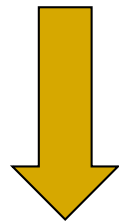


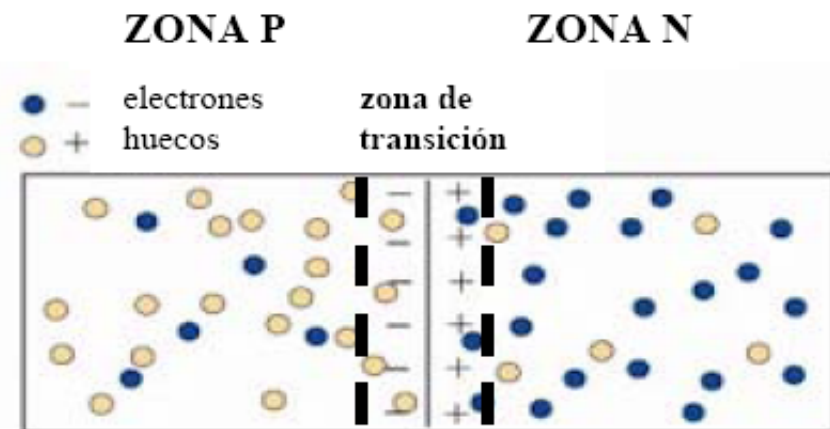
# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 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)

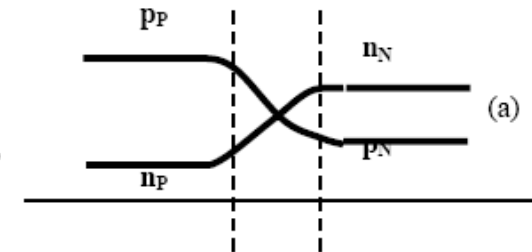
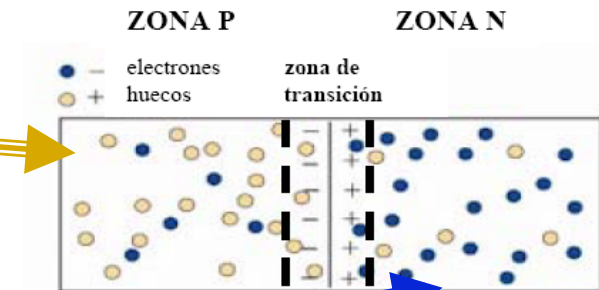
### (a) Portadores ( $T \approx 300K$ ):

#### ■ Zona P:

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

#### ■ Zona N:

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



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

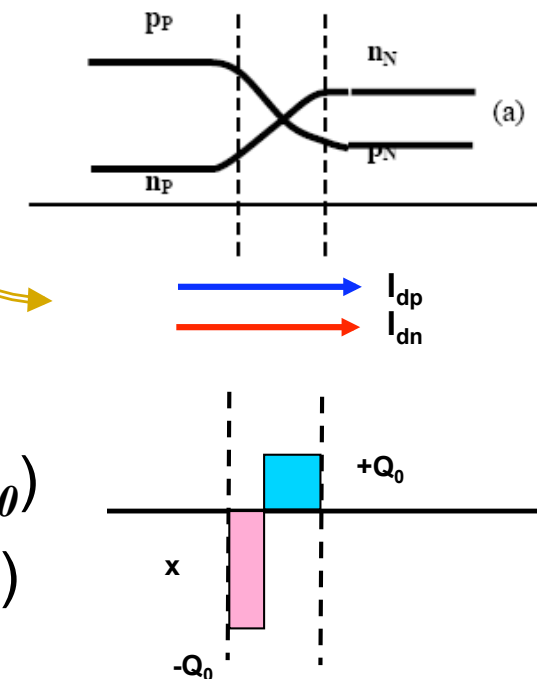
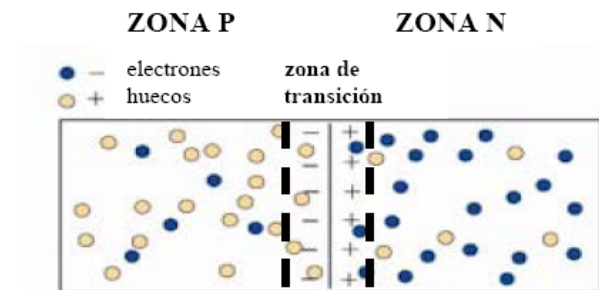
TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

# 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

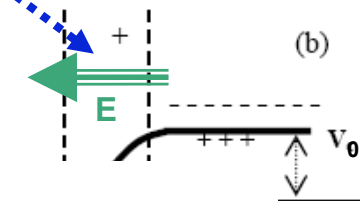
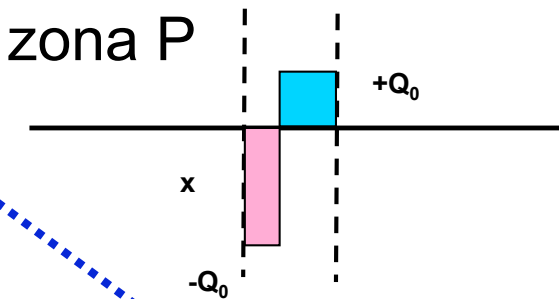
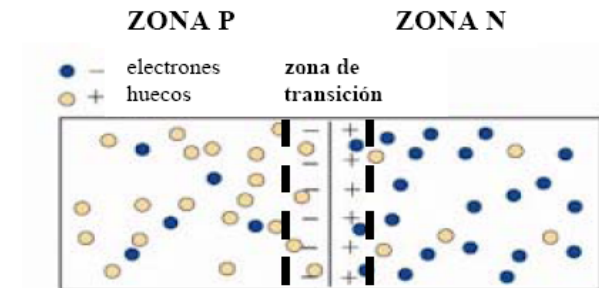
- diferencia de potencial ( $V_0$ )

- 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:

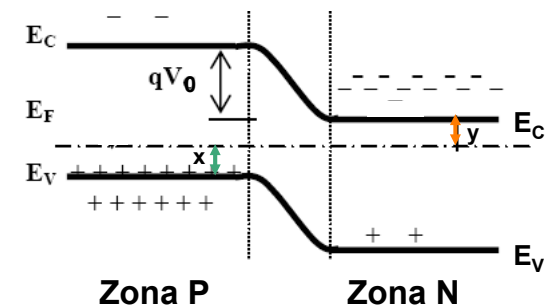
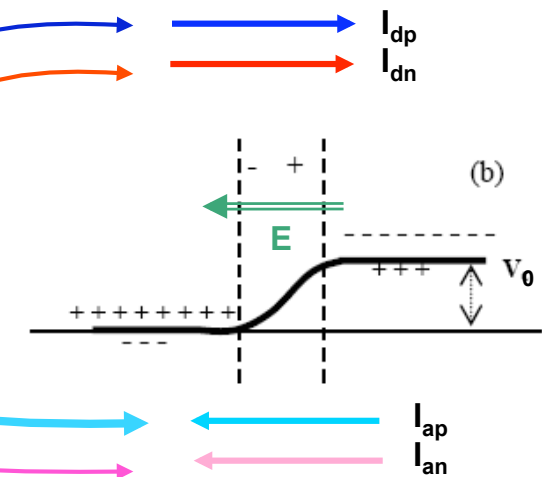
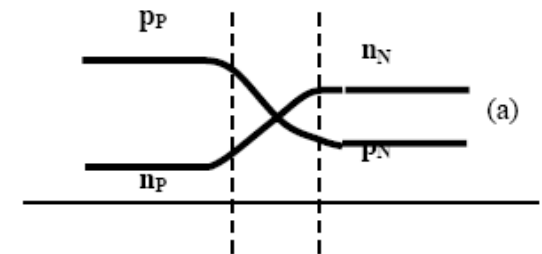
- Las corrientes se compensan

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

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

- los niveles de Fermi se igualan:

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



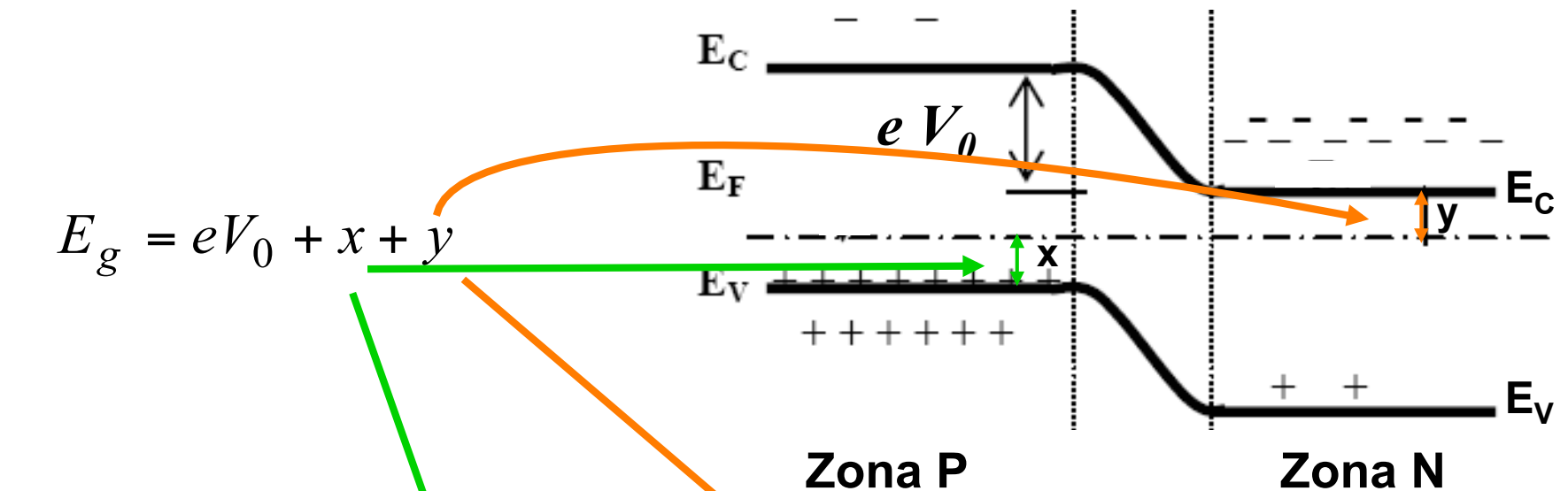
Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos  
UNIVERSIDAD DE MURCIA

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

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

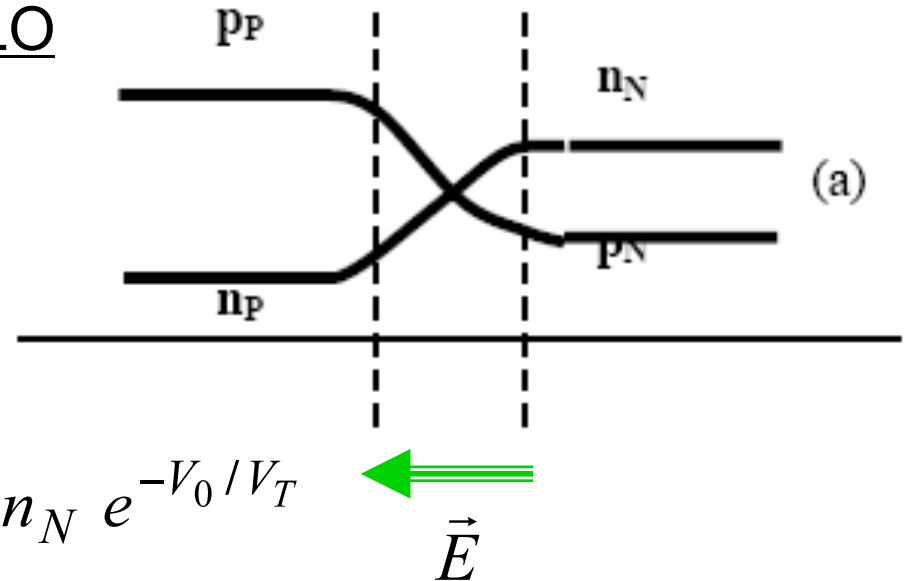
$$\left. \begin{aligned} p_P &\cong N_a \\ n_i^2 &= p_P n_P = p_N n_N \end{aligned} \right\}$$

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

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

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

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



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