

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

**LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS III**  
**INFORME No. 1**

**CIRCUITO TRIFÁSICO FUENTE ESTRELLA Y  
CARGA ESTRELLA EQUILIBRADA**

**Estudiante:**

Caballero Burgoa, Carlos Eduardo.

**Carrera:**

Ing. Electromecánica.

**Docente:**

Ing. Marco Antonio Vallejo Camacho.

**Grupo:** 2F (Martes).

**Fecha de entrega:** 17 de Septiembre del 2024.

## 1. Cálculos teóricos

Considerando un circuito trifásico estrella-estrella equilibrado con voltaje de línea  $U_L = 380[\text{V}]$  con frecuencia de  $50[\text{Hz}]$ , se calculan las corrientes de fase y línea en los siguientes casos:

### 1.1. Carga Resistiva

Se considera una resistencia de  $500[\Omega]$ .

Se calcula el voltaje de fase:

$$\begin{aligned}U_F &= \frac{U_L}{\sqrt{3}} \\&= \frac{380}{\sqrt{3}} \\&= 219.39[\text{V}]\end{aligned}$$

Para el caso de una resistencia, la impedancia es:

$$\begin{aligned}Z &= R \\&= 500[\Omega]\end{aligned}$$

Por tanto, la corriente de línea es:

$$\begin{aligned}I_L &= \frac{U_F}{|Z|} \\&= \frac{219.39}{500} \\&= 0.4388[\text{A}]\end{aligned}$$

### 1.2. Carga Resistiva-Inductiva

Se considera una resistencia de  $500[\Omega]$  y una inductancia de  $0.5[\text{H}]$ .

Se calcula la frecuencia angular a partir de la frecuencia:

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi f \\&= 2\pi(50) \\&= 100\pi[\text{rad/s}]\end{aligned}$$

Para el caso de una resistencia y un inductor, la impedancia es:

$$\begin{aligned}Z &= R + j\omega L \\&= 500 + j(100\pi)(0.5)[\Omega] \\&= 500 + j50\pi[\Omega]\end{aligned}$$

Por tanto, la corriente de linea es:

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{U_F}{|Z|} \\ &= \frac{219.39}{|500 + j50\pi|} \\ &= \frac{219.39}{\sqrt{500^2 + (50\pi)^2}} \\ &= 0.4186[\text{A}] \end{aligned}$$

### 1.3. Carga Resistiva-Capacitiva

Se considera una resistencia de  $500[\Omega]$  y una capacitancia de  $20[\mu\text{F}]$ .

Para el caso de una resistencia y un capacitor, la impedancia es:

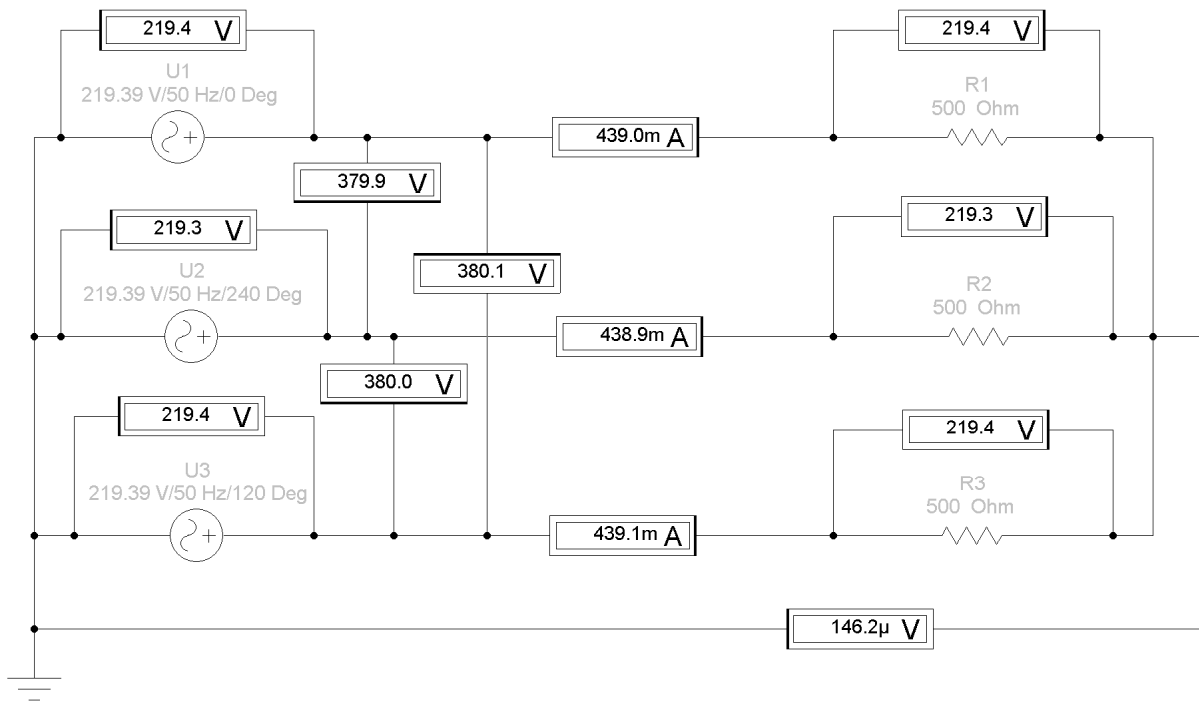
$$\begin{aligned} Z &= R + \frac{1}{j\omega C} \\ &= R - \frac{j}{\omega C} \\ &= 500 - \frac{j}{(100\pi)(20 \times 10^{-6})} [\Omega] \\ &= 500 - j\frac{500}{\pi} [\Omega] \end{aligned}$$

Por tanto, la corriente de linea es:

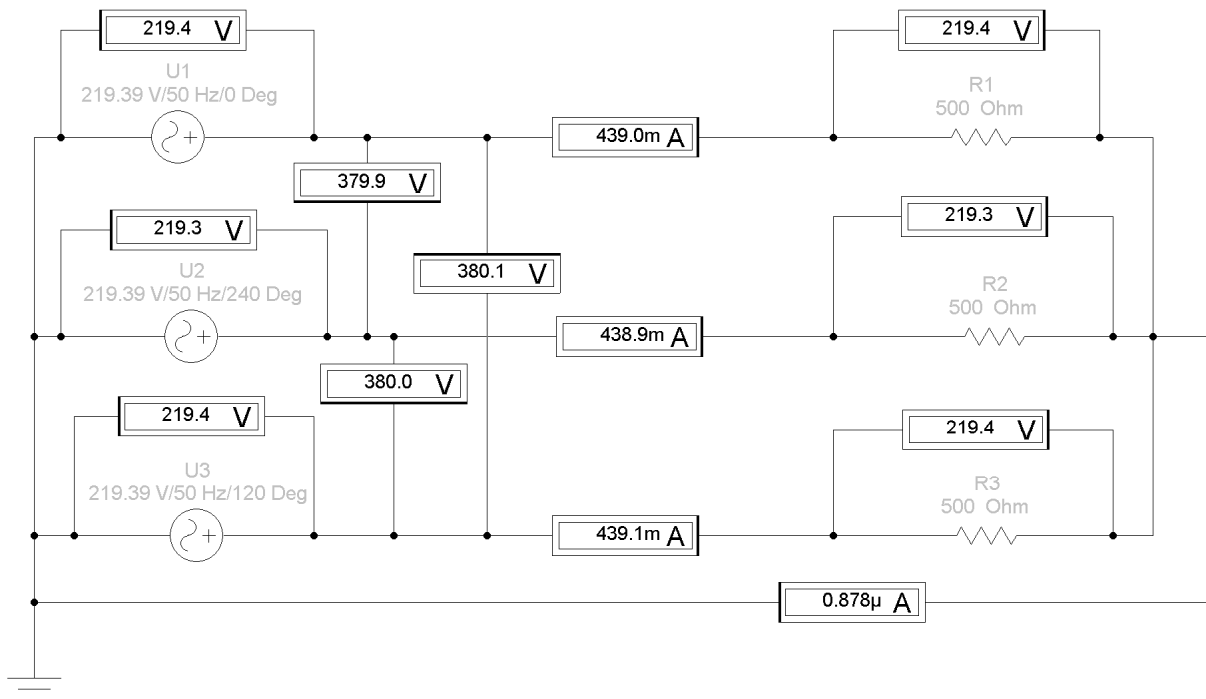
$$\begin{aligned} I_L &= \frac{U_F}{|Z|} \\ &= \frac{219.39}{|(500 - j\frac{500}{\pi})|} \\ &= \frac{219.39}{\sqrt{500^2 + (500/\pi)^2}} \\ &= 0.4181[\text{A}] \end{aligned}$$

## 2. Simulación

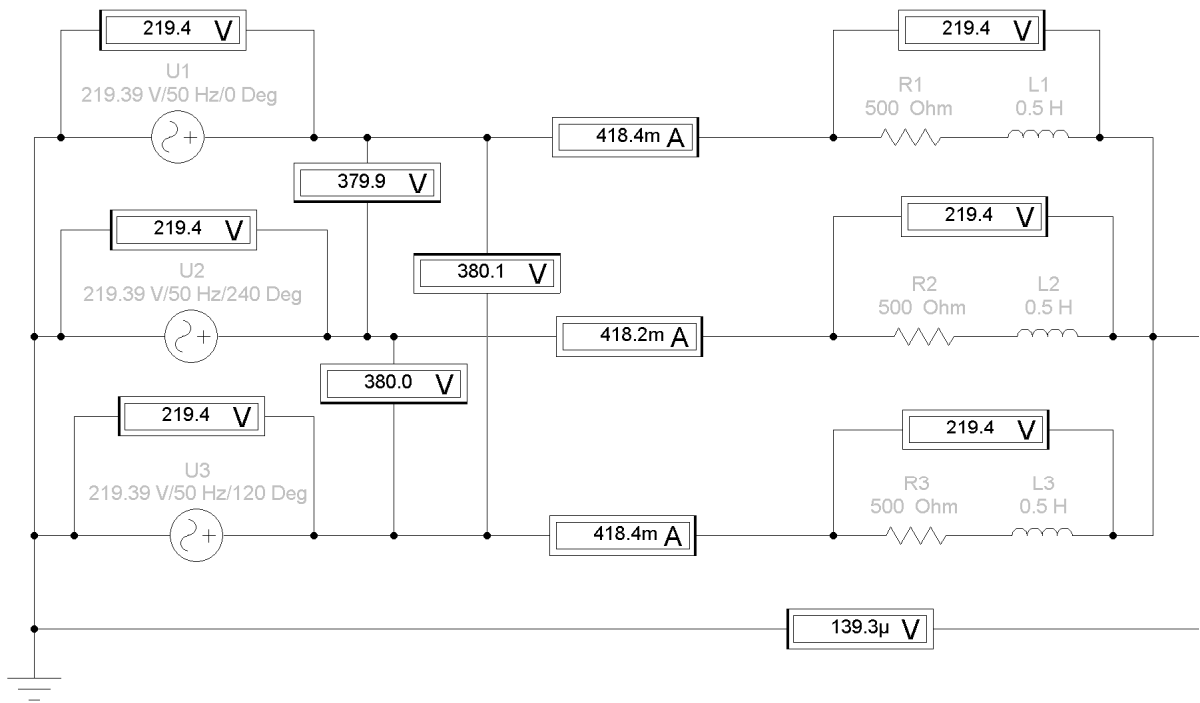
Se utilizó el software *Electronic Workbench v5.12*. para simular los circuitos, estos pueden verse en las figuras: (1), (2), (3), (4), (5) y (6).



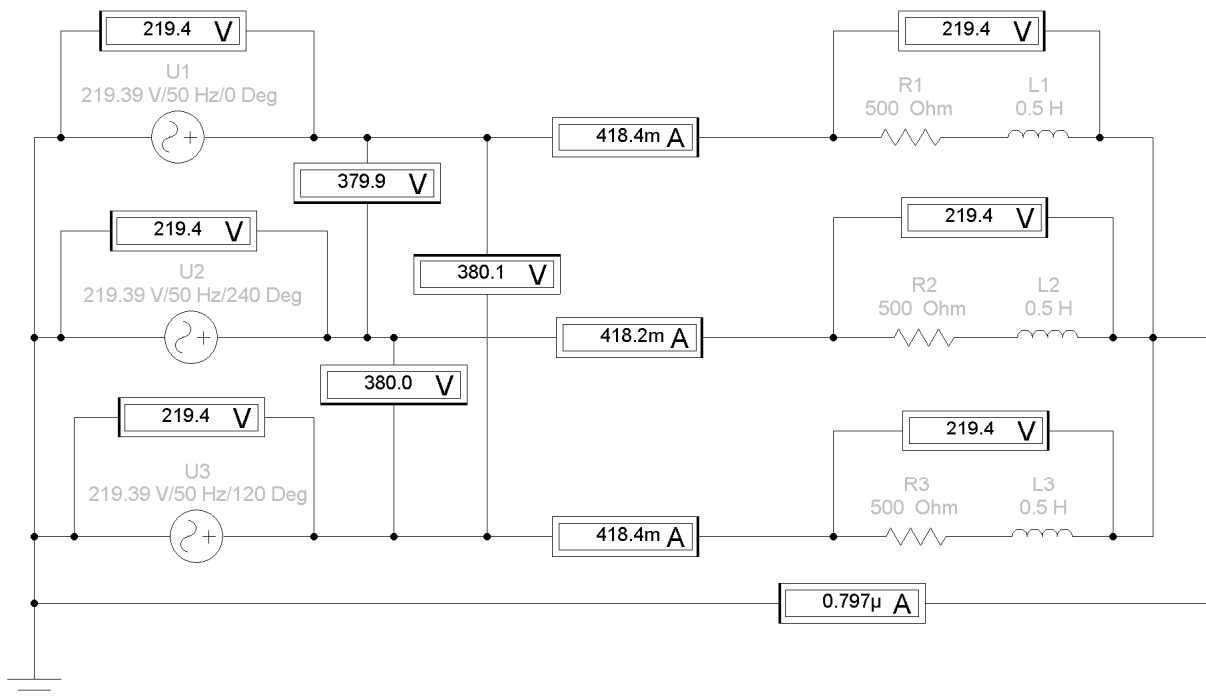
**Figura 1:** Simulación del circuito resistivo sin conexión entre neutros.



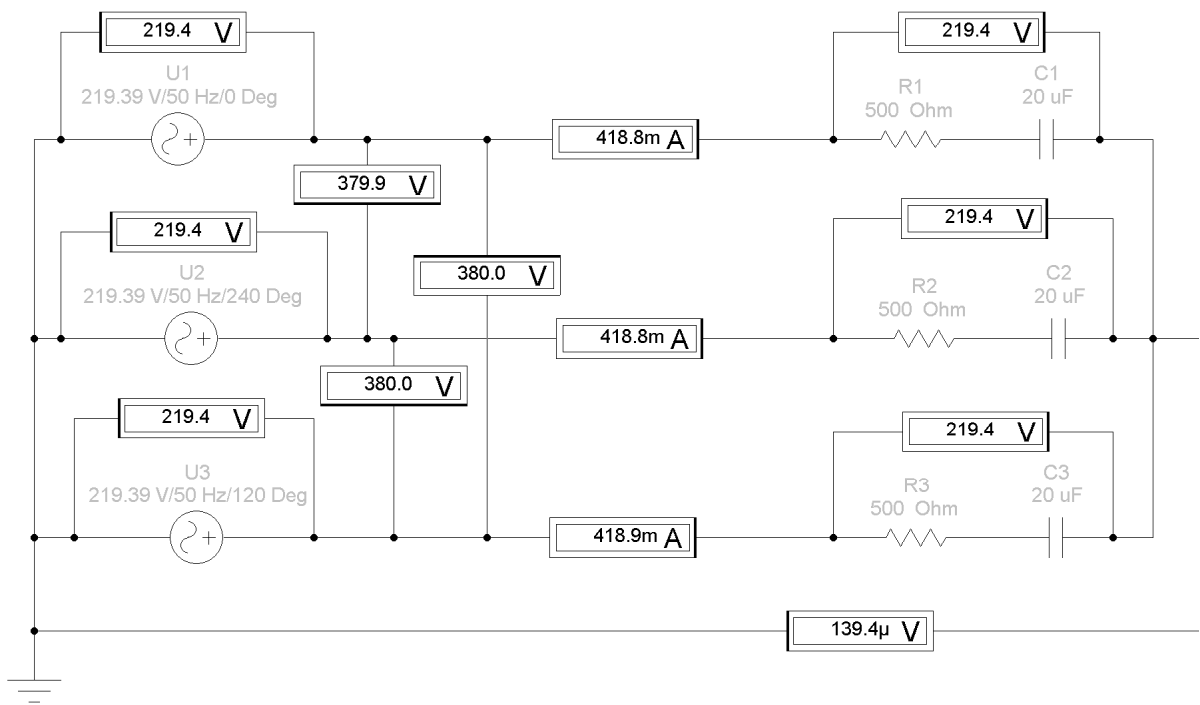
**Figura 2:** Simulación del circuito resistivo con conexión entre neutros.



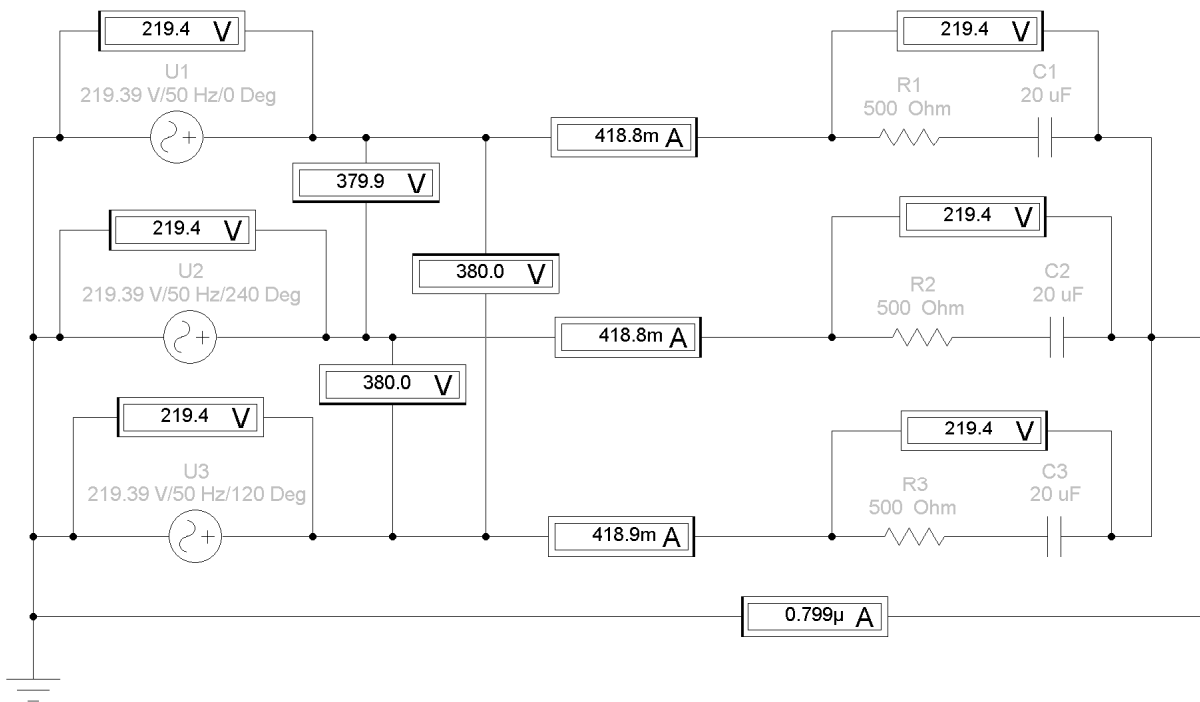
**Figura 3:** Simulación del circuito resistivo-inductivo sin conexión entre neutros.



**Figura 4:** Simulación del circuito resistivo-inductivo con conexión entre neutros.



**Figura 5:** Simulación del circuito resistivo-capacitivo sin conexión entre neutros.



**Figura 6:** Simulación del circuito resistivo-capacitivo con conexión entre neutros.

### 3. Tablas y mediciones

En las tablas siguientes, se presentan los resultados obtenidos con las mediciones realizadas en laboratorio.

#### 3.1. Carga Resistiva

	Voltaje de fase (Generador)			Voltaje de fase (Carga)			Voltaje de línea		
	$U_{L_1-N}$	$U_{L_2-N}$	$U_{L_3-N}$	$U_{Z_1}$	$U_{Z_2}$	$U_{Z_3}$	$U_{L_1-L_2}$	$U_{L_2-L_3}$	$U_{L_3-L_1}$
<b>SN</b>	200[V]	223[V]	224[V]	221[V]	224[V]	223[V]	388[V]	392[V]	390[V]
<b>CN</b>	222[V]	224[V]	226[V]	222[V]	225[V]	226[V]	392[V]	395[V]	392[V]

	$I_{L_1}$	$I_{L_2}$	$I_{L_3}$	$I_0$	$U_0$
<b>SN</b>	0.42[A]	0.41[A]	0.44[A]	—	1.30[V]
<b>CN</b>	0.42[A]	0.42[A]	0.45[A]	8.1[mA]	—

#### 3.2. Carga Resistiva-Inductiva

	Voltaje de fase (Generador)			Voltaje de fase (Carga)			Voltaje de línea		
	$U_{L_1-N}$	$U_{L_2-N}$	$U_{L_3-N}$	$U_{Z_1}$	$U_{Z_2}$	$U_{Z_3}$	$U_{L_1-L_2}$	$U_{L_2-L_3}$	$U_{L_3-L_1}$
<b>SN</b>	221[V]	225[V]	225[V]	223[V]	226[V]	225[V]	392[V]	395[V]	392[V]
<b>CN</b>	223[V]	225[V]	226[V]	223[V]	226[V]	226[V]	392[V]	396[V]	392[V]

	$I_{L_1}$	$I_{L_2}$	$I_{L_3}$	$I_0$	$U_0$
<b>SN</b>	0.40[A]	0.40[A]	0.42[A]	—	2.38[V]
<b>CN</b>	0.39[A]	0.40[A]	0.42[A]	8.9[mA]	—

#### 3.3. Carga Resistiva-Capacitiva

	Voltaje de fase (Generador)			Voltaje de fase (Carga)			Voltaje de línea		
	$U_{L_1-N}$	$U_{L_2-N}$	$U_{L_3-N}$	$U_{Z_1}$	$U_{Z_2}$	$U_{Z_3}$	$U_{L_1-L_2}$	$U_{L_2-L_3}$	$U_{L_3-L_1}$
<b>SN</b>	223[V]	225[V]	226[V]	224[V]	227[V]	226[V]	393[V]	396[V]	393[V]
<b>CN</b>	223[V]	226[V]	227[V]	223[V]	226[V]	226[V]	393[V]	395[V]	394[V]

	$I_{L_1}$	$I_{L_2}$	$I_{L_3}$	$I_0$	$U_0$
<b>SN</b>	0.41[A]	0.41[A]	0.43[A]	—	1.21[V]
<b>CN</b>	0.41[A]	0.40[A]	0.43[A]	6.7[mA]	—

## 4. Cuestionario

1. Con los datos de laboratorio el generador es perfectamente equilibrado?. ¿A qué se debería que no sea así?.

Los valores difieren levemente, considerando que la variación máxima es de 4[V] para una medición de 220[V] o superior, se puede considerar un error despreciable; debido a los instrumentos de medición o el mismo proceso de medida.

2. Determine las relaciones entre tensiones de línea y fase. Se verifica lo estudiado en la teoría?.

Considerando los siguientes datos obtenidos:

	Voltaje de fase	Voltaje de línea	Relación $L/F$
<b>Teórico</b>	219.39[V]	380[V]	1.732
<b>Simulado (promedio)</b>	219.39[V]	379.99[V]	1.732
<b>Laboratorio (promedio)</b>	224.11[V]	392.89[V]	1.753

La relación teórica de  $\sqrt{3}(1.7321)$  varia ligeramente en las mediciones de laboratorio con respecto a la teoría y a la simulación; nuevamente son cantidades despreciables de error.

3. Existe variación en las tensiones de línea y de fase al variar la carga?. Coincide esto con lo teórico?.

Considerando los siguientes datos obtenidos:

Carga	Voltaje de fase (Promedio)	Voltaje de línea (Promedio)
<b>Resistivo</b>	223.17[V]	391.5[V]
<b>Resistivo-inductivo</b>	224.17[V]	393.17[V]
<b>Resistivo-capacitivo</b>	225[V]	393.83[V]

Existe una variación de voltaje entre diferentes cargas, aunque en la teoría no debería existir tal variación, esto variación puede deberse a la variación en la cantidad de corriente de línea para cada carga, o a problemas relacionados a la medición.

4. El voltaje de neutro medido en cada caso resulta exactamente cero?. En caso de que no sea así, a que se debe?.

El voltaje de neutro para cada caso, se resume en la siguiente tabla:

	Voltaje de neutro
Carga resistiva	1.30[V]
Carga resistiva-inductiva	2.38[V]
Carga resistiva-capacitiva	1.21[V]

En ningún caso el valor medido fue cero, siendo un voltaje bajo, se puede asumir que la causa es un ligero desbalance entre las cargas conectadas.



5. **La corriente de neutro es exactamente cero?. A qué se debe que no lo sea?.**

La corriente de neutro para cada caso, se resume en la siguiente tabla:

	Corriente de neutro
Carga resistiva	$8.1[mA]$
Carga resistiva-inductiva	$8.9[mA]$
Carga resistiva-capacitiva	$6.7[mA]$

En ningún caso el valor medido fue cero, siendo una corriente baja, se puede asumir que la causa es un ligero desbalance entre las cargas conectadas.

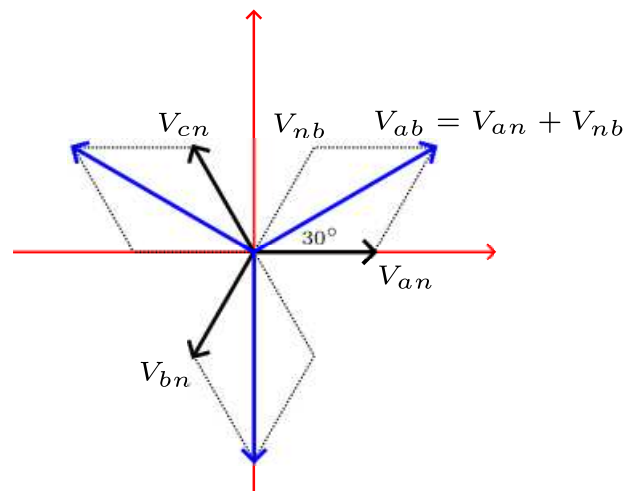
6. **Existe variación en sus datos obtenidos con neutro físico o sin neutro físico?. A qué se debería esa variación?.**

Existen pequeñas discrepancias entre las mediciones con neutro y sin neutro físico, la causa es claramente el mismo desbalance entre las impedancias conectadas mencionado anteriormente.

7. **Demostrar mediante diagrama fasorial la relación de voltaje de línea y de fase:**

$$U_L = \sqrt{3} U_F$$

El diagrama fasorial puede apreciarse en la figura (7):



**Figura 7:** Diagrama fasorial de los voltajes de línea y fase.

Usando la ley de cosenos, y considerando que los voltajes de fase son iguales:

$$\begin{aligned}V_{ab}^2 &= V_{an}^2 + V_{bn}^2 - 2(V_{an})(V_{bn}) \cos(180^\circ - 30^\circ - 30^\circ) \\&= V_{an}^2 + V_{an}^2 - 2(V_{an})(V_{an}) \cos(120^\circ) \\&= 2V_{an}^2 - 2V_{an}^2 \cos(120^\circ) \\&= 2V_{an}^2 - 2V_{an}^2 \left(-\frac{1}{2}\right) \\&= 2V_{an}^2 + V_{an}^2 \\&= 3V_{an}^2 \\V_{ab} &= \sqrt{3} V_{an}\end{aligned}$$

## 5. Conclusiones

Se demostró experimentalmente la relación entre voltajes de línea y fase para un circuito trifásico fuente estrella con carga estrella equilibrada, comprobándose la relación hallada en la teoría de circuitos eléctricos.

Se calcularon también las corrientes de línea y fase con diferentes impedancias y también se comprobó que los valores teóricos, simulados, y hallados experimentalmente no difieren mas allá de lo aceptable.