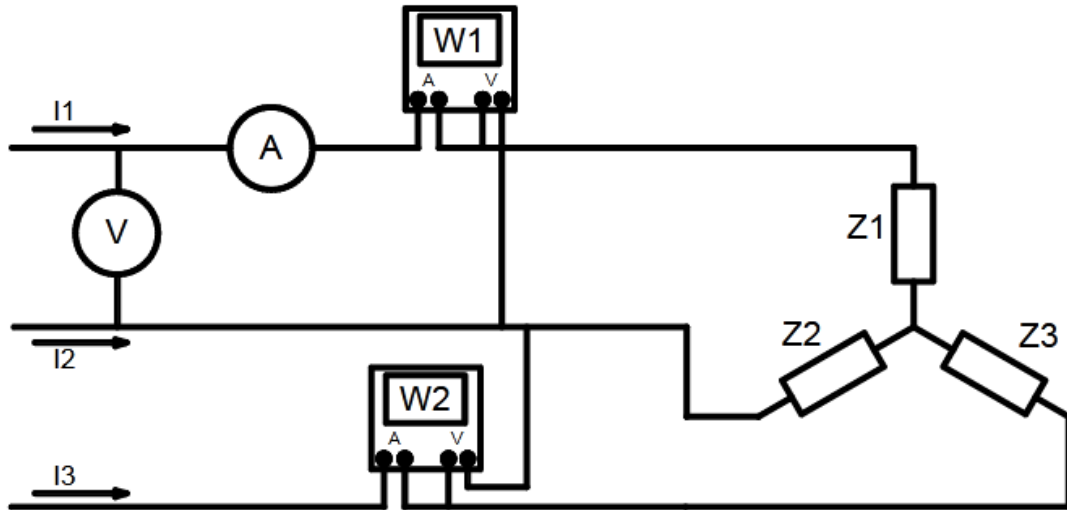


## TPL1

### Trifásica: Mediciones de potencia

#### Caso 1

Sistema trifásico de 3 conductores en secuencia directa,  $V_L=400V$ , 50Hz, carga en estrella equilibrada con  $Z=300\Omega$ .



Para el sistema equilibrado  $\rightarrow V_{on} = 0 \rightarrow V_o = V_n \rightarrow \begin{cases} I_F(fase) = I_L(linea) \\ V_L = \sqrt{3}V_F \end{cases}$

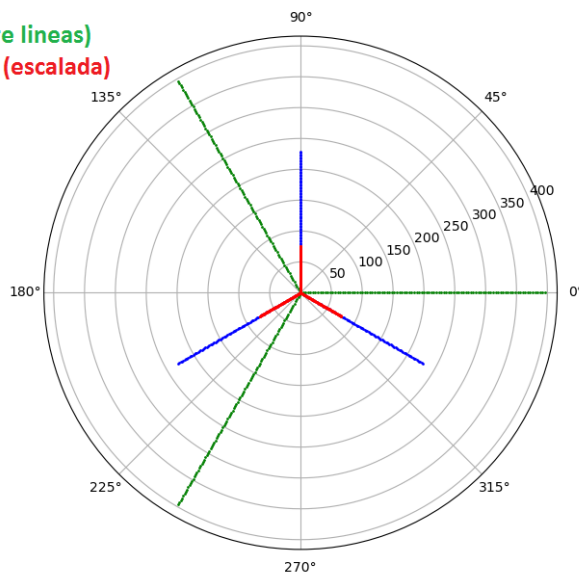
$$\text{Por tanto} \rightarrow \begin{cases} V_{AN} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \angle 90^\circ = 231V \angle 90^\circ \\ V_{BN} = 231V \angle -30^\circ \\ V_{CN} = 231V \angle -150^\circ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} I_A = \frac{V_{AN}}{Z} = 0.77A \angle 90^\circ \\ I_B = 0.77A \angle -30^\circ \\ I_C = 0.77A \angle -150^\circ \end{cases}$$

Con esto más los fasores de las tensiones entre líneas armamos el diagrama fasorial, se tiene en cuenta que al ser carga resistiva las corrientes están en fase con las tensiones de fase:

-- VF

-- VL (entre líneas)

-- 100 x IL (escalada)



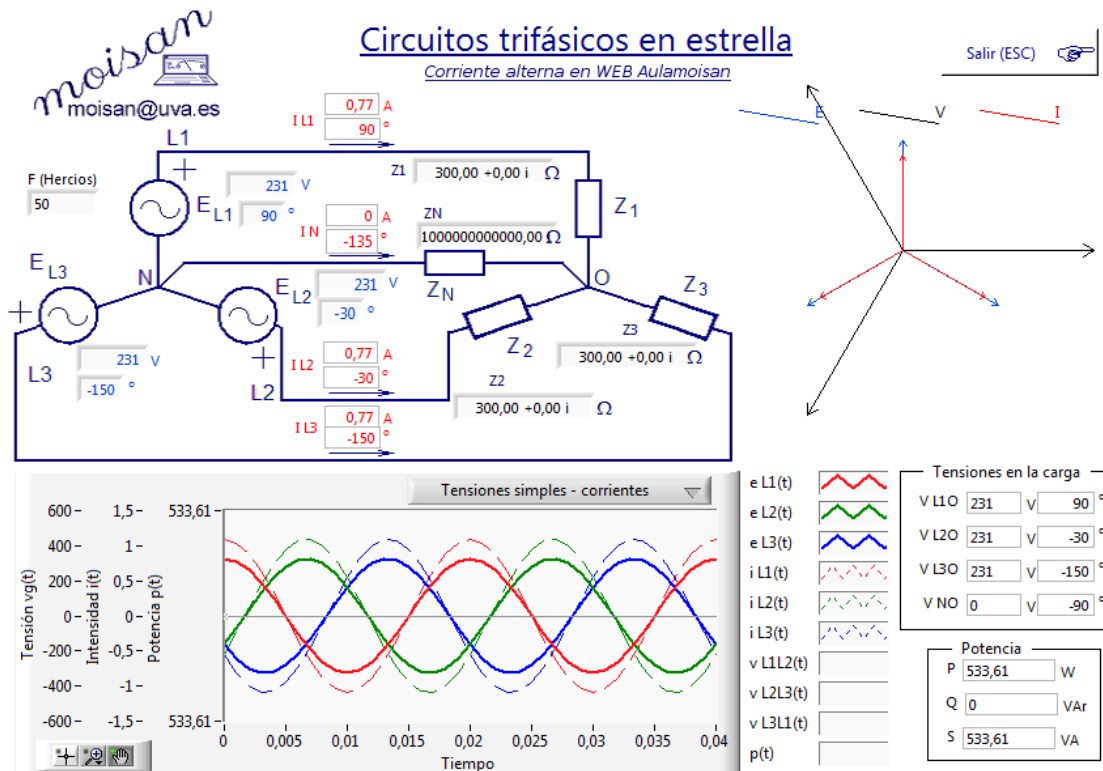
Para sistemas equilibrados se cumple:

$$\begin{cases} P = \sqrt{3}V_L I_L \cos(\theta) = \sqrt{3} * 400 * 0.77 * \cos(0) = \mathbf{533.5W} \\ Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin(\theta) = \sqrt{3} * 400 * 0.77 * \sin(0) = \mathbf{0VAr} \text{ (Carga resistiva)} \\ S = \sqrt{3}V_L I_L = \sqrt{3} * 400 * 0.77 = \mathbf{533.5VA} \text{ (Aparente igual a la activa)} \end{cases}$$

Además como son 3 conductores alcanza con 2 vatímetros para saber la potencia total, entonces usando la conexión Aarón buscamos la potencia activa total:

$$\begin{cases} W_{AB} = V_{AB} I_A \cos(\theta_{V_{AB} I_A}) = 400 * 0.77 * \cos(120 - 90) = 266.7W \\ W_{CB} = -V_{BC} I_C \cos(\theta_{V_{BC} I_C}) = -400 * 0.77 * \cos(-150 + 360) = 266.7W \\ P = W_{AB} + W_{CB} = \mathbf{533.4W} \rightarrow \text{Verifica el metodo de Aaron} \end{cases}$$

Luego mediante simulación (medición) comprobamos los datos obtenidos:



Donde se observan los valores calculados, como las corrientes están en fase con las tensiones y, como la carga es resistiva pura, solo tenemos componente de potencia activa.

## Caso 2

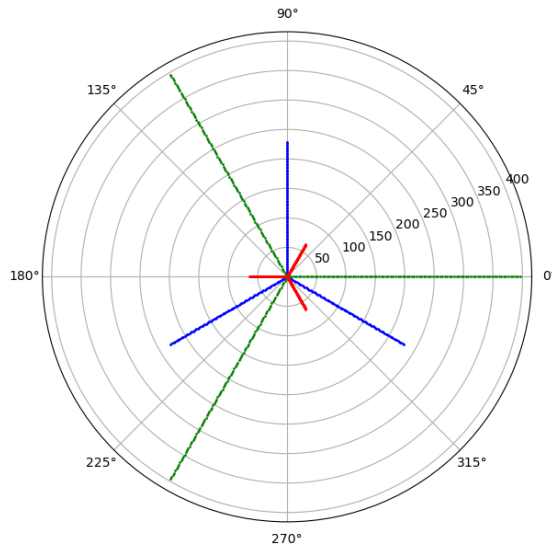
Mismo sistema del caso anterior con carga capacitiva pura en estrella equilibrada de  $Z = -360j\Omega$ .

De la misma forma que en el caso anterior se obtuvieron las corrientes de línea:

$$\begin{cases} I_A = 0.64A \angle 180^\circ \\ I_B = 0.64A \angle 60^\circ \\ I_C = 0.64A \angle -60^\circ \end{cases}$$

Luego construimos el diagrama fasorial, donde se observa como las corrientes están  $90^\circ$  en adelanto respecto a las tensiones de cada fase:

-- VF  
 -- VL (entre líneas)  
 -- 100 x IL (escalada)



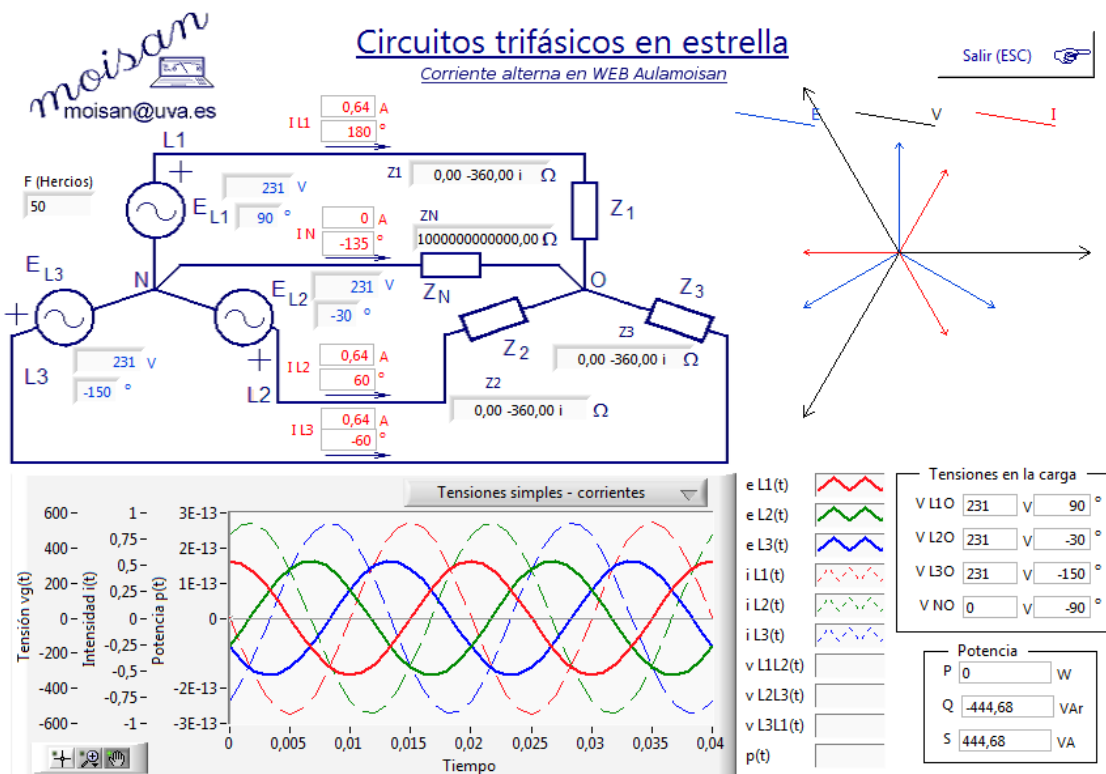
Como sabemos al ser carga capacitiva pura no tendremos componente de potencia activa.

$$\begin{cases} P = \sqrt{3}V_L I_L \cos(-90) = \mathbf{0W} \text{ (Reactor puro)} \\ Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin(-90) = \mathbf{-443.4Var} \text{ (Capacitiva)} \\ S = \sqrt{3}V_L I_L = \mathbf{443.4VA} \text{ (Aparente igual a la reactiva)} \end{cases}$$

Usando la conexión Aarón buscamos la potencia activa total:

$$\begin{cases} W_{AB} = V_{AB} I_A \cos(\theta_{V_{AB}I_A}) = 400 * 0.64 * \cos(180 - 120) = 128W \\ W_{CB} = -V_{BC} I_C \cos(\theta_{V_{BC}I_C}) = -400 * 0.64 * \cos(-60 + 360) = -128W \\ P = W_{AB} + W_{CB} = \mathbf{0W} \rightarrow \text{Verifica el metodo de Aaron} \end{cases}$$

Corroboramos todos los datos mediante simulación:

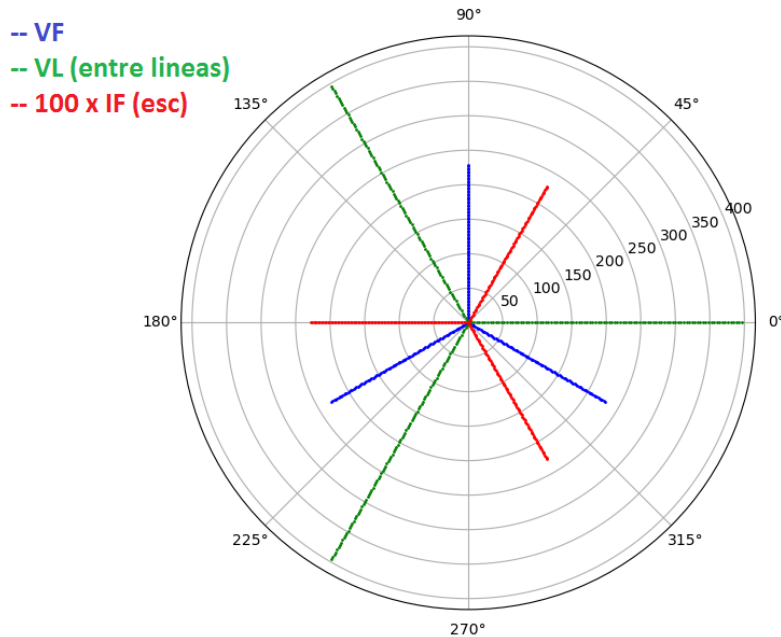


Con algo de dificultad pero puede verse como para la tensión de fase A de forma cosenoidal le corresponde la corriente opuesta senoidal por el desfase de  $+90^\circ$ . Y vemos como la potencia aparente es igual a la reactiva de 444.68 VA ligeramente superior a la calculada.

### Caso 3

Mismas conexiones con carga en estrella equilibrada resistiva-inductiva,  $Z = 86.6 + 50j\Omega$  ( $30^\circ$  de ángulo calculado aprox.)

$$\text{Nuevamente obtenemos las corrientes} \begin{cases} I_A = 2.31A \angle 60^\circ \\ I_B = 2.31A \angle -60^\circ \\ I_C = 2.31A \angle 180^\circ \end{cases}$$



$$\begin{cases} P = \sqrt{3}V_L I_L \cos(30) = \mathbf{1386W} \\ Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin(30) = \mathbf{800.2VAr} \text{ (Componente inductiva)} \\ S = \sqrt{3}V_L I_L = \mathbf{1600.4VA} \text{ (Aparente mayor a la activa)} \end{cases}$$

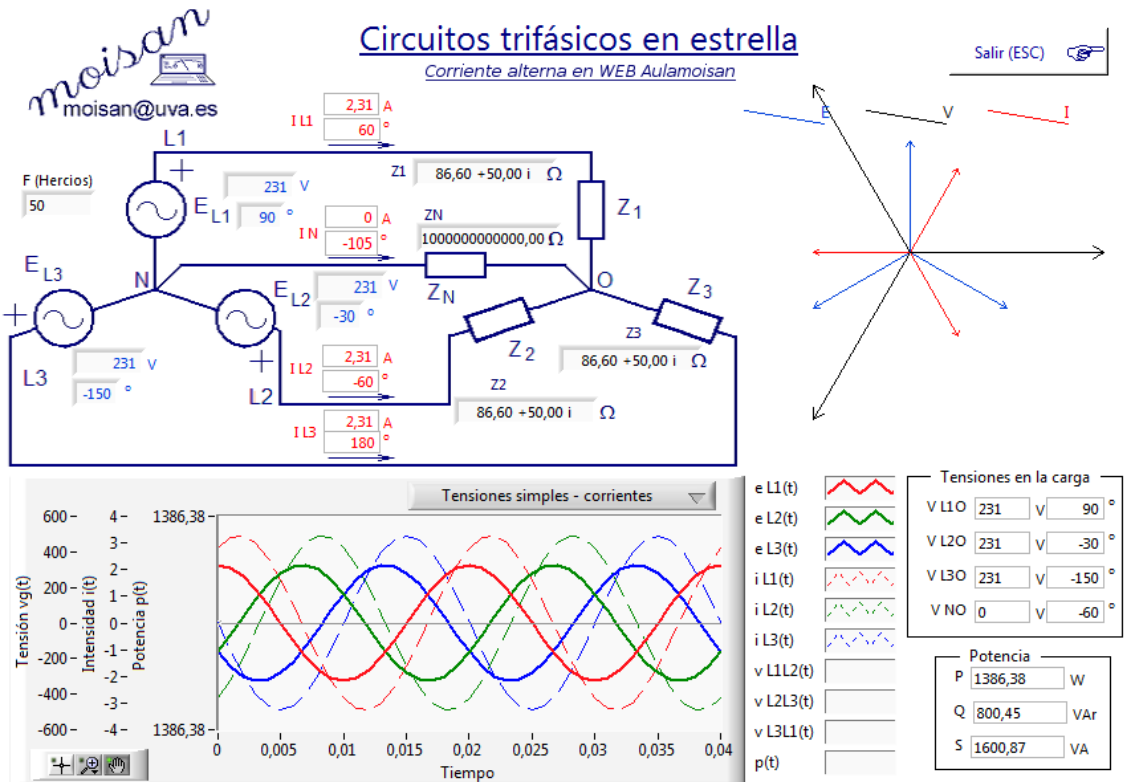
Usando la conexión Aarón buscamos la potencia activa total:

$$\begin{cases} W_{AB} = V_{AB} I_A \cos(\theta_{V_{AB}I_A}) = 400 * 2.31 * \cos(120 - 60) = 462W \\ W_{CB} = -V_{BC} I_C \cos(\theta_{V_{BC}I_C}) = -400 * 2.31 * \cos(180) = 924W \\ P = W_{AB} + W_{CB} = \mathbf{1386W} \rightarrow \text{Verifica el metodo de Aaron} \end{cases}$$

Podemos verificar también la fase de la impedancia mediante las potencias calculadas:

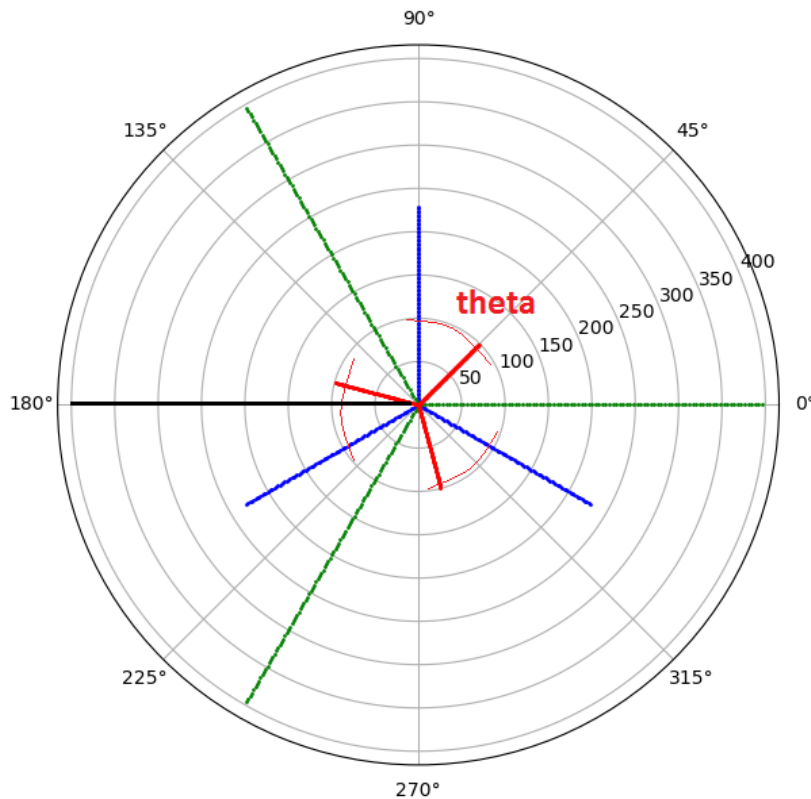
$$\text{Sec dir} \rightarrow \tan(\theta) = \sqrt{3} \left( \frac{W_{CB} - W_{AB}}{W_{AB} + W_{CB}} \right) \rightarrow \theta = \arctan \left( \sqrt{3} \left( \frac{W_{CB} - W_{AB}}{W_{AB} + W_{CB}} \right) \right) = 30 \text{ (fase de la carga)}$$

Corroboramos con simulación:



### DEMOSTRACION: POT REACTIVA CON VATIMETROS

Supongamos un sistema de secuencia directa genérico pero equilibrado, donde el desfase entre la corriente y la tensión de fase (ángulo de la impedancia) es de  $\theta$ :



Vemos como los fasores  $V_{bc}$  y  $V_{an}$  están en cuadratura, de forma sencilla puede observarse lo mismo para  $V_{ca}$  y  $V_{bn}$ , y demás en  $V_{ab}$  y  $V_{cn}$ . Nos centramos en el ángulo comprendido entre la tensión  $V_{bc}$  y la corriente  $I_a$ :

Como en sistema equilibrado:  $Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin(\theta) \rightarrow$  En nuestro caso:  $\theta = 90 - \theta_{V_{BC}I_A}$

Entonces:  $Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin(90 - \theta_{V_{BC}I_A}) = \sqrt{3}V_L I_L [\sin(90)\cos(\theta_{V_{BC}I_A}) - \cos(90)\sin(\theta_{V_{BC}I_A})] = \sqrt{3}V_L I_L \cos(\theta_{V_{BC}I_A})$

Finalmente:  $Q = \sqrt{3}V_{BC} I_A \cos(\theta_{V_{BC}I_A}) = \sqrt{3}W_{V_{BC}I_A}$

Que se obtiene conectando un vatímetro de manera que mida la corriente por la fase A, pero la tensión la tome de la fase B respecto a C:

**Por lo tanto:**  $Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin(\theta) = \sqrt{3}W_{V_{BC}I_A}$

Lo cual nos da una herramienta interesante para poder medir la potencia reactiva total con vatímetro.

Ferraris Domingo

MAT: 36656566

Carrera: Ing. Electrónica