

---

# **ELECTROTECNIA**

## **PRÁCTICA nº 4**

---

**CIRCUITOS TRIFÁSICOS.  
CONEXIONES ESTRELLA Y TRIÁNGULO.**

## PRACTICA 4

### CIRCUITOS TRIFÁSICOS. CONEXIONES ESTRELLA Y TRIÁNGULO .

#### 1.- OBJETO.

Esta práctica tiene por objeto conocer y analizar sistemas trifásicos formados por cargas elementales resistivas, inductivas y capacitivas conectados tanto en estrella como en triángulo; equilibrados y desequilibrados; alimentados por una fuente de tensión alterna senoidal equilibrada.

#### 2.- ANÁLISIS DE CIRCUITOS TRIFÁSICOS.

##### 2.1. Introducción al análisis de circuitos trifásicos.

##### Definimos:

Sistema trifásico de **Tensiones equilibradas** al conjunto de tres fuentes de tensión monofásicas senoidales, de igual frecuencia "f", igual valor máximo ( $E_0$ ) y eficaz (E), cuyos valores instantáneos están desfasados simétricamente  $120^\circ$  y dados en un cierto orden.

Un **receptor trifásico** será **equilibrado** si está formado por un conjunto de tres cargas o impedancias iguales  $\bar{Z}$ .

Un sistema de **cargas desequilibradas** será por lo tanto el conjunto de impedancias desiguales que hacen que por el receptor circulen intensidades de fase distintas, aunque las tensiones del sistema o de la línea sean equilibradas.

Un sistema generador de tensiones puede estar conectado en estrella o en triángulo. Si el sistema generador está conectado en estrella y es equilibrado vamos a disponer de cuatro líneas  $L_1, L_2, L_3$ , y el neutro N; entre las que tenemos seis tensiones disponibles:

Tensiones simples o de fase:

$$\bar{U}'_1 = U' \angle 90^\circ$$

$$\bar{U}'_2 = U' \angle -30^\circ$$

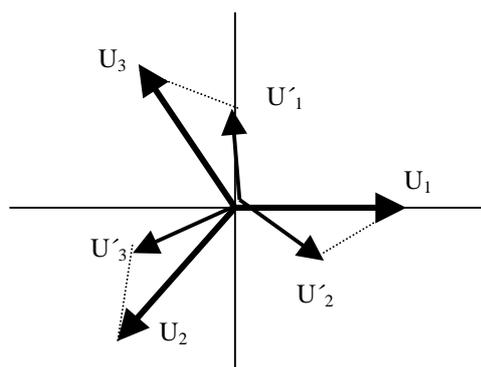
$$\bar{U}'_3 = U' \angle -150^\circ$$

Tensiones de línea o compuestas:

$$\bar{U}_1 = \bar{U}'_2 - \bar{U}'_3 = \sqrt{3}U' \angle 0^\circ$$

$$\bar{U}_2 = \bar{U}'_3 - \bar{U}'_1 = \sqrt{3}U' \angle -120^\circ$$

$$\bar{U}_3 = \bar{U}'_1 - \bar{U}'_2 = \sqrt{3}U' \angle 120^\circ$$



Se cumple: a) los valores eficaces de las tensiones de línea o compuestas son  $\sqrt{3}$  veces mayores que las tensiones simples, de fase o estrelladas y esto se verifica cuando las fuentes de tensión equilibradas se conectan en estrella  $U = \sqrt{3}U'$ ; b) las tensiones simples van adelantadas  $90^\circ$  respecto de sus respectivas tensiones de línea.

Los receptores o sistemas trifásicos de cargas pueden estar conectados en estrella o en triángulo. Se cumple que:

**A.- Sistema trifásico de cargas en estrella.** Las intensidades de línea coinciden con las simples o de fase

$$\bar{I}_1 = \bar{I}'_1 = \frac{\bar{U}'_1}{\bar{Z}_1}$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}'_2 = \frac{\bar{U}'_2}{\bar{Z}_2}$$

$$\bar{I}_3 = \bar{I}'_3 = \frac{\bar{U}'_3}{\bar{Z}_3}$$

$$\bar{I}_N = \bar{I}'_1 + \bar{I}'_2 + \bar{I}'_3 = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3$$

Si las cargas son equilibradas :  $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \bar{Z}_3 = \bar{Z}$ ; se cumple:  $I'_R = I'_S = I'_T = I_R = I_S = I_T$  y están desfasadas un ángulo de  $120^\circ$  y la intensidad que pasa por el neutro es nula:

$$\bar{I}_N = \bar{I}'_1 + \bar{I}'_2 + \bar{I}'_3 = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0$$

**B.- Sistema trifásico de cargas en triángulo.**

Las intensidades simples o de fase:

$$\bar{I}'_1 = \frac{\bar{U}_1}{\bar{Z}_1}$$

$$\bar{I}'_2 = \frac{\bar{U}_2}{\bar{Z}_2}$$

$$\bar{I}'_3 = \frac{\bar{U}_3}{\bar{Z}_3}$$

Las intensidades de línea:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}'_3 - \bar{I}'_2$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}'_1 - \bar{I}'_3$$

$$\bar{I}_3 = \bar{I}'_2 - \bar{I}'_1$$

Si las cargas son equilibradas :  $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \bar{Z}_3 = \bar{Z}$ ; se cumple: la corriente en la línea es  $\sqrt{3}$  veces mayor que la corriente de fase  $I = \sqrt{3} I'$ .

## 2.2. Objetivos.

Se trata de realizar en el laboratorio algunos montajes de circuitos trifásicos alimentados por una fuente de tensión trifásica alterna senoidal equilibrada. en el que participan receptores tales como: Resistencias (R) Inductancias (L) y Cargas Capacitivas (C) con el objeto de analizar y medir las tensiones y corrientes en dichos circuitos. Concretamente se montarán:

- Circuito con cargas resistivas en estrella equilibrado y desequilibrado.
- Circuito con cargas resistivas en triángulo equilibrado y desequilibrado.
- Circuito con cargas resistivas e inductivas en estrella equilibrado y desequilibrado.
- Circuito con cargas resistivas, inductivas en estrella equilibrado con un sistema trifásico de cargas capacitivas en estrella equilibrado.

En todos ellos habrá que:

- Medir tensiones, intensidades de línea y de fase.
- Determinar impedancias.
- Analizar y verificar el grado de aproximación a la realidad obtenida con la teoría.

## 2.3. Material.

- Fuente de tensión alterna senoidal trifásica equilibrada: 23/40V(f=50Hz).

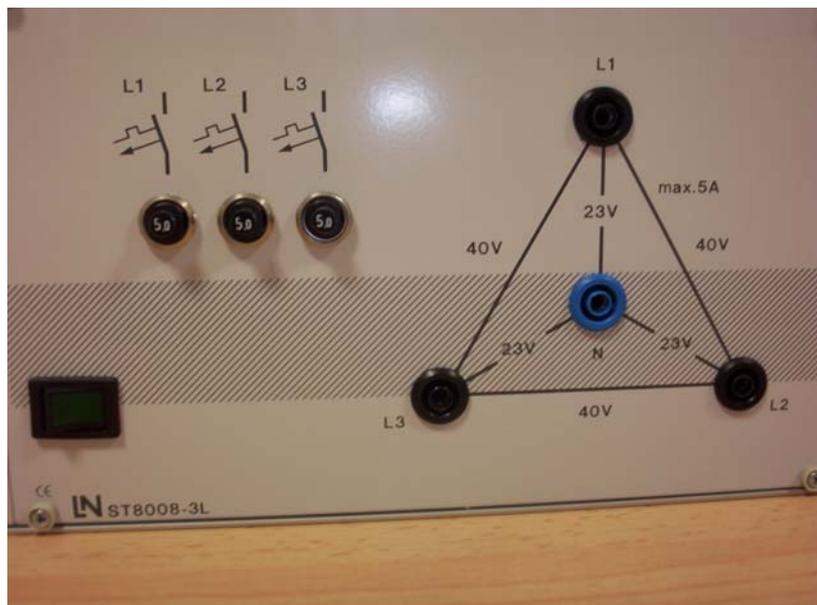


Figura1. Fuente alimentación trifásica con protección magnetotérmica.

Salidas tensiones de línea (40V/5A):

$$\begin{aligned} L_2-L_3 &\Rightarrow \bar{U}_{L_2-L_3} = \bar{U}_1 = 40_{\angle 0^\circ} \text{ V} \\ L_3-L_1 &\Rightarrow \bar{U}_{L_3-L_1} = \bar{U}_2 = 40_{\angle -120^\circ} \text{ V} \\ L_1-L_2 &\Rightarrow \bar{U}_{L_1-L_2} = \bar{U}_3 = 40_{\angle 120^\circ} \text{ V} \end{aligned}$$

Salidas tensiones simples de o de fase (23V/5A):

$$\begin{aligned} L_1-N &\Rightarrow \bar{U}_{L_1-N} = \bar{U}'_1 = 23_{\angle 90^\circ} \text{ V} \\ L_2-N &\Rightarrow \bar{U}_{L_2-N} = \bar{U}'_2 = 23_{\angle -30^\circ} \text{ V} \\ L_3-N &\Rightarrow \bar{U}_{L_3-N} = \bar{U}'_3 = 23_{\angle -150^\circ} \text{ V} \end{aligned}$$

- Resistencias variables: se disponen de tres grupos de resistencias controladas por tres conmutadores, cuyos valores en función de la posición del conmutador son:

		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Resistencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1050Ω</td></tr> <tr><td>2</td><td>750Ω</td></tr> <tr><td>3</td><td>435Ω</td></tr> <tr><td>4</td><td>300Ω</td></tr> <tr><td>5</td><td>213Ω</td></tr> <tr><td>6</td><td>150Ω</td></tr> <tr><td>7</td><td>123Ω</td></tr> </tbody> </table>	Posición	Resistencia	1	1050Ω	2	750Ω	3	435Ω	4	300Ω	5	213Ω	6	150Ω	7	123Ω
Posición	Resistencia																	
1	1050Ω																	
2	750Ω																	
3	435Ω																	
4	300Ω																	
5	213Ω																	
6	150Ω																	
7	123Ω																	
Conexión en estrella resistencias	Conexión en triángulo resistencias																	

- Inductancias variables: se disponen de tres grupos de inductancias controladas por tres conmutadores, cuyos valores en función de la posición del conmutador son:

		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Inductancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4,46H</td></tr> <tr><td>2</td><td>3,19H</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,84H</td></tr> <tr><td>4</td><td>1,27H</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,90H</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,64H</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,52H</td></tr> </tbody> </table>	Posición	Inductancia	1	4,46H	2	3,19H	3	1,84H	4	1,27H	5	0,90H	6	0,64H	7	0,52H
Posición	Inductancia																	
1	4,46H																	
2	3,19H																	
3	1,84H																	
4	1,27H																	
5	0,90H																	
6	0,64H																	
7	0,52H																	
Conexión en estrella inductancias	Conexión en triángulo inductancias																	

- Cargas capacitivas variables: se disponen de tres grupos de cargas capacitivas controladas por tres conmutadores, cuyos valores en función de la posición del conmutador son:

		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Capacidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2 μF</td></tr> <tr><td>2</td><td>3 μF</td></tr> <tr><td>3</td><td>5 μF</td></tr> <tr><td>4</td><td>8 μF</td></tr> <tr><td>5</td><td>10 μF</td></tr> <tr><td>6</td><td>13 μF</td></tr> <tr><td>7</td><td>18 μF</td></tr> </tbody> </table>	Posición	Capacidad	1	2 μF	2	3 μF	3	5 μF	4	8 μF	5	10 μF	6	13 μF	7	18 μF
Posición	Capacidad																	
1	2 μF																	
2	3 μF																	
3	5 μF																	
4	8 μF																	
5	10 μF																	
6	13 μF																	
7	18 μF																	
Conexión en estrella cargas capacitivas	Conexión en triángulo cargas capacitivas																	

- 6 polímetros estándar .
- Cables banana-banana.

## 2.4. Realización práctica.

El procedimiento a seguir en todos los circuitos será el siguiente:

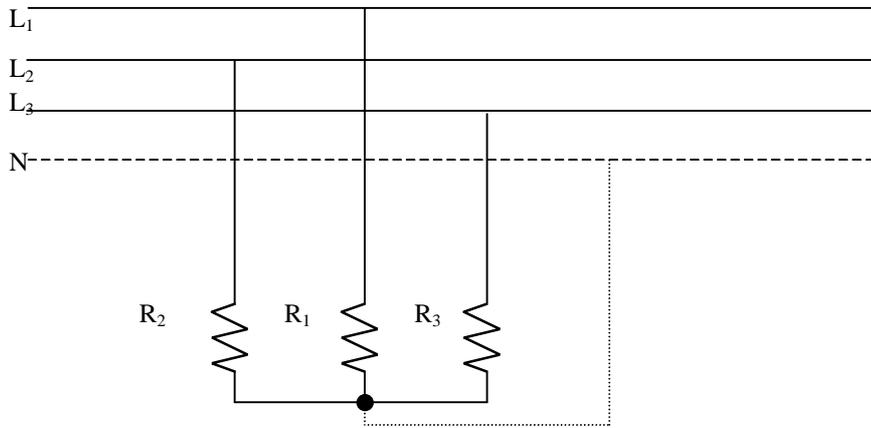
Se dibujarán los circuitos en cada caso, incluyendo todos los aparatos de medida necesarios para el conocimiento de las tensiones e intensidades tanto simples o de fase como las de línea en cada sistema trifásico.

Se montarán los circuitos incluyendo los aparatos de medida imprescindibles (las medidas de tensión al realizarse en paralelo con el circuito, pueden realizarse de forma sucesiva utilizando un solo aparato).

Se calcularán las impedancias correspondientes para cada receptor trifásico.

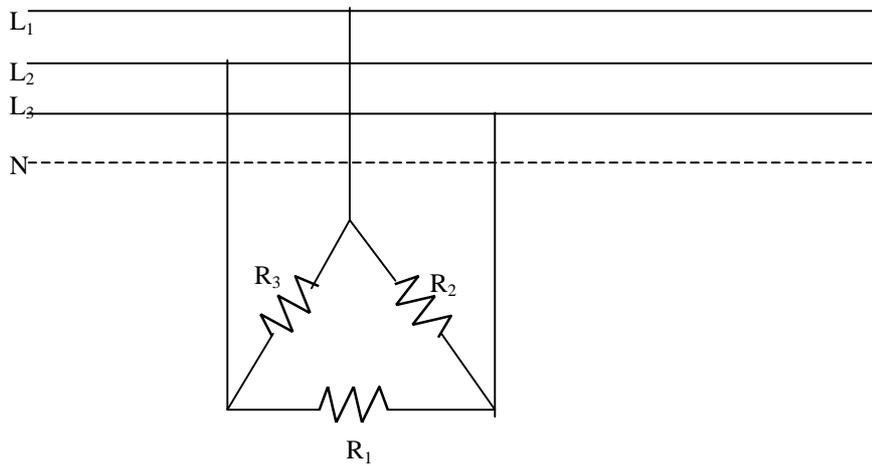
Y para terminar se compararán los resultados medidos con los calculados teóricamente.

2.4.1. Circuito con cargas resistivas en estrella equilibrado y desequilibrado.



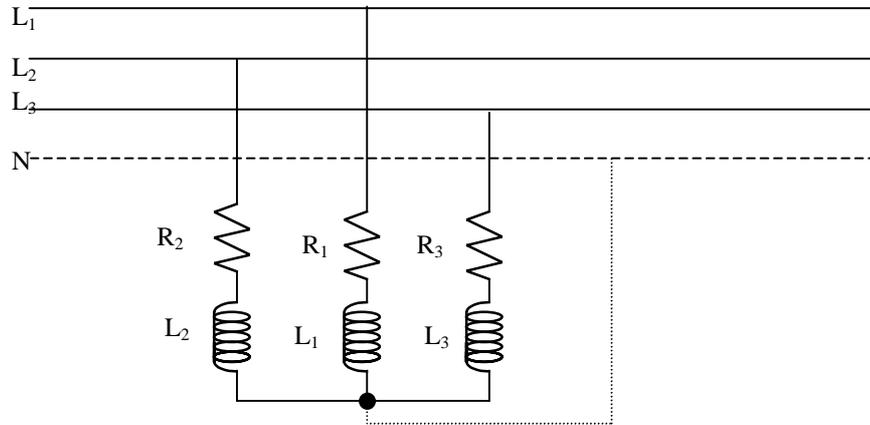
<b>Equilibrado</b>	
$R_1 = R_2 = R_3 = 435\Omega$	(Posición 3)
<b>Desequilibrado</b>	
$R_1 = 300\Omega$	(Posición 4)
$R_2 = 435\Omega$	(Posición 3)
$R_3 = 750\Omega$	(Posición 2)

2.4.2. Circuito con cargas resistivas en triángulo equilibrado y desequilibrado.



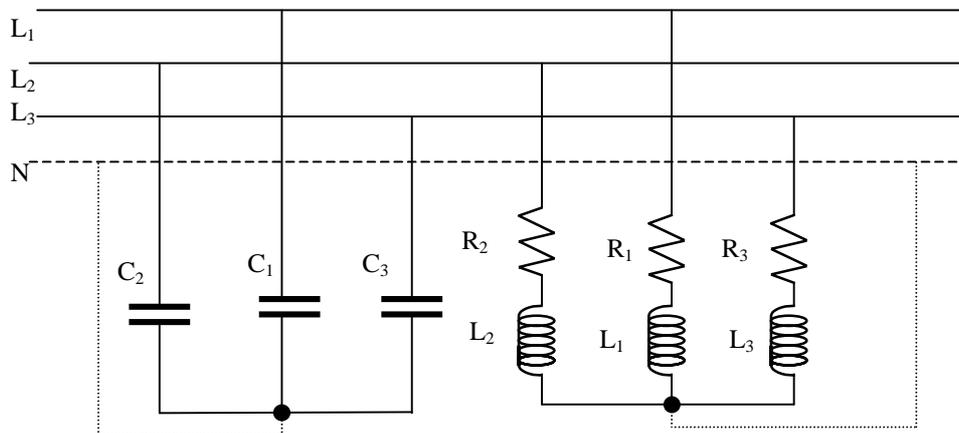
<b>Equilibrado</b>	
$R_1 = R_2 = R_3 = 435\Omega$	(Posición 3)
<b>Desequilibrado</b>	
$R_1 = 300\Omega$	(Posición 4)
$R_2 = 435\Omega$	(Posición 3)
$R_3 = 750\Omega$	(Posición 2)

2.4.3. Circuito con cargas resistivas e inductivas en estrella equilibrado.



<b>Equilibrado</b>	
$R_1 = R_2 = R_3 = 435\Omega$	(Posición 3)
$L_1 = L_2 = L_3 = 3,19H$	(Posición 2)

2.4.4. Circuito con cargas resistivas e inductivas en estrella equilibrado con un sistema trifásico de cargas capacitivas en estrella equilibrado.



<b>Equilibrado estrella</b>	
$R_1 = R_2 = R_3 = 435\Omega$	(Posición 3)
$L_1 = L_2 = L_3 = 3,19H$	(Posición 2)
<b>Equilibrado estrella</b>	
$C_1 = C_2 = C_3 = 2\mu F$	(Posición 1)

### 3.- ACTIVIDADES A REALIZAR POR EL ALUMNO.

#### 3.1. *Circuito con cargas resistivas en estrella equilibrado y desequilibrado.*

Dibuja el circuito incluyendo los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones e intensidades del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

Sistema equilibrado	Sistema desequilibrado
$R_1 = R_2 = R_3 =$ $\bar{Z}_1 =$ $\bar{Z}_2 =$ $\bar{Z}_3 =$	$R_1 =$ $R_2 =$ $R_3 =$ $\bar{Z}_1 =$ $\bar{Z}_2 =$ $\bar{Z}_3 =$
Tensiones simples o de fase: $V'_{1=}$ $V'_{2=}$ $V'_{3=}$	Tensiones simples o de fase: $V'_{1=}$ $V'_{2=}$ $V'_{3=}$
Intensidades simples o de fase: $I'_{1=}$ $I'_{2=}$ $I'_{3=}$	Intensidades simples o de fase: $I'_{1=}$ $I'_{2=}$ $I'_{3=}$
Intensidades de línea o compuestas: $I_1 =$ $I_2 =$ $I_3 =$ $I_N =$	Intensidades de línea o compuestas: $I_1 =$ $I_2 =$ $I_3 =$ $I_N =$

Verificar analíticamente los resultados aplicando la teoría y comenta los resultados.

### 3.2. Circuito con cargas resistivas en triángulo equilibrado y desequilibrado.

Dibuja el circuito incluyendo los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones e intensidades del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

Sistema equilibrado	Sistema desequilibrado
$R_1 = R_2 = R_3 =$ $\bar{Z}_1 =$ $\bar{Z}_2 =$ $\bar{Z}_3 =$	$R_1 =$ $R_2 =$ $R_3 =$ $\bar{Z}_1 =$ $\bar{Z}_2 =$ $\bar{Z}_3 =$
Tensiones compuestas o de línea: $V_1 =$ $\bar{V}_1 =$ $V_2 =$ $\bar{V}_2 =$ $V_3 =$ $\bar{V}_3 =$	Tensiones compuestas o de línea: $V_1 =$ $\bar{V}_1 =$ $V_2 =$ $\bar{V}_2 =$ $V_3 =$ $\bar{V}_3 =$
Intensidades simples o de fase: $I'_1 =$ $\bar{I}'_1 =$ $I'_2 =$ $\bar{I}'_2 =$ $I'_3 =$ $\bar{I}'_3 =$	Intensidades simples o de fase: $I'_1 =$ $\bar{I}'_1 =$ $I'_2 =$ $\bar{I}'_2 =$ $I'_3 =$ $\bar{I}'_3 =$
Intensidades de línea o compuestas: $I_1 =$ $\bar{I}_1 =$ $I_2 =$ $\bar{I}_2 =$ $I_3 =$ $\bar{I}_3 =$	Intensidades de línea o compuestas: $I_1 =$ $\bar{I}_1 =$ $I_2 =$ $\bar{I}_2 =$ $I_3 =$ $\bar{I}_3 =$

Verificar analíticamente los resultados aplicando la teoría y comenta los resultados.

### 3. 3. Circuito con cargas resistivas e inductivas en estrella equilibrado .

Dibuja el circuito incluyendo los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones e intensidades del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

<b>Sistema equilibrado</b>	
$R_1 = R_2 = R_3 =$ $\bar{Z}_1 =$ $\bar{Z}_2 =$ $\bar{Z}_3 =$	$L_1 = L_2 = L_3 =$
Tensiones simples o de fase:	
$V'_1 =$	$\bar{V}'_1 =$
$V'_2 =$	$\bar{V}'_2 =$
$V'_3 =$	$\bar{V}'_3 =$
Intensidades simples o de fase:	
$I'_1 =$	$\bar{I}'_1 =$
$I'_2 =$	$\bar{I}'_2 =$
$I'_3 =$	$\bar{I}'_3 =$
Intensidades de línea o compuestas:	
$I_1 =$	$\bar{I}_1 =$
$I_2 =$	$\bar{I}_2 =$
$I_3 =$	$\bar{I}_3 =$
$I_N =$	$\bar{I}_N =$

Verificar analíticamente los resultados aplicando la teoría y comenta los resultados.

**3.4. Circuito con cargas resistivas e inductivas en estrella equilibrado con un sistema trifásico de cargas capacitivas en estrella.**

Dibuja el circuito incluyendo los aparatos de medida necesarios para conocer las tensiones e intensidades del mismo.

Medir y calcular en el circuito:

Sistema estrella equilibrado RL	Sistema estrella equilibrado C
$R_1 = R_2 = R_3 =$ $L_1 = L_2 = L_3 =$ $\bar{Z}_1 =$ $\bar{Z}_2 =$ $\bar{Z}_3 =$	$C_1 = C_2 = C_3 =$ $\bar{Z}_{C1} =$ $\bar{Z}_{C2} =$ $\bar{Z}_{C3} =$
Tensiones simples o de fase: $V'_{1e} =$ $\bar{V}'_{1e} =$ $V'_{2e} =$ $\bar{V}'_{2e} =$ $V'_{3e} =$ $\bar{V}'_{3e} =$	Tensiones simples o de fase: $V'_{1c} =$ $\bar{V}'_{1c} =$ $V'_{2c} =$ $\bar{V}'_{2c} =$ $V'_{3c} =$ $\bar{V}'_{3c} =$
Intensidades simples o de fase: $I'_{1e} =$ $\bar{I}'_{1e} =$ $I'_{2e} =$ $\bar{I}'_{2e} =$ $I'_{3e} =$ $\bar{I}'_{3e} =$	Intensidades simples o de fase: $I'_{1c} =$ $\bar{I}'_{1c} =$ $I'_{2c} =$ $\bar{I}'_{2c} =$ $I'_{3c} =$ $\bar{I}'_{3c} =$
Intensidades de línea o compuestas: $I_{1e} =$ $\bar{I}_{1e} =$ $I_{2e} =$ $\bar{I}_{2e} =$ $I_{3e} =$ $\bar{I}_{3e} =$ $I_{Ne} =$ $\bar{I}_{Ne} =$	Intensidades de línea o compuestas: $I_{1c} =$ $\bar{I}_{1c} =$ $I_{2c} =$ $\bar{I}_{2c} =$ $I_{3c} =$ $\bar{I}_{3c} =$ $I_{Nc} =$ $\bar{I}_{Nc} =$
<b>Intensidades de línea sistema trifásico</b>	
$I_{L1} =$ $\bar{I}_{L1} =$ $I_{L2} =$ $\bar{I}_{L2} =$ $I_{L3} =$ $\bar{I}_{L3} =$ $I_N =$ $\bar{I}_N =$	

Verificar analíticamente los resultados aplicando la teoría y comenta los resultados.