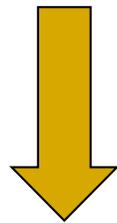


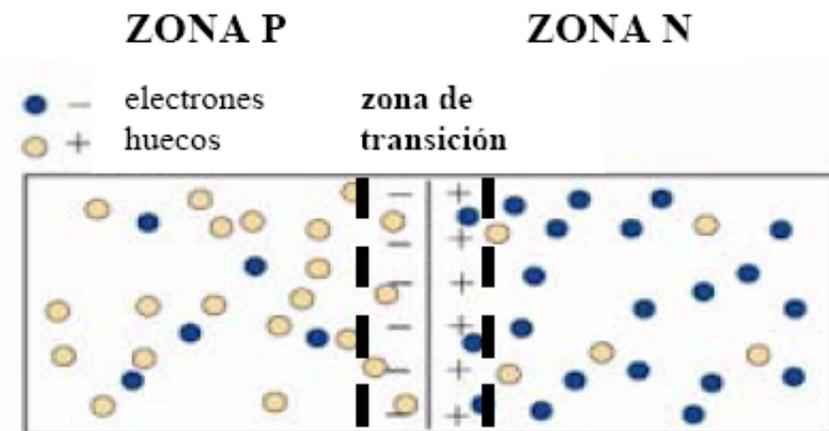
TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar

- Unión P-N: Monocristal semiconductor dopado con impurezas dadoras yceptoras
 - ZONA P: semiconductor tipo P (impurezasceptoras, N_a)
 - ZONA N: semiconductor tipo N (impurezas dadoras, N_d)
 - zona de transición ($\approx 1 \mu\text{m}$)



DONDE SE PRODUCEN LOS
FENÓMENOS IMPORTANTES



Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos
UNIVERSIDAD DE MURCIA

TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

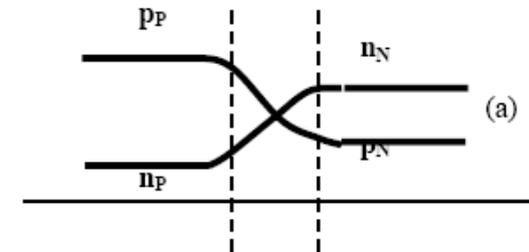
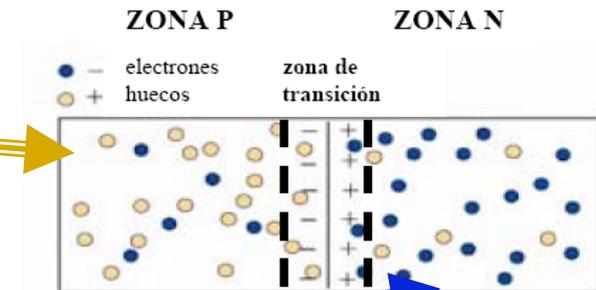
(a) Portadores ($T \approx 300K$):

■ Zona P:

- portadores mayoritarios \rightarrow huecos (p_P)
 - concentración $\rightarrow p_P \approx N_a$
- portadores minoritarios \rightarrow electrones (n_P)
 - concentración $\rightarrow n_P \approx 0$

■ Zona N:

- portadores mayoritarios \rightarrow electrones (n_N)
 - concentración $\rightarrow n_N \approx N_d$
- portadores minoritarios \rightarrow huecos (p_N)
 - concentración $\rightarrow p_N \approx 0$



Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos
UNIVERSIDAD DE MURCIA

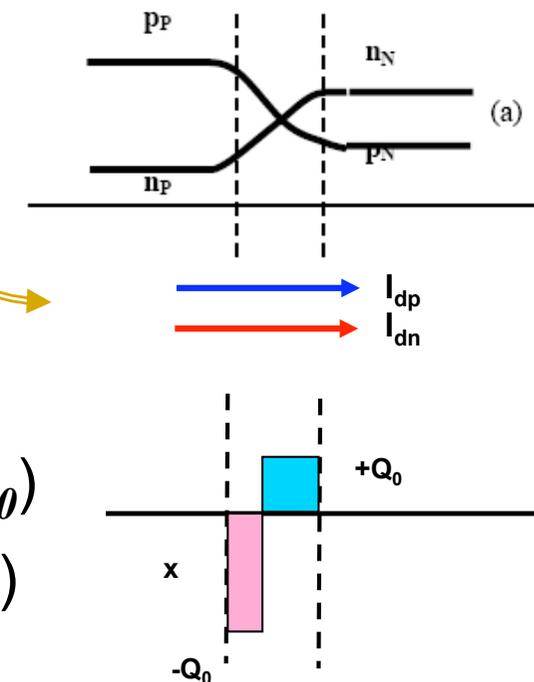
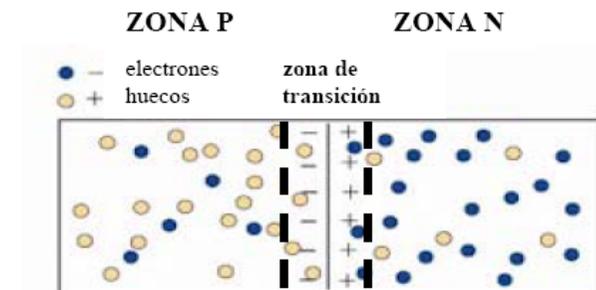
TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(a) Portadores ($T \approx 300K$) (cont):

- Corriente de difusión:
 - de huecos de P hacia a N (I_{dp})
 - de electrones de P hacia a N (I_{dn})
- Consecuencia:
 - en la ZT sólo quedan los iones
 - con carga negativa en la zona P ($-Q_0$)
 - con carga positiva en la zona N ($+Q_0$)



Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos

UNIVERSIDAD DE MURCIA

TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial:

- Consecuencia de $-Q_0$ y $+Q_0$:

- aparece un campo eléctrico E

- dirigido desde la zona N hacia a la zona P

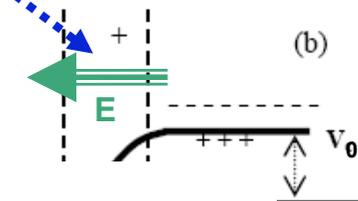
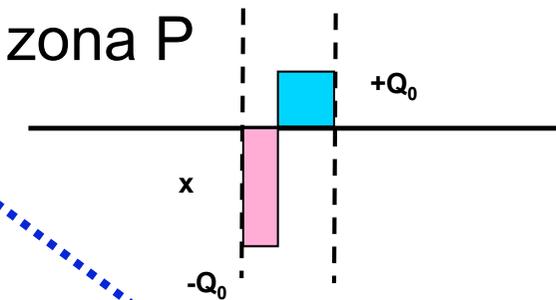
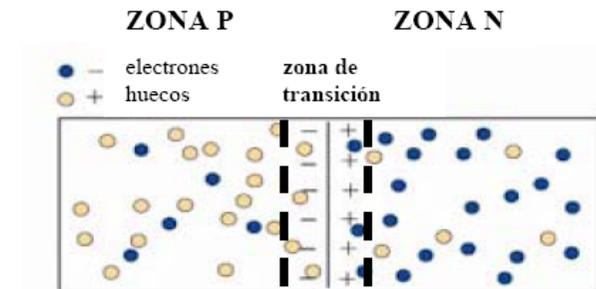
- diferencia de potencial (V_0)

- corriente de arrastre

- de huecos (I_{ap})

- de electrons (I_{an})

- **EQUILIBRIO DINÁMICO:** $I_d + I_a = 0$



Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos
UNIVERSIDAD DE MURCIA

TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial (cont):

EQUILIBRIO DINÁMICO:

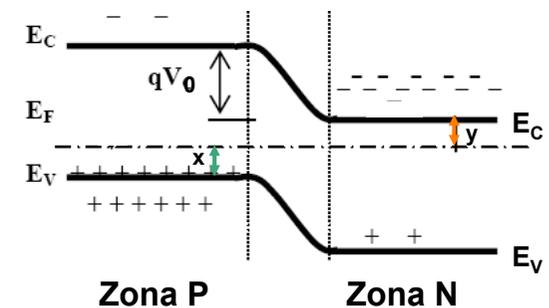
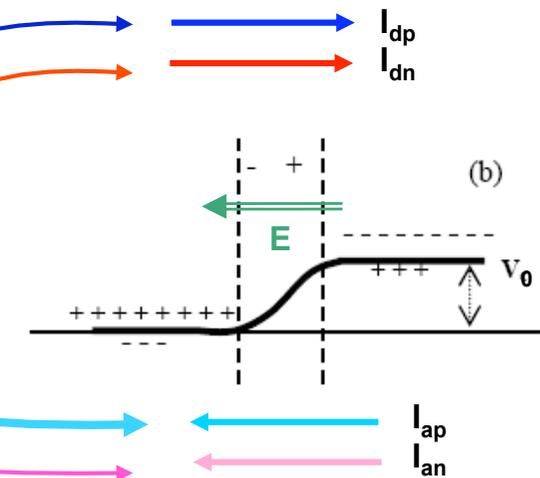
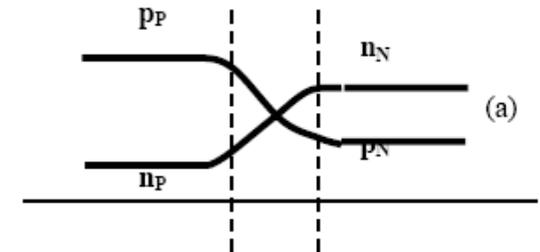
- Las corrientes se compensan

- huecos: $I_{dp} + I_{ap} = 0$

- electrones: $I_{dn} + I_{an} = 0$

- los niveles de Fermi se igualan:

- $(E_F)_P = (E_F)_N$



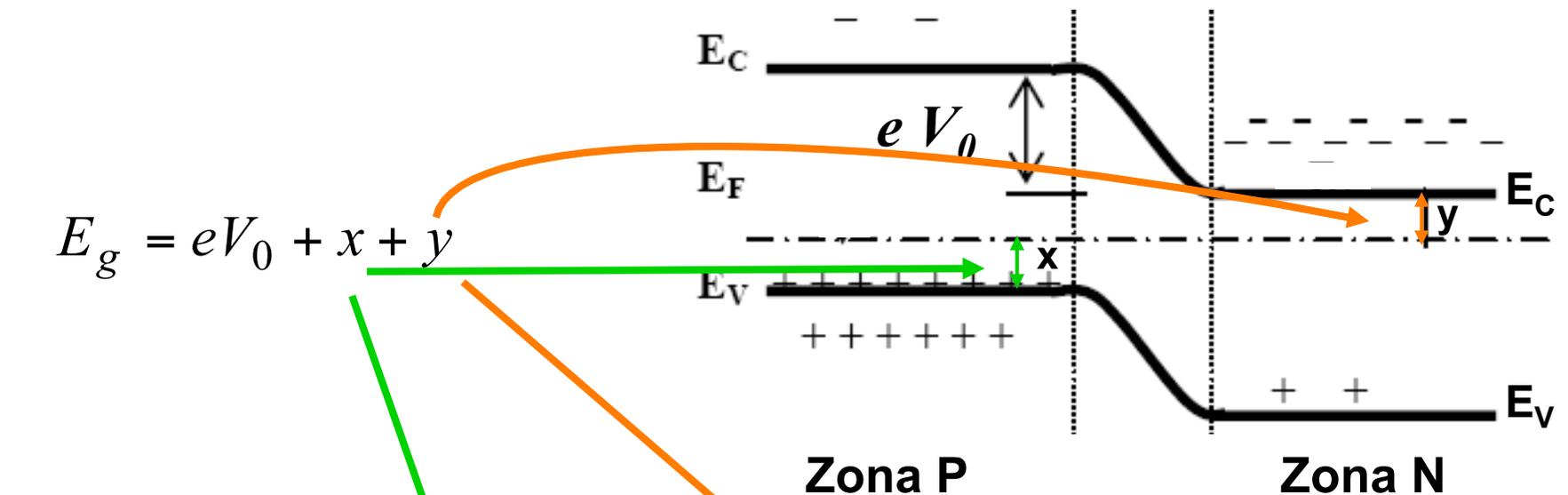
Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos
UNIVERSIDAD DE MURCIA

TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial: CÁLCULO



$$E_g = eV_0 + x + y$$

$$eV_0 = E_g - (E_F - E_V)_P - (E_C - E_F)_N$$

¿?

Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos
UNIVERSIDAD DE MURCIA

TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial: CALCULO

$$n_i^2 = N_C N_V e^{-E_g/kT} \implies E_g = -kT \ln \frac{n_i^2}{N_C N_V}$$

$$p_P = N_V e^{-(E_F - E_V)_P/kT} \implies (E_F - E_V)_P = -kT \ln \frac{N_a}{N_V}$$

$$p_P \cong N_a$$

$$n_N = N_C e^{-(E_C - E_F)_N/kT} \implies (E_C - E_F)_N = -kT \ln \frac{N_d}{N_C}$$

$$n_N \cong N_d$$

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

$$E_g = eV_0 + x + y$$

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial: CALCULO

$$eV_0 = E_g - (E_F - E_V)_P - (E_C - E_F)_N$$

$$E_g = -kT \ln \frac{n_i^2}{N_C N_V}$$

$$(E_F - E_V)_P = -kT \ln \frac{N_a}{N_V}$$

$$(E_C - E_F)_N = -kT \ln \frac{N_d}{N_C}$$

$$eV_0 = -kT \ln \frac{n_i^2}{N_V N_C} + kT \ln \frac{N_a}{N_V} + kT \ln \frac{N_d}{N_C} =$$

$$eV_0 = kT \ln \frac{N_a / N_V \cdot N_d / N_C}{n_i^2 / N_V N_C}$$

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial: CALCULO

$$eV_0 = kT \ln \frac{N_a / N_V \cdot N_d / N_C}{n_i^2 / N_V N_C}$$

$$eV_0 = kT \ln \frac{N_a \cdot N_d}{n_i^2} \quad V_T = \frac{kT}{e}$$

$$V_0 = \frac{kT}{e} \ln \frac{N_a \cdot N_d}{n_i^2} = V_T \ln \frac{N_a \cdot N_d}{n_i^2}$$

a T ambiente

$$V_T \approx 0.026 \text{ V}$$

(si $N_a \cdot N_d = n_i^2 \rightarrow V_0 = 0 \text{ V}$)

TEMA 7: LA UNIÓN P-N

7.1 La unión P-N sin polarizar (cont)

(b) Barrera de potencial: CALCULO

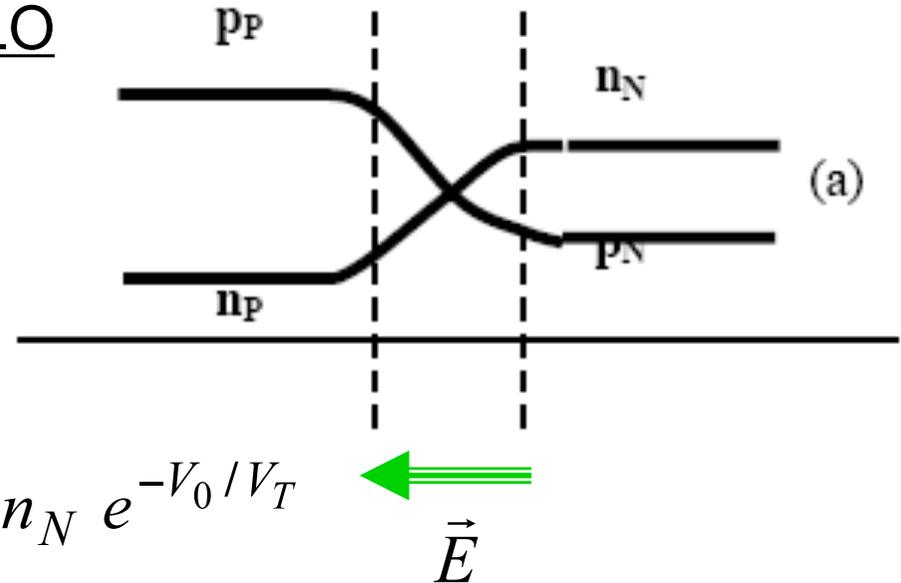
$$V_0 = V_T \ln \frac{N_a \cdot N_d}{n_i^2}$$

$$\left. \begin{aligned} p_P &\cong N_a \\ n_i^2 &= p_P n_P = p_N n_N \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} n_N &\cong N_d \\ n_i^2 &= p_P n_P = p_N n_N \end{aligned} \right\}$$

$$n_P = n_N e^{-V_0/V_T}$$

$$p_N = p_P e^{-V_0/V_T}$$



Portadores minoritarios = f(port.mayoritarios)
(exponencial decreciente)

Portadores minoritarios que saltan la barrera ó que van contra el campo E