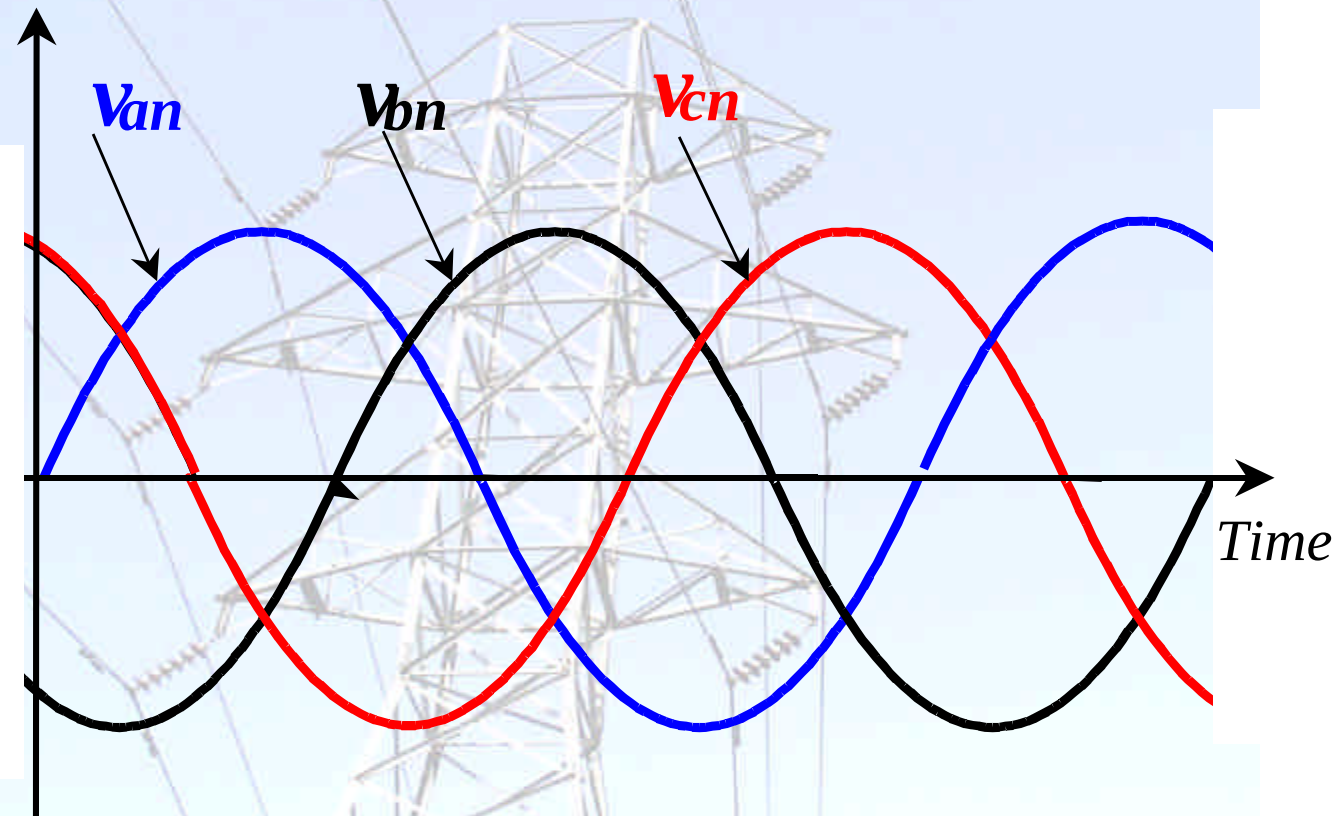


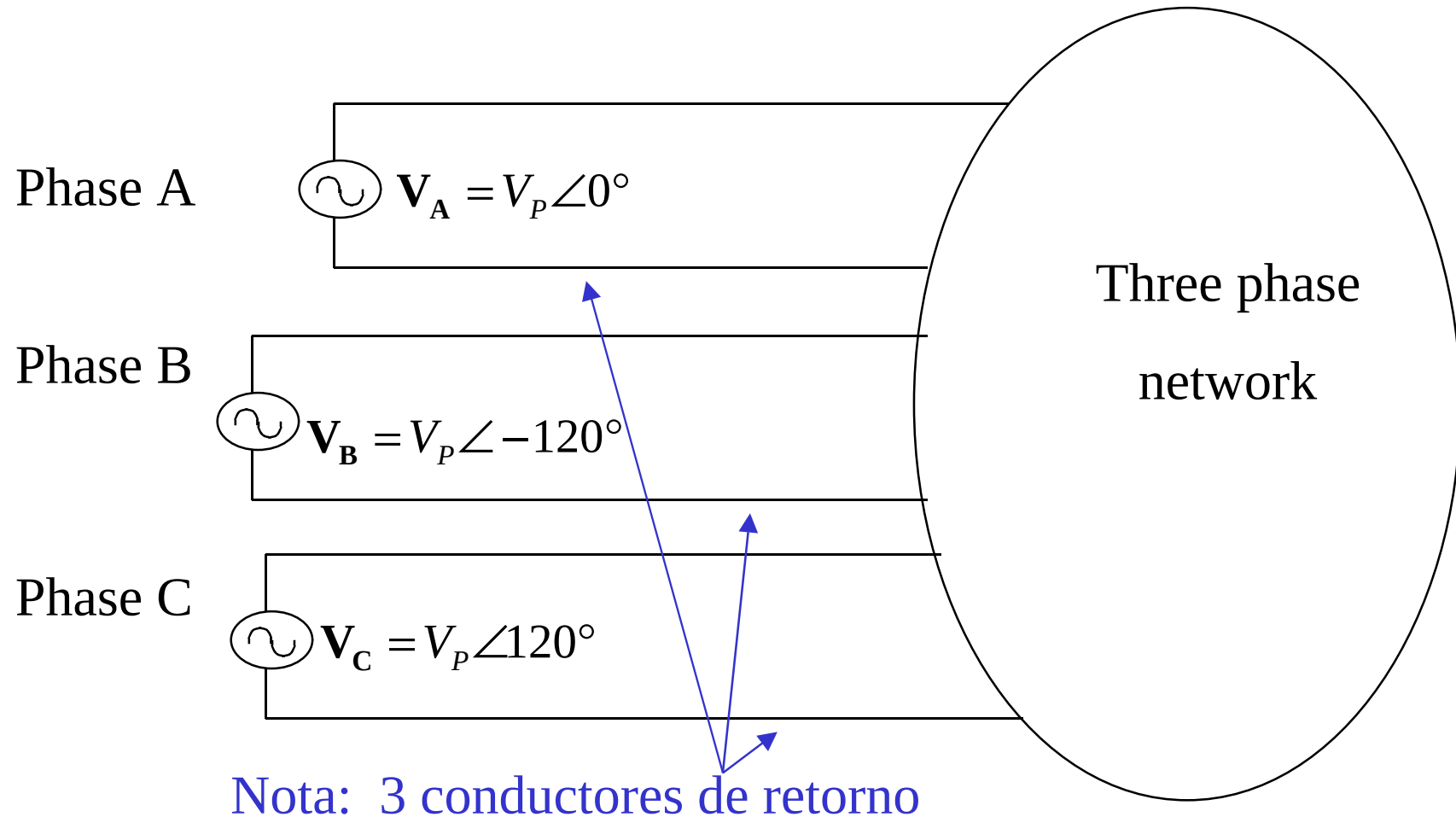
SISTEMAS TRIFÁSICOS DE POTENCIA



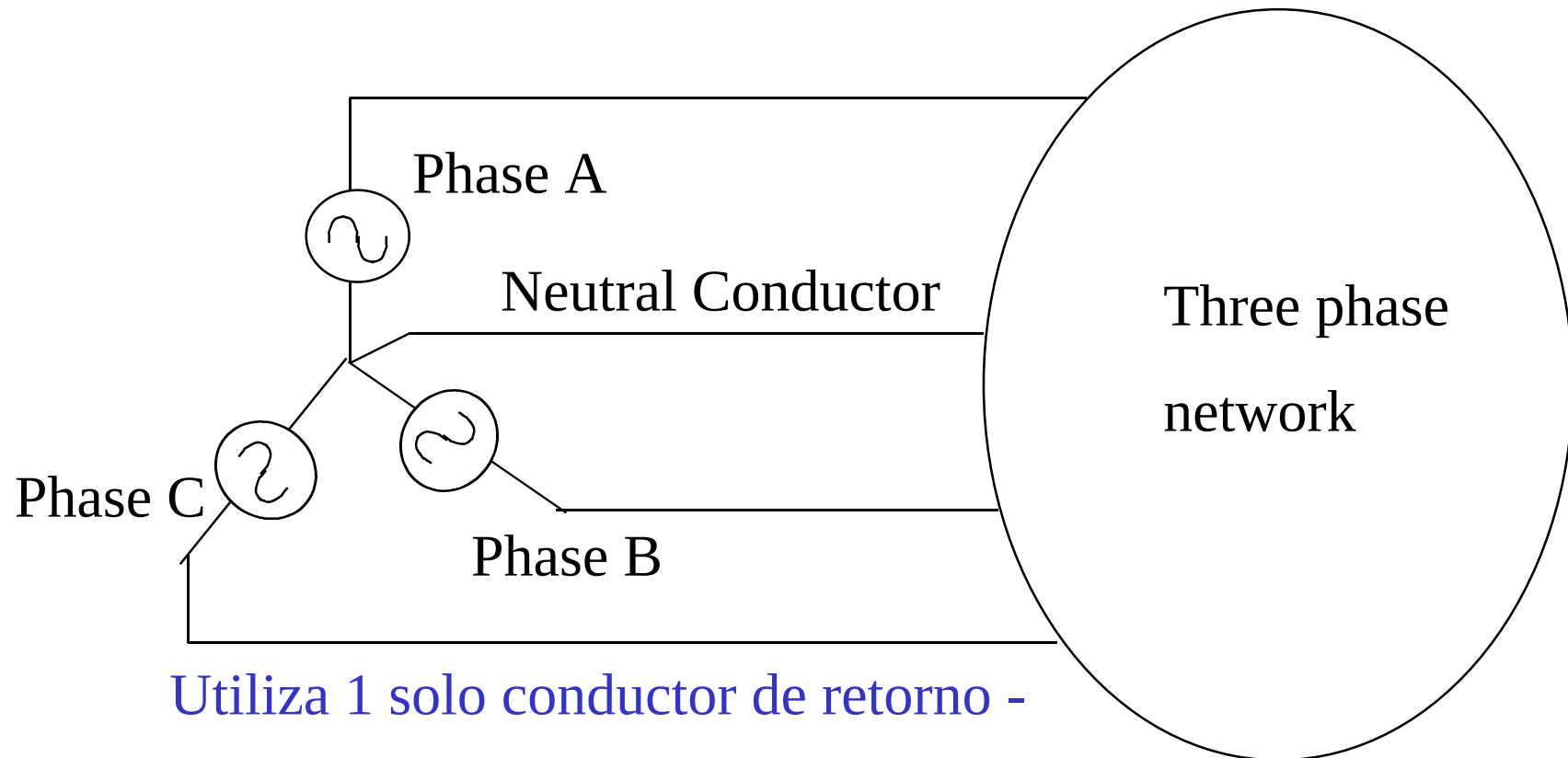
Introducción a los Sistemas Trifásicos

- Definición de una red trifásica
 - 3 fuentes de voltage
 - magnitudes iguales
 - 120° de diferencia entre fases
- ¿Por que utilizar 3 fases AC?
 - AC permite una sencilla transformación de voltages
 - Máquinas trifásicas tiene un par (torque) menos ondulado que las monofásicas
 - Mayor potencia de salida para una cantidad de cobre dada

Introducción a los Sistemas Trifásicos



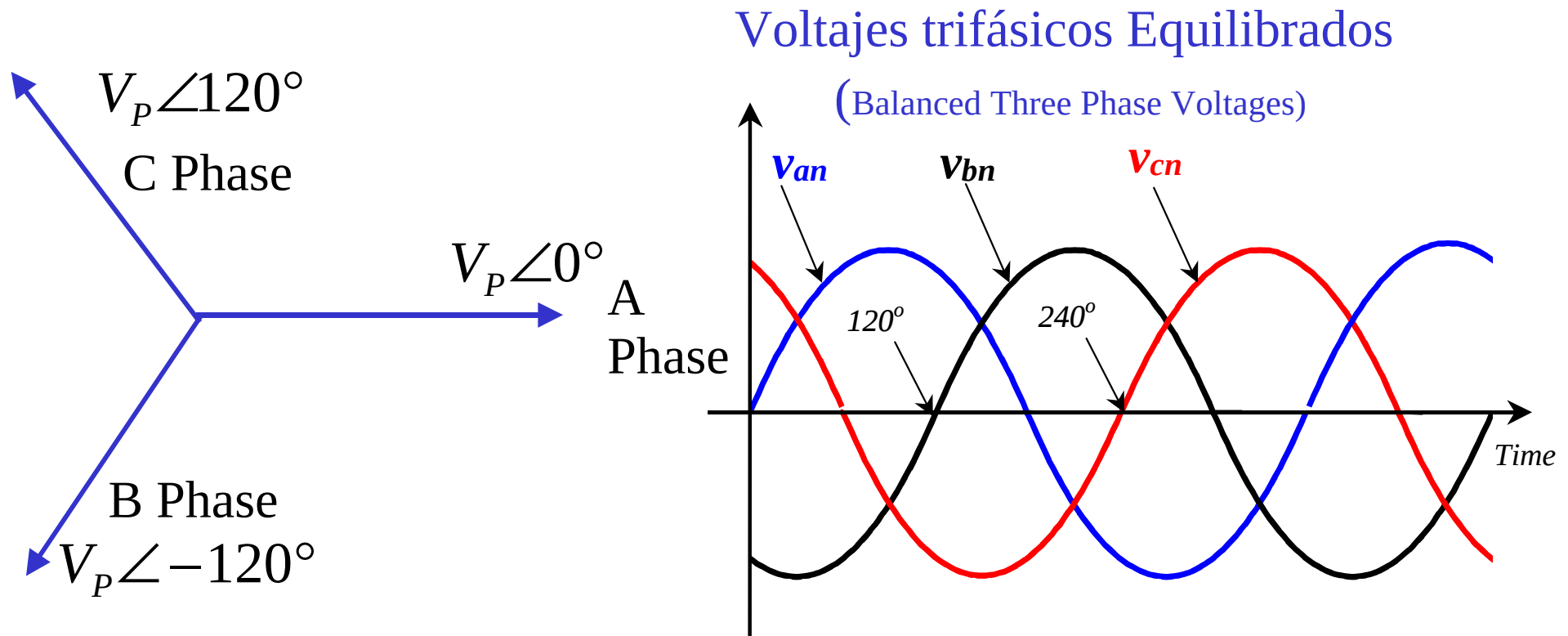
Introducción a los Sistemas Trifásicos



Utiliza 1 solo conductor de retorno -

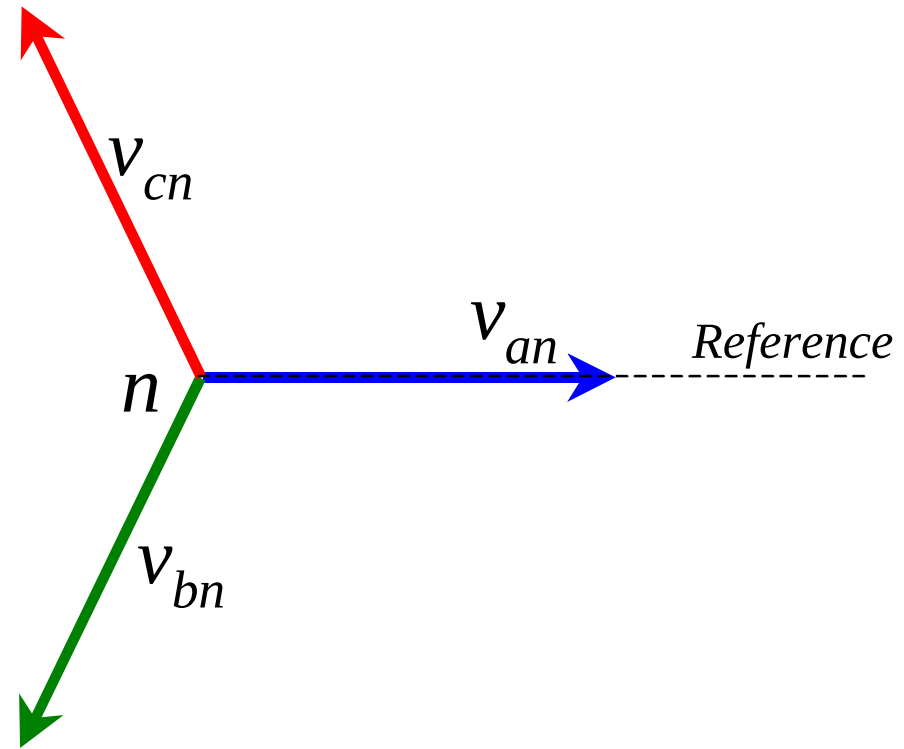
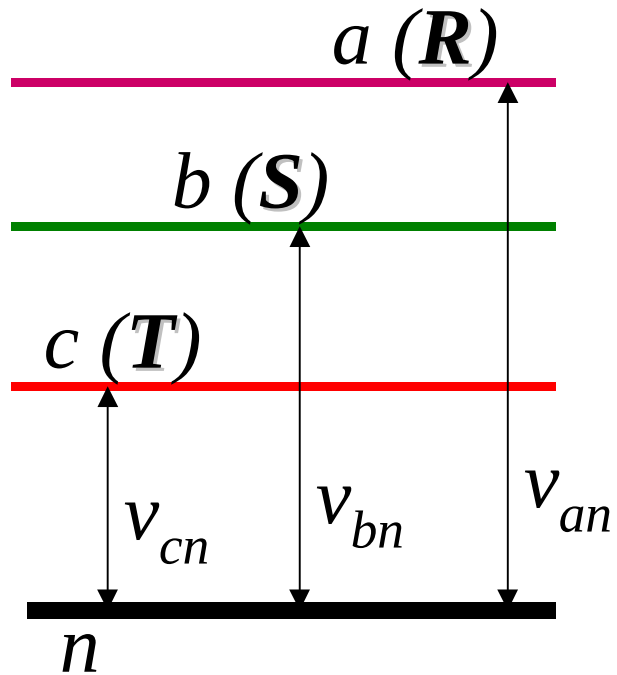
El Conductor Neutro

Introducción a los Sistemas Trifásicos



- Las tres fuentes de Voltaje se conocen como FASES
- Solo se necesita 1 conductor de retorno: El NEUTRO.
- En un sistema Equilibrado:
 - Todos los voltajes son de igual magnitud
 - Todos los fasores están separados $\pm 120^\circ$

Voltaje de Fase



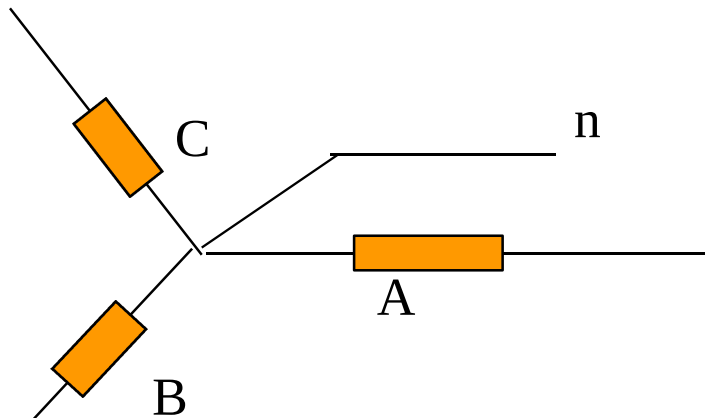
$$\bar{V}_{an} = \bar{V}_a = V \angle 0^\circ V$$

$$\bar{V}_{bn} = \bar{V}_b = V \angle -120^\circ V$$

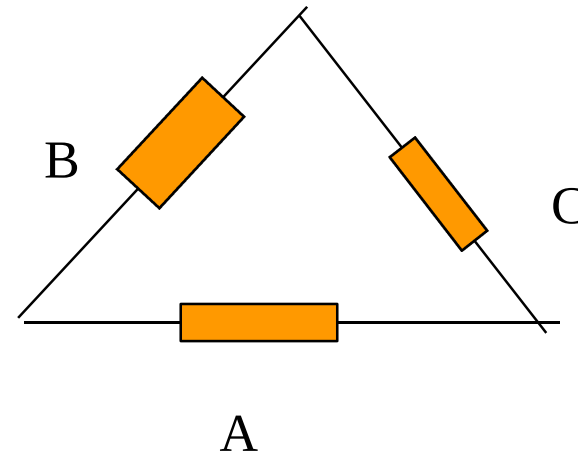
$$\bar{V}_{cn} = \bar{V}_c = V \angle 120^\circ V$$

Conexiones Trifásicas

- Dos maneras de conectar fuentes/cargas trifásicas



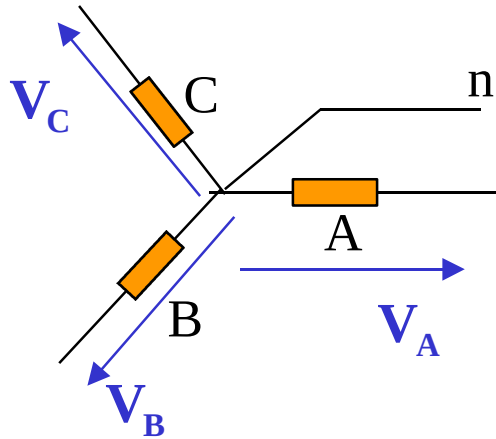
Conexión en Estrella
(Y o “wye” connection)



Conexión en Polígono
(D or “delta” connection)

Conexión Estrella

- Relaciones de Voltaje



$$V_A = V_p \angle 0^\circ$$

$$V_B = V_p \angle -120^\circ$$

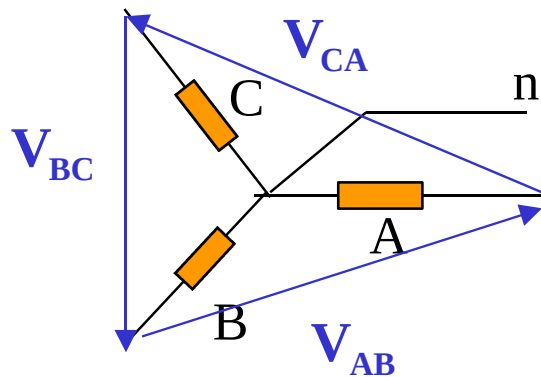
$$V_C = V_p \angle 120^\circ$$

Voltajes Fase

o

Fase-a-Neutro

(Voltajes simples)



$$V_{AB} = V_A - V_B$$

$$V_{BC} = V_B - V_C$$

$$V_{CA} = V_C - V_A$$

Voltajes de Linea

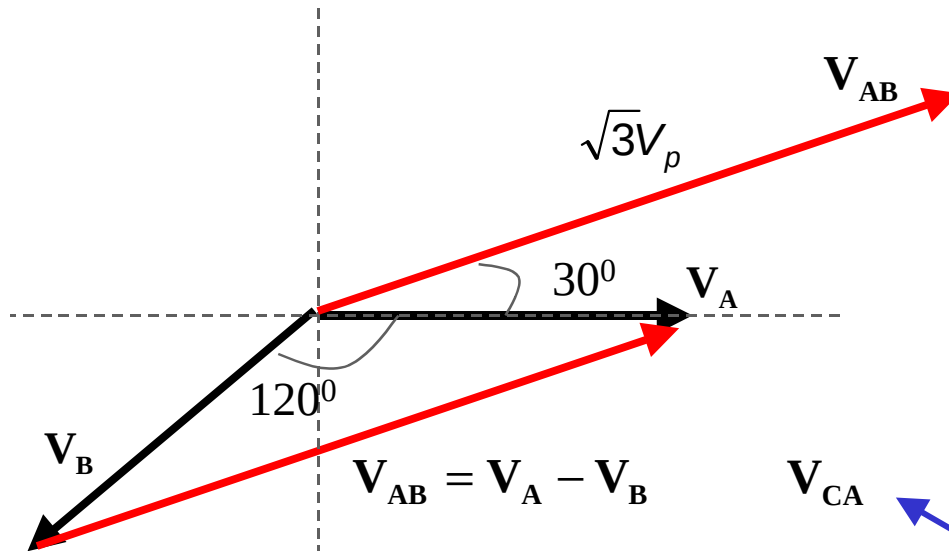
o

Linea-a-Linea

(Voltajes compuestos)

Conexión Estrella

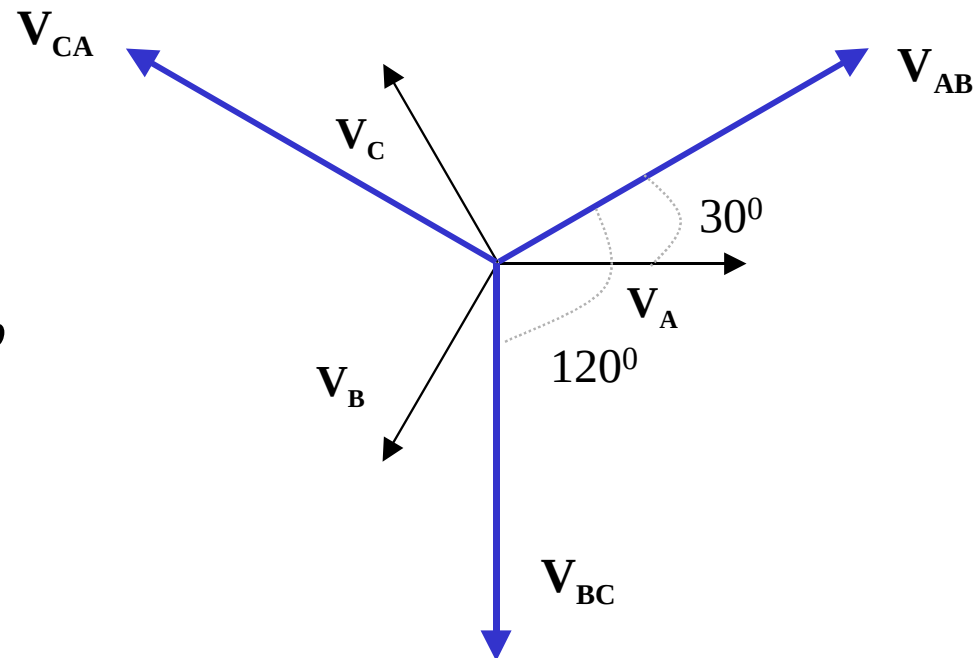
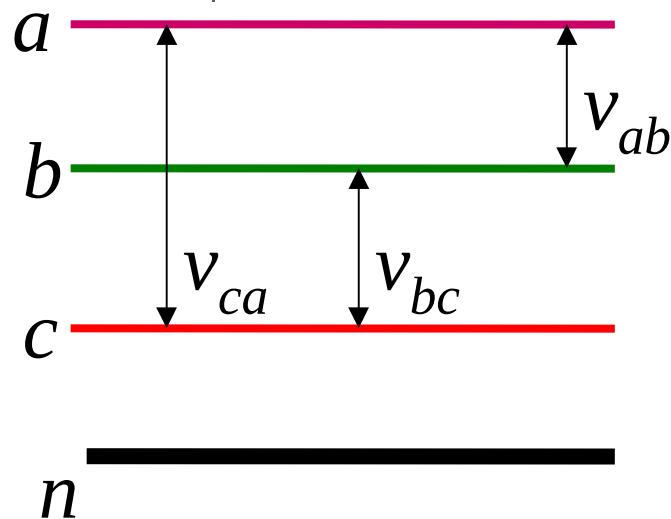
Consideramos $V_{AB} = V_A - V_B = V_p \angle 0^\circ - V_p \angle -120^\circ = \sqrt{3}V_p \angle 30^\circ$



Similarmente

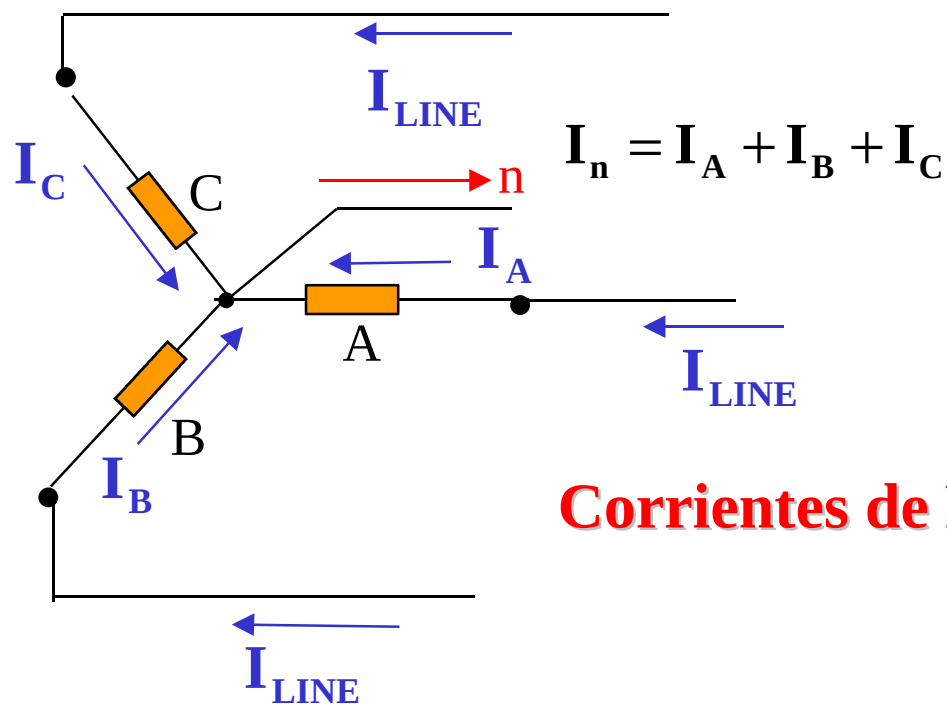
$$V_{BC} = V_B - V_C = V_p \angle -90^\circ$$

$$V_{CA} = V_C - V_A = V_p \angle 150^\circ$$



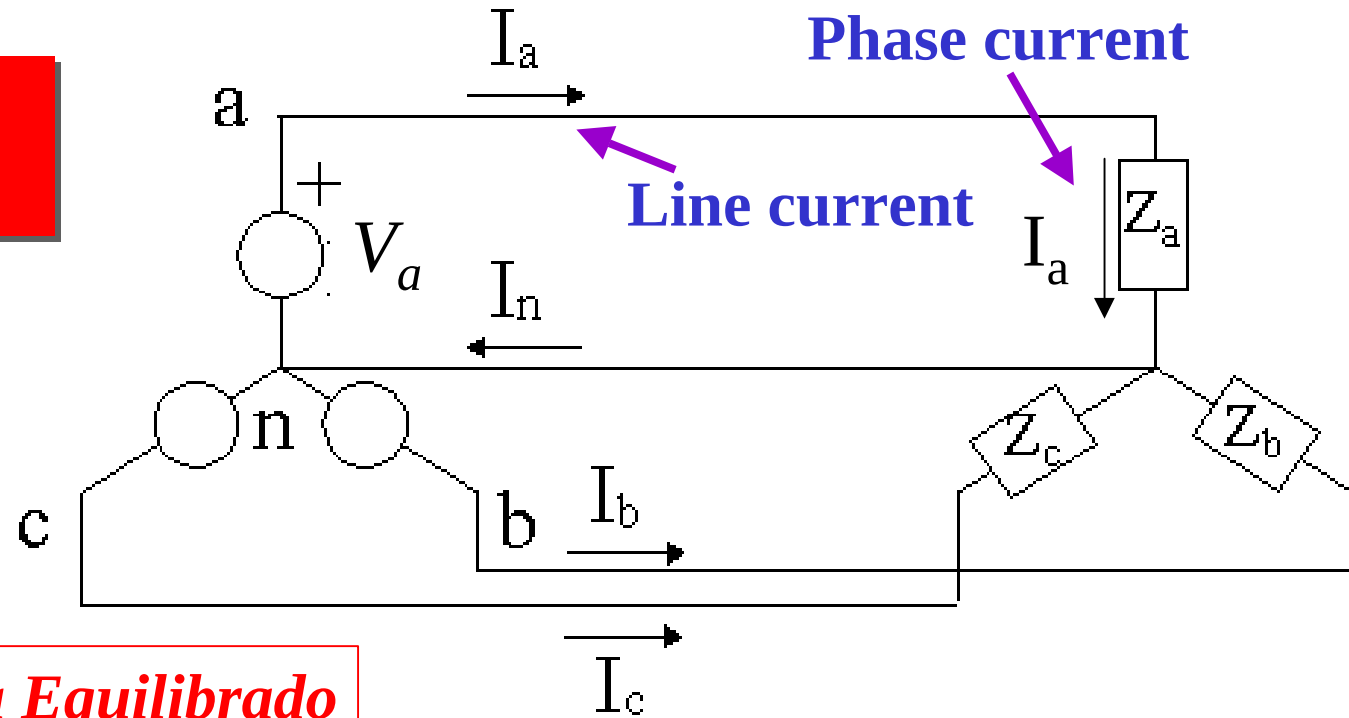
Conexión Estrella

- Relaciones de Corriente



Corrientes de Fase y de línea son iguales

Conexión-Y



Para un Sistema Equilibrado

$$\bar{Z}_a = \bar{Z}_b = \bar{Z}_c$$

$$\bar{V}_{an} = \bar{V}_a = V \angle 0^\circ$$

$$\bar{V}_{bn} = \bar{V}_b = V \angle -120^\circ$$

$$\bar{V}_{cn} = \bar{V}_c = V \angle 120^\circ$$

$$\bar{I}_a = \frac{\bar{V}_a}{\bar{Z}_a} = \frac{V \angle 0^\circ}{Z_a \angle q^\circ} = I \angle -q^\circ$$

$$\bar{I}_b = \frac{\bar{V}_b}{\bar{Z}_b} = \frac{V \angle -120^\circ}{Z_b \angle q^\circ} = I \angle (-120 - q^\circ)$$

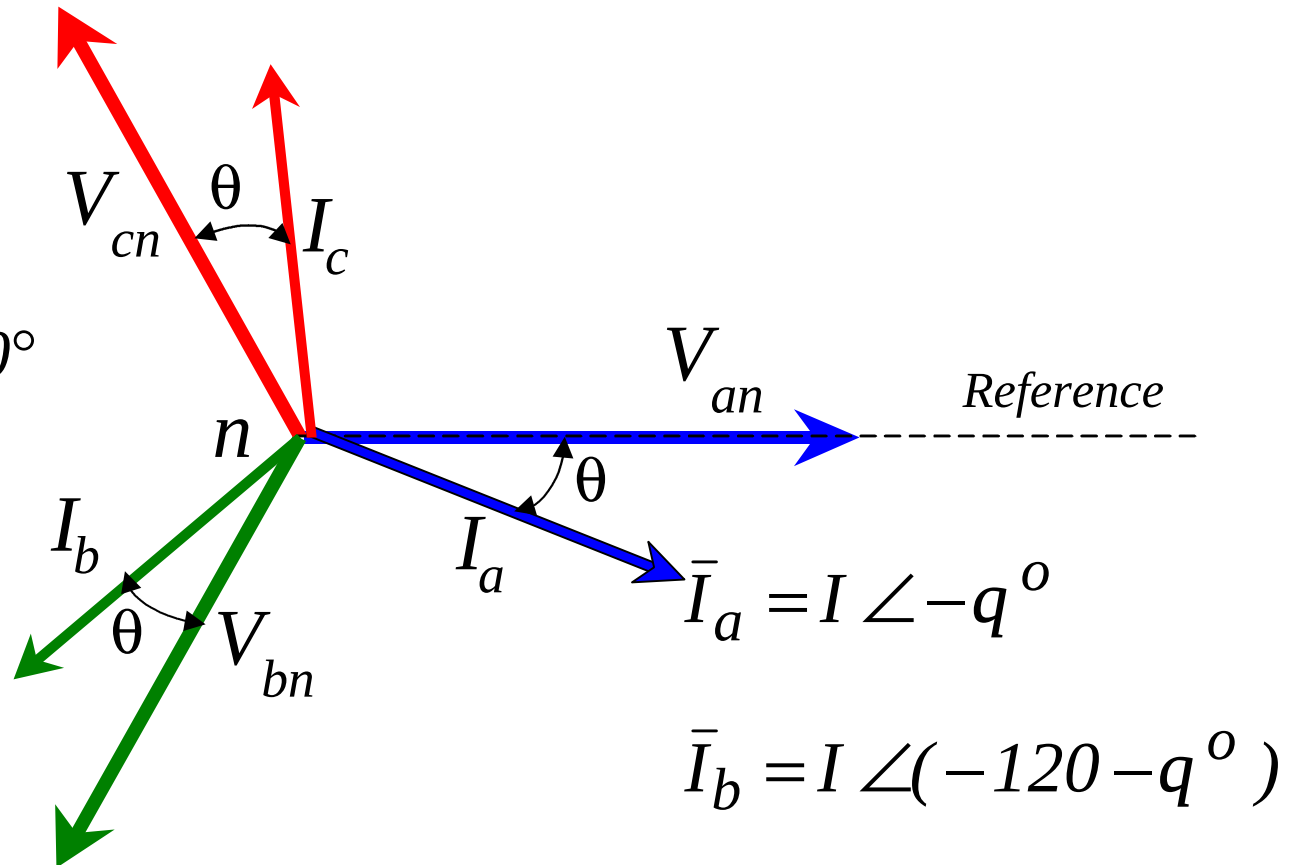
$$\bar{I}_c = \frac{\bar{V}_c}{\bar{Z}_c} = \frac{V \angle 120^\circ}{Z_c \angle q^\circ} = I \angle (120 - q^\circ)$$

Conexión Estrella

$$\bar{V}_{an} = \bar{V}_a = V \angle 0^\circ$$

$$\bar{V}_{bn} = \bar{V}_b = V \angle -120^\circ$$

$$\bar{V}_{cn} = \bar{V}_c = V \angle 120^\circ$$



- La **corriente del neutro es nula** para un sistema equilibrado con la carga conectada en Y
 - no se necesitaría conexión con el neutro
 - normalmente es difícil verificar si la carga es equilibrada

Conexión Estrella

RESUMEN:

If

$$V_A = V_P \angle 0^\circ$$

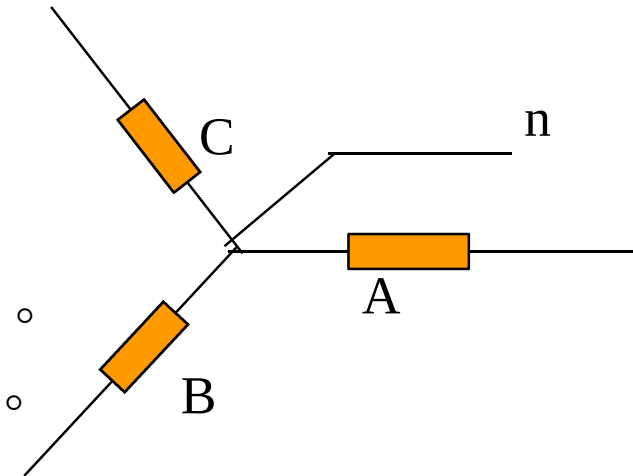
$$V_B = V_P \angle -120^\circ \quad \text{then}$$

$$V_C = V_P \angle 120^\circ$$

$$V_{AB} = \sqrt{3}V_P \angle 30^\circ$$

$$V_{BC} = \sqrt{3}V_P \angle -90^\circ$$

$$V_{CA} = \sqrt{3}V_P \angle 150^\circ$$



- *Voltajes linea-linea son mayores que los de fase en:*

$$\sqrt{3}$$

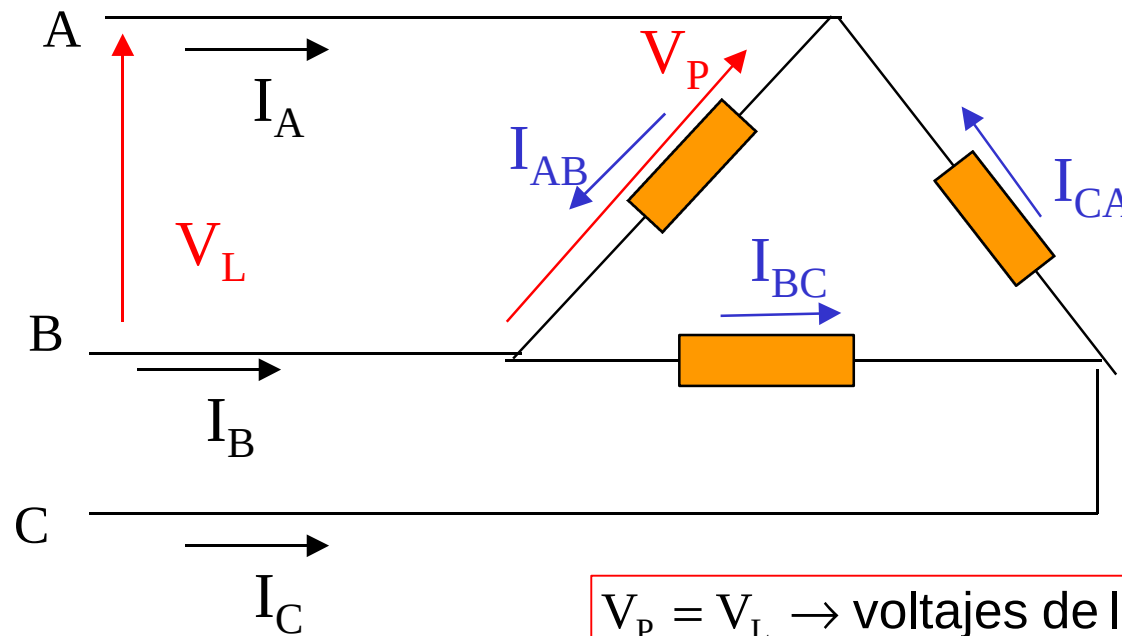
- *Voltajes compuestos a line-linea adelantan al voltaje de la fase en :*

$$30^\circ$$

- *Corrientes de línea son iguales a las de fase*

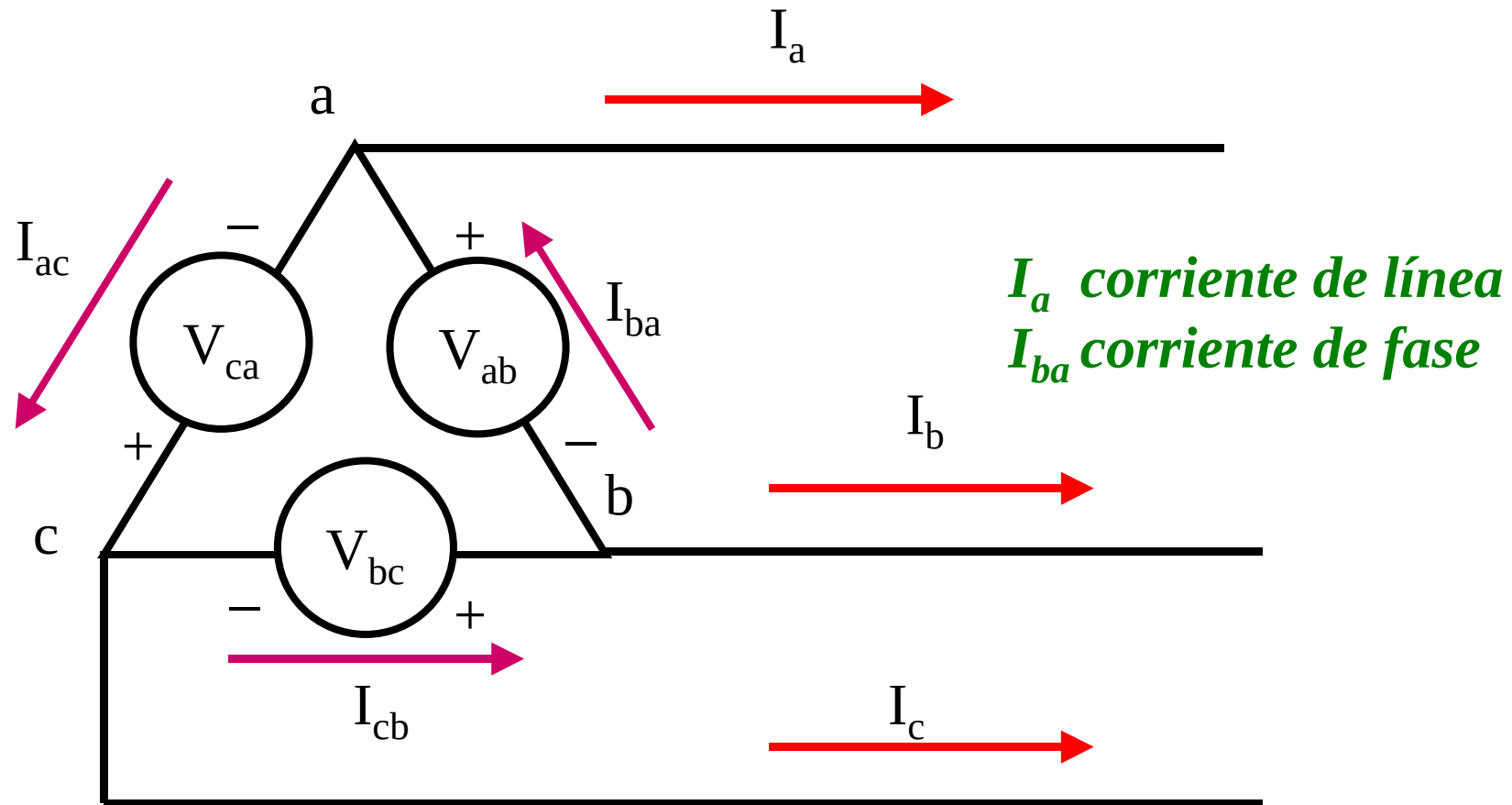
Conexión Delta

- Consideremos un conjunto de impedancias conectadas en Delta



$V_P = V_L \rightarrow$ voltajes de línea y de fase son iguales

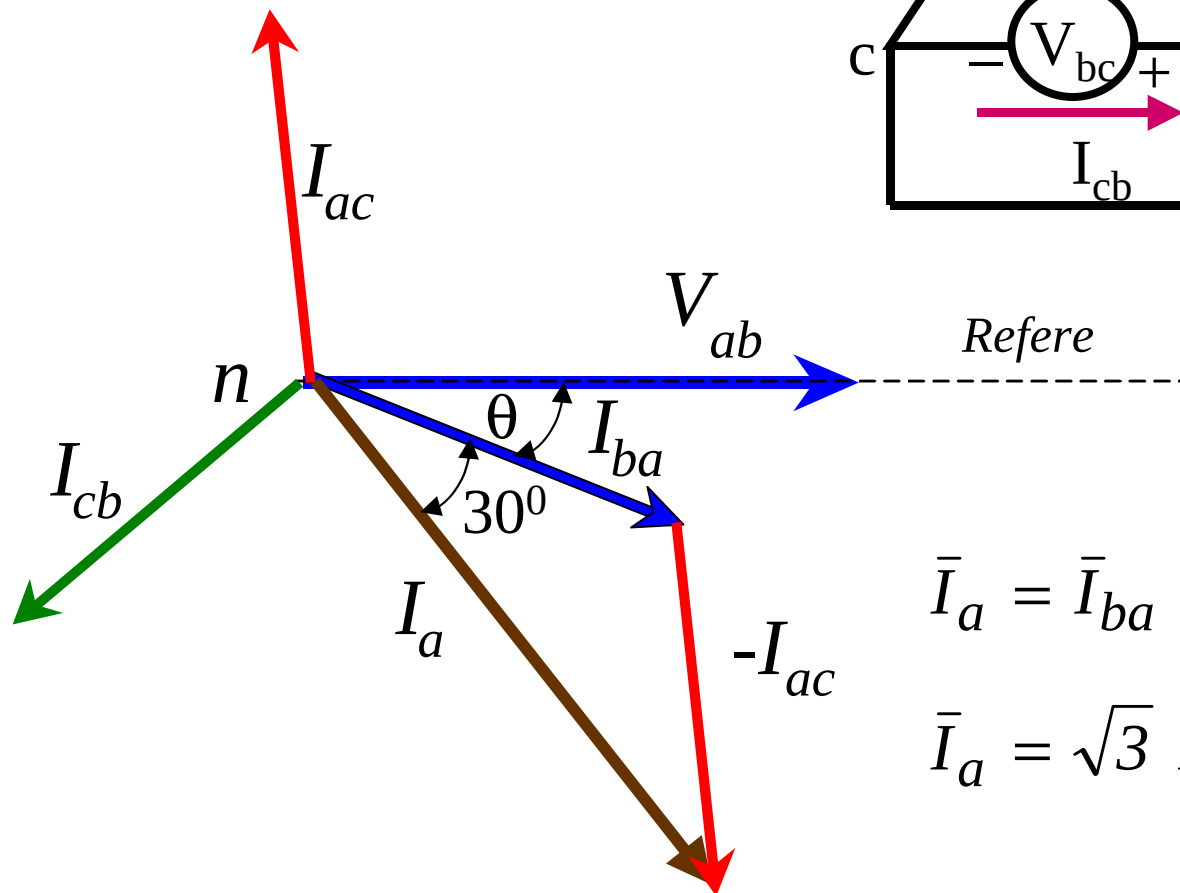
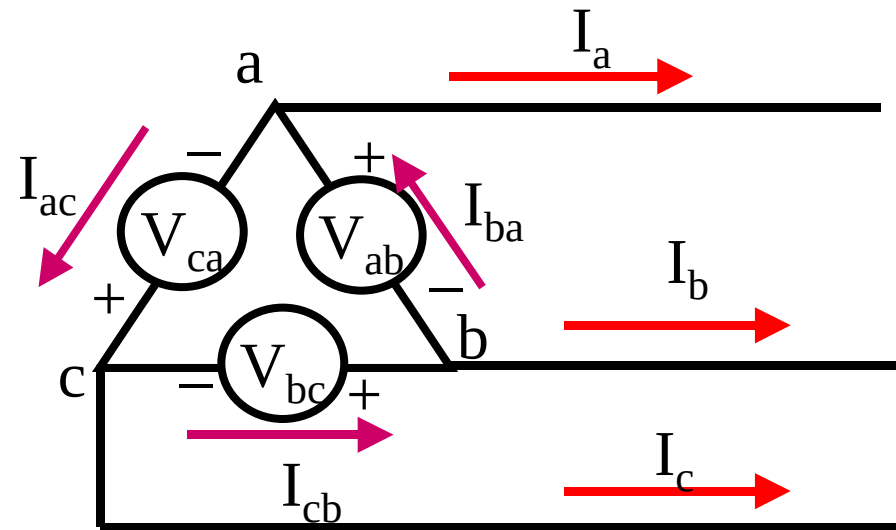
Conexión Delta (D)



Conexión Delta (D)

$$\bar{I}_{ba} = \bar{I}_a + \bar{I}_{ac}$$

$$\bar{I}_a = \bar{I}_{ba} - \bar{I}_{ac}$$



$$\bar{I}_a = \bar{I}_{ba} - \bar{I}_{ac} = \sqrt{3} \bar{I}_{ba} \angle -30^\circ$$

$$\bar{I}_a = \sqrt{3} I_{ba} \angle -(q + 30^\circ)$$

Conexión Delta (D)

RESUMEN:

Si

$$I_{AB} = I_P \angle 0^\circ$$

$$I_{BC} = I_P \angle -120^\circ$$

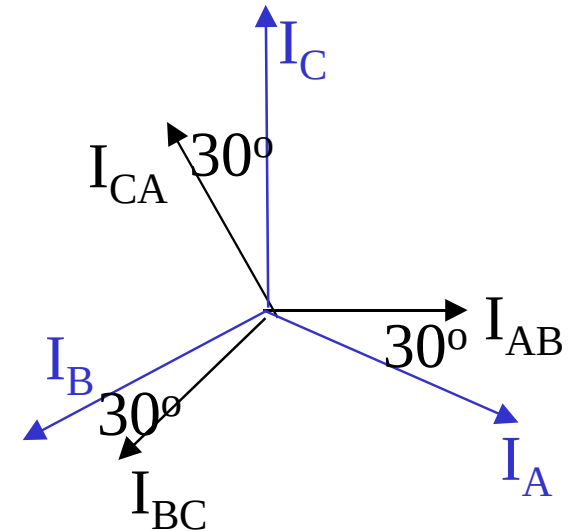
$$I_{CA} = I_P \angle 120^\circ$$

$\Rightarrow$

$$I_A = \sqrt{3} I_P \angle -30^\circ$$

$$I_B = \sqrt{3} I_P \angle -150^\circ$$

$$I_C = \sqrt{3} I_P \angle 90^\circ$$



- Intensidades de línea son **mayores** que las de fase en:

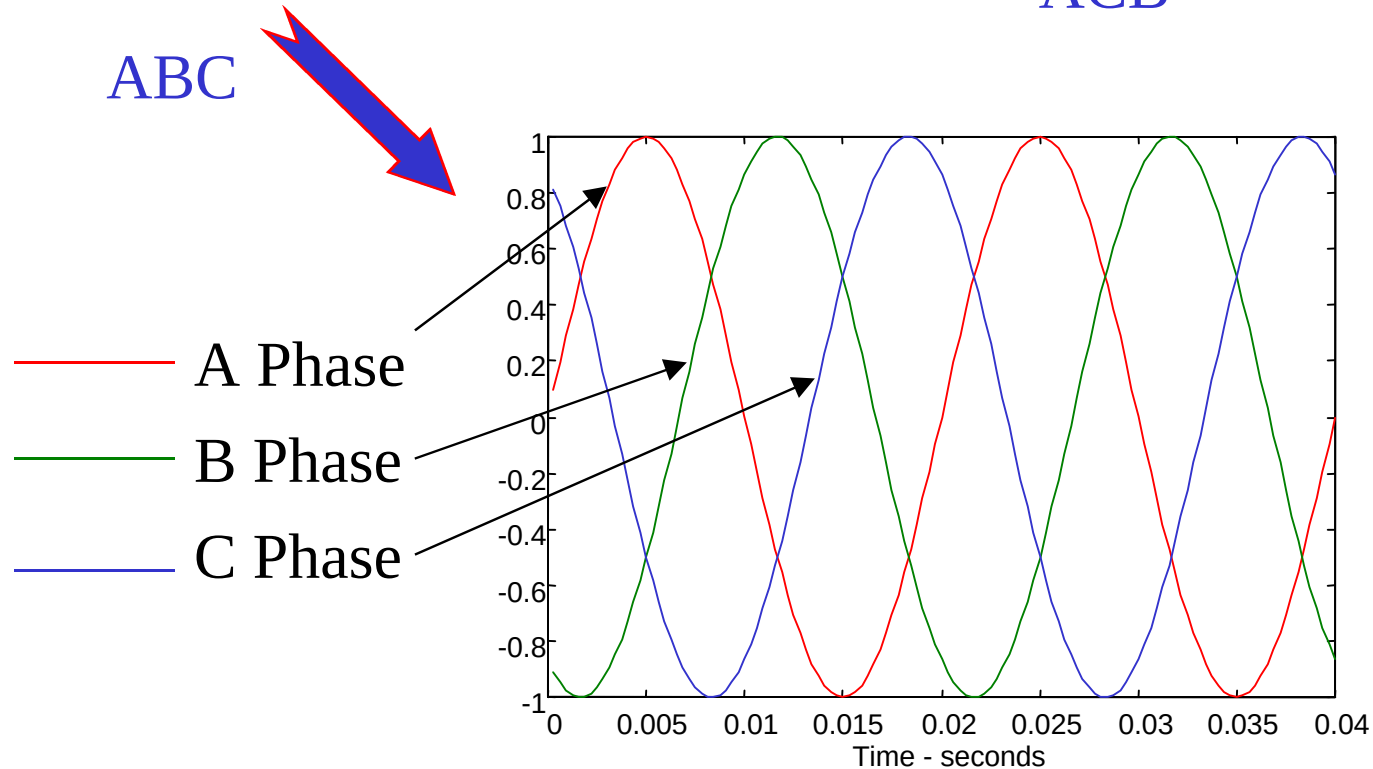
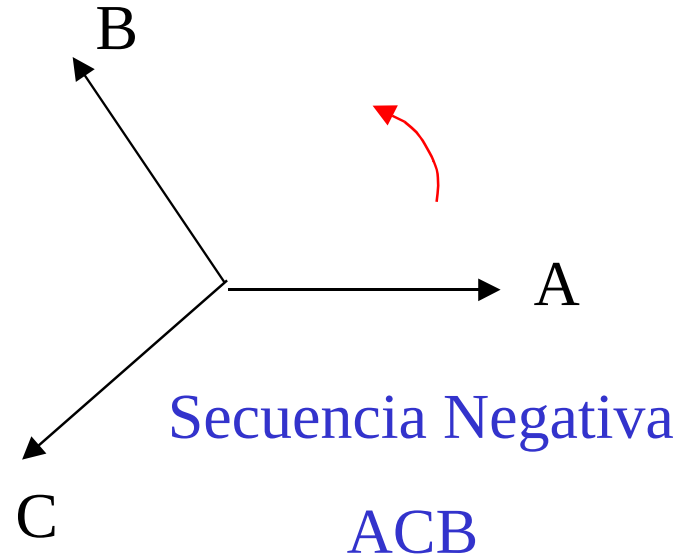
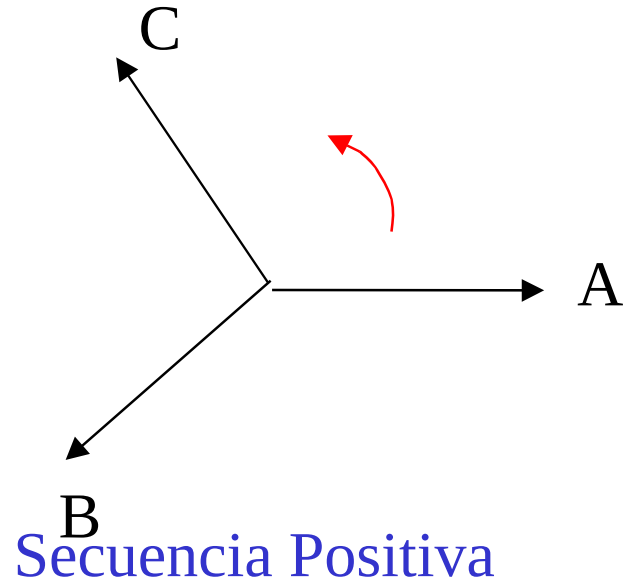
$$\sqrt{3}$$

- Corrientes de línea se **retrasan** a la intensidad de la fase en :

$$30^\circ$$

- Voltajes de línea son **iguales** a las de fase

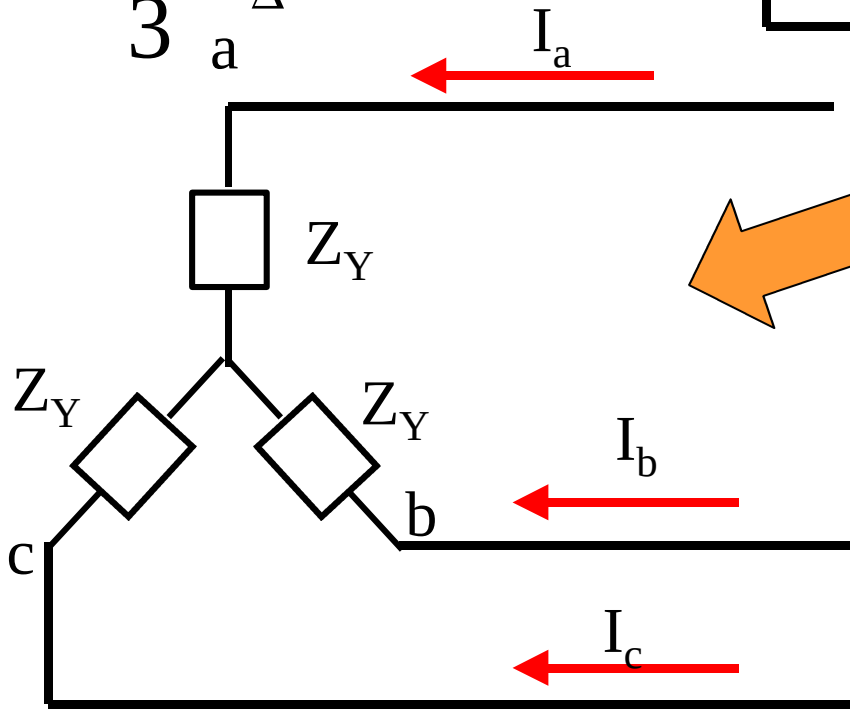
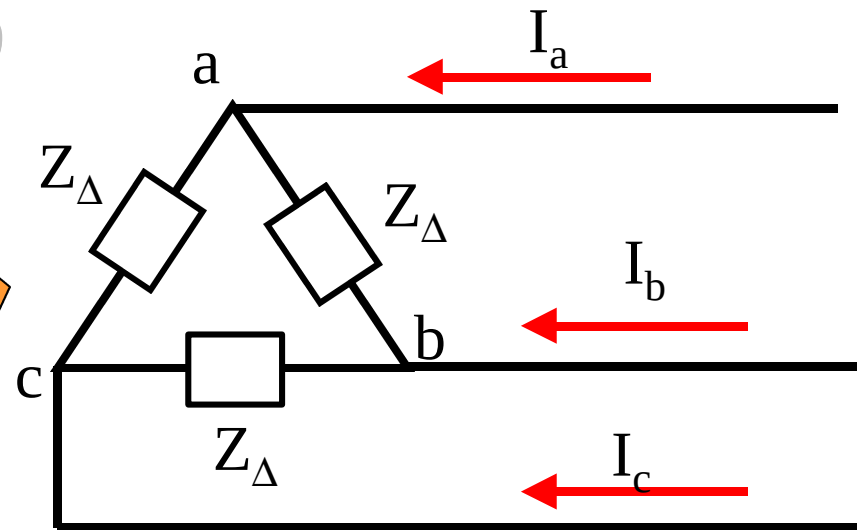
Secuencia de las Fases



Transformación Y-D

$$Z_{ab} = Z_{\Delta} // 2Z_{\Delta}$$

$$Z_{ab} = \frac{2}{3} Z_{\Delta}$$

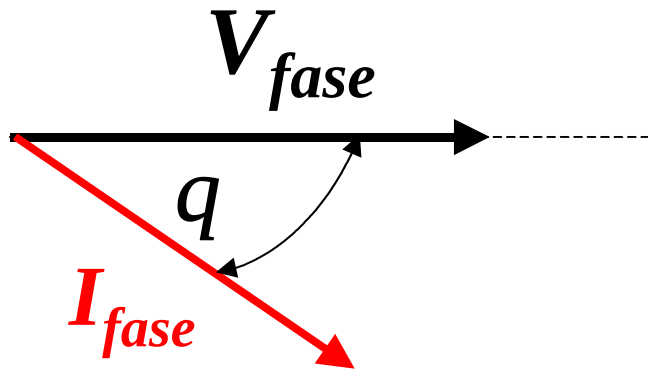


$$Z_{ab} = 2Z_Y$$

$$Z_Y = \frac{1}{3} Z_{\Delta}$$

Potencia en Sistemas Trifásicos

- En un sistema trifásico la potencia entregada a la carga = suma de las potencias suministradas por cada fase



Para monofásicos

$$P = V_{phase} I_{phase} \cos (q)$$

Para trifásicos

$$P = 3 V_{phase} I_{phase} \cos (q)$$

q is el ángulo entre el
voltaje de fase y la
corriente de fase

Potencia en Sistemas Trifásicos

- Conexión Y

$$P = 3V_p I_p \cos f$$

$$P = \sqrt{3} \left(\sqrt{3} V_p \right) I_p \cos f$$

$$\text{como } V_L = \sqrt{3} V_p \text{ \& } I_L = I_p$$

$$\therefore P = \sqrt{3} V_L I_L \cos f$$

- Conexión Δ

$$\text{Potencia total } P = 3V_p I_p \cos f = \left(\sqrt{3} V_p \right) \left(\sqrt{3} I_p \right) \cos f$$

$$\text{como } V_L = V_p, I_L = \sqrt{3} I_p$$

$$\therefore P = \sqrt{3} V_L I_L \cos f$$