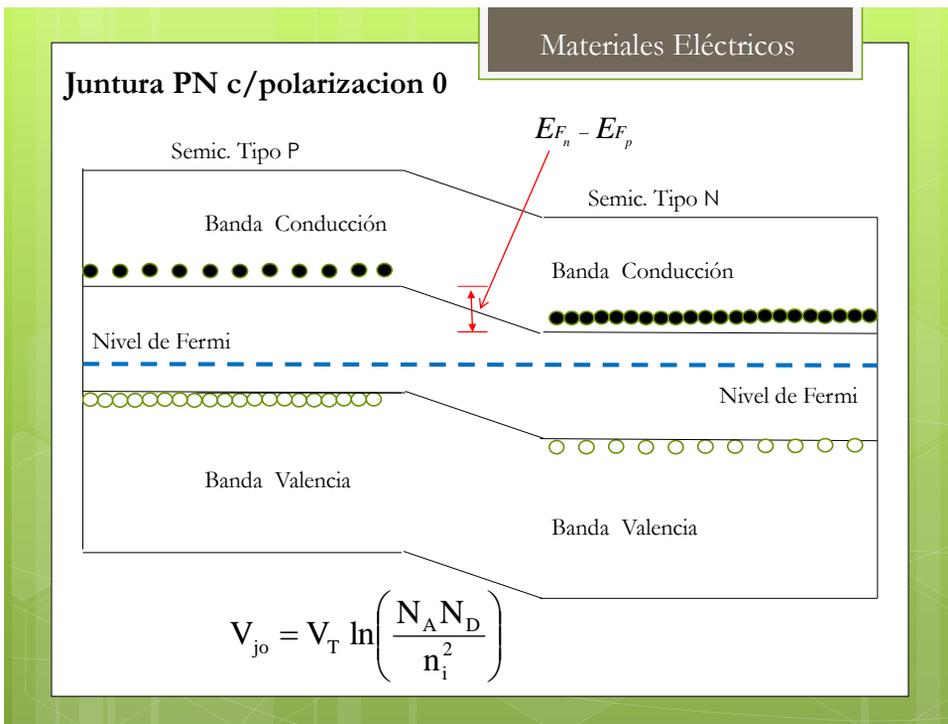
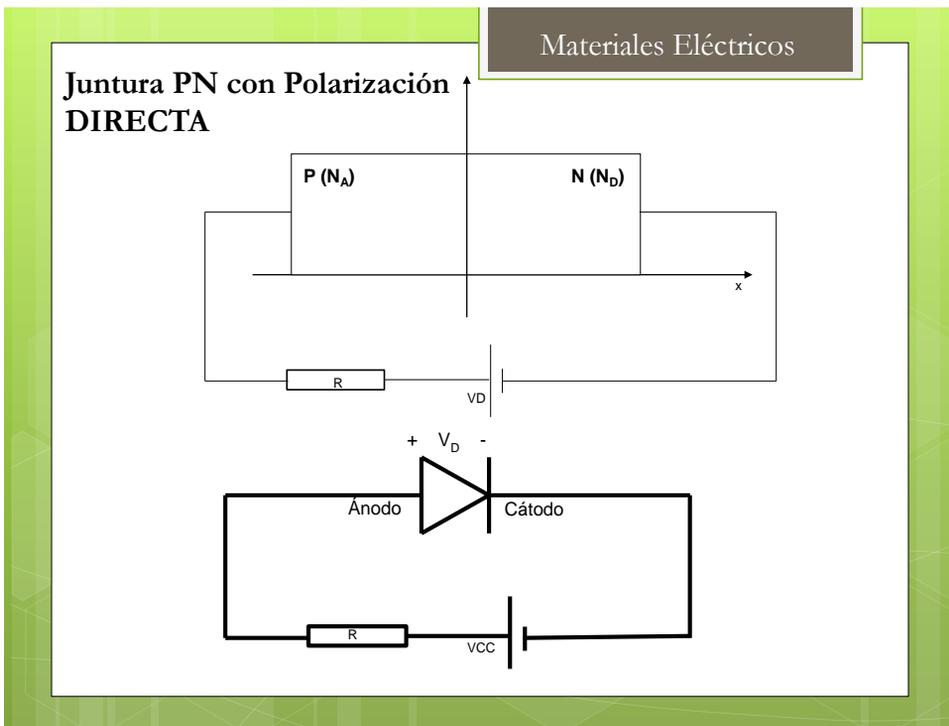
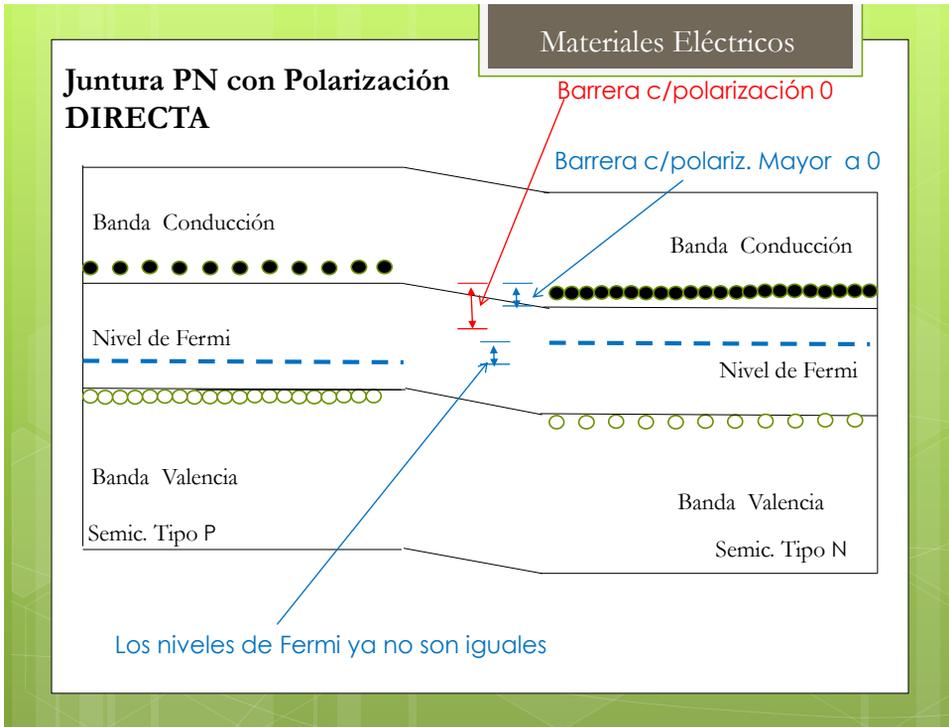
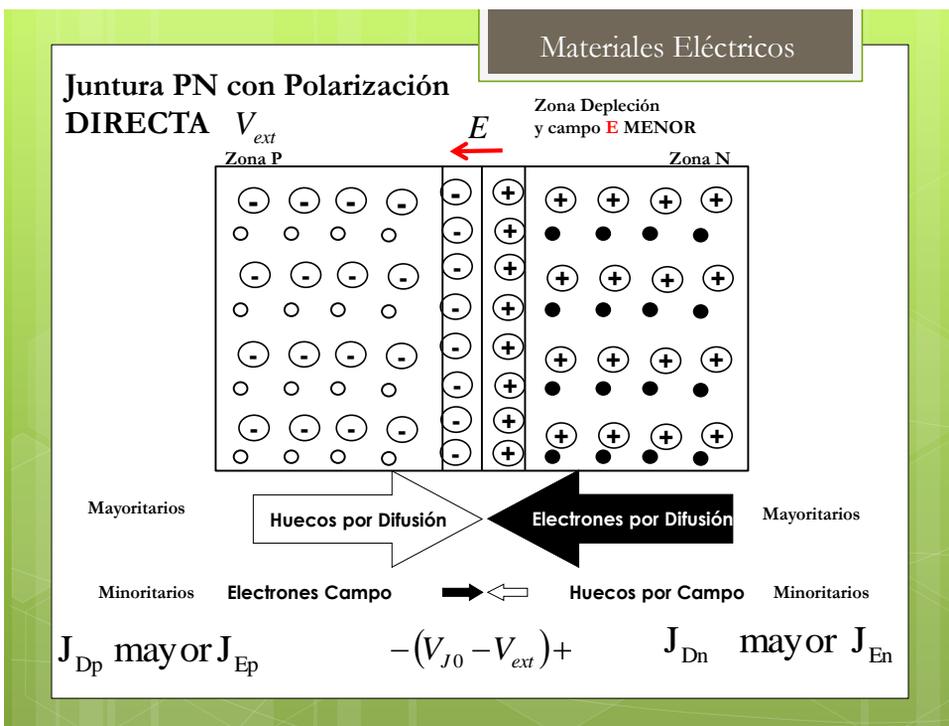
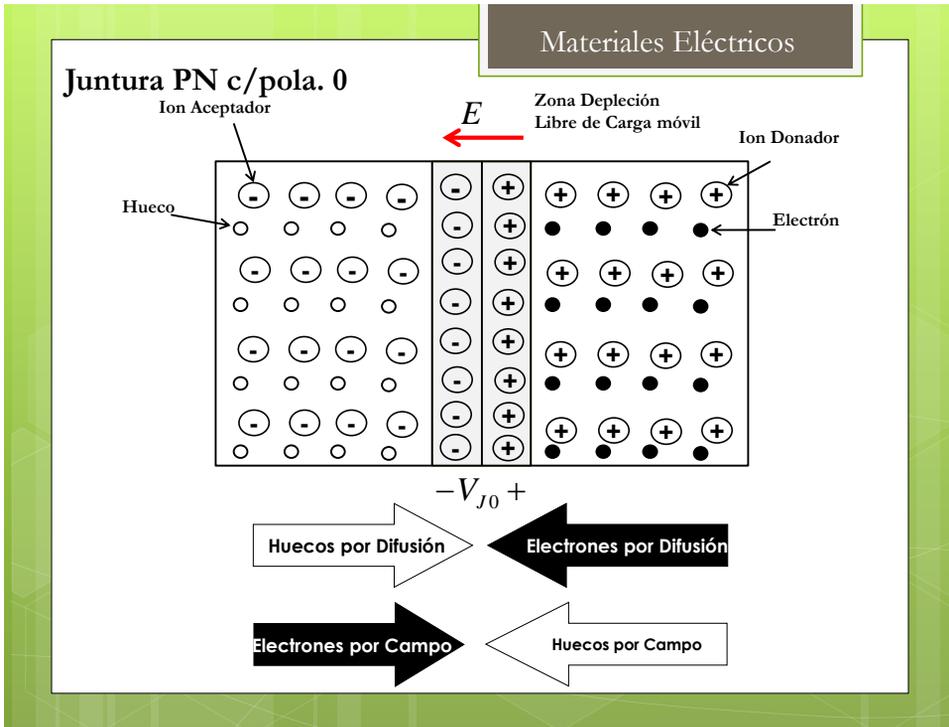


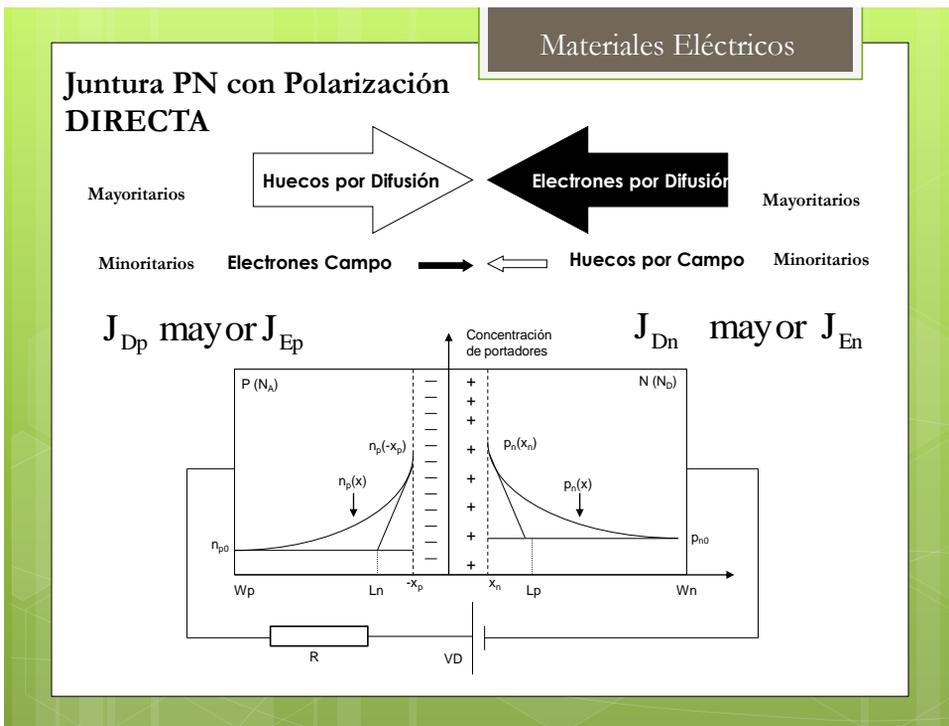
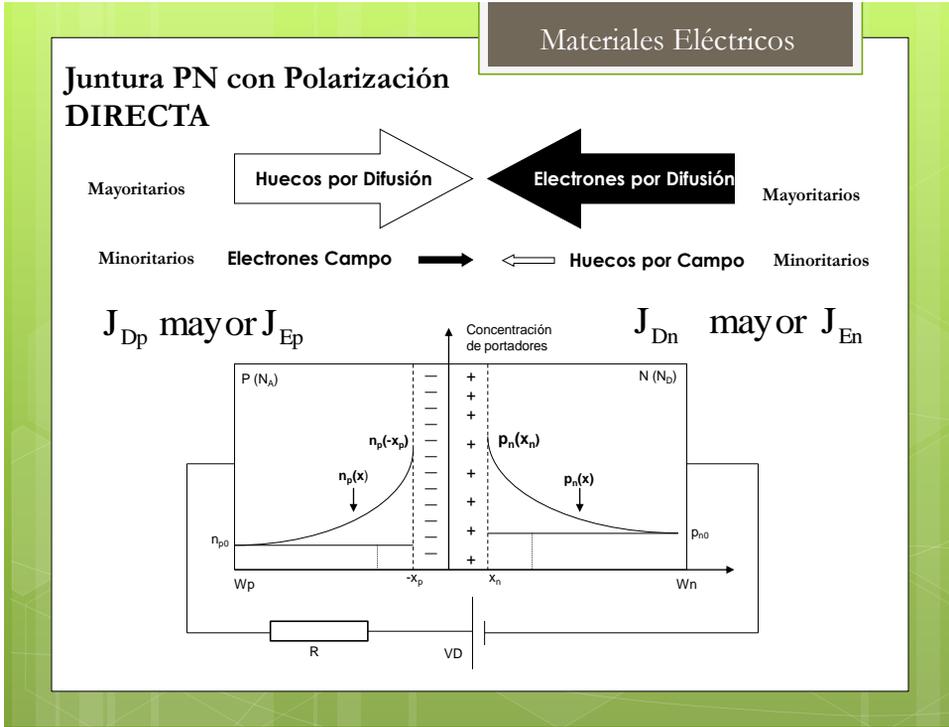
# Materiales Eléctricos

## Juntura PN polarizado Directo









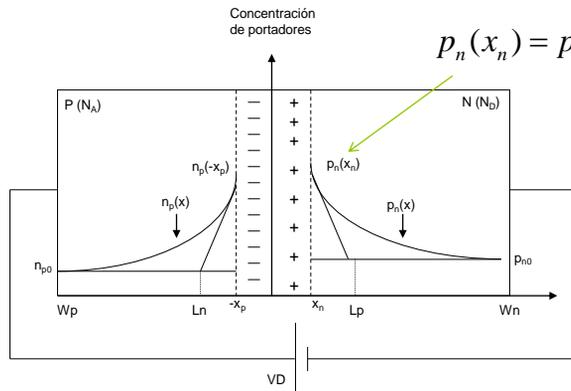
### Juntura PN con Polarización DIRECTA

- Considerando que  $V_D$  se aplica a la juntura
- No hay caídas óhmicas en el diodo
- La Inyección de huecos  $p_n(x_n)$  es mucho menor que  $n_{no} = N_D$  Es una Inyección de bajo nivel

$$p_n(x_n) = p_{po} e^{\left(\frac{V_{J0} - V_D}{V_T}\right)}$$

Por la ley de la Unión  
 Cap 19 Ecuac 19-80  
 Milliman Elect Integrada

$$p_n(x_n) = p_{no} e^{\left(\frac{V_D}{V_T}\right)}$$



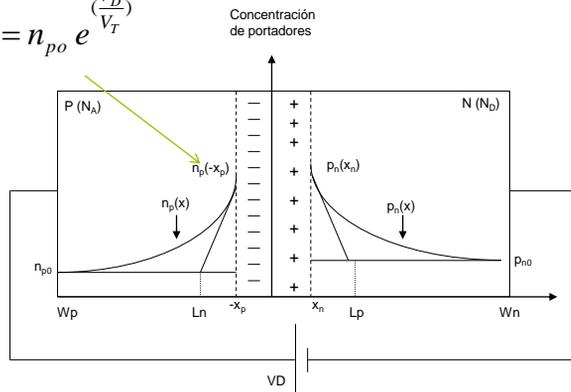
### Juntura PN con Polarización DIRECTA

Haciendo el mismo tratamiento para electrones

- Considerando que  $V_D$  se aplica a la juntura
- No hay caídas óhmicas en la juntura
- La Inyección de electrones  $n_p(-x_p)$  es mucho menor que  $p_{po} = N_A$  Es una Inyección de bajo nivel

Por la ley de la Juntura

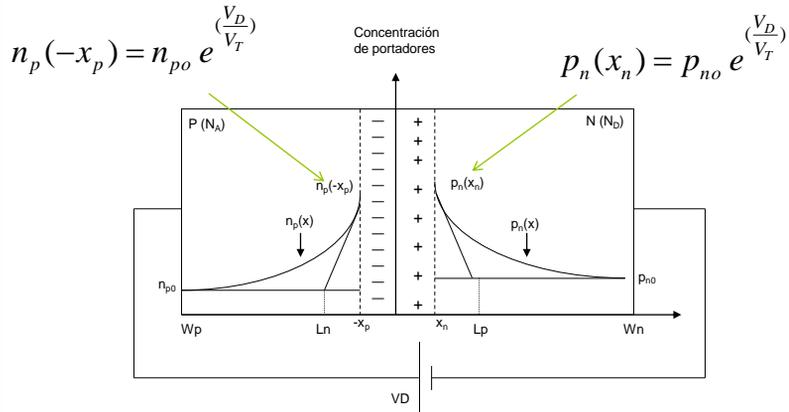
$$n_p(-x_p) = n_{po} e^{\left(\frac{V_D}{V_T}\right)}$$



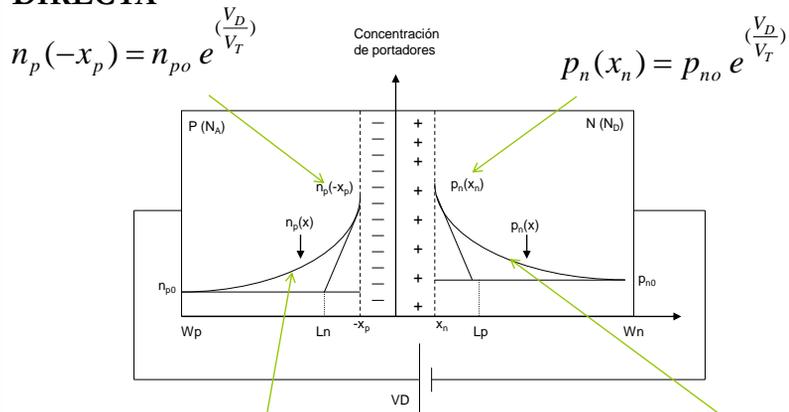
## Juntura PN con Polarización DIRECTA

### Resumiendo

- Considerando que  $V_D$  se aplica a la juntura
- No hay caídas óhmicas en la juntura
- La Inyección de electrones y huecos es de bajo nivel



## Juntura PN con Polarización DIRECTA

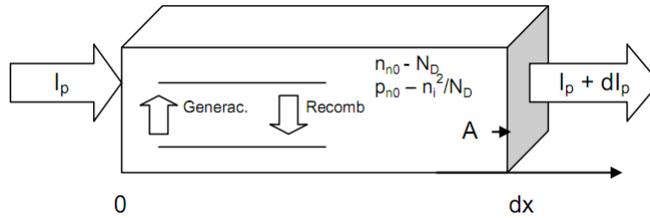


¿Cómo calculamos  $n_p(x)$  ?

¿Cómo calculamos  $p_n(x)$  ?

Aplicando la Ecuación de Continuidad y el modelo de Difusión

## Ecuación de Continuidad



Tipo n

$$\frac{dp_n}{dt} = \frac{p_{n0}}{\tau_p} - \frac{p_n}{\tau_p} - \mu_p \frac{d(p_n E)}{dx} + D_p \frac{d^2 p_n(x)}{dx^2}$$

Tipo p

$$\frac{dn_p}{dt} = \frac{n_{p0}}{\tau_n} - \frac{n_p}{\tau_n} - \mu_n \frac{d(n_p E)}{dx} - D_n \frac{d^2 n_p(x)}{dx^2}$$

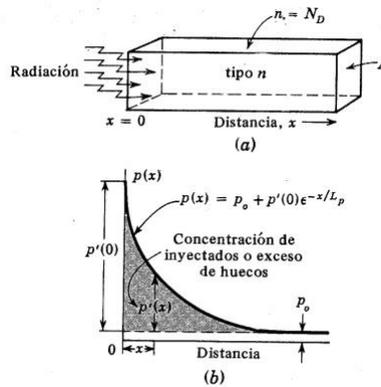


Fig. 2-16. (a) La luz incide sobre el extremo de una barra larga de semiconductor. Esta excitación origina pares de electrón-huecos que se inyectan en  $x = 0$ . (b) La concentración de huecos (minoritarios)  $p(x)$  en la barra en función de la distancia  $x$  contada a partir del extremo de la barra. La concentración inyectada es  $p'(x) = p(x) - p_0$ . La radiación inyecta  $p'(0)$  portadores/m<sup>3</sup> en la barra a  $x = 0$ . (No se dibuja a escala, puesto que  $p'(0) \gg p_0$ .)

## Materiales Eléctricos

$$\frac{d^2 p}{dx^2} = \frac{p - p_o}{D_p \tau_p} \quad \text{Con } \tau_p \text{ Tiempo de vida medio de Huecos}$$

$$L_p = (D_p \tau_p)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Longitud de Difusión de Huecos}$$

$$\frac{d^2 p'}{dx^2} = \frac{p'}{L_p^2}$$

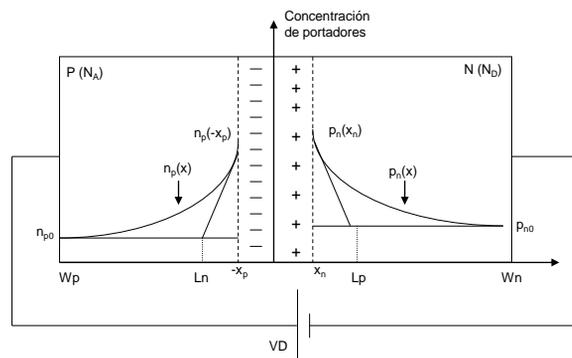
$$p'(x) = k_1 e^{\frac{-x}{L_p}} + k_2 e^{\frac{x}{L_p}}$$

$$p'(x) = p'(0) e^{\frac{-x}{L_p}} = p(x) - p_o$$

## Materiales Eléctricos

### Juntura PN con Polarización DIRECTA

Aplicando la Ecuación de Continuidad y el modelo de Difusión a la Juntura

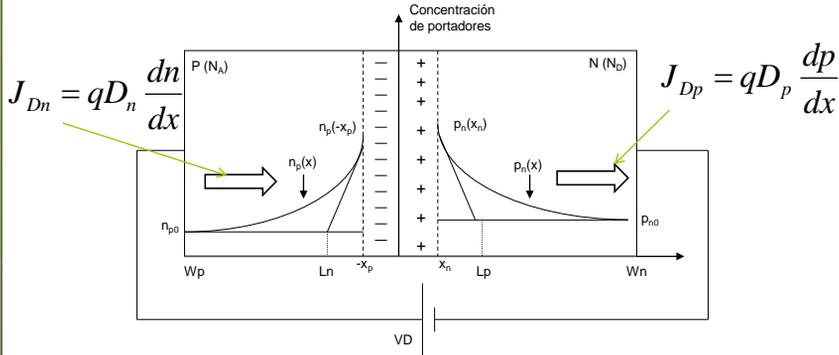


$$p_n(x) = [p_n(x_n) - p_{no}] \exp\left(-\frac{x+x_n}{L_p}\right) + p_{no} \quad x \geq x_n \quad \text{Distribución de los huecos inyectados en la zona N}$$

$$n_p(x) = [n_p(-x_p) - n_{po}] \exp\left(\frac{x+x_p}{L_n}\right) + n_{po} \quad x \leq -x_p \quad \text{Distribución de los electrones inyectados en la zona P}$$

### Juntura PN DIRECTA

Con estos perfiles de concentraciones calculamos las corriente de difusión de huecos y electrones

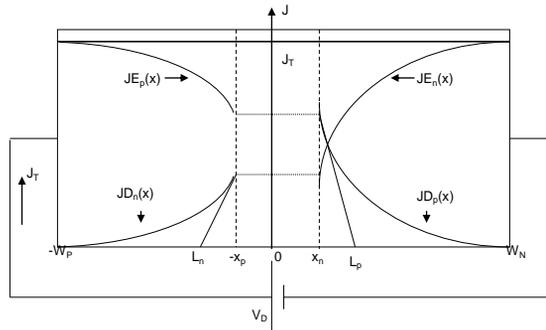


$$p_n(x) = [p_n(x_n) - p_{no}] \exp\left(-\frac{x+x_n}{L_p}\right) + p_{no} \quad x \geq x_n \quad \text{Distribución de los huecos inyectados en la zona N}$$

$$n_p(x) = [n_p(-x_p) - n_{po}] \exp\left(\frac{x+x_p}{L_n}\right) + n_{po} \quad x \leq -x_p \quad \text{Distribución de los electrones inyectados en la zona P}$$

### Juntura PN DIRECTA

Las corriente de difusión de huecos y electrones será:



$$J_{Dn}(x) = \frac{qD_n [n_p(-x_p) - n_{po}]}{L_n} \exp\left(\frac{x+x_p}{L_n}\right) \quad \text{para } x \leq -x_p$$

$$J_{Dp}(x) = \frac{qD_p [p_n(x_n) - p_{no}]}{L_p} \exp\left(-\frac{x+x_n}{L_p}\right) \quad \text{para } x \geq x_n$$

### Juntura PN DIRECTA

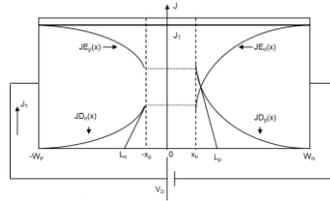
Las corriente TOTAL EN LA JUNTURA será:

$$J_T = \text{Cte. No depende de } x$$

$$J_T = J_{D_p}(x) + J_{E_n}(x) \text{ para } x \geq x_n$$

$$J_T = J_{D_n}(x) + J_{E_p}(x) \text{ para } x \leq -x_p$$

$$J_T = J_{E_n}(W_N) = J_{E_p}(-W_P)$$



$$J_T = J_{D_n}(-x_p) + J_{D_p}(x_n) \quad J_{E_n}(x_n) = J_{D_n}(-x_p) \text{ sin recombinacion en ZD}$$

$$J_{E_p}(-x_p) = J_{D_p}(x_n) \text{ sin recombinacion en ZD}$$

$$J_{D_n}(-x_p) = \frac{q D_n [n_n(x_p) - n_{n0}]}{L_n} = \frac{q D_n n_{p0}}{L_n} [ \exp (V_D/U_T) - 1 ]$$

$$J_{D_p}(x_n) = \frac{q D_p [p_p(x_n) - p_{p0}]}{L_p} = \frac{q D_p p_{n0}}{L_p} [ \exp (V_D/U_T) - 1 ]$$

$$J_T = J_{D_n}(-x_p) + J_{D_p}(x_n) = \left[ \frac{q D_n n_{p0}}{L_n} + \frac{q D_p p_{n0}}{L_p} \right] \left[ \exp (V_D/U_T) - 1 \right]$$

### Juntura PN DIRECTA

$$J_s = q \left[ \frac{D_p p_{n0}}{L_p} + \frac{D_n n_{p0}}{L_n} \right] = q n_i^2 \left[ \frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right] \quad p_{n0} = n_i^2 / N_D \quad n_{p0} = n_i^2 / N_A$$

$$J = J_s \left[ \exp (V_D/U_T) - 1 \right] \quad I = J \times A \quad I_s = J_s A$$



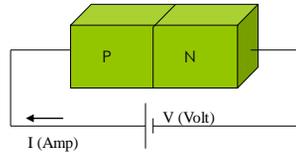
$$I = I_s \left[ \exp (V_D/U_T) - 1 \right]$$

$$I_s = q A n_i^2 \left[ \frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right] \quad \text{Is depende de la fabricacion}$$

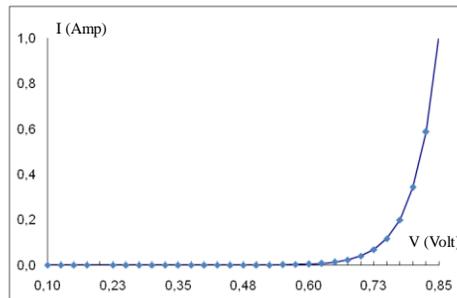
## Materiales Eléctricos

## CARACTERISTICA V- I JUNTURA P-N

$$I_s = 1,1 \times 10^{-6}$$



$$I = I_s [ \exp (V_D / U_T) - 1 ]$$



V	I
0.1	8.39E-08
0.125	1.52E-07
0.15	2.68E-07
0.175	4.68E-07
0.2	8.09E-07
0.225	1.40E-06
0.25	2.40E-06
0.275	4.13E-06
0.3	7.08E-06
0.325	1.22E-05
0.35	2.08E-05
0.375	3.58E-05
0.4	6.13E-05
0.425	1.05E-04
0.45	1.80E-04
0.475	3.09E-04
0.5	5.30E-04
0.525	9.09E-04
0.55	1.58E-03
0.575	2.67E-03
0.6	4.58E-03
0.625	7.88E-03
0.65	1.35E-02
0.675	2.31E-02
0.7	3.96E-02
0.725	6.79E-02
0.75	1.17E-01
0.775	2.00E-01
0.8	3.43E-01
0.825	5.87E-01
0.85	1.01E+00