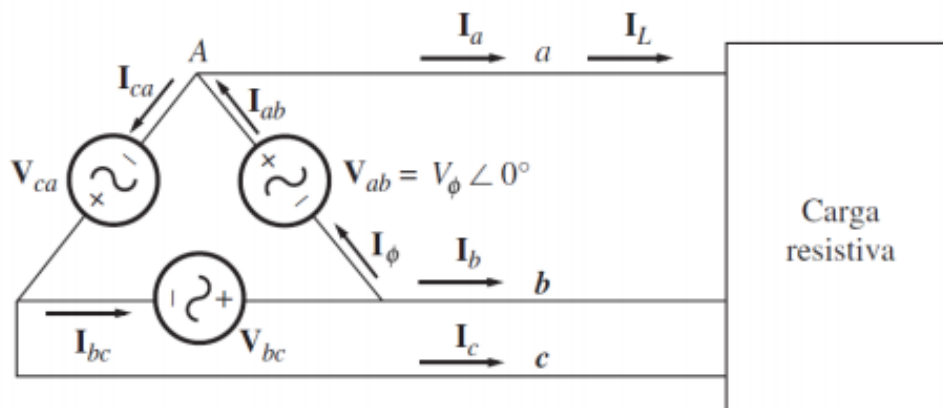


Figura 5. Fuente trifásica en delta conectada a carga resistiva.

a. Estrella – estrella:

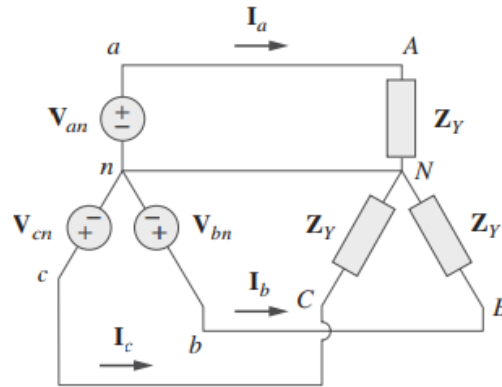


Figura 6. Conexión Estrella – Estrella. Fuente: Charles K. Alexander, 2013.

En la Figura 6 se observa el esquema de conexión trifásica estrella – estrella, el cual tiene los siguientes datos:

$$V_{an} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{bn} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{cn} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

$$Z_Y = 100\ k\Omega$$

Como se observa en la Figura 6, las cargas están conectadas en paralelo con la fuente de cada fase, por lo que las tensiones de fase en cada carga son iguales a las tensiones de las fuentes, es decir:

$$V_{AN} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{BN} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{CN} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

Ahora, para las tensiones de línea, se hace una malla entre cada combinación de línea, es decir, una malla que une la línea A y B, para calcular la tensión V_{AB} , una malla que une la línea B y C

para calcular la tensión V_{BC} , y finalmente, una malla que une la línea C y A para calcular la tensión V_{CA} , con lo que se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$V_{ab} = V_{an} + V_{nb}$$

$$V_{ab} = 120\angle 0^\circ - 120\angle -120^\circ = 120\sqrt{3}\angle 30^\circ V_{rms}$$

$$\mathbf{V_{ab} \approx 208\angle 30^\circ V_{rms}}$$

$$V_{bc} = V_{bn} + V_{nc}$$

$$V_{bc} = 120\angle -120^\circ - 120\angle 120^\circ = 120\sqrt{3}\angle -90^\circ V_{rms}$$

$$\mathbf{V_{bc} \approx 208\angle -90^\circ V_{rms}}$$

$$V_{ca} = V_{cn} + V_{na}$$

$$V_{ca} = 120\angle 120^\circ - 120\angle 0^\circ = 120\sqrt{3}\angle 150^\circ V_{rms}$$

$$\mathbf{V_{ca} \approx 208\angle 150^\circ V_{rms}}$$

Luego, debido a que la carga se encuentra conectada en estrella, la corriente de línea es igual a la corriente de fase, ya que la corriente que pasa por cada línea es la misma corriente que atraviesa a las cargas en cada fase. Para calcular esta corriente se utiliza la Ley Ohm de la siguiente manera:

$$I_A = \frac{V_{an}}{Z_Y}$$

$$I_A = \frac{120\angle 0^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$\mathbf{I_A = 1,20\angle 0^\circ mA}$$

$$I_B = \frac{V_{bn}}{Z_Y}$$

$$I_B = \frac{120\angle -120^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$I_B = 1,20\angle -120^\circ \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{V_{cn}}{Z_Y}$$

$$I_C = \frac{120\angle 120^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$I_C = 1,20\angle 120^\circ \text{ mA}$$

b. Estrella – delta:

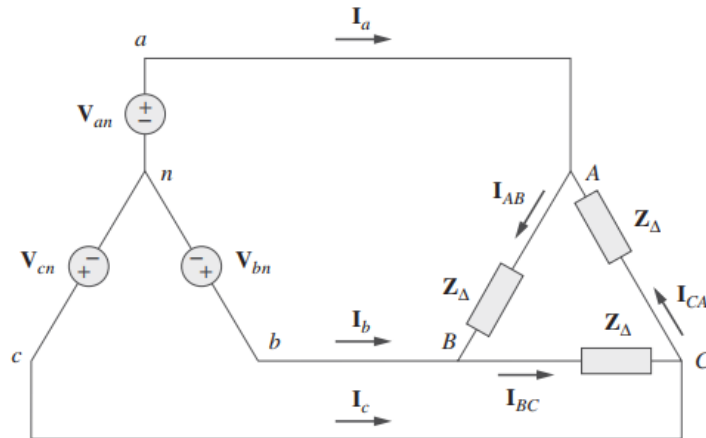


Figura 7. Conexión Estrella – Delta. Fuente: Charles K. Alexander, 2013.

En la Figura 7 se observa el esquema de conexión trifásica estrella – delta, el cual tiene los siguientes datos:

$$V_{an} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{bn} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{cn} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

$$Z_\Delta = 100\text{ k}\Omega$$

Al observar la Figura 7, se puede notar que debido a la configuración que tienen las cargas (delta), la tensión de línea es igual a la tensión de fase, ya que cada fase está comprendida entre 2 líneas. Dichas tensiones se pueden calcular aplicando la Ley de Voltajes de Kirchhoff para cada fase de las cargas de la siguiente manera:

$$V_{AB} = V_{an} + V_{nb}$$

$$V_{AB} = (120\angle 0^\circ - 120\angle -120^\circ) V_{rms}$$

$$\mathbf{V_{AB} \approx 208\angle 30^\circ V_{rms}}$$

$$V_{BC} = V_{bn} + V_{nc}$$

$$V_{BC} = (120\angle -120^\circ - 120\angle 120^\circ) V_{rms}$$

$$\mathbf{V_{BC} \approx 208\angle -90^\circ V_{rms}}$$

$$V_{CA} = V_{cn} + V_{na}$$

$$V_{CA} = (120\angle 120^\circ - 120\angle 0^\circ) V_{rms}$$

$$\mathbf{V_{CA} \approx 208\angle 150^\circ V_{rms}}$$

Ahora que se conocen las tensiones de fase (que para este caso son iguales a las de línea), se puede calcular la corriente de fase mediante la Ley de Ohm de la siguiente manera:

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z_\Delta}$$

$$I_{AB} = \frac{208\angle 30^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$\mathbf{I_{AB} \approx 2,08\angle 30^\circ mA}$$

$$I_{BC} = \frac{V_{BC}}{Z_{\Delta}}$$

$$I_{BC} = \frac{208\angle -90^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$\mathbf{I_{BC} \approx 2,08\angle -90^\circ mA}$$

$$I_{CA} = \frac{V_{CA}}{Z_{\Delta}}$$

$$I_{CA} = \frac{208\angle 150^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$\mathbf{I_{CA} \approx 2,08\angle 150^\circ mA}$$

Por último, para encontrar las corrientes de línea, se puede utilizar la Ley de Corrientes de Kirchhoff en cada nodo de las cargas en delta de la siguiente manera:

$$I_a = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_a = (2,08\angle 30^\circ - 2,08\angle 150^\circ) mA$$

$$\mathbf{I_a = 3,60\angle 0^\circ mA}$$

$$I_b = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_b = (2,08\angle -90^\circ - 2,08\angle 30^\circ) mA$$

$$\mathbf{I_b = 3,60\angle -120^\circ mA}$$

$$I_c = I_{CA} - I_{BC}$$

$$I_c = (2,08\angle 150^\circ - 2,08\angle -90^\circ) \text{ mA}$$

$$I_c = 3,60\angle 120^\circ \text{ mA}$$

c. Delta – delta:

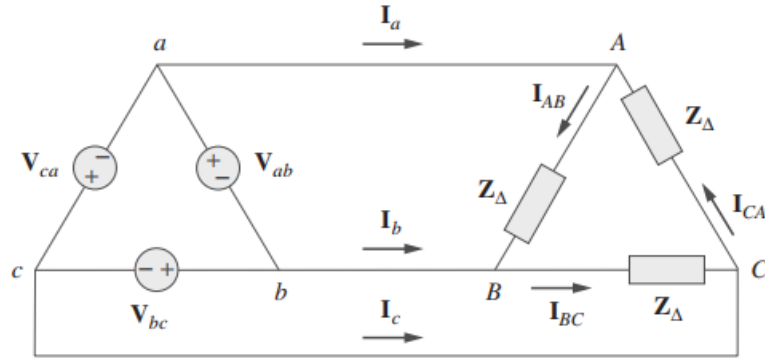


Figura 8. Conexión Delta – Delta. Fuente: Charles K. Alexander, 2013.

En la Figura 8 se observa el esquema de conexión trifásica delta – delta, el cual tiene los siguientes datos:

$$V_{ab} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{bc} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{ca} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

$$Z_{\Delta} = 100 \text{ k}\Omega$$

Como se observa en la Figura 8, las cargas están conectadas en paralelo con la fuente de cada fase, por lo que las tensiones de línea en cada carga son iguales a las tensiones de las fuentes, es decir:

$$V_{AB} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{BC} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{CA} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

Asimismo, como la carga está conectada en delta, se observa que las tensiones de línea son iguales a las tensiones de fase, ya que para este caso, cada fase está comprendida entre 2 líneas, entonces, las tensiones anteriores también corresponden a las tensiones de línea.

Ahora bien, conociendo los valores de las tensiones de fase, y el valor de cada carga, se puede utilizar la Ley de Ohm para encontrar los valores de las corrientes de fase, de la siguiente manera:

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z_{\Delta}}$$

$$I_{AB} = \frac{120\angle 0^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$I_{AB} = 1,20\angle 0^\circ \text{ mA}$$

$$I_{BC} = \frac{V_{BC}}{Z_{\Delta}}$$

$$I_{BC} = \frac{120\angle -120^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$I_{BC} = 1,20\angle -120^\circ \text{ mA}$$

$$I_{CA} = \frac{V_{CA}}{Z_{\Delta}}$$

$$I_{CA} = \frac{120\angle 120^\circ V_{rms}}{100k\Omega}$$

$$I_{CA} = 1,20\angle 120^\circ \text{ mA}$$

De igual manera, para conocer las corrientes de línea del circuito, se aplica la Ley de Corrientes de Kirchhoff para cada una de las líneas, como se muestra a continuación:

$$I_a = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_a = (1,2\angle 0^\circ - 1,2\angle 120^\circ) \text{ mA}$$

$$I_a \approx 2,08\angle -30^\circ \text{ mA}$$

$$I_b = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_b = (1,2\angle -120^\circ - 1,2\angle 0^\circ) \text{ mA}$$

$$I_b \approx 2,08\angle -150^\circ \text{ mA}$$

$$I_c = I_{CA} - I_{BC}$$

$$I_c = (1,2\angle 120^\circ - 1,2\angle -120^\circ) \text{ mA}$$

$$I_c \approx 2,08\angle 90^\circ \text{ mA}$$

d. Delta – estrella:

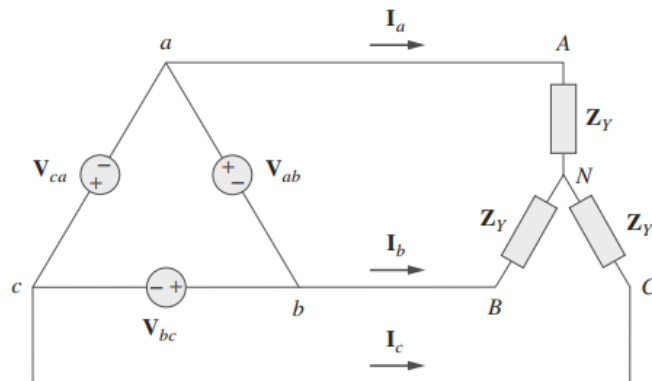


Figura 9. Conexión Delta – Estrella. Fuente: Charles K. Alexander, 2013.

En la Figura 9 se observa el esquema de conexión trifásica delta – estrella, el cual tiene los siguientes datos:

$$V_{ab} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{bc} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{ca} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

$$Z_Y = 100\text{ k}\Omega$$

Primero, en la Figura 9 se observa que debido al tipo de configuración (delta – estrella), la tensión de línea para las cargas es igual a la tensión que entregan las fuentes, debido a que se encuentran en paralelo, entonces:

$$V_{AB} = 120\angle 0^\circ V_{rms}$$

$$V_{BC} = 120\angle -120^\circ V_{rms}$$

$$V_{CA} = 120\angle 120^\circ V_{rms}$$

Para encontrar las corrientes de línea (las cuales son iguales a las de fase, debido a que la carga se encuentra configurada en estrella) se puede analizar el mediante la Ley de Voltajes de Kirchhoff, para cada una de las fases, de la siguiente manera:

$$V_{ab} = I_a Z_Y - I_b Z_Y$$

$$V_{ab} = Z_Y (I_a - I_b)$$

$$\frac{V_{ab}}{Z_Y} = I_a - I_b$$

Como el circuito se encuentra balanceado, los desfases entre las corrientes serán de 120° , y como la configuración que se eligió fue abc, entonces, I_b se atrasa en 120° de I_a , es decir:

$$I_b = I_a \angle -120^\circ$$

Entonces, retomando la ecuación anterior:

$$\frac{V_{ab}}{Z_Y} = I_a - I_a \angle -120^\circ$$

$$\frac{V_{ab}}{Z_Y} = I_a \sqrt{3} \angle 30^\circ$$

$$\frac{V_{ab}}{Z_Y \sqrt{3} \angle 30^\circ} = I_a$$

$$I_a = \frac{120 \angle 0^\circ}{100k \sqrt{3} \angle 30^\circ}$$

$$I_a \approx 0,69 \angle -30^\circ \text{ mA}$$

Para la corriente I_b :

$$V_{bc} = I_b Z_Y - I_c Z_Y$$

$$V_{bc} = Z_Y (I_b - I_c)$$

$$\frac{V_{bc}}{Z_Y} = I_b - I_c$$

Como se mencionó anteriormente, debido a que el circuito está balanceado, y la configuración es abc, se cumple que:

$$I_c = I_b \angle -120^\circ$$

Entonces:

$$\frac{V_{bc}}{Z_Y} = I_b - I_b \angle -120^\circ$$

$$\frac{V_{bc}}{Z_Y} = I_b \sqrt{3} \angle 30^\circ$$

$$\frac{V_{bc}}{Z_Y\sqrt{3}\angle 30^\circ} = I_b$$

$$I_b = \frac{120\angle -120^\circ}{100k\sqrt{3}\angle 30^\circ}$$

$$\mathbf{I_b \approx 0,69\angle -150^\circ \text{ mA}}$$

Para la corriente I_c :

$$V_{ca} = I_c Z_Y - I_a Z_Y$$

$$V_{ca} = Z_Y(I_c - I_a)$$

$$\frac{V_{ca}}{Z_Y} = I_c - I_a$$

Como se mencionó anteriormente, debido a que el circuito está balanceado, y la configuración es abc, se cumple que:

$$I_a = I_c\angle -120^\circ$$

Entonces:

$$\frac{V_{ca}}{Z_Y} = I_c - I_c\angle -120^\circ$$

$$\frac{V_{ca}}{Z_Y} = I_c\sqrt{3}\angle 30^\circ$$

$$\frac{V_{ca}}{Z_Y\sqrt{3}\angle 30^\circ} = I_c$$

$$I_c = \frac{120\angle 120^\circ}{100k\sqrt{3}\angle 30^\circ}$$

$$I_c \approx 0,69\angle 90^\circ \text{ mA}$$

Por último, ahora que se conocen las corrientes de fase, se pueden encontrar las tensiones de fase utilizando Ley de Ohm, de la siguiente manera:

$$V_{AN} = I_a Z_Y$$

$$V_{AN} = 0,6928\angle -30^\circ * 100$$

$$V_{AN} \approx 69,28\angle -30^\circ V_{rms}$$

$$V_{BN} = I_b Z_Y$$

$$V_{BN} = 0,6928\angle -150^\circ * 100$$

$$V_{BN} \approx 69,28\angle -150^\circ V_{rms}$$

$$V_{CN} = I_c Z_Y$$

$$V_{CN} = 0,6928\angle 90^\circ * 100$$

$$V_{CN} \approx 69,28\angle 90^\circ V_{rms}$$

A modo de resumen, se presenta la Tabla 2 con los datos teóricos obtenidos de los valores RMS para las tensiones de línea, de fase y corrientes de línea y de fase para las cargas.

Tabla 2. Datos teóricos para las distintas configuraciones de conexión. Fuente: elaboración propia.

	V línea (V)	V fase (V)	I línea (mA)	I fase (mA)
Y-Y	208	120,0	1,20	1,20
Y-Δ	208	208	3,60	2,08

Δ - Δ	120	120	2,08	1,20
---------------------	-----	-----	------	------

Tabla 2. Datos teóricos para las distintas configuraciones de conexión. (Continuación)

	V línea (V)	V fase (V)	I línea (mA)	I fase (mA)
Δ -Y	120	69,28	0,69	0,69

4. Calcule la potencia que disipan las resistencias para los circuitos de las Figuras 5 y 6 manteniendo las condiciones anteriores, en donde la carga resistiva esté conectada tanto en estrella como en delta.

Para realizar el cálculo de la potencia se va a utilizar la siguiente ecuación (la cual utiliza voltajes y corrientes de fase), con la cual se obtiene la potencia por fase, por lo que para encontrar la potencia total esta se debe multiplicar por 3, lo cual es válido ya que el sistema se encuentra balanceado.

$$P_{fase} = V_{rms} * I_{rms}$$

- a) Estrella – estrella:

$$P_{fase} = 120 * 1,2 = 144 \text{ mW}$$

$$P_{total} = 144 * 3 = \mathbf{432 \text{ mW}}$$

- b) Estrella – delta:

$$P_{fase} = 208 * 2,08 = 432 \text{ mW}$$

$$P_{total} = 432 * 3 = \mathbf{1296 \text{ mW}}$$

- c) Delta – delta:

$$P_{fase} = 120 * 1,2 = 144 \text{ mW}$$

$$P_{total} = 144 * 3 = \mathbf{432\ mW}$$

d) Delta – estrella:

$$P_{fase} = 69,28 * 0,69 = 48\ mW$$

$$P_{total} = 48 * 3 = \mathbf{144\ mW}$$

A modo de resumen, se presenta la Tabla 3 con los datos de potencia por fase y total del sistema.

Tabla 3. Potencia por fase y total para las distintas configuraciones de conexión trifásica. Fuente: elaboración propia.

	P_{fase} (mW)	P_{total} (mW)
Y-Y	144	432
Y-Δ	432	1296
Δ-Δ	144	432
Δ-Y	48	144

- Verifique los resultados anteriores comparando con una simulación, el archivo de simulación debe incluirse en la entrega y sus resultados deben aparecer tabulados, utilice las incertidumbres de la medida. Agregue adicionalmente el cálculo de la potencia de cada fase y la potencia total para los cuatro circuitos (estrella-estrella, estrella-delta, delta-delta, delta-estrella).

Se presenta a continuación, en la tabla 4, los resultados simulados en la plataforma Multisim, con los cuales se comprueba el comportamiento con los cálculos de las tablas 2 y 3.

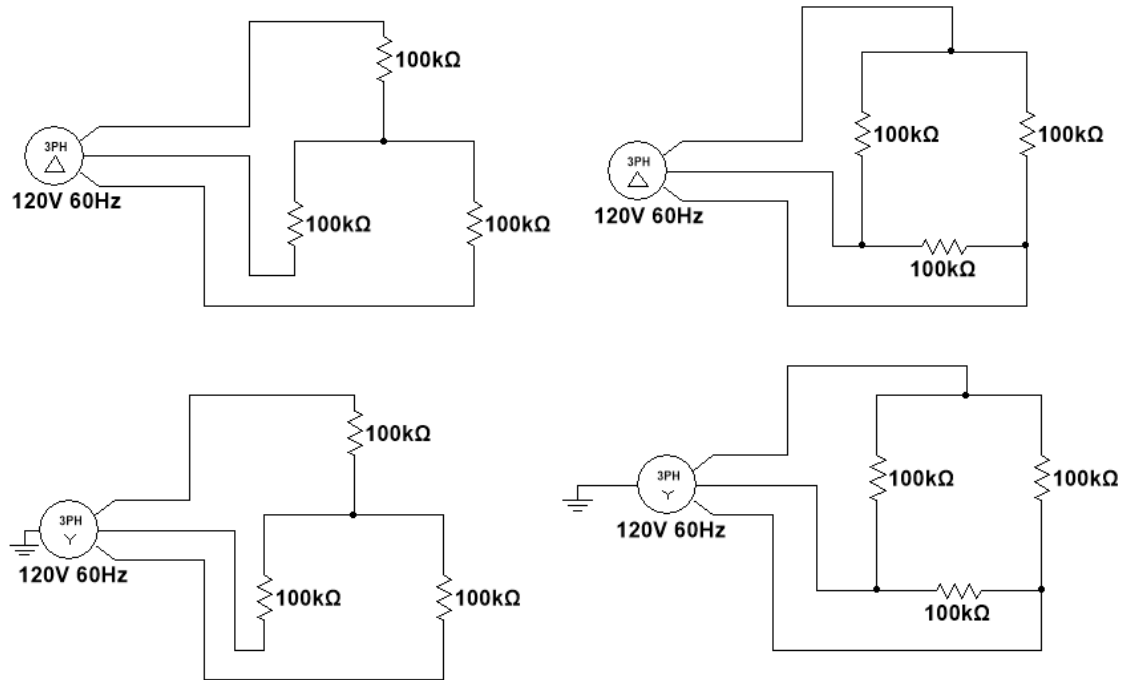


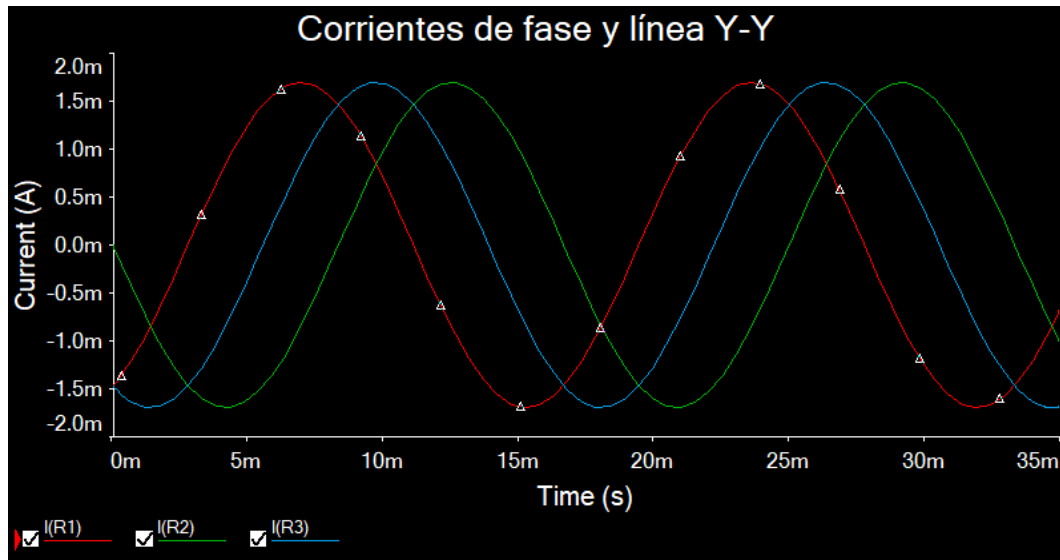
Figura 10. Circuitos simulados en Multisim. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Resultados obtenidos mediante simulación en Multisim. Fuente: elaboración propia.

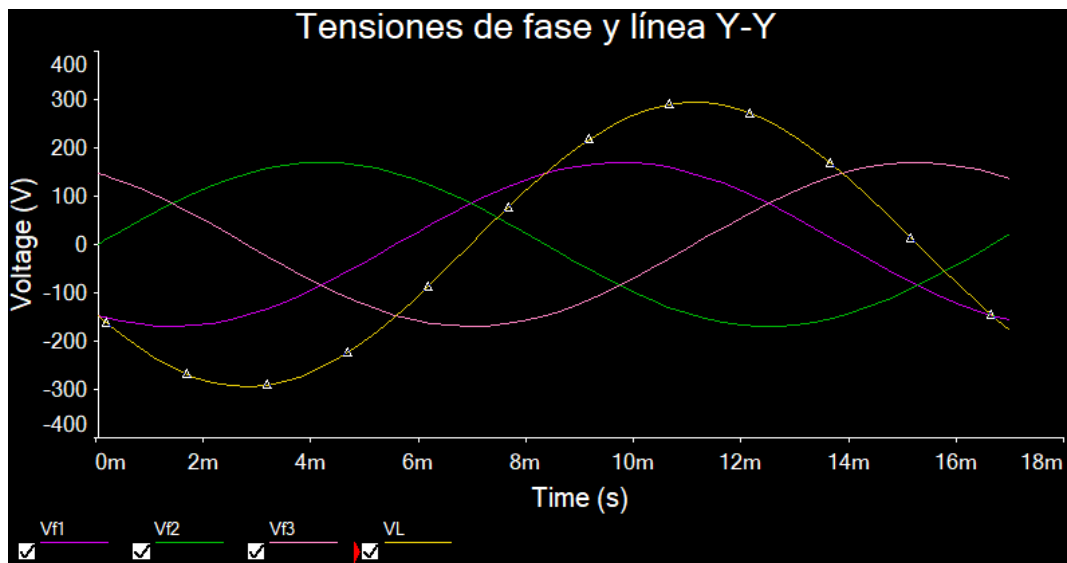
	V línea (±1) V	V fase (±0.1) V	I línea (±0.001) mA	I fase (±0.001) mA	Potencia por fase (±1) mW	Potencia total (±1) mW
Y-Y	208	120.0	1.200	1.200	144	432
Y-Δ	208	208	3.600	2.080	432	1296
Δ-Δ	120	120	2.080	1.200	144	432
Δ-Y	120	69.3	0.693	0.693	48	144

Además, a continuación, se presentan gráficamente los desfases presentes entre las corrientes y tensiones de fase y línea respectivamente. De estas, se corrobora que las tensiones de línea se adelantan respecto a las tensiones de fase correspondientes en 30° y que las tensiones de línea y

fase están desfasadas 120° entre sí. A su vez, las corrientes de línea se atrasan respecto a las corrientes de fase respectivas en 30° y que las corrientes de línea y fase están desfasadas 120° entre sí respectivamente.

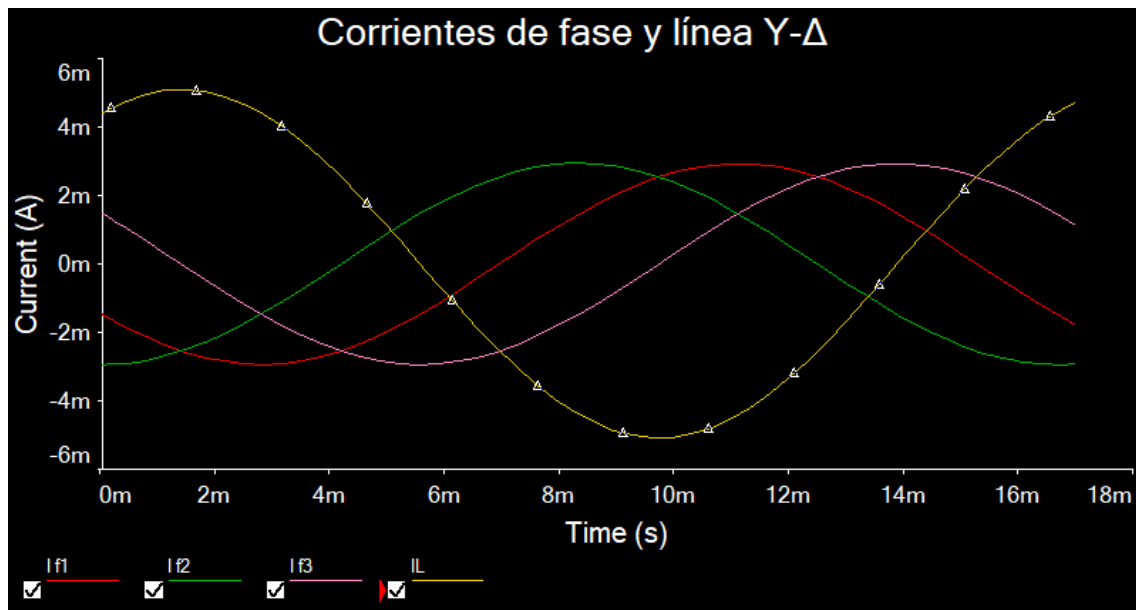


a) Corrientes

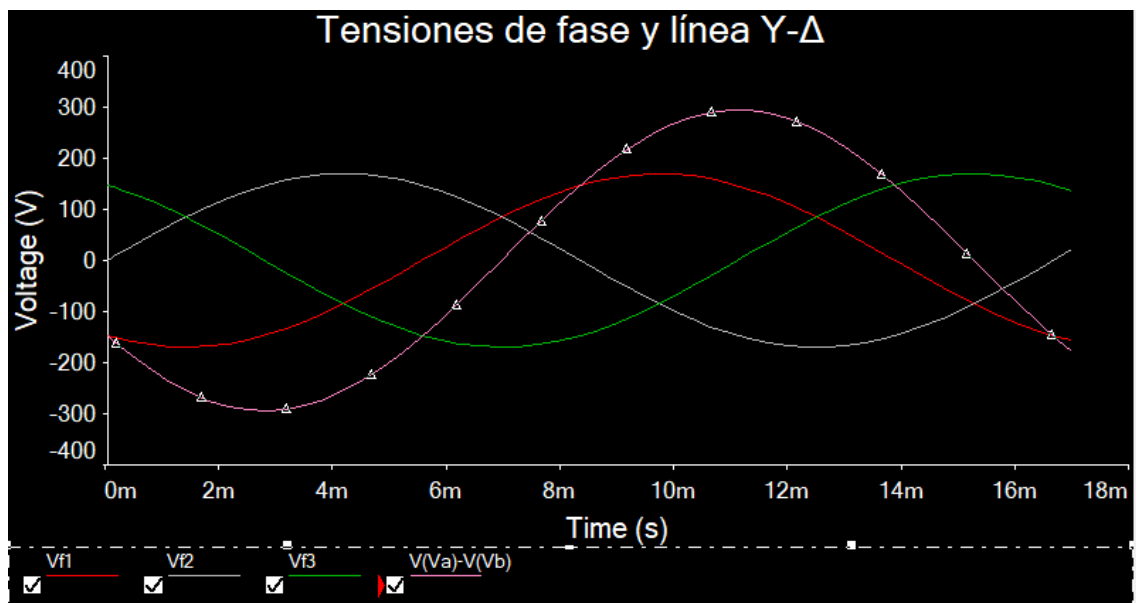


b) Tensiones

Figura 11. Señales de corriente y tensión del circuito Y-Y. Fuente: elaboración propia.

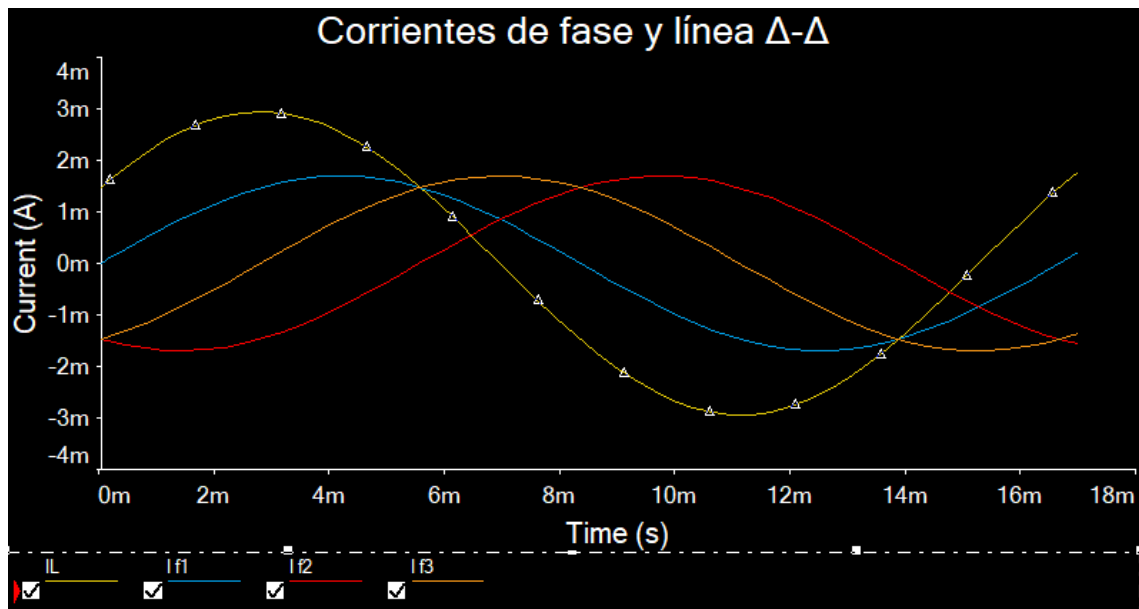


a) Corrientes

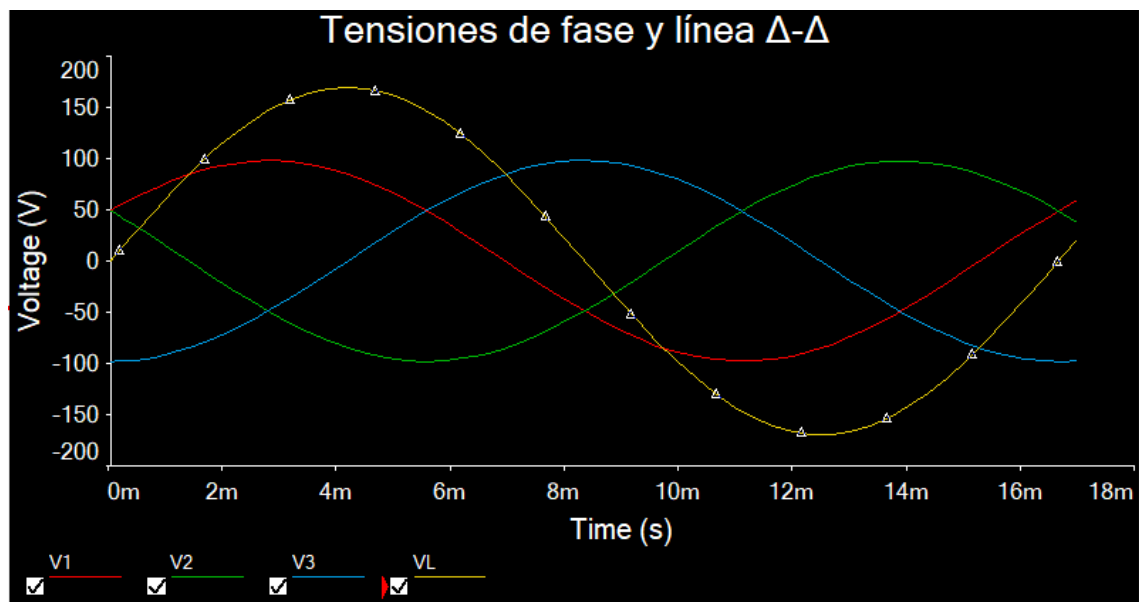


b) Tensiones

Figura 12. Señales de corriente y tensión del circuito Y-Δ. Fuente: elaboración propia.

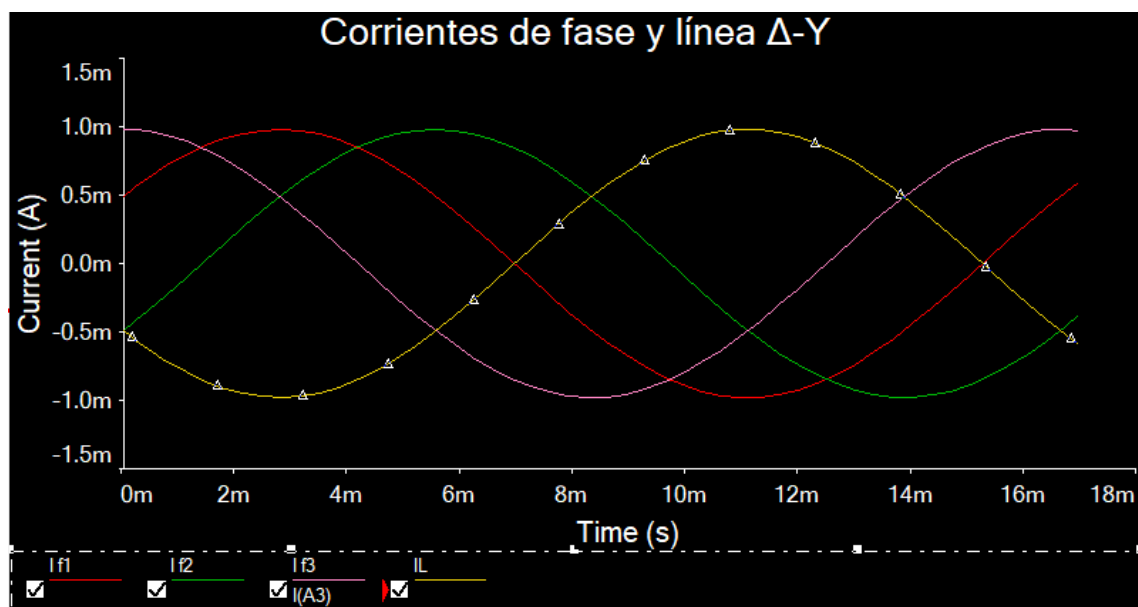


a) Corrientes

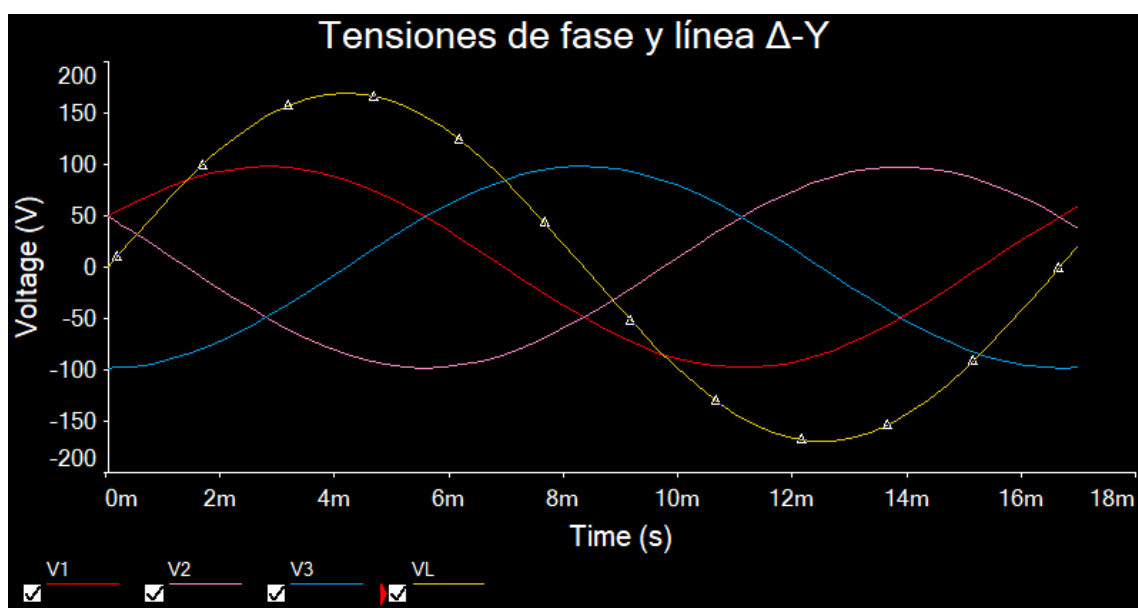


b) Tensiones

Figura 13. Señales de corriente y tensión del circuito Δ - Δ . Fuente: elaboración propia.



a) Corrientes



b) Tensiones

Figura 14. Señales de corriente y tensión del circuito Δ -Y. Fuente: elaboración propia.

Fuentes monofásicas

6. Explique el diagrama eléctrico de los sistemas monofásicos de 2 hilos y de 3 hilos que se encuentran en las zonas residenciales.

Los sistemas eléctricos monofásicos tienen tres hilos dentro de la instalación. Dos de estos hilos son "calientes", uno de ellos es la "Línea" y el otro el "Neutro". El tercero es el hilo a tierra. La tensión entre los dos hilos "calientes" normalmente es de 120 voltios (en Norteamérica). En Norteamérica, la mayoría de los electrodomésticos utilizan 120 V, por este motivo la mayor parte de las tomas de corriente en hogares, oficinas y lugares públicos se cablearán con un cable caliente y el neutro. Estos sistemas se conocen como sistemas monofásicos de dos hilos (monofásicos, dos hilos). Los electrodomésticos habituales como bombillas, refrigeradores, televisiones, planchas domésticas, etc., tienen una carga de línea suficientemente pequeña como para requerir un suministro eléctrico monofásico. (Intellimeter Canadá Inc., 2018)

En residencias unifamiliares, grandes electrodomésticos, como por ejemplo: placas vitrocerámicas, lavavajillas, lavadoras, secadoras y calentadores pueden utilizar también 240 V de tensión de alimentación con dos líneas de 120 V y un hilo neutro. (Intellimeter Canadá Inc., 2018)

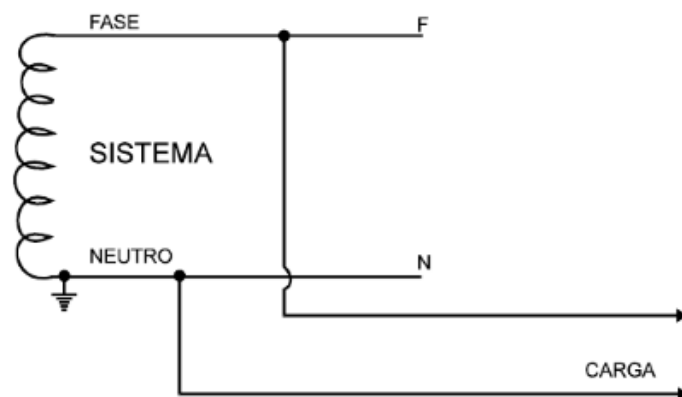


Figura 15. Diagrama conexión sistema monofásico dos hilos. Fuente: Dokumen, s.f.

Al ver la Figura 15 se observa cómo se expresa el cable que contiene la fase o el cable “caliente” como F y la línea neutra se define como N, de estos cables se realizan conexiones las cuales se unen a la carga para proporcionar la corriente.

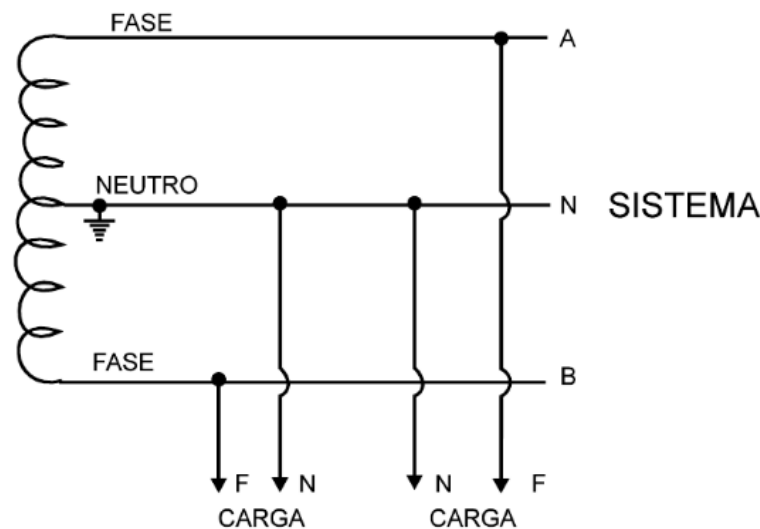


Figura 16. Diagrama conexión sistema monofásico tres hilos. Fuente: Dokumen, s.f.

En la Figura 16 se puede observar la conexión de un sistema monofásico de tres hilos, donde se ve como las terminales A y B son las que se referenciaron anteriormente como los dos cables “calientes”. Con esta configuración, se puede obtener alimentación monofásica a 2 hilos utilizando las terminales A-N o B-N. En caso de que se haga una conexión de A-B esta no puede llamarse de 2 hilos (incluso cuando sólo se conecten estos dos conductores), ya que el neutro está conectado a tierra y por lo tanto debe contarse como un tercer hilo.

7. Para la fuente monofásica 120V/240V Ultimax AD-TSD500D de la Figura 17, realice la correspondencia entre las terminales del transformador monofásico (1 a la 5) y el bloque de conexión CN4 (A a la E) de la Figura 18 con el fin de lograr el funcionamiento descrito. No sobran terminales del transformador monofásico.



Figura 17. Fuente monofásica 120V/240V Ultimax AD-TSD500D.

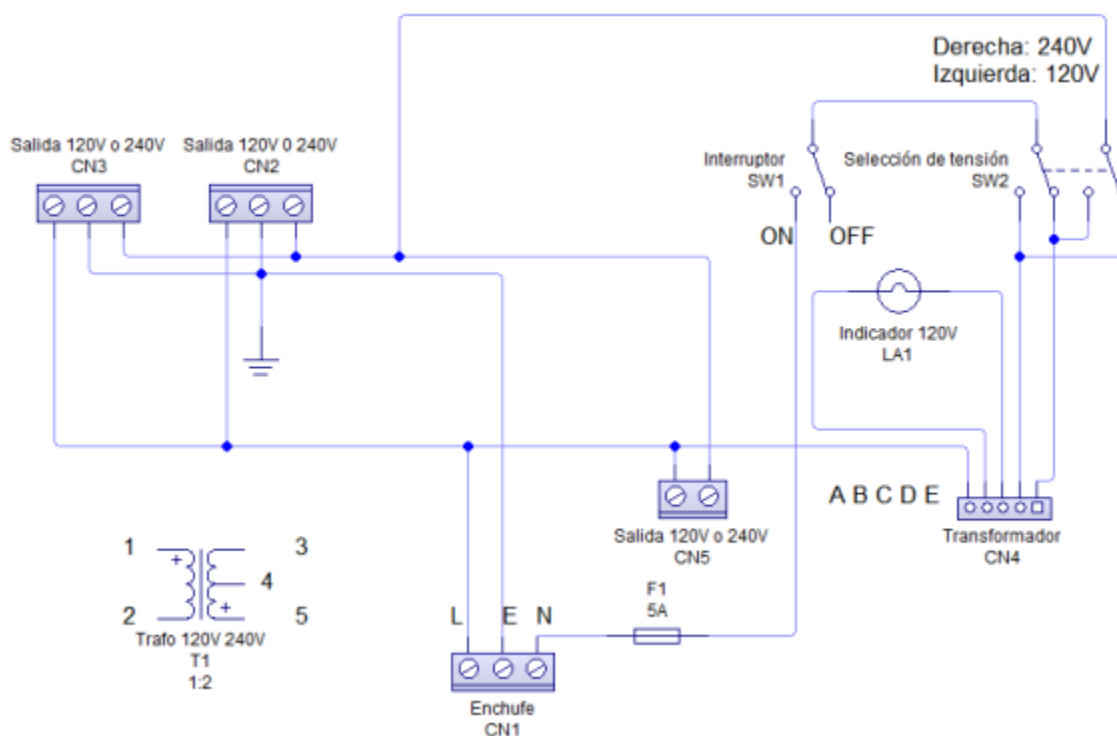


Figura 18. Diagrama eléctrico de la fuente monofásica.

La correspondencia para lograr la conexión que proporcione el comportamiento deseado se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Correspondencia entre las terminales externas e internas del transformador. Fuente: elaboración propia.

Terminales internas del transformador	Terminal externas del transformador
1	B
2	C
3	A
4	D
5	E

Siguiendo las conexiones anteriores, la terminal 3 del transformador se conecta directamente a la alimentación, al igual que la terminal 4 o 5 (dependiendo de la posición del switch), y la salida para los demás enchufes se va a tomar en la terminal que no se usó como entrada entre la 4 y la 5 (es decir, si se toma como entrada a la terminal 5, la terminal 4 actúa como salida y viceversa). Además de esto, se utilizan las terminales 1 y 2 del transformador para energizar al indicador de 120 V, ya que dichas terminales siempre van a suministrar una tensión de 120 V.

8. Indique la forma de obtener 60V a la salida de la fuente monofásica 120V/240V Ultimax AD-TSD500D. No se cambian las conexiones internas. ¿En este caso el indicador luminoso se enciende?

Para lograr una salida de 60 V lo que se debe hacer es alimentar al equipo con 120 V pero dejar el switch en la posición de 240 V, ya que en esta configuración, la fuente monofásica lo que hace es proporcionar una salida que sea equivalente a la mitad de la entrada, entonces de este modo, como

la entrada es de 120 V, la salida será de 60 V. Asimismo, para este último caso, el indicador luminoso no se enciende, ya que como el transformador tiene una razón de 1:2, si se alimenta con 120 V las terminales de la derecha, las terminales de la izquierda arrojarán una salida de 60 V que no basta para encender el indicador.

9. Indique los cuidados que deben seguirse y la conexión que debe realizar si requiere obtener una fuente de 240V/480V monofásica de tres hilos utilizando dos transformadores 120V/240V (dispone de todos los devanados para realizar la conexión).

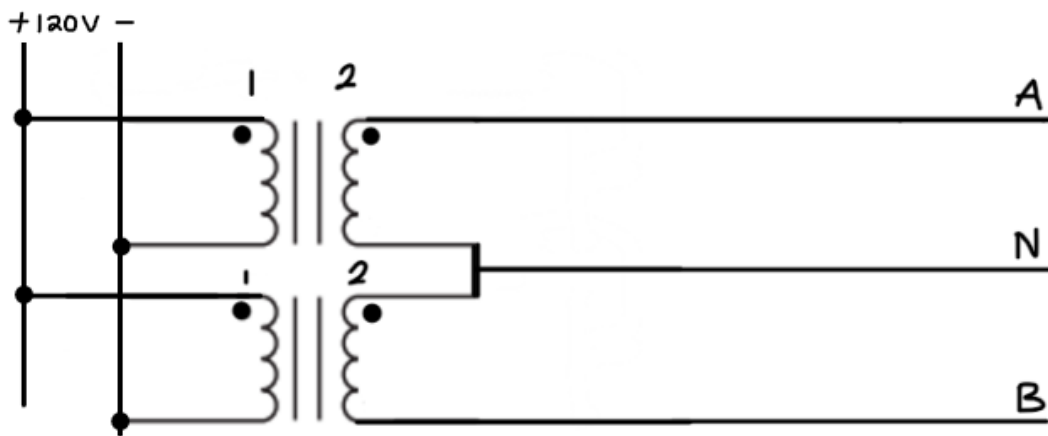


Figura 19. Diagrama de conexión para obtener una fuente monofásica 240V/480V de tres hilos.

Fuente: elaboración propia.

El diagrama de conexión para la fuente requerida se muestra en la Figura. Primero, siempre que se realice una conexión de este tipo, se debe tomar las medidas básicas de seguridad como utilizar el equipo de protección necesario y cerciorarse de que el equipo no esté electrificado a la hora de la conexión. Ahora bien, para la correcta configuración de dicha fuente, primero se debe localizar la terminal positiva en cada transformador, ya que en caso de que la conexión se realice de manera inversa para cualquiera de los transformadores la fuente obtenida no tendrá la capacidad de proporcionar la tensión requerida. Una vez que se determine la terminal positiva en cada

transformador, lo que se procede a realizar es unir ambos transformadores, tanto en la salida como en la entrada, y de esta manera, tomando las salidas que se muestran en la Figura (A y B líneas, N neutro) se obtiene una fuente monofásica 240V/480V de tres hilos. Es importante mencionar que, para el correcto funcionamiento de dicha fuente, la alimentación de la misma debe ser de 240 V.

Fusibles

Lea el artículo “Understanding fuse ratings” disponible en el Tec Digital para contestar las siguientes preguntas.

10. ¿Cuáles son las dos condiciones peligrosas que se previenen mediante la utilización de fusibles?

Los fusibles son de gran utilidad para evitar sobrecalentamiento de componentes y prevenir incendios. De este modo, la correcta selección del fusible debe darse para que este limite la corriente en el circuito por debajo del punto donde los componentes podrían calentarse peligrosamente, descomponerse, explotar o arrojar chispas. Es importante destacar que, los fusibles no protegen al circuito de todo tipo de fallas, sino que ayudan a evitar problemas dado un cambio significativo de corriente.

11. Descargue la hoja de datos de un fusible comercial, añada y explique una de sus curvas corriente-tiempo.

El fusible que se va a utilizar como ejemplo es el Micro2 Blade Fuses, también conocido como un fusible de cuchilla para vehículos, dicho fusible se presenta en la Figura 20.



Figura 20. Fuse comercial de automóvil. Fuente: Littelfuse, s.f.

Su curva corriente-tiempo se muestra en la Figura 21.

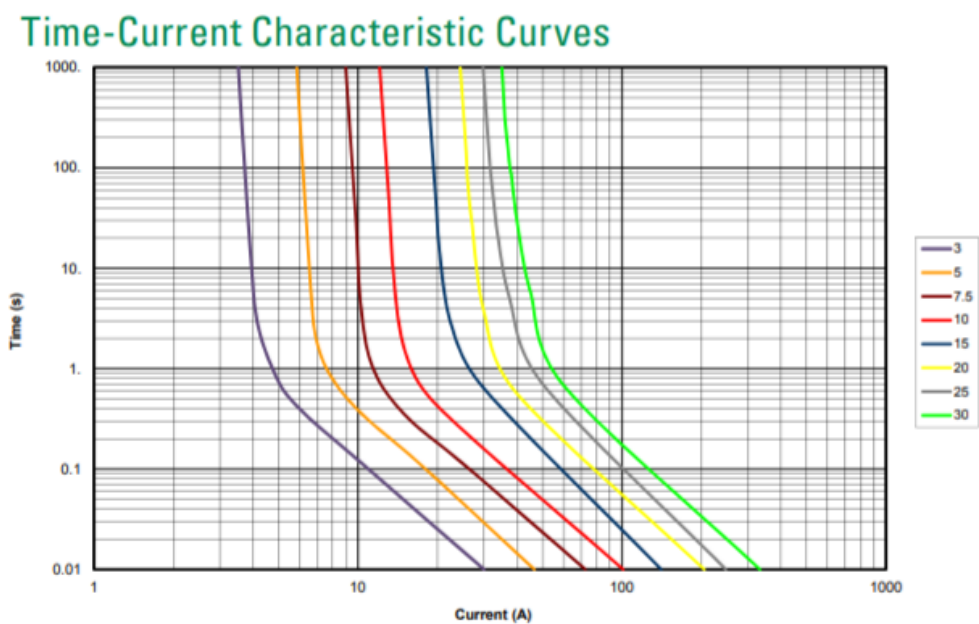


Figura 21. Curvas corriente-tiempo para los distintos fusibles según la corriente que está diseñado para soportar. Fuente: Littelfuse, s.f.

La coloración de cada uno de los fusibles va a indicar que corriente puede soportar, esto como lo explica la Figura 22.









Part Number	Current Rating (A)	Housing Material Color	Typ. Voltage Drop (mV)	Cold Resistance (mΩ)	I ² t (A ² s)
0327003._	3 (*)		113	31.7	9
0327005._	5		116	17.4	17
032707.5._	7.5		106	10.8	47
0327010._	10		102	7.7	89
0327015._	15		94	4.9	189
0327020._	20		91	3.5	397
0327025._	25		90	2.6	585
0327030._	30		88	2.1	1028

Figura 22. Clasificación de color según el valor de corriente que soporta cada fusible.

Fuente: Littelfuse, s.f.

Al observar la Figura 21, correspondiente a las curvas específicas de cada uno de los fusibles, se tiene que al tomar como sujeto de explicación la curva de color rojo, perteneciente al fusible de 10A, se observa como al operar en 10A no va a haber rompimiento del fusible pues es su diseño funcionar con esa corriente indefinidamente, sin embargo al aumentar la corriente, por ejemplo con aproximadamente 15A se puede determinar que le va a tomar alrededor de 1 segundo activarse, otro punto que se puede destacar es al operar cercano a los 30A, donde se reduce drásticamente el tiempo de activación, llegando a un valor próximo a los 0.1s, es entonces en estos puntos donde se observa como el fusible va a activarse ya que alcanza la temperatura que le permite derretirse, ya que el fusible actúa como protección térmica para prevenir que se sobrecaliente y se inicie un fuego, por lo que se puede determinar que al aumentar la corriente que este experimentando el fusible, menor será el tiempo en que dure en activarse el fusible, dicho comportamiento se puede observar de igual forma en el resto de curvas de los demás fusibles.

Al final de este documento se encuentra la hoja de datos de los fusibles utilizados.

12. ¿Cómo se selecciona el parámetro de corriente del fusible?

Dado que el fusible trabaja bajo rangos específicos de corriente. Para definir el parámetro de corriente, Eckert recomienda seleccionar el extremo superior y el extremo inferior del consumo de corriente, según la aplicación donde se esté trabajando. Además, es necesario considerar caídas de voltaje, condiciones de bajo voltaje, si la temperatura es controlada o elevada; en esos casos es preferible aumentar la corriente de disparo seleccionada.

13. Compare las diferencias, así como los usos de los fusibles de acción rápida y los fusibles de acción retardada.

Por un lado, los fusibles de retardo son útiles para proteger cargas inductivas, permiten sobre corrientes de arranque prolongada o corrientes de sobretensión cortas durante la conmutación de la carga o de transistores externos. Esto les permite limitar en gran medida la corriente. Entre sus usos se encuentran, soportar sobrecargas de energía cortas debido a arranques de motor, también se usan en servicios residenciales y en aparatos pequeños.

Por otro lado, los fusibles de acción rápida permiten un arranque muy breve de corrientes transitorias, y son útiles para cargas de estado estable. Este tipo de fusibles proporcionan protección contra fallas de impedancia media o alta ya que se abren de forma rápida en corrientes moderadas. Algunas de sus aplicaciones son, circuitería de iluminación, aparatos electrónicos sensibles a picos de corriente; entre otros.

14. ¿A qué se refiere el parámetro de tensión y porqué es distinto si el fusible se conecta a un punto que funcione con tensión alterna o con tensión directa?

El parámetro de voltaje es máximo voltaje de circuito abierto al que se puede utilizar el fusible, sin que este falle. La clasificación de un fusible es distinta para corrientes continuas o alternas, por

lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de adquirirlo. Eckert menciona que la clasificación CD puede ser inferior que la clasificación CA. Por ejemplo, un fusible puede tener una su parámetro de tensión de 250 VCA, pero solo un máximo de 32 VCD.

La diferencia del voltaje nominal se debe a la capacidad de suprimir arcos, puesto que, en AC el arco desaparece en el cruce por cero de la tensión, mientras que como en CD las tensiones no cruzan por cero, es necesario disminuir el voltaje para suprimir los arcos que podrían causar problemas.

15. ¿Qué significa la capacidad de interrupción? Al trabajar con tensión AC ¿cómo se recomienda su determinación?

Eckert menciona que, la capacidad de interrupción es un aspecto crítico de un fusible. Esta consiste en la corriente de falla máxima que un fusible puede manejar de manera segura y sin abrirse violentamente. Al trabajar con tensión AC, hay distintas formas para determinarla. Una de ellas es si se está trabajando con un fusible que no esté clasificado específicamente, se deben seleccionar corrientes aleatorias para hallar el punto crítico.

Sin embargo, la corriente de falla potencial está relacionada con la impedancia de la fuente del circuito, de los transformadores y de la impedancia dentro de la carga. De este modo, la impedancia varía dependiendo del sitio donde esté la corriente de falla, donde la clave es limitar la impedancia en el circuito del fusible.

Además, Eckert indica que es de buena práctica el uso de un osciloscopio y una sonda de corriente a la hora de hacer pruebas de fallas, para observar la corriente máxima cuando hay un cortocircuito después del fusible.

Seguridad eléctrica

16. Observe el video de seguridad ante peligros eléctricos de baja tensión y catalogue cada afirmación como falsa o verdadera.

Afirmación	F o V
Más cantidad de personas mueren por accidentes eléctricos de alta tensión que de baja tensión	F
La baja tensión se define como 650V o menos	V
En aplicaciones de alta tensión no hay aislante alrededor del conductor eléctrico	V
La mayoría de los tejidos humanos se destruyen a 120 °F	V
Los arcos eléctricos únicamente ocasionan daños en la piel	F
Cualquier tipo de extintor es adecuado para un apagar un incendio de origen eléctrico	F
Las extensiones no deben conectarse en serie para alargarlas	V
Un interruptor de potencia se activa de frente	F

Referencias

Charles K. Alexander, M. N. (2013). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos 5ta Edición*. México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.

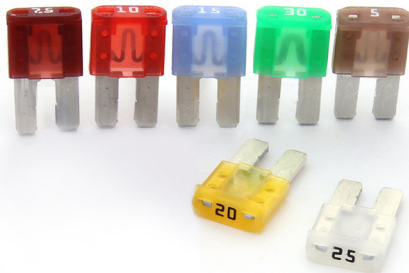
Dokumen (s.f.) *Sistemas Monofásicos y Polifásicos*. Obtenido de:
<https://dokumen.tips/documents/sistemas-monofasicos-y-polifasicos.html>

Dorf, R., & Svoboda, J. (2011). *Circuitos Eléctricos, 8va edición*. México: Alfaomega Grupo Editor,.

Ingeniería Eléctrica Blogspot. (2014). *Ingeniería Eléctrica Blogspot*. Obtenido de:
<http://ingenieriaelectricafravedsa.blogspot.com/2014/11/tensiones-corrientes-fase-linea.html>

Intellimeter Canadá Inc. (2018). *Intellimeter Canadá Inc*. Obtenido de:
<http://blog.intellimeter.com/esp/cu%C3%A1les-son-los-diferentes-sistemas-el%C3%A9ctricos-y-por-qu%C3%A9-son-importantes-en-la-selecci%C3%B3n-de-un-medidor>

Littelfuse (s.f.). *Blade Fuses*. Obtenido de:
https://www.littelfuse.com/~media/automotive/datasheets/fuses/passenger-car-and-commercial-vehicle/blade-fuses/littelfuse_micro2_datasheet.pdf



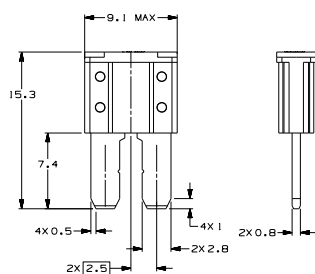
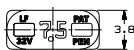
MICRO2™ Blade Fuses



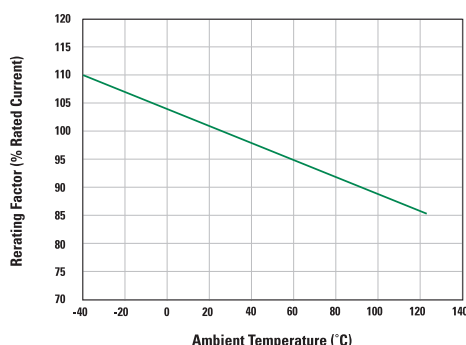
MICRO2™ Sn
(Tin plated) Blade Fuses

Dimensions

Dimensions in mm



Temperature Derating Curve



MICRO2™ Blade Fuses Rated 32V

The MICRO2™ Fuse is the new standard for vehicle circuit protection. Its sub-miniature design meets the need for more circuits to be protected while utilizing less space and its ability to cope with high temperatures in adverse environments makes the MICRO2™ Fuse of recommended choice for protection.

Black amperage stamps are used on the 20A & 25A / light colored housings to improve contrast for vision system inspection.

Specifications

Voltage Rating:

MICRO2
(Silver Plated)

32 VDC

MICRO2 Sn
(Tin Plated)

32 VDC

Interrupting Ratings:

1000A @ 32 VDC

1000A @ 32 VDC

*Component Level Temperature Range:

-40°C to +125°C

-40°C to +105°C

**System Level Temperature Range:

-40°C to +105°C

-40°C to +85°C

105°C and 85°C are typical system level temperature requirements.

Terminals:

Ag plated zinc alloy

Sn plated zinc alloy

Housing Material:

PA66

PA66

Conforms to:

SAE 2741 and ISO 8820-3 in reference to electrical, mechanical and environmental performance requirements

RoHS

Ordering Information

Part Number	Package Size
MICRO2 (Silver Plated)	
0327xxx.YX2S	4000
0327xxx.UXS	500
0327xxx.LXS	50
MICRO2 Sn (Tin Plated)	
0327xxx.YX2T	4000

Time-Current Characteristics

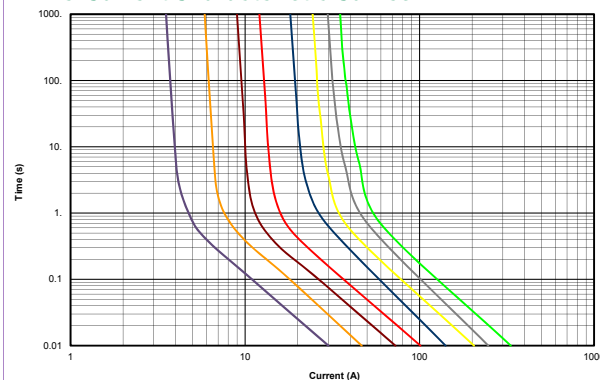
% of Rating	Opening Time Min / Max
110	100 h / -
135	0.75 sec / 120 sec
160	0.30 sec / 50 sec
200	0.15 sec / 5 sec
350	0.04 sec / 0.50 sec
600	0.02 sec / 0.100 sec

Ratings

Part Number	Current Rating (A)	Housing Material Color	Typ. Voltage Drop (mV)	Cold Resistance (mΩ)	I ² t (A ² s)
0327003_	3 (*)		113	31.7	9
0327005_	5		116	17.4	17
032707.5_	7.5		106	10.8	47
0327010_	10		102	7.7	89
0327015_	15		94	4.9	189
0327020_	20		91	3.5	397
0327025_	25		90	2.6	585
0327030_	30		88	2.1	1028

* 3 A rating is available only as Ag Plated version

Time-Current Characteristic Curves



Component Level Temperature** = the maximum ambient temperature that a single fuse will survive. This does not factor in the heat from a populated fuse box, but does include the heat from the current load with the proper derating. *System Level Temperature** represents the ambient temperature of the fuse box at a location within the vehicle. The temperature within a populated fuse box (in a given location) will be higher. The limiting factor is the plating. Sn-plating's temperature limit is ~130°C, and Ag-plating allows up to 150°C at the terminal interface.

REV11212019

Littelfuse products are not designed for, and shall not be used for, any purpose (including, without limitation, automotive, military, aerospace, medical, life-saving, life-sustaining or nuclear facility applications, devices intended for surgical implant into the body, or any other application in which the failure or lack of desired operation of the product may result in personal injury, death, or property damage) other than those expressly set forth in applicable Littelfuse product documentation. Warranties granted by Littelfuse shall be deemed void for products used for any purpose not expressly set forth in applicable Littelfuse documentation. Littelfuse shall not be liable for any claims or damages arising out of products used in applications not expressly intended by Littelfuse as set forth in applicable Littelfuse documentation. The sale and use of Littelfuse products is subject to Littelfuse Terms and Conditions of Sale, unless otherwise agreed by Littelfuse.