

## Circuitos Eléctricos.

- Magnitudes Fundamentales. Definiciones.
- Elementos de un circuito. Asociación de resistencias.
- Circuitos lineales.
- Leyes de Kirchoff. KCL, KVL
- Análisis de mallas.
- Teorema de superposición.
- Teoremas de Thevenin y Norton

### ***Magnitudes fundamentales: Definiciones***

**POTENCIAL ELÉCTRICO:** La diferencia de potencial entre un punto 1 y un punto 2 ( $V_1 - V_2$ ) se define como el trabajo necesario para llevar una carga + de valor igual a la unidad desde el punto 2 al punto 1. La unidad de potencial es el voltio y se representa mediante la letra V. Para definir correctamente el potencial eléctrico es necesario tomar un punto como referencia. En los problemas de electromagnetismo se considera que en el infinito el potencial es 0. En los problemas de circuitos eléctricos se toma un punto como referencia (**tierra**). Se considera que en este punto el potencial es 0.

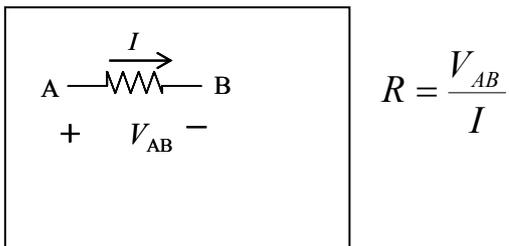
Si un punto 1 está a mayor potencial que otro 2,  $(V_1 - V_2) > 0$ , una carga positiva tendrá mayor energía en 1 que en 2, mientras que una carga negativa tendrá menor energía. Las cargas positivas tienden a moverse de mayor a menor potencial mientras que las cargas negativas tienden a moverse de menor a mayor potencial. Desde otro punto de vista, una diferencia de potencial significa que existe un campo eléctrico **E** dirigido desde el punto de mayor potencial al de menor potencial. La fuerza **F** que experimenta una carga **q** es, por definición de campo eléctrico, **F** = **qE**. Si la carga es positiva, la fuerza está dirigida de mayor a menor potencial y si es negativa de menor a mayor potencial. **El electrón-voltio:** El electrón-voltio (eV) es una unidad de energía muy apropiada para la electrónica. Se define como la energía que gana un electrón al someterse a una diferencia de potencial de un voltio:  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

**INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA:** La intensidad de corriente es la carga que atraviesa una sección del conductor por unidad de tiempo. La unidad de corriente es el amperio y se representa mediante la letra A. Lógicamente, la corriente tiene dimensiones de carga dividida por tiempo:  $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ . Es muy importante especificar el sentido y el signo de la corriente eléctrica. Por convenio se considera que la corriente es positiva en el sentido del movimiento de carga positiva. Normalmente la corriente es debida al movimiento de electrones, que tienen carga negativa. (Esto significa que el sentido positivo de la corriente es el opuesto al sentido del movimiento de los electrones).

**RESISTENCIA:** La resistencia es una medida de la oposición que un material presenta ante el paso de corriente eléctrica. Cuanto mayor es la resistencia más difícil es el paso de corriente. Todos los materiales tienen una cierta resistencia. Esto significa que en cualquier circuito eléctrico habrá resistencias presentes. La unidad de resistencia es el Ohmio y se representa con la letra griega  $W$

### LA LEY DE OHM.

La ley de Ohm establece la relación existente entre la diferencia de potencial en los extremos de un elemento que presenta una resistencia  $R$ , y la corriente que lo atraviesa. La intensidad de corriente que atraviesa una resistencia de valor  $R$  desde el punto A al punto B es igual a la diferencia de potencial entre el punto A y B, ( $V_{AB} = V_A - V_B$ ) dividida por el valor de la resistencia: Obsérvese que si la diferencia de potencial  $V_A - V_B$  es positiva, también lo es la corriente  $I_{A \rightarrow B}$  cumpliéndose el convenio explicado anteriormente.



**Circuito** Cualquier interconexión de dispositivos eléctricos.

**Dispositivos eléctricos** Elementos diseñados para cumplir una función eléctrica específica.

Se caracterizan a través de la relación entre la tensión y la intensidad en sus terminales

**Terminales** Salidas conductoras físicamente accesibles que permiten la interconexión de dispositivos.

## Elementos de 2 terminales

### Fuentes Ideales

**Intensidad**



La intensidad en la rama debe ser  $i$ .  
 La tensión entre sus terminales se desconoce, debe calcularse según el resto del circuito  
 Si dependiente  $i = a i_x$ ;  $i = y v_x$

**Tensión**



La diferencia de potencial entre sus terminales debe ser  $v$ . La intensidad que la atraviesa se desconoce, debe calcularse según el resto del circuito  
 Si dependiente  $v = b v_x$ ;  $v = r i_x$

Los símbolos mostrados arriba son genéricos, existen símbolos para casos particulares como:

**Tensión (intensidad) ca  
(corriente alterna) ac**



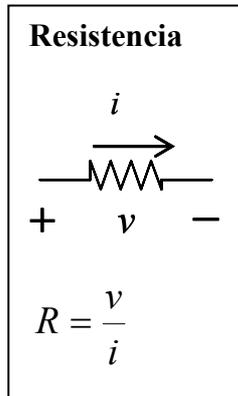
$v = v_a \text{sen}(\omega t + \Phi)$

**Tensión cc (corriente continua) dc**

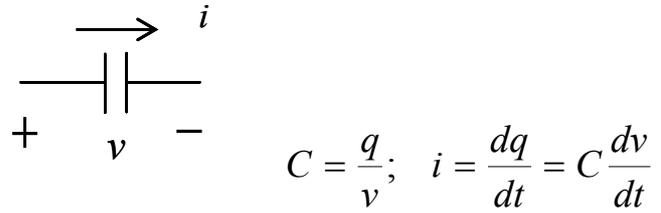


El terminal más largo marca el lado positivo

### Elementos Pasivos

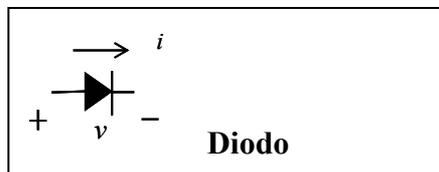


### Condensador

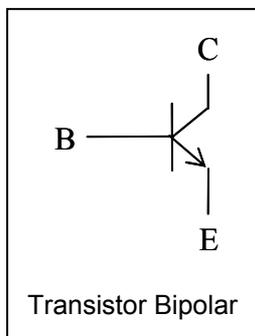


En ca. trabajando con fasores

$$Z_C = \frac{V}{I}; \quad \text{cuyo módulo } Z_C = \frac{1}{\omega C}$$



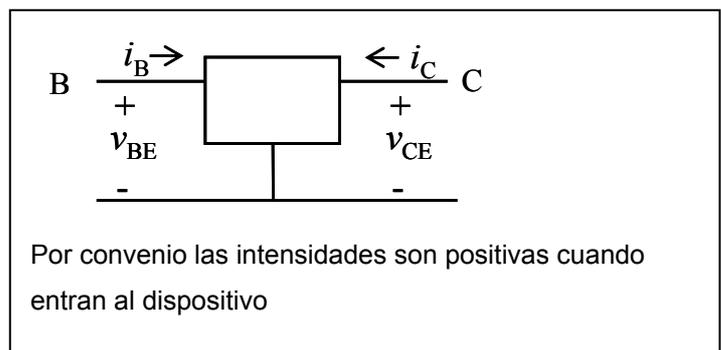
### Elementos de 3 terminales



Tenemos 4 variables: 2 tensiones y 2 intensidades. 2 de estas magnitudes serán conocidas (entrada) y para determinar las otras 2 necesitamos caracterizar el dispositivo mediante dos ecuaciones (4 parámetros)

Se toma uno de los terminales como referencia

común, por ejemplo E

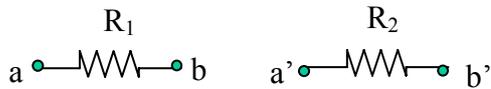


Una elección bastante habitual para trabajar con transistores es utilizar para

caracterizar el dispositivo, los llamados parámetros híbridos. En este caso las variables independientes son la intensidad de entrada y la tensión de salida.

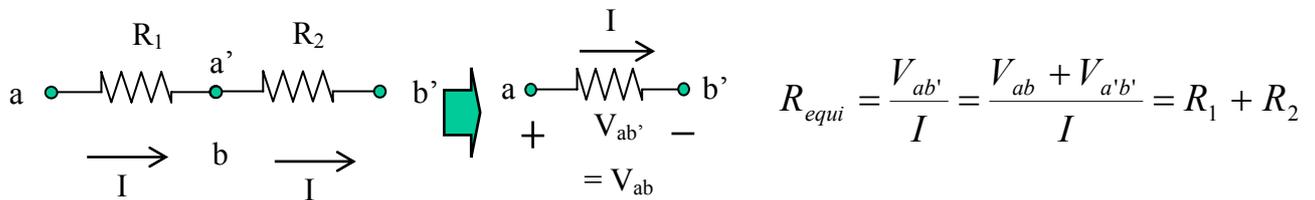
$$\begin{pmatrix} v_{BE} \\ i_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_B \\ v_{CE} \end{pmatrix}$$

### Asociación de resistencias.



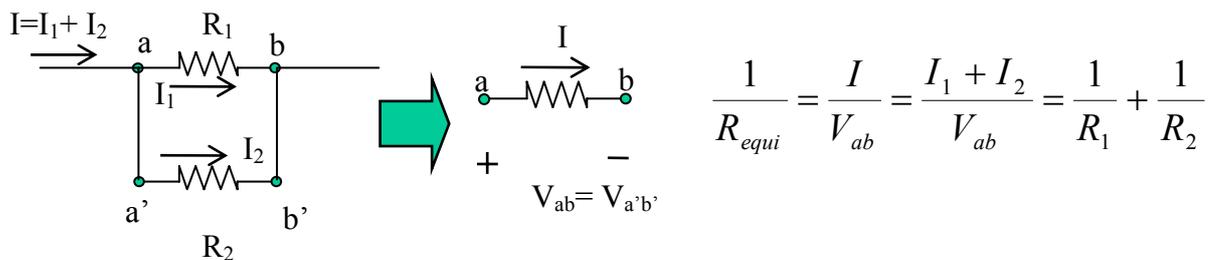
### Asociación Serie

Dos elementos, resistencias en este caso, están conectados en serie cuando la intensidad que atraviesa cada una de ellos es la misma. Dos resistencias en serie pueden sustituirse por una sola resistencia equivalente cuyo valor es la suma de ambas.



### Asociación Paralelo

Dos elementos, resistencias en este caso, están conectados en paralelo cuando la tensión entre sus terminales es la misma. Dos resistencias en paralelo pueden sustituirse por una sola resistencia equivalente cuyo valor es el producto dividido por la suma de ambas.



**NOTA:** Dos terminales A y B se consideran **ABIERTOS** cuando se interrumpe la conexión y por lo tanto el paso de corriente entre ellos. Equivale a una resistencia de valor infinito entre A y B. Existe diferencia de potencial ( $V_A - V_B$ ) que viene marcada por el resto del circuito.

Dos terminales A y B se consideran **CORTOCIRCUITADOS** cuando se conectan ambos mediante una resistencia  $R=0$ . La diferencia de potencial en ese caso es  $(V_A - V_B)=0$  y la corriente que atraviesa esa rama debe ser calculada de acuerdo al resto del circuito.

### Asociación de Fuentes:

Dos fuentes de tensión conectadas en serie equivalen a una sola cuya tensión es la suma de ambas. Dos fuentes de tensión no pueden conectarse en paralelo.

Dos fuentes de intensidad conectadas en paralelo equivalen a una sola cuya intensidad es la suma de ambas. Dos fuentes de intensidad no pueden conectarse en paralelo.

### Circuitos Lineales

Supongamos un circuito cuya entrada (fuente) tiene un valor  $v_i$ . La salida solicitada es una cierta tensión  $v_0$ . De la resolución del circuito se obtiene  $v_0 = f(v_i)$ .

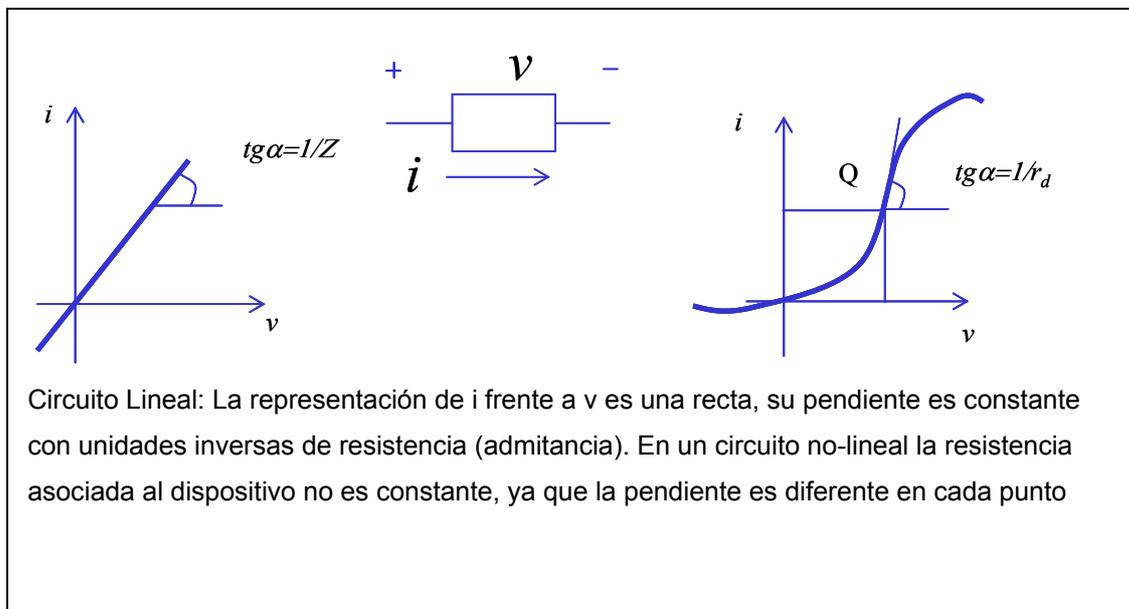
El circuito es lineal cuando se cumple que:

si la entrada es combinación lineal de dos fuentes

$$v_i = A v_{i1} + B v_{i2}$$

La salida es combinación lineal de la obtenida anteriormente

$$v_0 = A f(v_{i1}) + B f(v_{i2})$$



Un circuito es lineal si está compuesto íntegramente por elementos lineales

## **Análisis de Circuitos. Definiciones.**

**Análisis de Circuitos:** Especificado el circuito y conocido el valor de las fuentes (Entrada), calcular el valor de las tensiones de nodo o intensidades de ramas solicitadas (salida)

**Síntesis o diseño de circuitos:** Para una relación entre la salida y la entrada, (por ejemplo amplificación), disponer los dispositivos y componentes necesarios y calcular sus valores para las especificaciones deseadas.

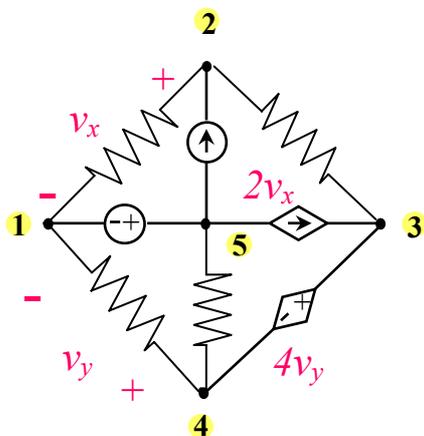
**Nodo (Node)** Cualquier punto de unión de un circuito donde están conectados dos o más terminales, o cualquier terminal aislado de un elemento que no esté conectado.

**Rama (Branch)** Recorrido entre dos nodos que no atraviesa ningún otro = Trayectoria en una red compuesta por un elemento simple y los nodos situados en sus extremos.

**Lazo (Loop)** Recorrido cerrado que empezando en cualquier nodo atraviesa elementos de dos terminales y termina en el mismo nodo (sin atravesar un mismo nodo dos veces).

**Malla (Mesh)** Lazo interior

Para especificar un circuito se deben especificar los elementos (su modelo circuital) que lo componen y sus conexiones así como las variables de control para los elementos dependientes



**Nodos** 1, 2, 3, 4, 5

**Ramas** 1-2, 1-4, 2-3, 5-4, 3-4, 5-3, 5-2, 5-1

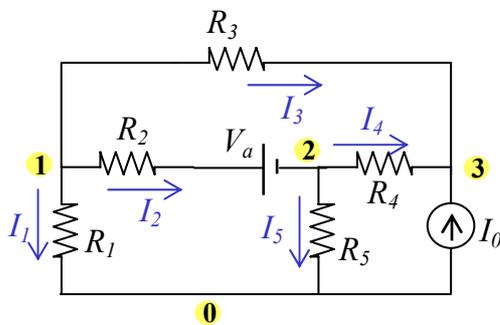
**Lazos** 1-5-4-1, 4-5-3-4, 3-2-5-3, 2-5-1-2

## Leyes de Kirchoff: Ley de Corrientes KCL.

La suma algebraica de las corrientes que entran a cualquier nodo es cero

Ley de conservación de la carga

- Se marcan (se numeran) los nodos esenciales de un circuito y se elige uno como referencia 0
- Se asignan intensidades a cada rama (El sentido se elige arbitrariamente)
- En cada nodo se aplica KCL a todos los nodos excepto al de referencia (Suma corrientes que entran a ese nudo = Suma corrientes que salen de ese nudo)



$$\mathbf{1} \quad 0 = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\mathbf{2} \quad I_2 = I_5 + I_4$$

$$\mathbf{3} \quad I_3 + I_4 + I_0 = 0$$

**3 ecuaciones 5 incógnitas (Las intensidades de rama)**

Obsérvese que la intensidad en la rama **30** es conocida  $I_0$

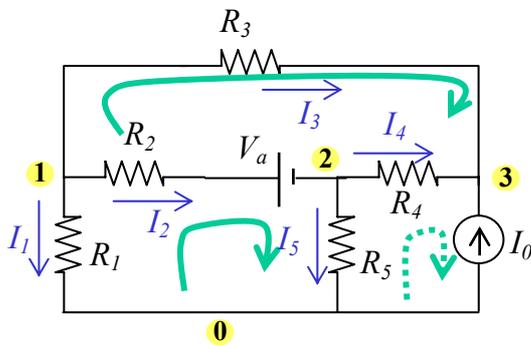
Y por lo tanto existe una variable menos que ramas

## Leyes de Kirchoff: Ley de Voltajes KVL.

La suma algebraica de los voltajes en cualquier recorrido cerrado es cero

Ley de conservación de la energía

- Se identifican las mallas de un circuito
- Se asignan un recorrido a cada malla (El sentido se elige arbitrariamente)
- Se aplica KVL a todas las mallas (los voltajes en cada elemento se considerarán positivos si en el recorrido asignado se los recorre de + a -. En una resistencia por lo tanto es + si el recorrido lleva el mismo sentido que la intensidad)



$$1321 \quad I_3 R_3 - I_4 R_4 - V_a - I_2 R_2 = 0$$

$$0120 \quad -I_1 R_1 + I_2 R_2 + V_a + I_5 R_5 = 0$$

+ 2 ecuaciones => 5 ecuaciones y 5 incógnitas

Obsérvese que no hemos escrito ninguna ecuación para la malla 023. NO es necesaria y además no

La resolución del sistema de ecuaciones nos permite conocer todas las intensidades de rama.

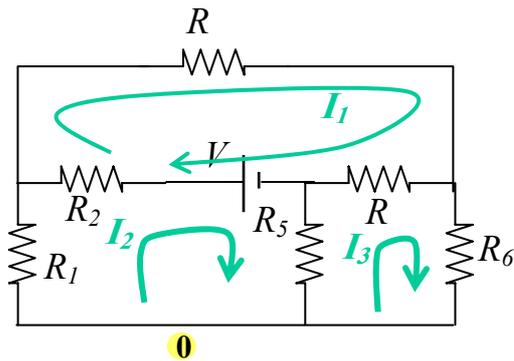
Para determinar las tensiones en los nodos debe recorrerse el camino (el más corto) hasta la referencia.

$$V_1 = I_1 R_1 \quad V_2 = I_5 R_5 \quad V_3 = -I_3 R_3 + I_1 R_1$$

**En general si una fuente está situada entre dos nodos esenciales, el sistema se reduce en una ecuación ya que una de las posibles incógnitas es un dato**

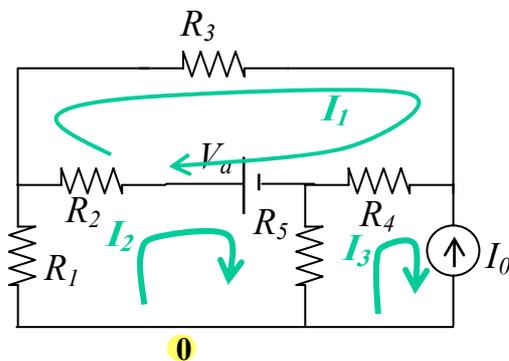
### Análisis de Mallas.

- Se determinan las **mallas** del circuito.
- Se asignan **intensidades de mallas** a cada una de ellas.
- ( $I_1, I_2$ , son las variables)
- Se aplican **KVL** a cada una de las mallas (Tantas ecuaciones como intensidades)



$$\begin{aligned} \text{I}_1 & I_1 R_3 + (I_1 - I_3) R_4 - V_a + (I_1 - I_2) R_2 = 0 \\ \text{I}_2 & I_2 R_1 + (I_2 - I_1) R_2 + V_a + (I_2 - I_3) R_5 = 0 \\ \text{I}_3 & (I_3 - I_2) R_5 + (I_3 - I_1) R_4 + I_3 R_6 = 0 \end{aligned}$$

Si existe un generador de corriente una de las ecuaciones de malla desaparece ya que una de las variable en realidad es un dato



$$\begin{aligned} \text{I} & I_1 R_3 + (I_1 - I_3) R_4 - V_a + (I_1 - I_2) R_2 = 0 \\ \text{I} & I_2 R_1 + (I_2 - I_1) R_2 + V_a + (I_2 - I_3) R_5 = 0 \\ \text{I} & I_3 = -I_0 \end{aligned}$$

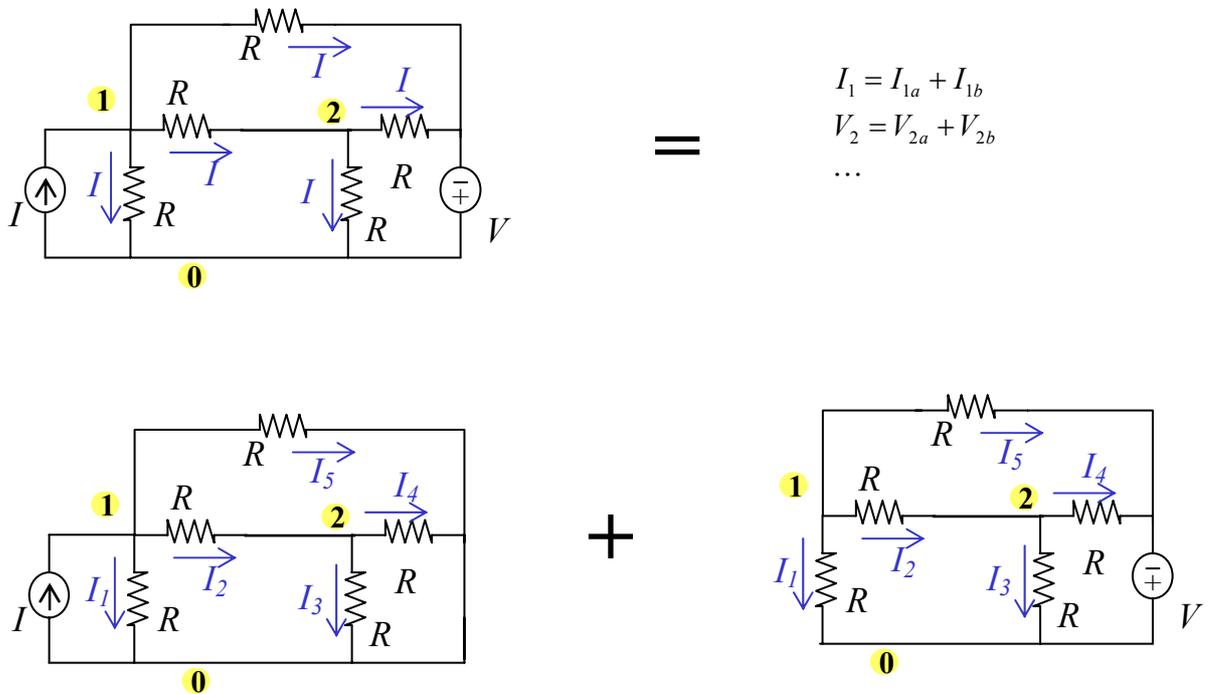
### Notas Importantes:

- Si existe un generador de corriente una de las ecuaciones de malla desaparece ya que una de las variables en realidad es un dato.
- La intensidad en cada rama es la suma algebraica de las intensidades de malla que la comparten. (Ejem. La intensidad real que atraviesa  $R_5$  es (dirigida hacia el nodo 0)  $I_2 - I_3$ )

### Teorema de Superposición.

En cualquier red lineal que contenga varias fuentes, el voltaje entre terminales o la corriente a través de cualquier elemento se puede calcular sumando algebraicamente todos los voltajes o corrientes individuales causados por las **fuentes independientes** actuando individualmente. (Todas las fuentes menos una, desactivadas)

Debe emplearse este método siempre que existan fuentes trabajando a distinta frecuencia. (por ejemplo fuentes de continua y alterna)



Se “matan” todas las fuentes independientes menos una, y se resuelve el circuito: se calculan intensidades en las ramas y tensiones en los nudos. Así con cada una de las fuentes. El resultado final es la suma algebraica de las intensidades y tensiones calculadas.

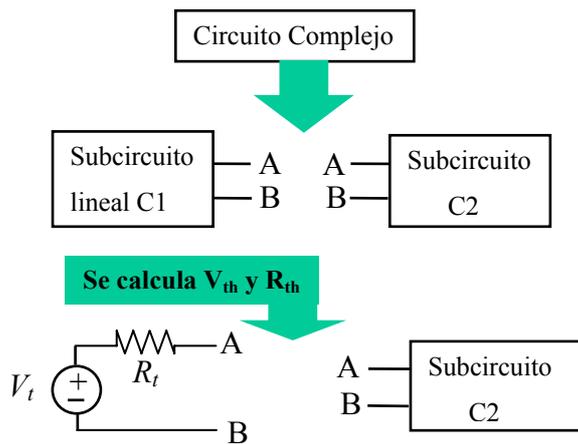
NOTA: Para “matar” o desactivar una fuente de tensión se cortocircuitan sus terminales, de manera que la tensión entre esos dos puntos es cero. Si es una fuente de intensidad, se abren los dos terminales de manera que la intensidad que circula en esa rama es cero.

## Teoremas de Thevenin y Norton.

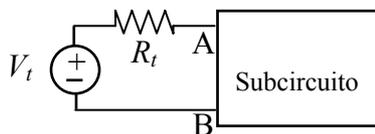
Permiten reemplazar una parte de un circuito complejo por un subcircuito muy simple

### Thevenin

*Se abre el circuito en dos terminales*



*Sustituyendo C1 por su Equivalente Thevenin las corrientes y tensiones en el subcircuito C2 no varían*

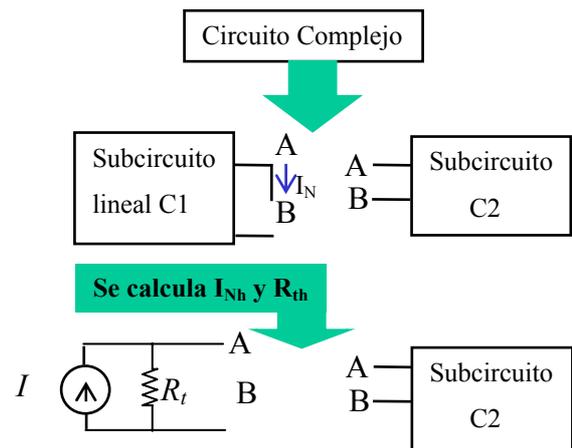


$V_{th}$  corresponde a la tensión  $V_{AB}$  calculada en el subcircuito C1 con A y B abiertos

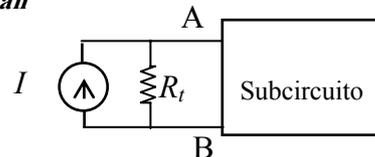
$R_{th}$  corresponde a la resistencia vista desde AB en el subcircuito C1 con las fuentes independientes de C1 desactivadas

### Norton

*Se cortocircuita el circuito en dos terminales*



*Sustituyendo C1 por su Equivalente Norton las corrientes y tensiones en el subcircuito C2 no varían*



$I_N$  corresponde a la intensidad de A->B calculada en el subcircuito C1 con A y B cortocircuitados

$R_{th}$  misma que en el equivalente Thevenin