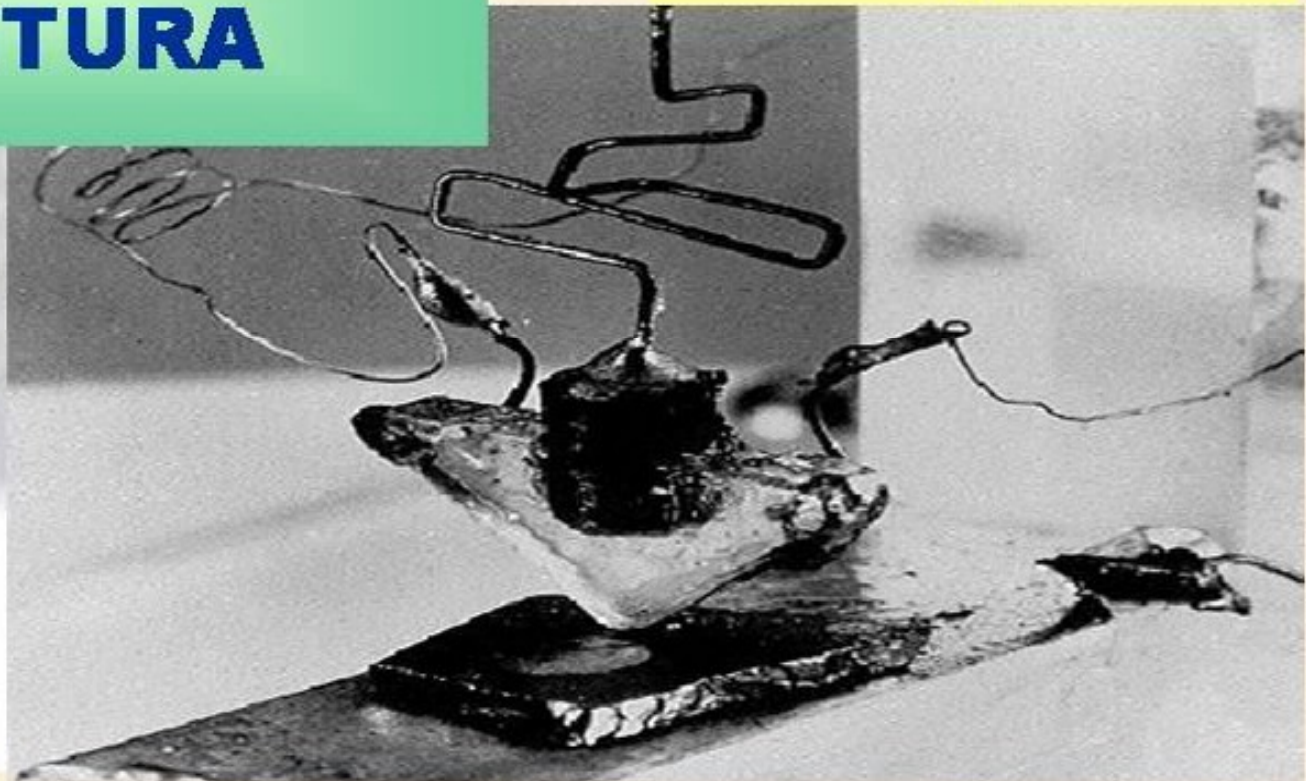
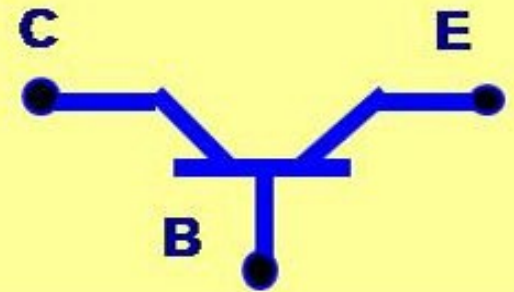


Funcionamiento  
asimilable al de una  
**fuente de corriente controlada por  
corriente**

## **TRANSISTOR BIPOLAR DE JUNTURA**

**BJT**



**BJT**

**TRANSISTOR  
BIPOLAR  
DE JUNTURA**

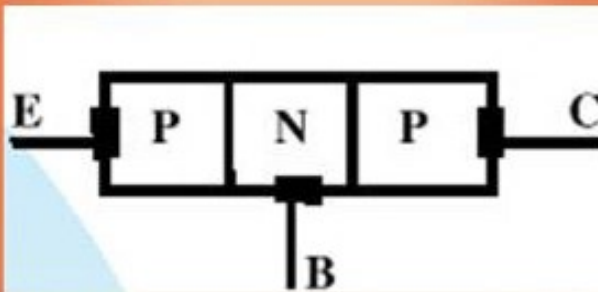
Dos tipos  
de  
portadores

electrones

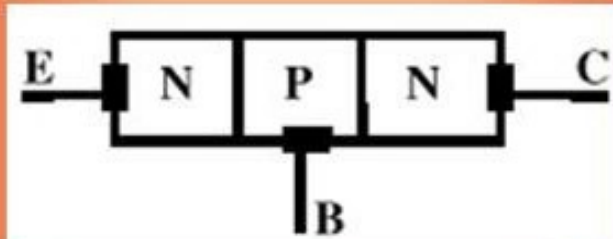
huecos

Dispositivos de 3  
terminales con dos  
uniones p-n  
enfrentadas entre sí

**PNP**

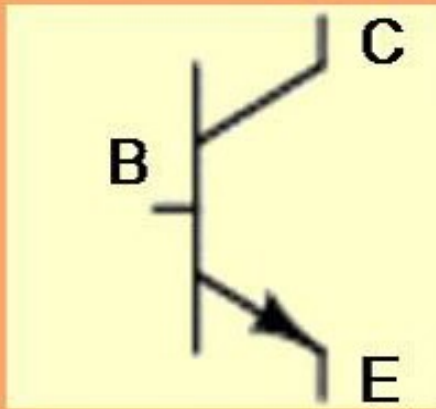


**NPN**

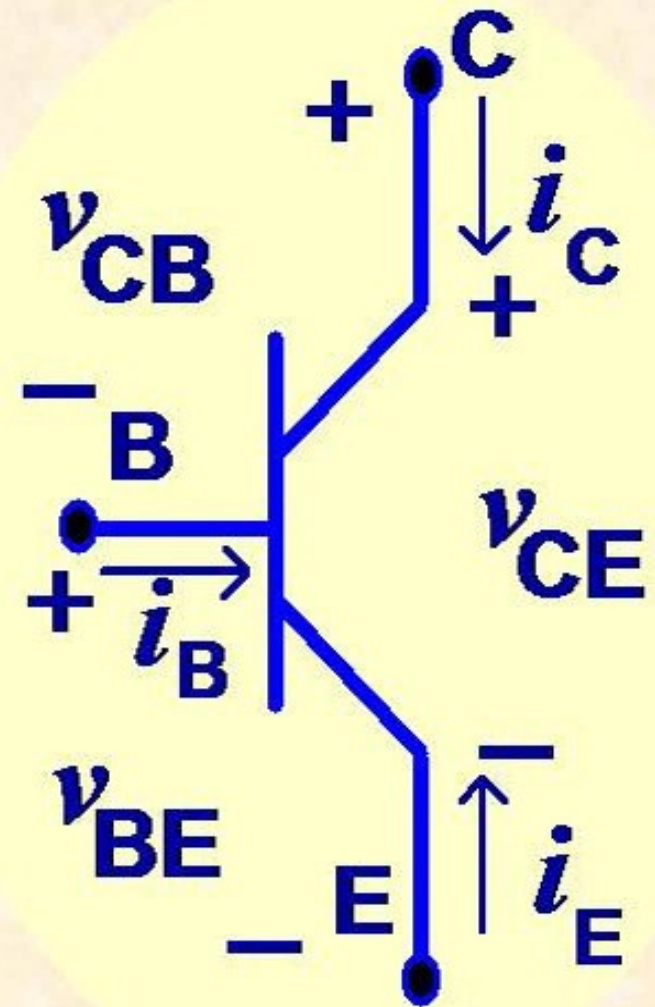
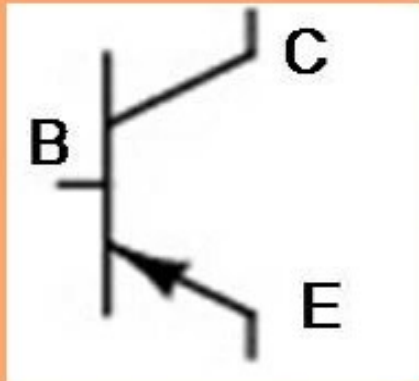




**NPN**



**PNP**



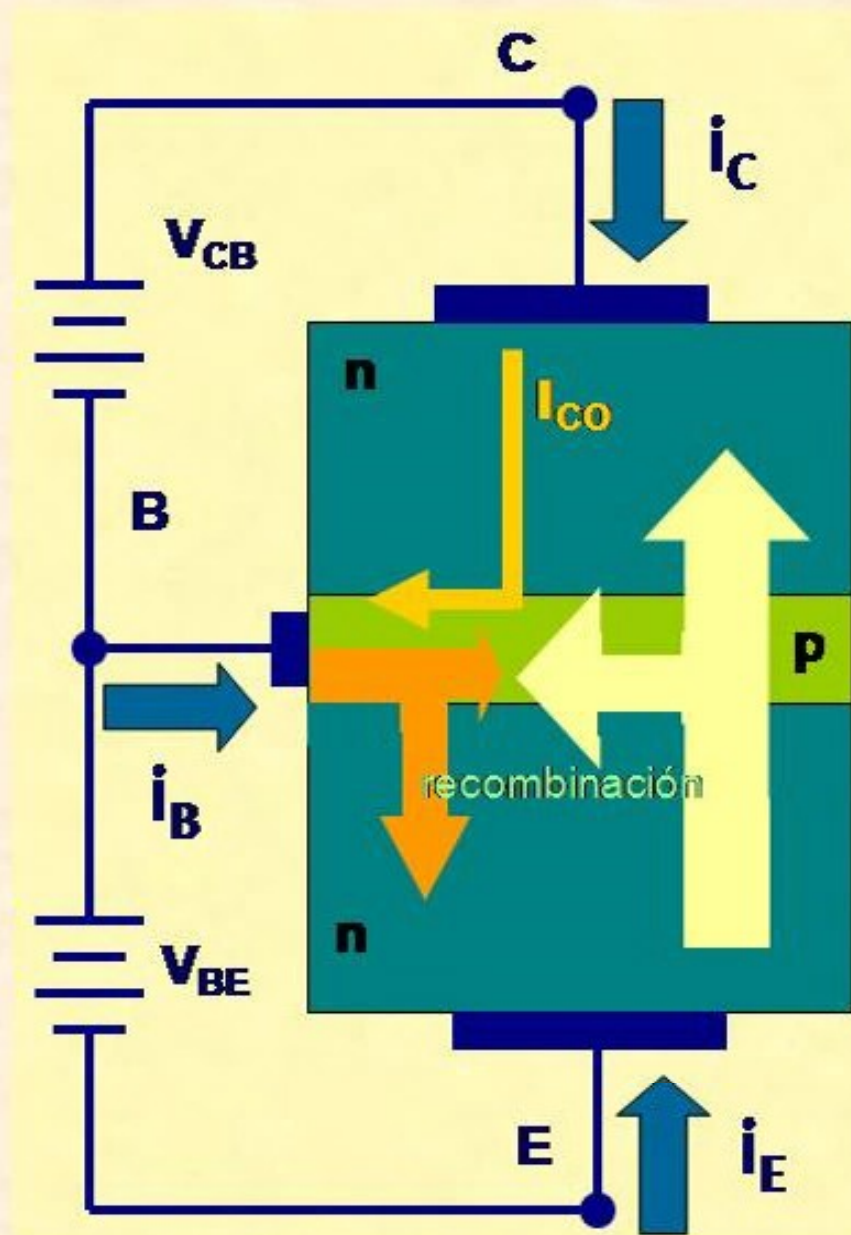
$$v_{CB} + v_{BE} = v_{CE}$$

$$i_C + i_B + i_E = 0$$

**NPN**



El flujo más importante está constituido por electrones que van del emisor (emite) al colector (recoge)



$$i_C = -\alpha_t \gamma i_E + I_{CO} = -\alpha_N i_E + I_{CO}$$

$\alpha_N$

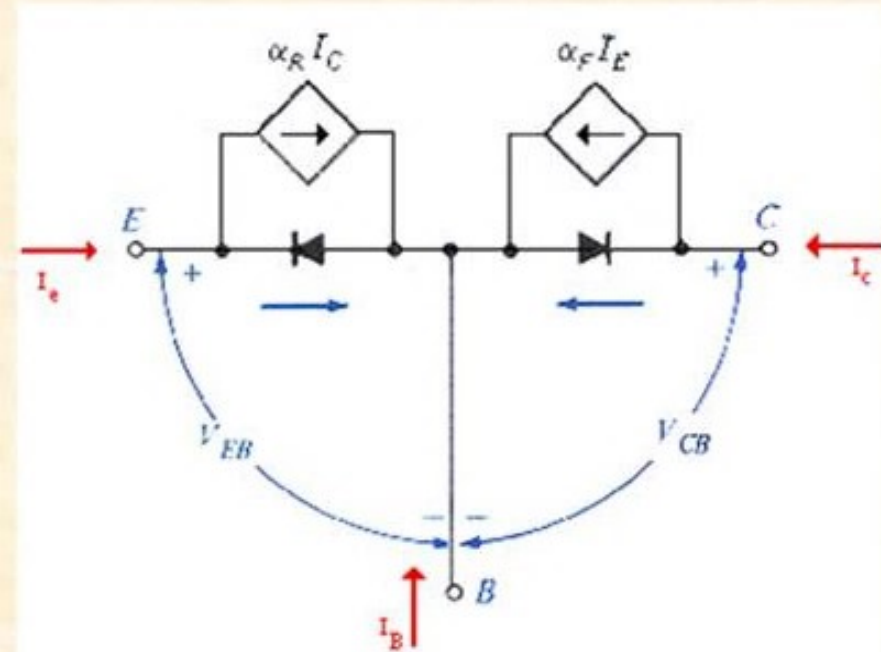
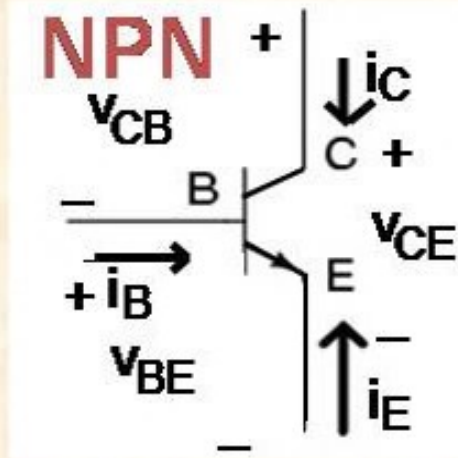


# Modelo de Ebers - Moll

NPN

$$i_C = \frac{\alpha_N I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) - \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E = -\frac{I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) + \frac{\alpha_I I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

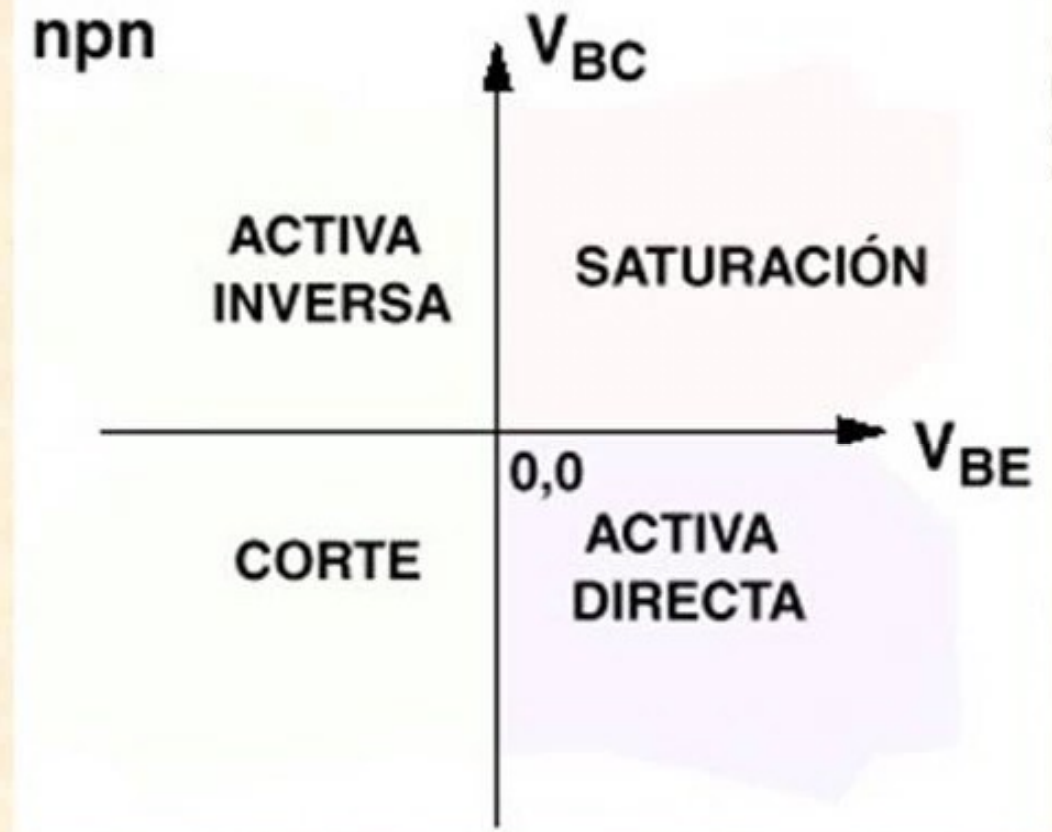
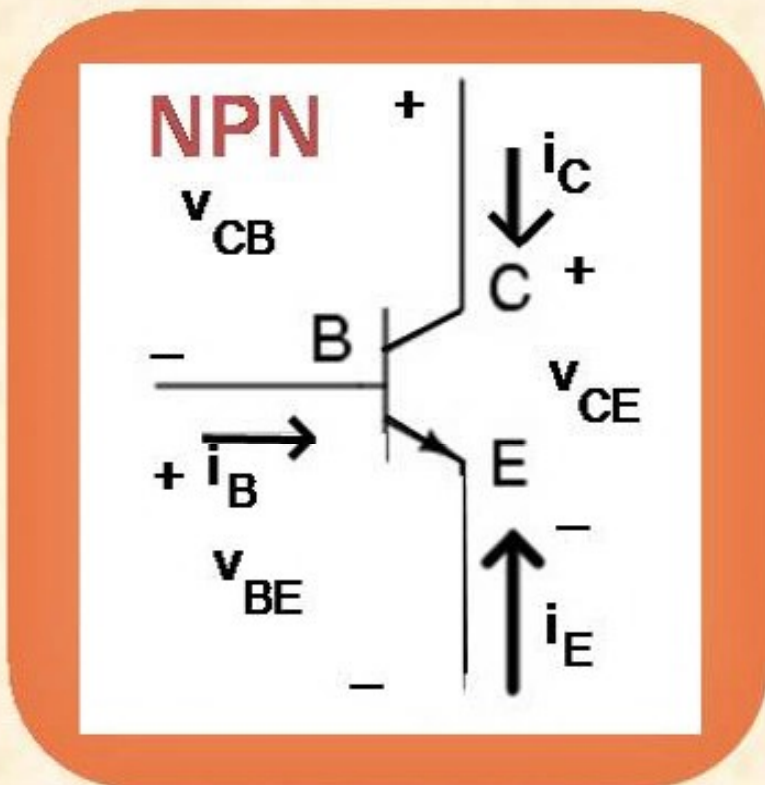


$$i_C = -\alpha_N i_E - I_{CO} \left( e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E = -\alpha_I i_C - I_{EO} \left( e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

# Zonas de operación

Polarización unión B-E	Polarización unión B-C	Modo de Operación
Inversa	Inversa	Corte
Directa	Inversa	Activa Directa
Inversa	Directa	Activa Inversa
Directa	Directa	Saturación





**NPN**

**Juntura BE polarización directa**

$$v_{BE} = V_{\gamma}$$

**conducción**

**Juntura BC polarizada inversamente**

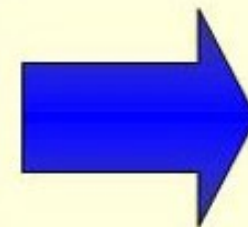
$v_{CB} \geq 0$     **Funcionamiento normal  
Zona activa**

**Juntura CB polarizada directamente**

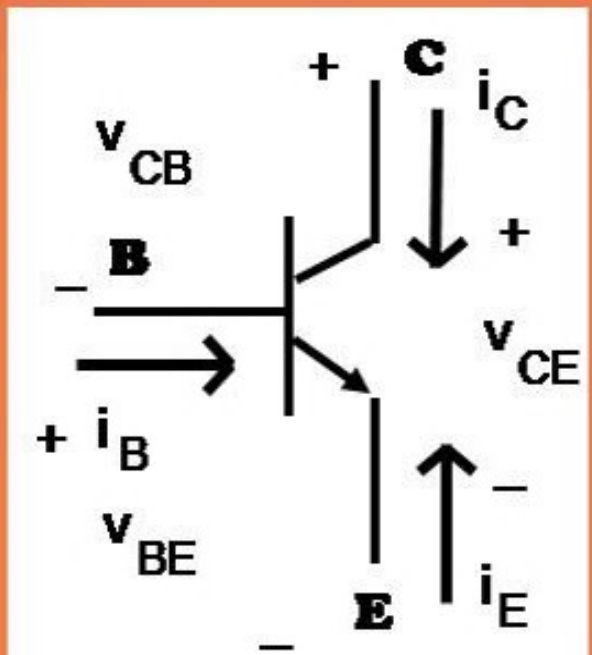
$v_{CB} < 0$     **Saturación**

**Juntura BE polarización inversa**

$$v_{BE} \leq 0$$



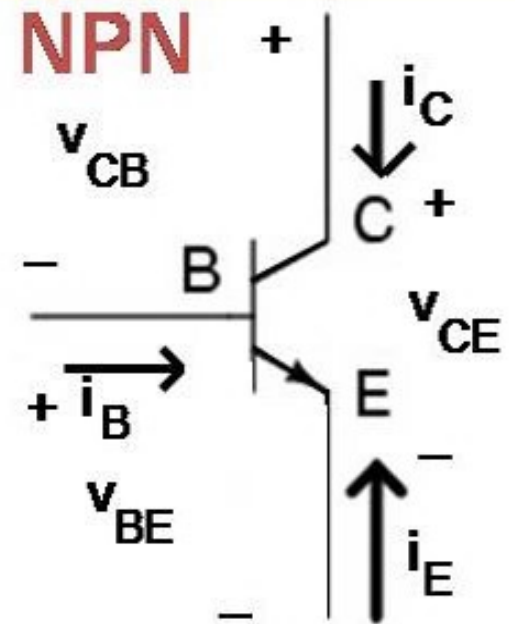
**corte ( $i_E = 0$ )**



Ebers - Moll

$$i_C = -\alpha_N i_E - I_{CO} \left( e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E = -\alpha_I i_C - I_{EO} \left( e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

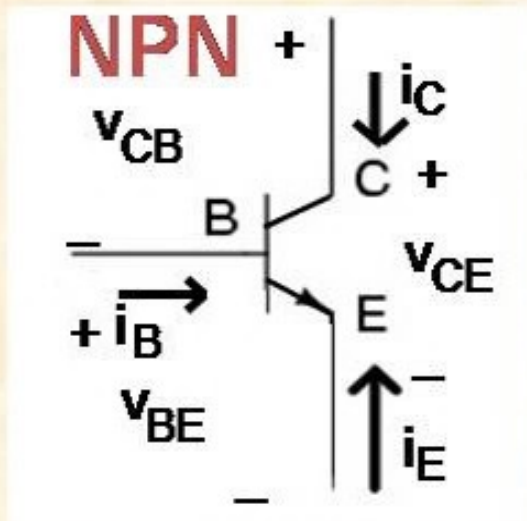


$$v_{BE} = V_T \ln \left( 1 - \frac{i_E + \alpha_I i_C}{I_{EO}} \right)$$

$$v_{BC} = V_T \ln \left( 1 - \frac{i_C + \alpha_N i_E}{I_{CO}} \right)$$



# corte



Junturas BE y BC en inversa

$$V_{BE} < 0$$
$$V_{CB} > 0$$

$$i_E \equiv 0$$

$$i_C = I_{CO}$$

$$i_C \approx -\alpha_N i_E + I_{CO}$$

$$v_{BE} = V_T \ln \left( 1 - \frac{\alpha_I I_{CO}}{I_{EO}} \right)$$

$$\alpha_I I_{CO} = \alpha_N I_{EO}$$

$v_{BE} ?$

$$v_{BE} = V_T \ln(1 - \alpha_N)$$

$$V_{BE(\text{corteSi})} \approx 0V$$

$$V_{BE(\text{corteGe})} \approx -0,1V$$

No cumple  
condición corte

$$\text{Si } i_B = 0 \text{ (base abierta)} \Rightarrow i_E = -i_C \neq 0 \quad v_{BE} \neq 0$$

# activa directa

$$V_{BE} = V_{\gamma}$$

$$V_{CB} > 0$$

$$i_C = \frac{\alpha_N I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) - \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_C \cong \frac{\alpha_N I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} + \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I}$$

$$i_E = -\frac{I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) + \frac{\alpha_I I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left( e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E \cong -\frac{I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - \frac{\alpha_I I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I}$$



# activa directa

$$V_{BE} = V_{\gamma} \quad V_{CB} > 0$$

Modelo de gran señal en zona activa  
tomando el emisor como terminal común

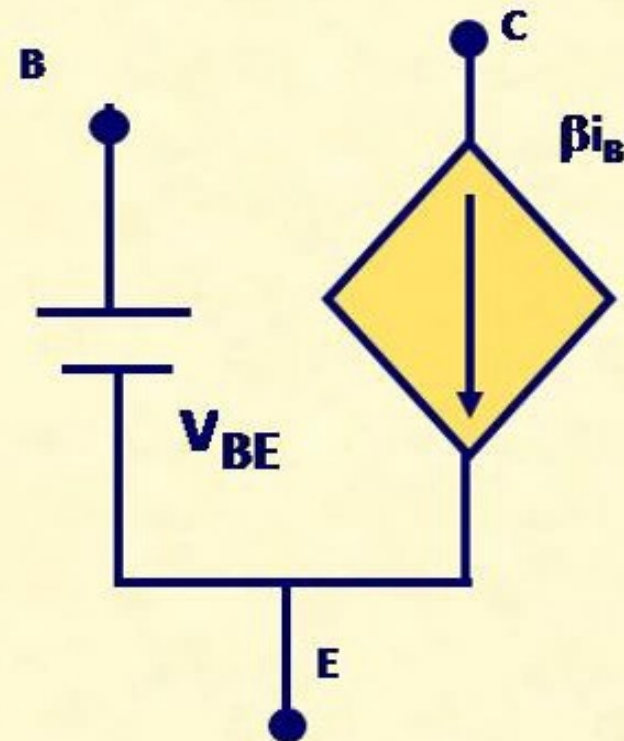
$$i_C = -\alpha_N i_E + I_{CO}$$

$$i_B + i_E + i_C = 0$$

$$i_C = i_B \frac{\alpha_N}{1 - \alpha_N} + \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N}$$

$$\beta \equiv \frac{\alpha_N}{1 - \alpha_N}$$

$$i_C \cong \beta i_B + \frac{\beta}{\beta + 1} I_{CO}$$



Diferenciar Si-Ge  
 $I_{CBO}$  e  $I_{CO}$

Silicio  
 $i_C \cong \beta i_B$

# saturación

Junturas BE y BC en directa

$$V_{BE} > 0$$

$$V_{CB} < 0$$

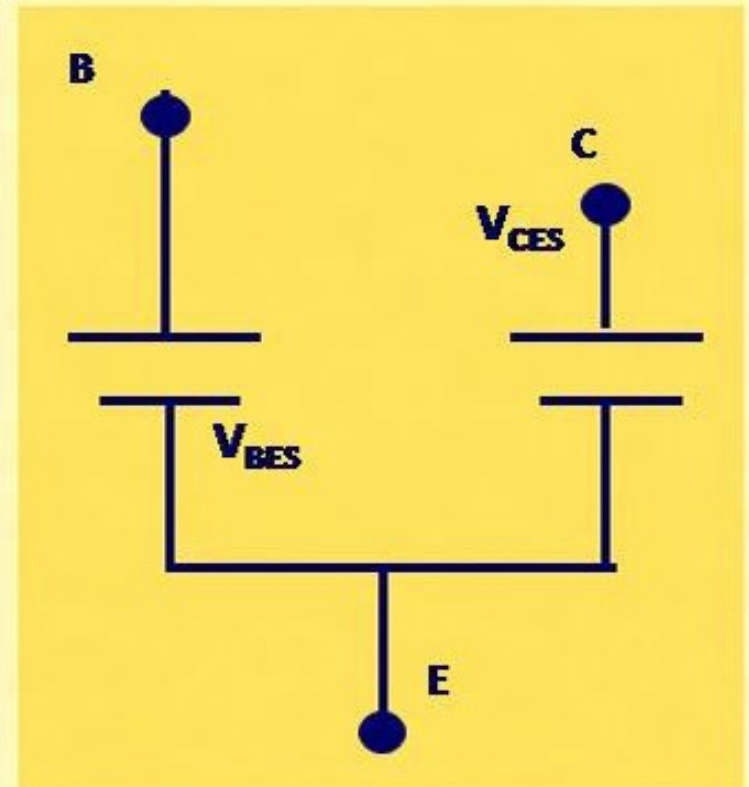
La corriente de base no puede controlar la corriente de colector

limitada por el circuito externo

Si  $\approx 0,7V$   
Ge  $\approx 0,3V$

$$V_{BE} = V_{BES}$$

$$V_{CES} \approx 0,2V$$





## **Corte**

**No fluye corriente por ninguno de los terminales.**

## **Activa Directa**

**El transistor actúa como amplificador de intensidad**

$$i_C = \beta i_B$$

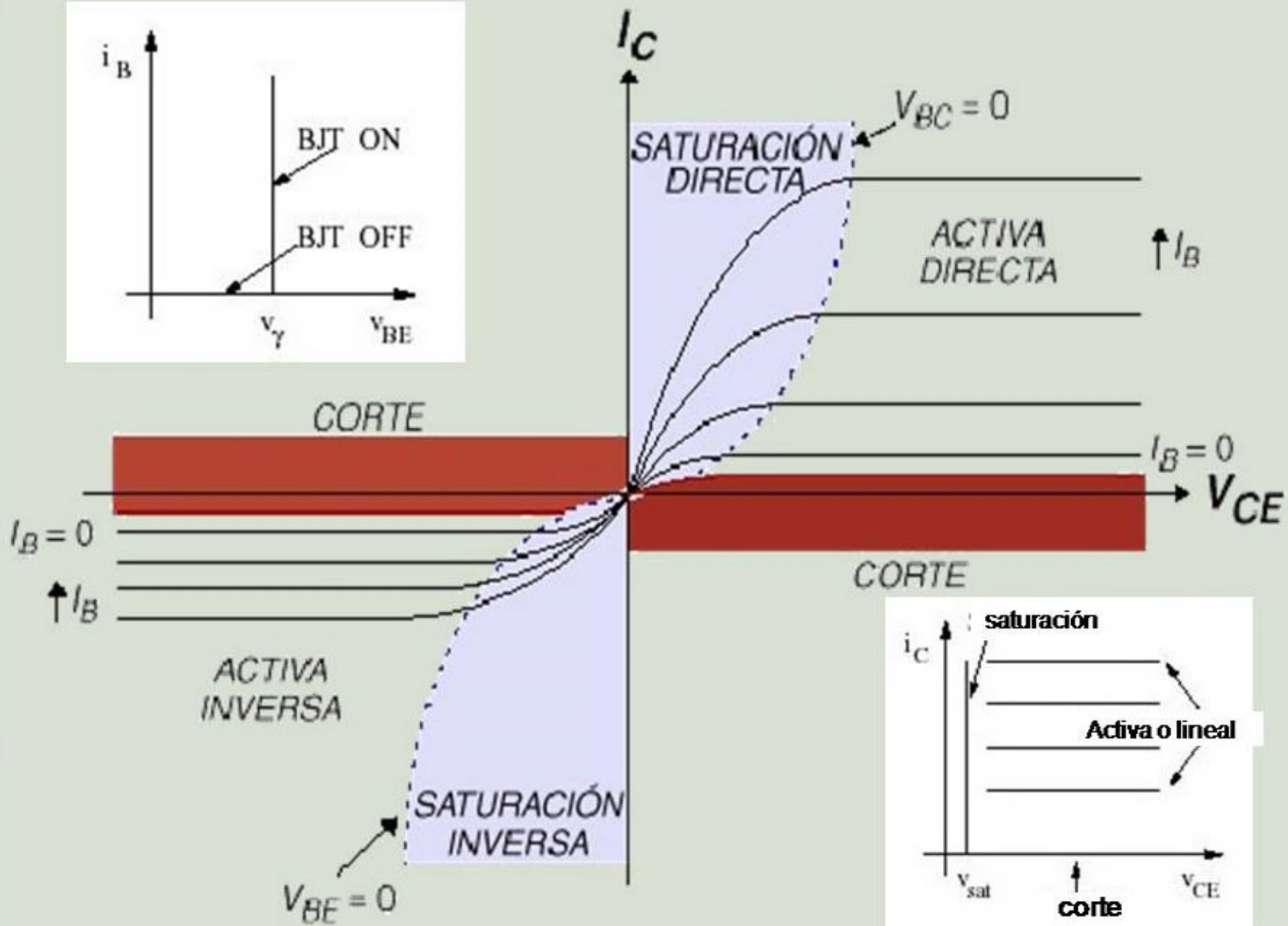
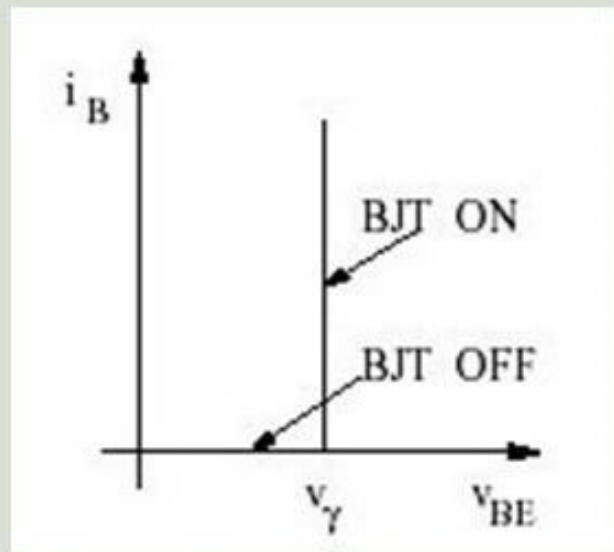
**Por la unión B-E fluye una corriente de difusión que atraviesa la región de base alcanzando la unión B-C, los portadores son acelerados por el campo eléctrico e inyectados en el C**

## **Activa Inversa**

**Proceso equivalente al de activa directa pero, debido a la diferencia de dopados, muy poca corriente de la inyectada por el colector alcanza el emisor.**

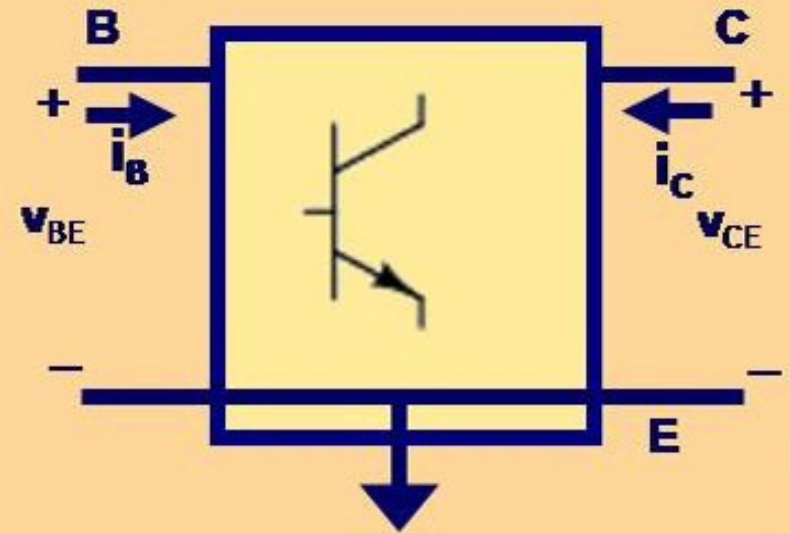
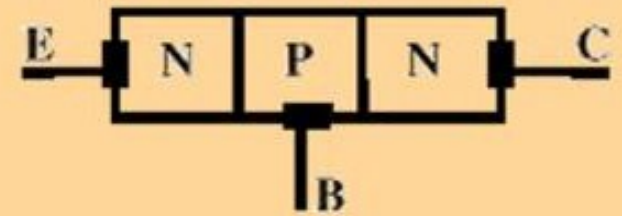
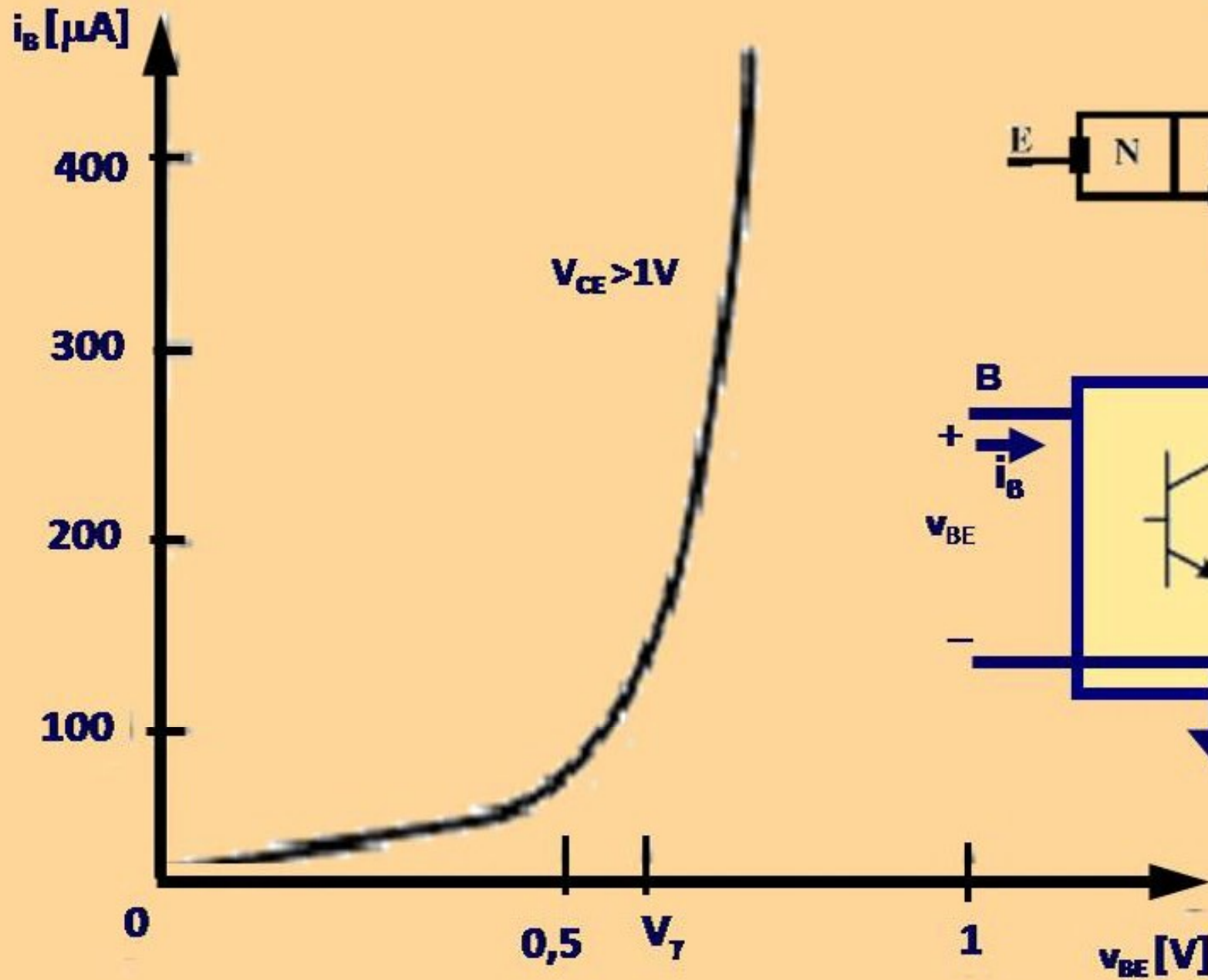
## **Saturación**

**El circuito externo no puede proveer la corriente necesaria para que el transistor funcione en activa, y fija la corriente de colector.  $V_{CE}$  permanece constante**

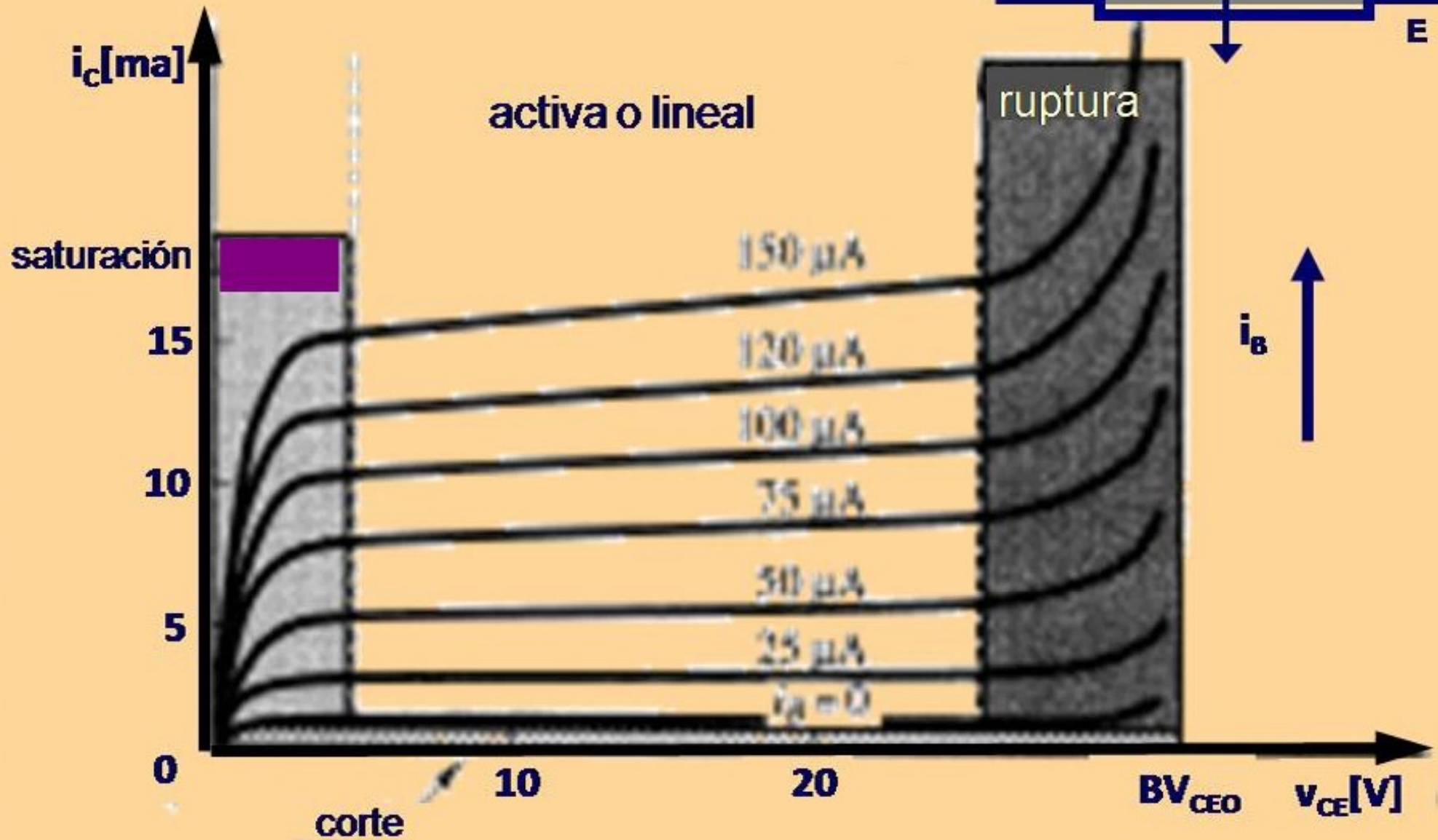
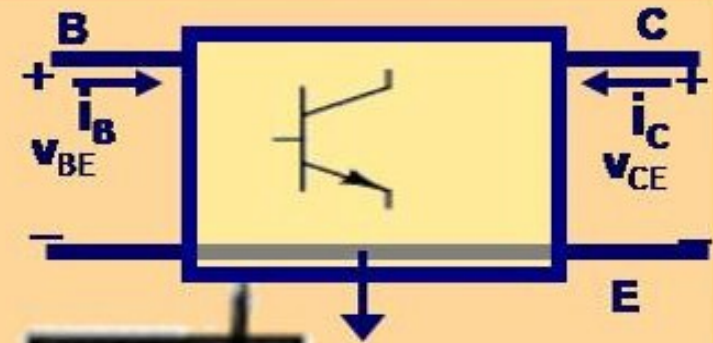




# Característica de entrada en emisor común



# Característica de salida en emisor común

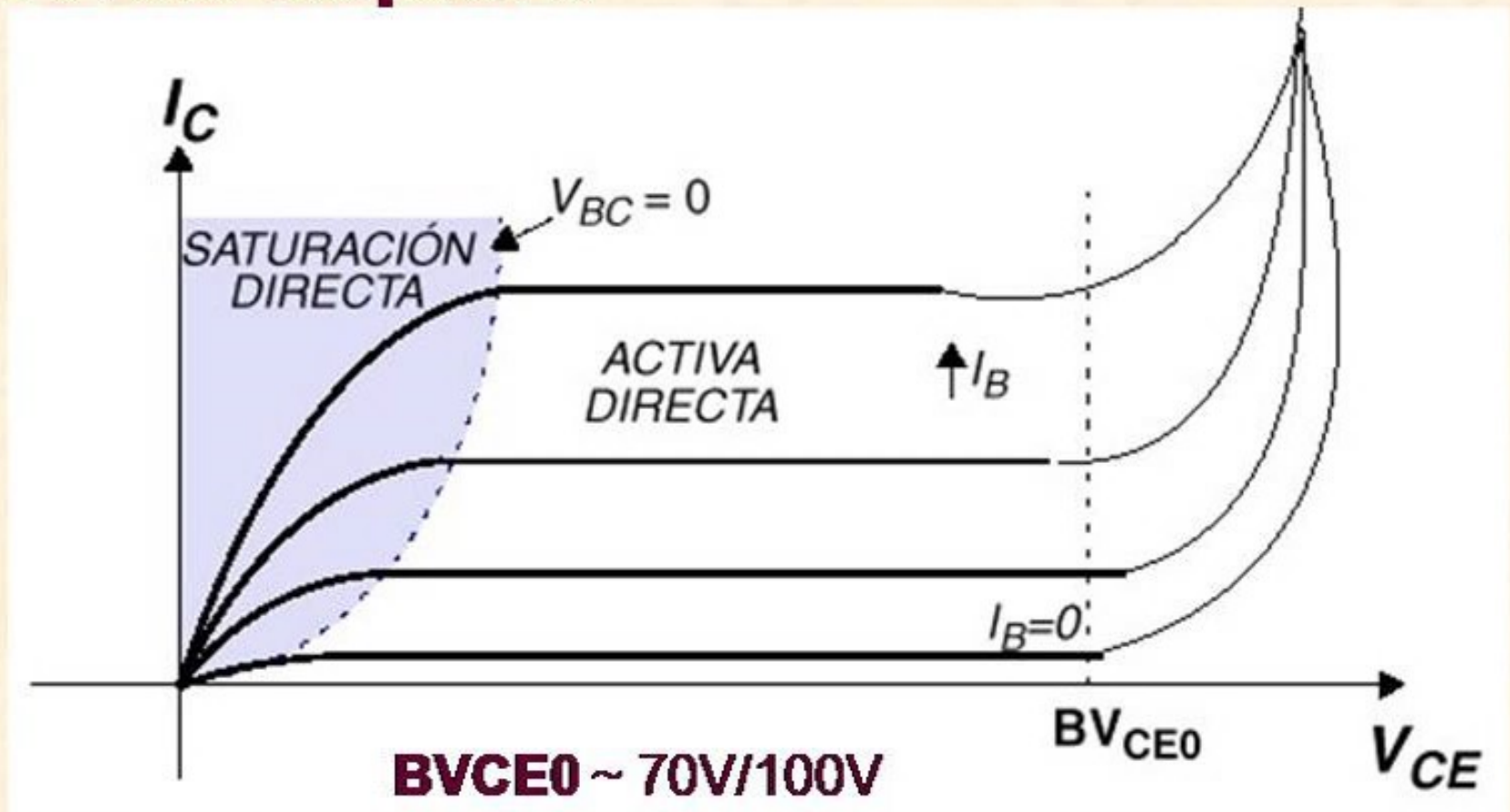




# Tensiones de Ruptura

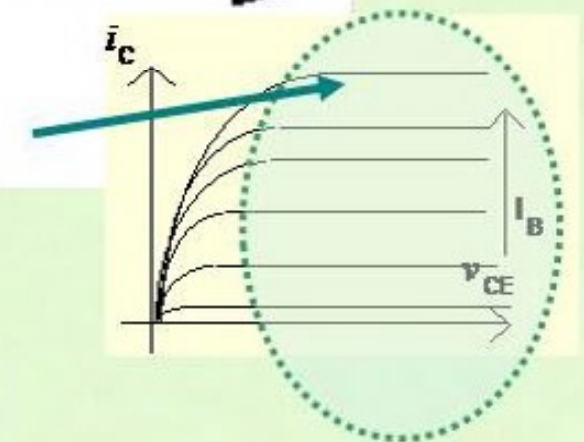
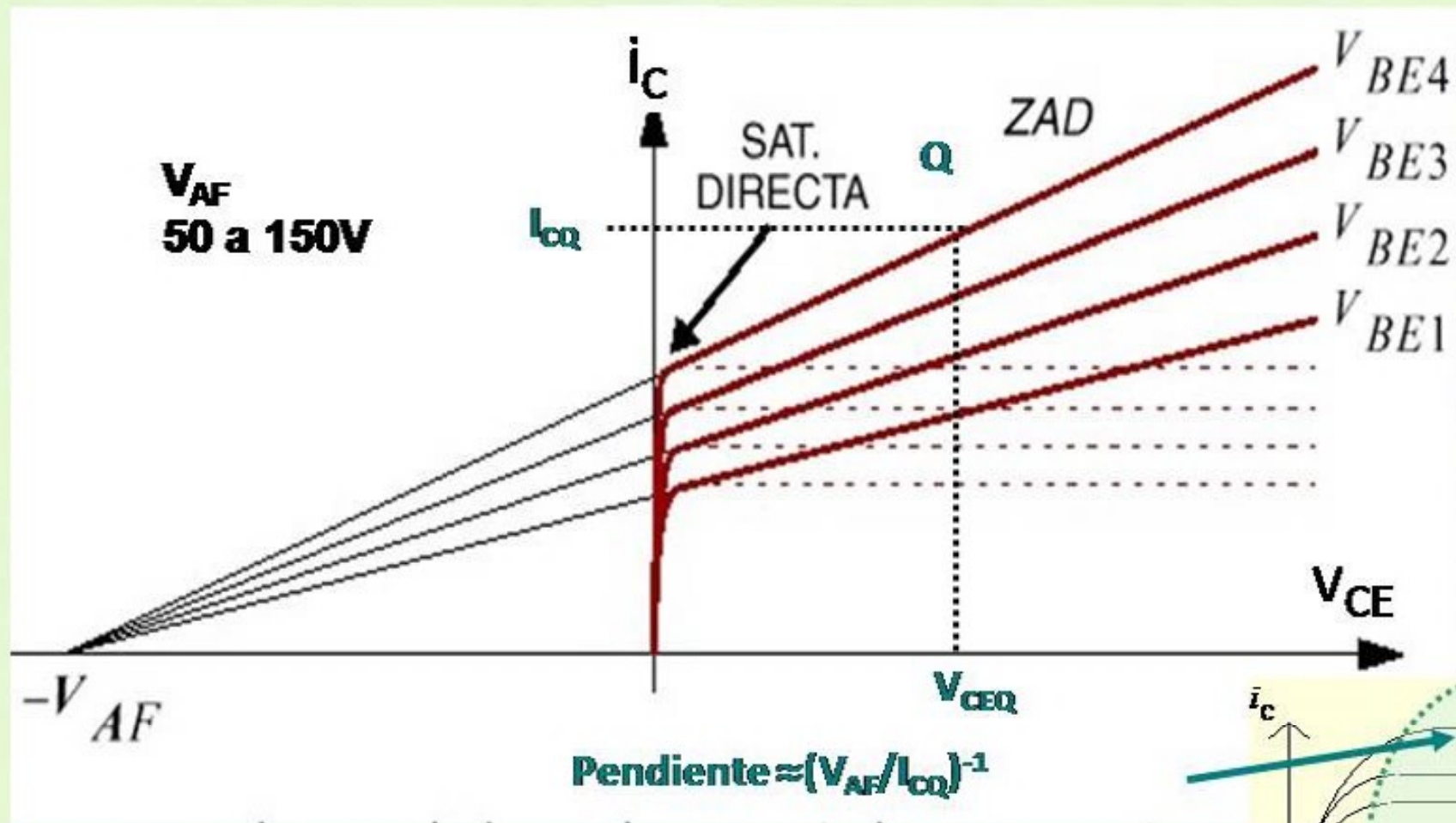
**BVEB0**  
~ -6V/-8V  
(unión B-E)

**BVCB0**  
~ 200V  
(unión B-C)



Efecto similar al descrito para diodos, si se polariza inversamente una unión p-n de un transistor BJT, al aumentar la diferencia de potencial llega un momento en que la unión empieza a conducir (efecto avalancha)

Las características  $i_C$ - $v_{CE}$  se cortan en un punto de corriente nula llamado tensión Early



**Modulación  
ancho de base**



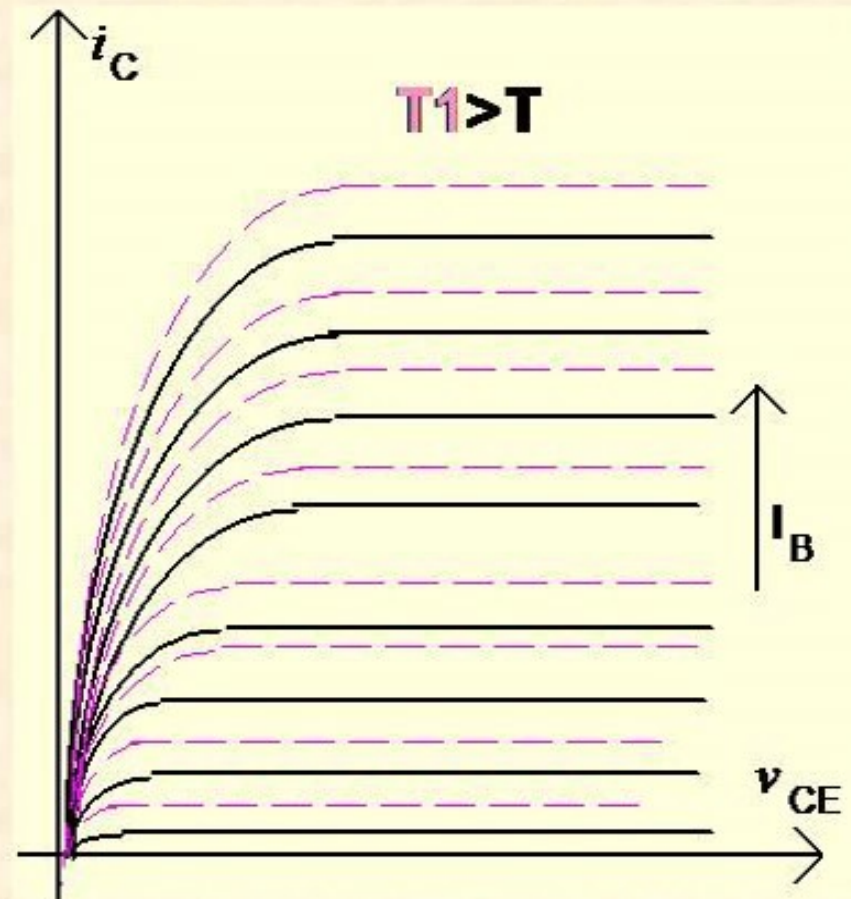
# Dependencia de la Temperatura

$$\Delta V_{BE} \approx -2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$$

$I_{CO}$  se duplica cada  $10^{\circ}\text{C}$

$$\beta(T) \approx \beta(T_R) \left( \frac{T}{T_R} \right)^k$$

$i_C$  aumenta con  $T$



## Datos fabricante

$I_{C\text{MAX}}$  ( $i_C @ \beta_{\text{MIN}}$ )

$P_{\text{MAX}}$

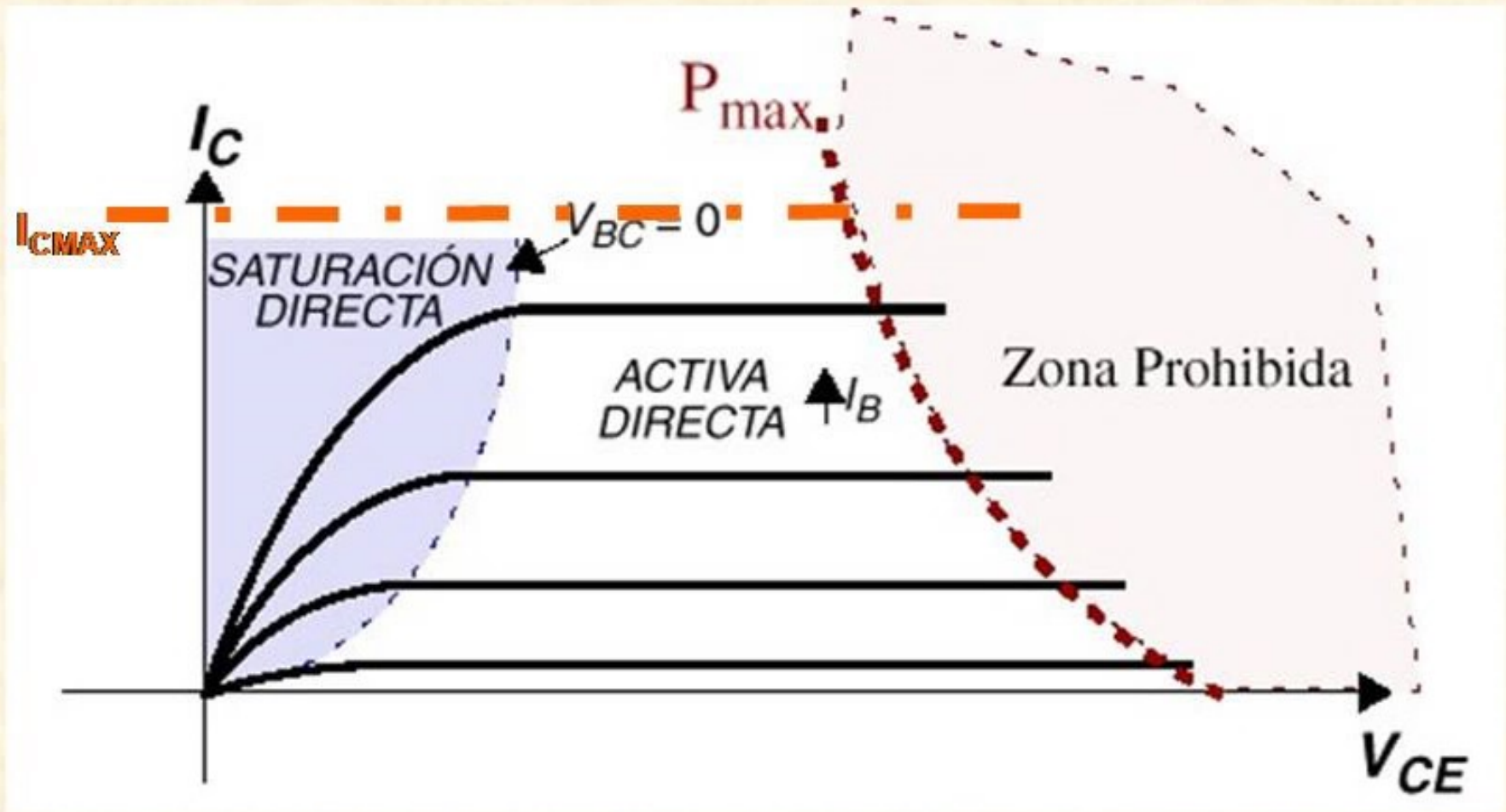
$\beta_{\text{TIP}}$  ( $\beta_{\text{min}}, \beta_{\text{max}}$ )

Tensiones de ruptura:  $BV_{\text{CEO}}$

$BV_{\text{CBO}}$

$BV_{\text{BE0}}$

# Limitaciones de potencia



$$\text{Potencia} = i_B v_{BE} + i_C v_{CE} \approx i_C v_{CE}$$