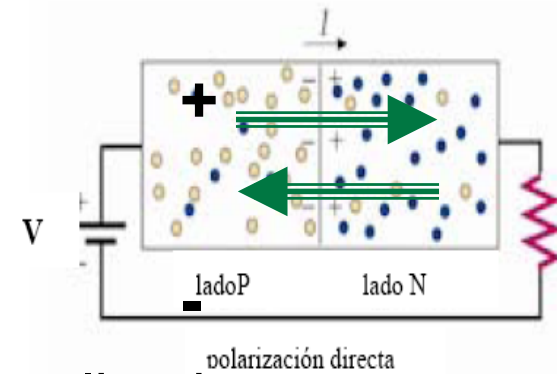


# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 7.3 El diodo de unión: el dispositivo

- Dispositivo: unión P-N con contactos
- Característica I(V): curva corriente-ddp aplicada
- Corriente positiva: interiormente de P hacia N
- **V = 0**



A. Hernández Ramón, S. Heredia Avalos  
UNIVERSIDAD DE MURCIA  
SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

□ Corriente de huecos: 
$$I_p = I_{dh} + I_{ah} = K_h e^{-V_0/V_T} + I_{ah}$$

➤ La corriente de difusión depende de los portadores minoritarios que saltan la barrera

□ Corriente de electrones: 
$$I_n = I_{de} + I_{ae} = K_e e^{-V_0/V_T} + I_{ae}$$

□ Como en equilibrio dinámico la corriente total = 0

□ ... entonces, corriente de arrastre 
$$I_{ah} = -K_h e^{-V_0/V_T}$$

$$I_{ae} = -K_e e^{-V_0/V_T}$$

signo -: sentido interno de N hacia P

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 7.3 El diodo de unión: el dispositivo (cont)

### ■ $V \neq 0$ :

#### □ Huecos:

$$I_p = I_{dh} + I_{ah} = K_h e^{-V'/V_T} + I_{ah}$$

$$I_p = K_h e^{-(V_0 - V)/V_T} - K_h e^{-V_0/V_T} = K_h e^{-V_0/V_T} (e^{V/V_T} - 1)$$

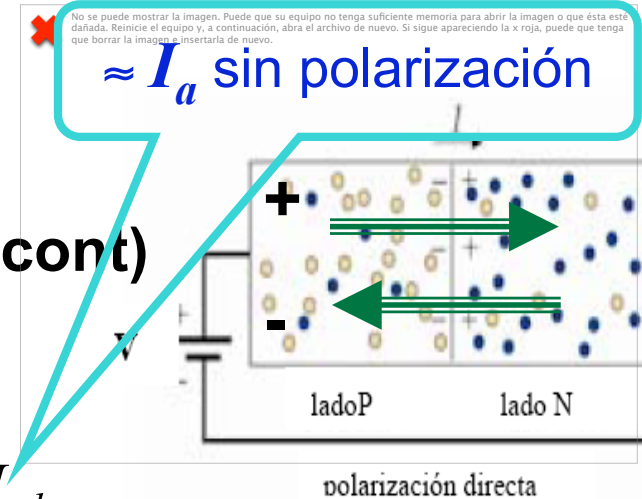
#### □ Electrones: $I_n = I_{de} + I_{ae} = K_e e^{-V'/V_T} + I_{ae}$

$$I_a \propto -e^{-V_0/V_T}$$

$$I_n = K_e e^{-(V_0 - V)/V_T} - K_e e^{-V_0/V_T} = K_e e^{-V_0/V_T} (e^{V/V_T} - 1)$$

#### □ corriente total (electrones y huecos):

$$I = I_p + I_n = (K_h + K_e) e^{-V_0/V_T} (e^{V/V_T} - 1)$$



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 7.3 El diodo de unión: el dispositivo (cont)

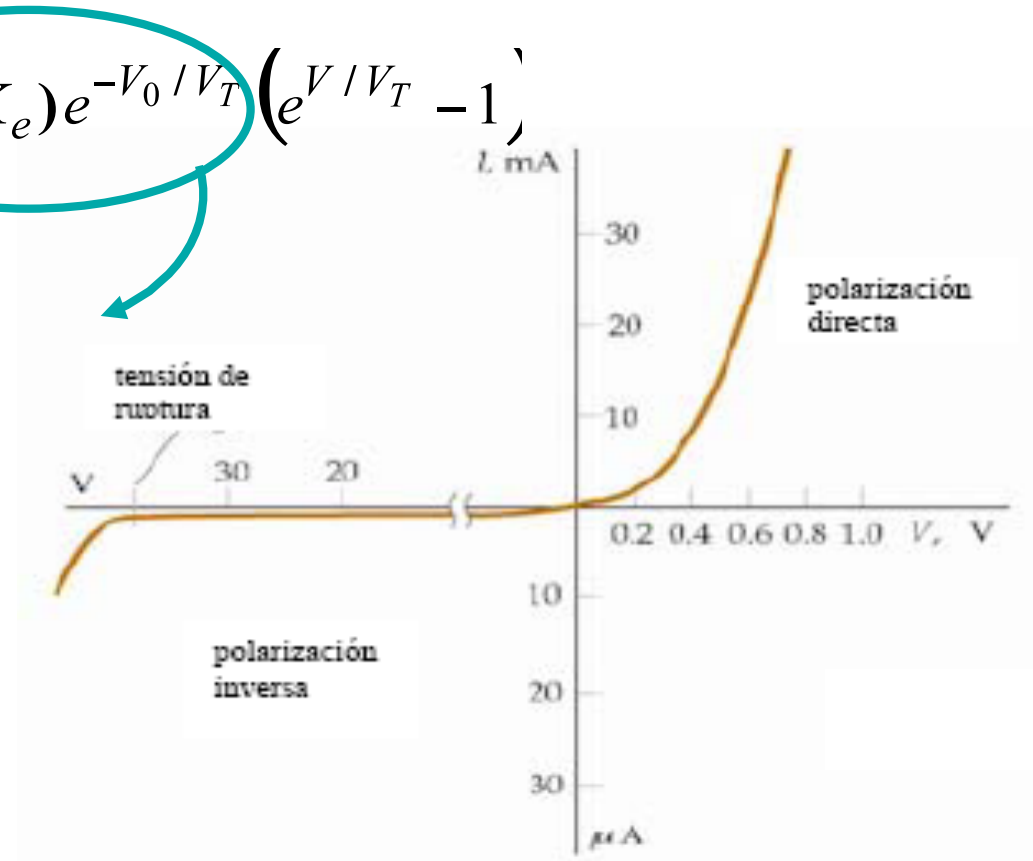
### ■ I total:

$$I = I_p + I_n = (K_h + K_e) e^{-V_0/V_T} (e^{V/V_T} - 1)$$

- $I_s$  = corr. de saturación  
(= corr. de arrastre)

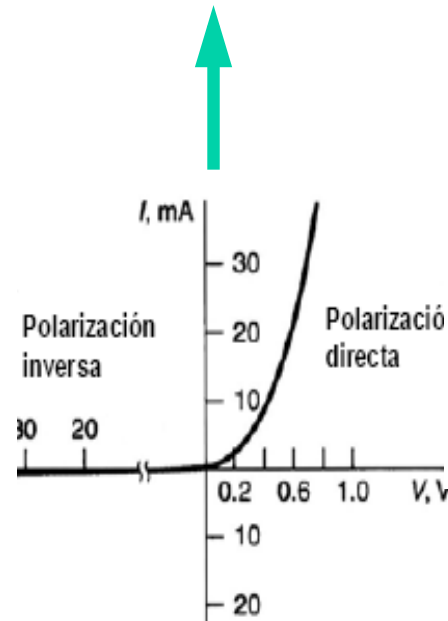
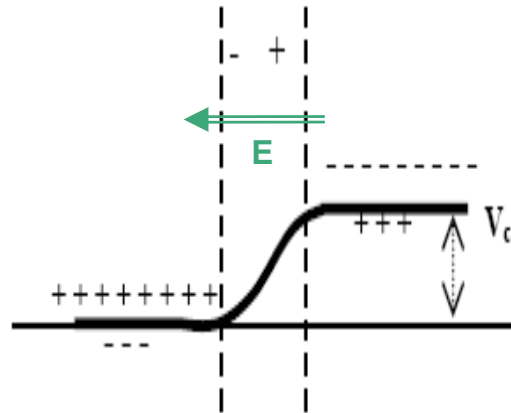
$$I = I_s (e^{V/V_T} - 1)$$

- ecuación de Shockley



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## SIN POLARIZAR



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

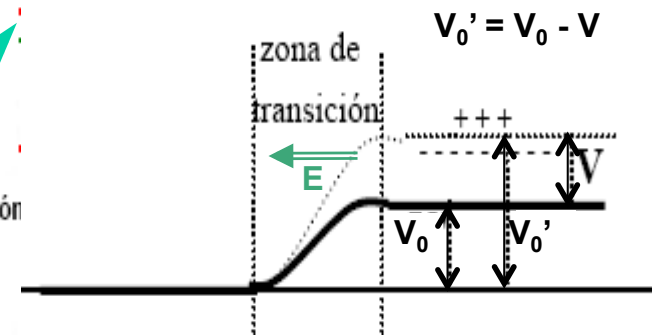
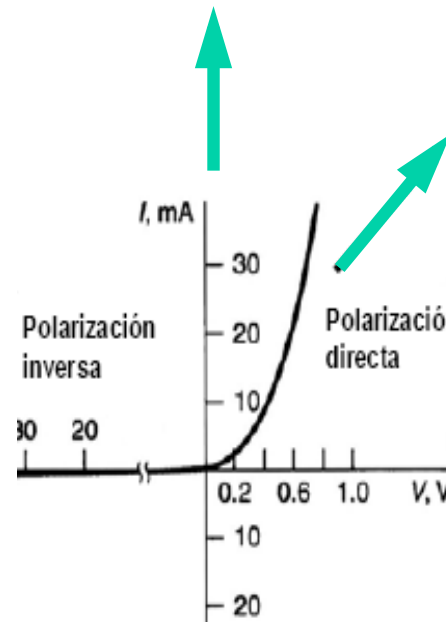
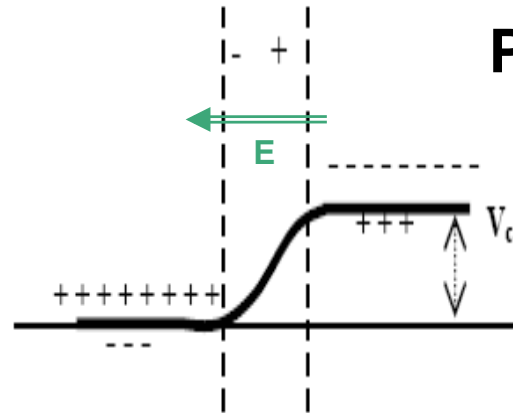
## SIN POLARIZAR

### POLARIZACION DIRECTA

$$V > 0$$

$$e^{V/V_T} \gg 1$$

$$I \cong I_S e^{V/V_T}$$



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## SIN POLARIZAR

### POLARIZACION INVERSA

$$V < 0$$

$$e^{V/V_T} \ll 1$$

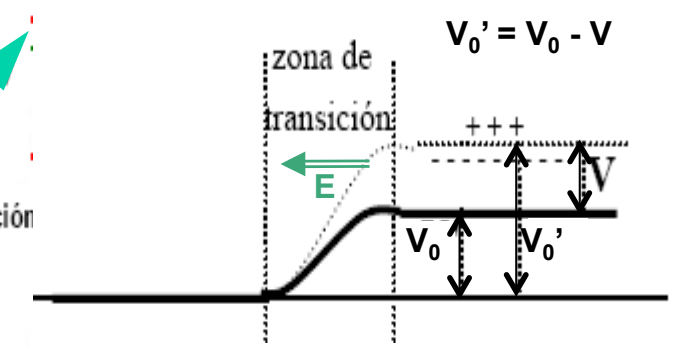
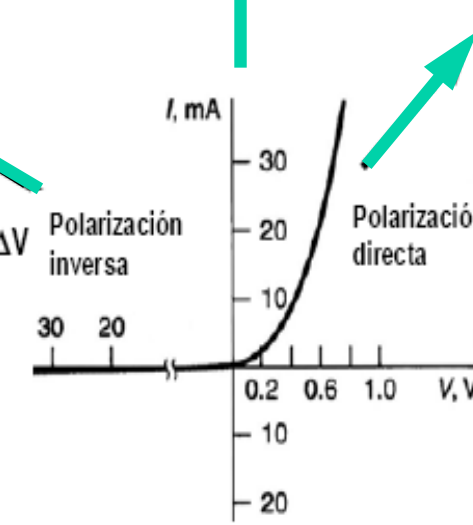
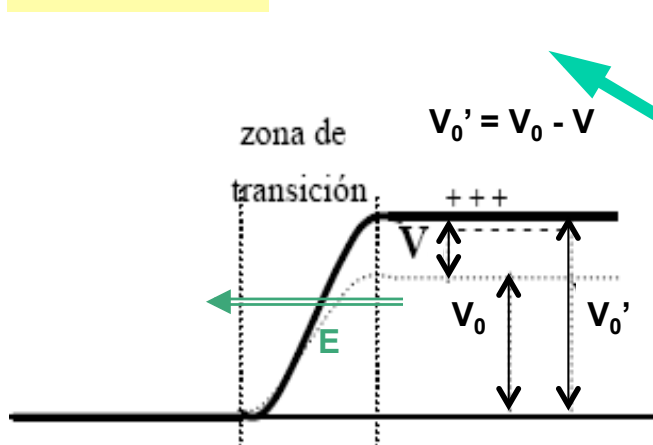
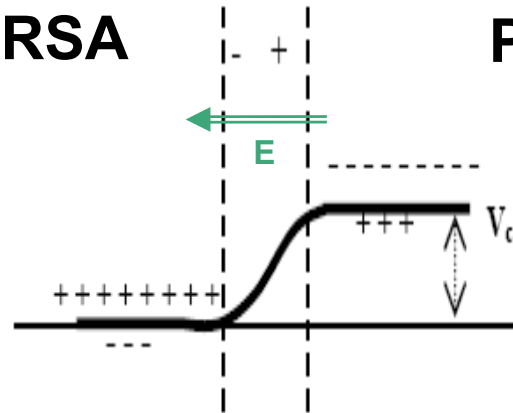
$$I \cong -I_S$$

### POLARIZACION DIRECTA

$$V > 0$$

$$e^{V/V_T} \gg 1$$

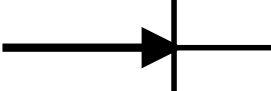
$$I \cong I_S e^{V/V_T}$$

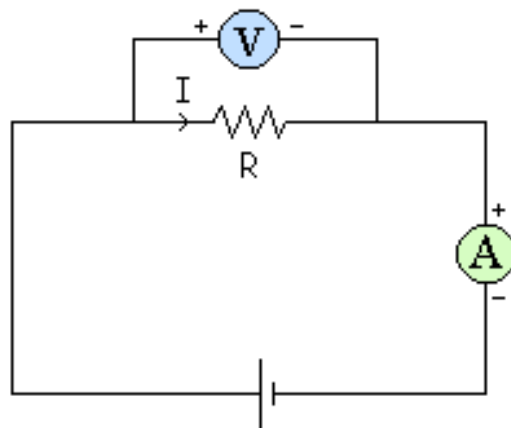


# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

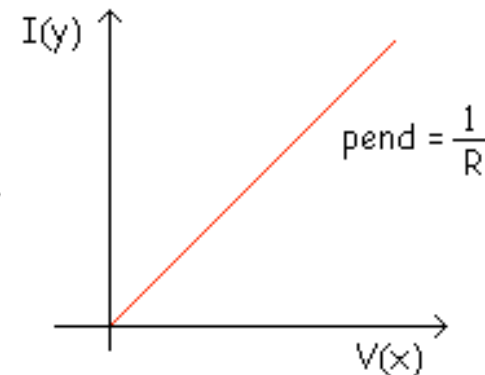
## 7.4 Diodo en un circuito

- Representación: flecha = sentido corriente 
- Comportamiento eléctrico de una RESISTENCIA
  - Polarizamos primero en directa y luego en inversa.
  - POLARIZACION DIRECTA: valores con Amperímetro y Voltímetro y se representa la I en función de V



$$V = I \cdot R$$
$$I = \frac{1}{R} \cdot V$$

$y = m \cdot x$   
ecuación de una recta  
que pasa por el origen  
con pendiente  $\frac{1}{R}$

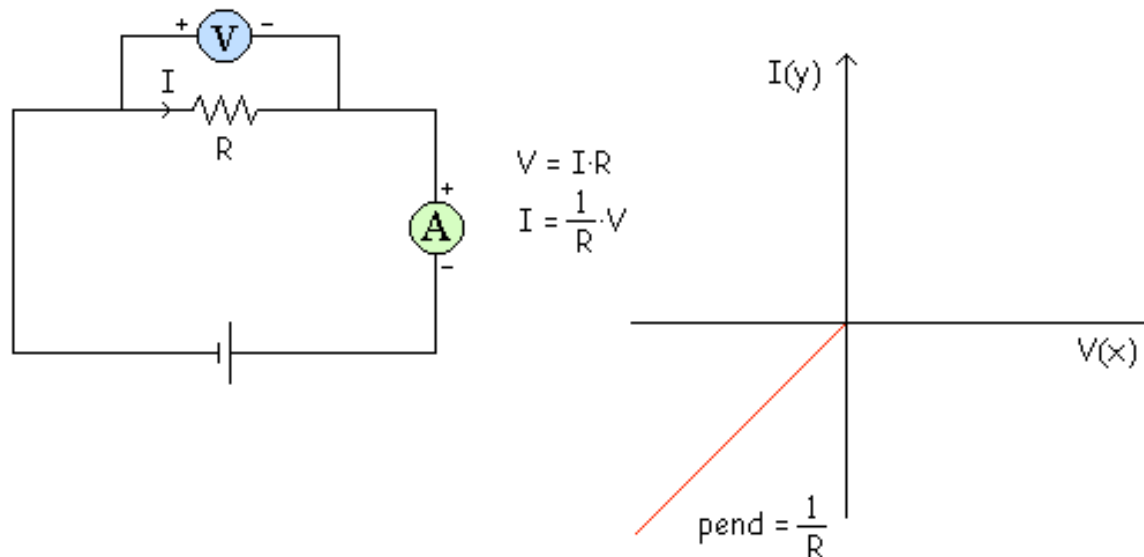


[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

- **Comportamiento eléctrico de una resistencia (cont)**
  - **POLARIZACION INVERSA:** mismas ecuaciones, pero las corrientes y las tensiones son negativas.



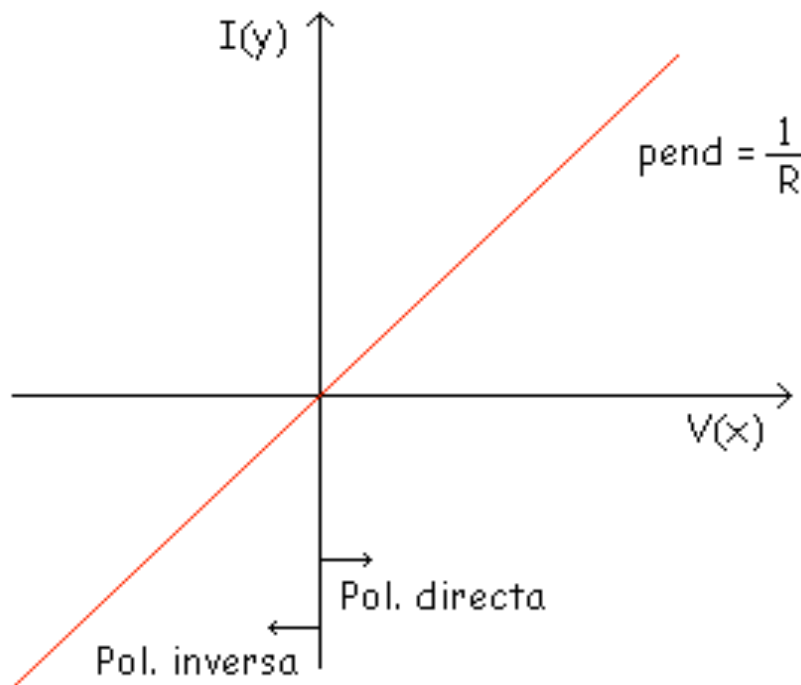
[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

- **Comportamiento eléctrico de una resistencia (cont)**
  - La función  $I(V)$  al final quedará de la siguiente forma:



*función  $I(V) = \text{recta}$*



*elemento lineal*

*comportamiento  
= resistencia*

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

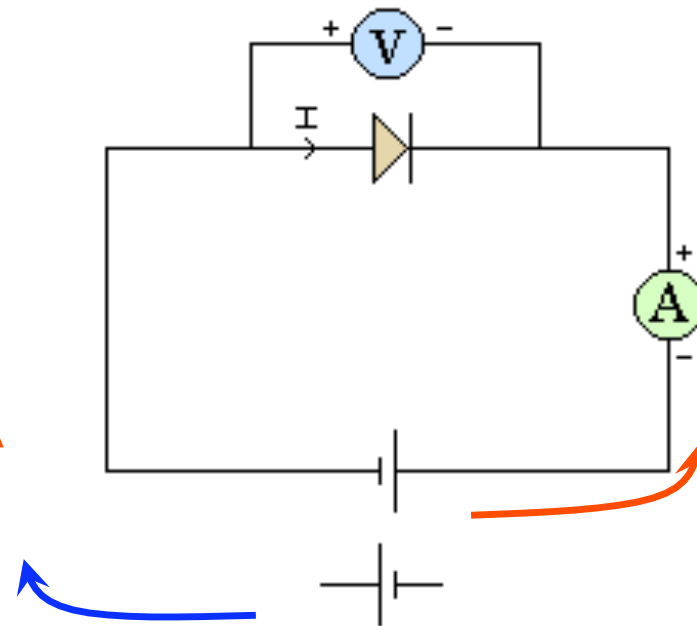
# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

- **Comportamiento eléctrico de un DIODO**
  - Analizamos de la misma forma el diodo:

**POLARIZACION INVERSA**

**POLARIZACION DIRECTA**



[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

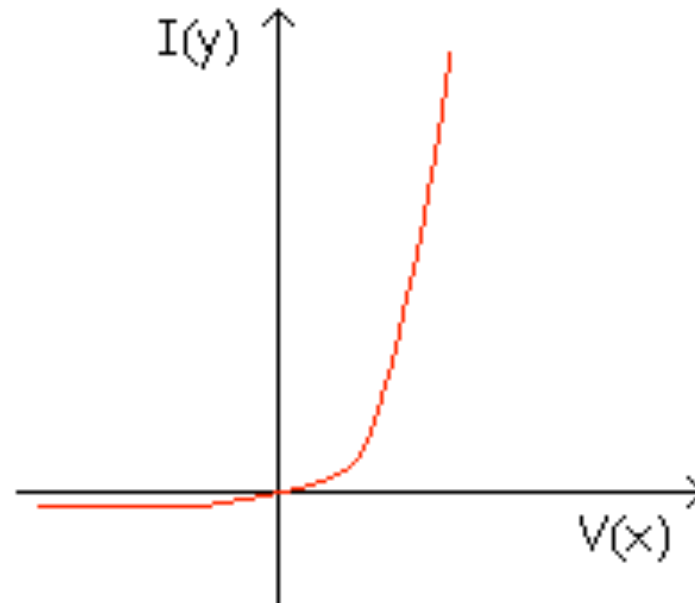
[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

- **Comportamiento eléctrico de un diodo (cont)**
  - POLARIZACION DIRECTA: valores con Amperímetro y Voltímetro y se representa la  $I$  en función de  $V$ .

*función  $I(V) \neq \text{recta}$*



*elemento **NO** lineal*



[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec\\_basica/tema3/TEMA3.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm)

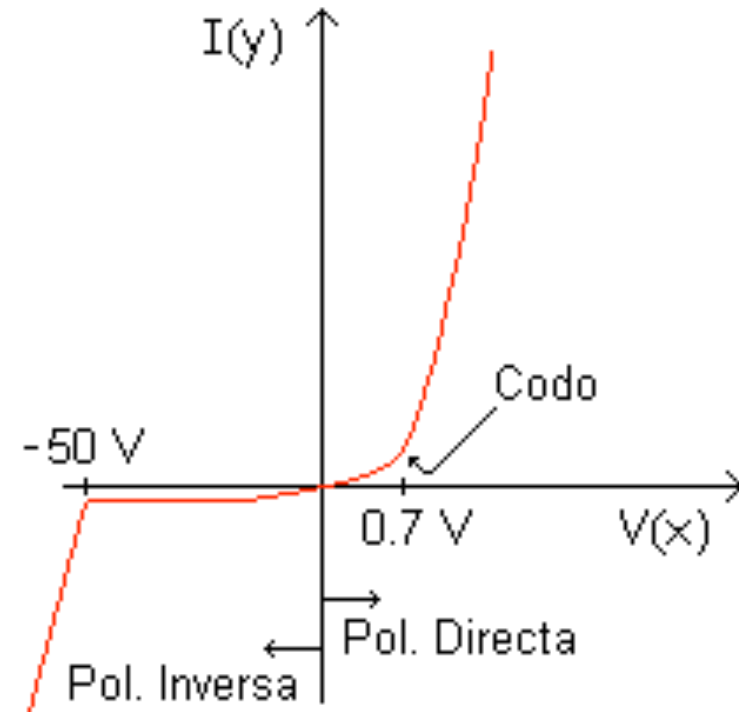
- **COMPORTAMIENTO NO IDEAL** fuera de  $I = I_S \left( e^{V/V_T} - 1 \right)$ 
  - En POL. DIRECTA, no pasa corriente hasta que  $V = V_0$  (barrera de potencial)

- En POL. INVERSA:
  - $V_{ruptura} < V < 0$  : la corriente es muy pequeña

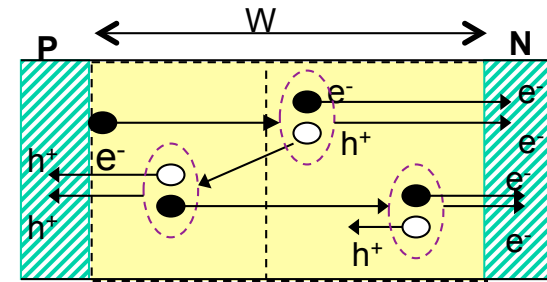
$$I \cong -I_S$$

- $V \gg V_{ruptura}$  : la corriente se dispara

- Figura:  $V_{ruptura} \approx -50 \text{ V}$



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N



## Ruptura:

### ■ Inestabilidad térmica:

- $I_s$  es muy pequeña, pero si  $V$  aumenta mucho  $E$

- $\rightarrow P = I_S V_D$  aumenta mucho <http://victrek.is-a-geek.com/Repositorios/Apuntes/>

- $\rightarrow$  el diodo se calienta

- $\rightarrow n$  y  $p$  aumentan (dependen de  $T$ )

**Efecto en cadena**

- $\rightarrow$  aumenta la corriente

- El proceso es progresivo y acumulativo

### ■ Efecto avalancha: se produce para $V$ negativo y $|V| > 5 V$

- Si  $E$  grande

- $\rightarrow$  portadores mucha energía cinética

- $\rightarrow$  rompen enlaces

- $\rightarrow$  producen más portadores

**Efecto en cadena**

- El dopado controla el fenómeno avalancha:

$\rightarrow$  cuanto más débil es, a más  $V$  se produce

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

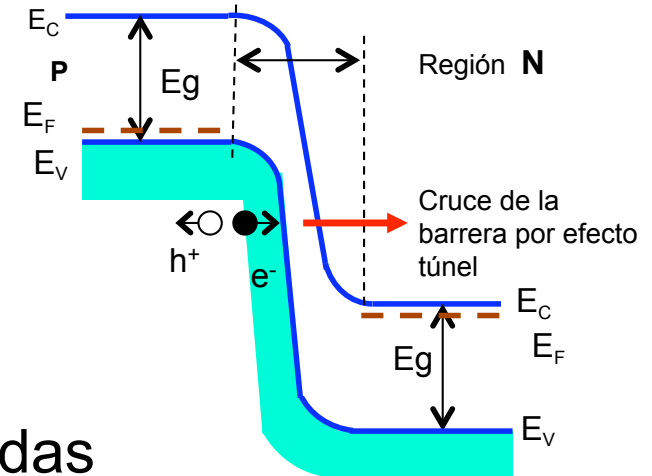
## Ruptura:

### ■ Efecto Zener:

- Si  $N_a, N_d$  son muy grandes
  - $\rightarrow V_0$  grande, bandas muy separadas
  - $\rightarrow$  electrones y huecos pasan por efecto túnel
- Si el campo eléctrico es muy intenso
  - La corriente por efecto túnel es muy grande

### □ RESULTADO:

- Para  $V > V_Z$  la corriente  $I$  aumenta mucho, siendo  $V_Z$  constante



<http://victék.is-a-geek.com/Repositorios/Apuntes/>

