

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 7.3 La unión P-N polarizada

Polarización: aplicar ddp entre extremos

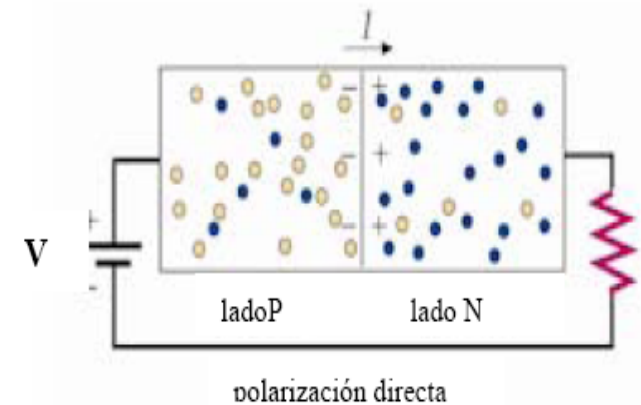
### (a) Polarización directa:

- El polo + de la pila a la zona **P**
- El polo - de la pila a la zona **N**

### CONSECUENCIAS

$$V_0' = V_0 - V$$

- La barrera de potencial  $V_0$  **disminuye**



*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

## 7.3 La unión P-N polarizada

Polarización: aplicar ddp entre extremos

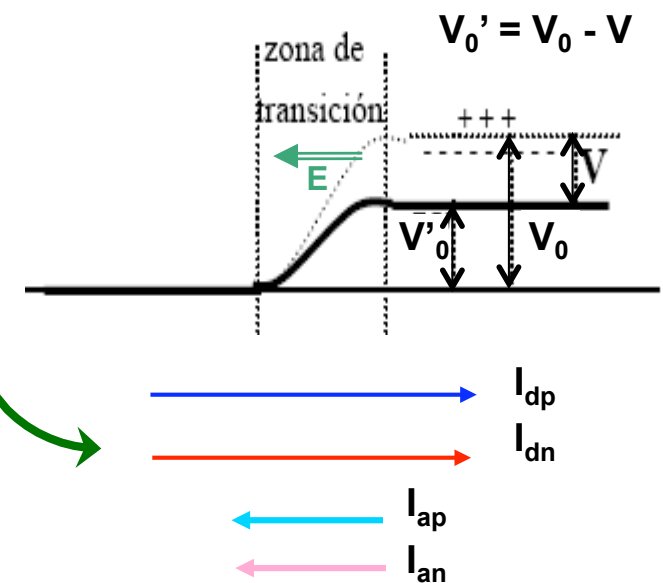
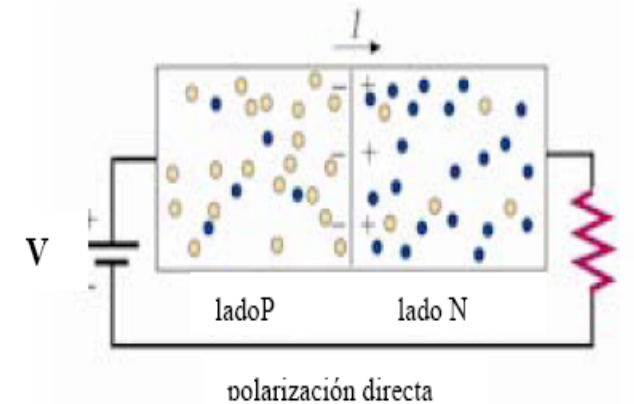
### (a) Polarización directa:

- El polo + de la pila a la zona P
- El polo - de la pila a la zona N

### CONSECUENCIAS

$$V_0' = V_0 - V$$

- La barrera de potencial  $V_0$  disminuye
  - corr. **difusión** aumenta **MUCHO**  
(más portadores saltan la barrera)
  - $E$  y  $W$  disminuyen
  - corr. **arrastre** disminuye **POCO**



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

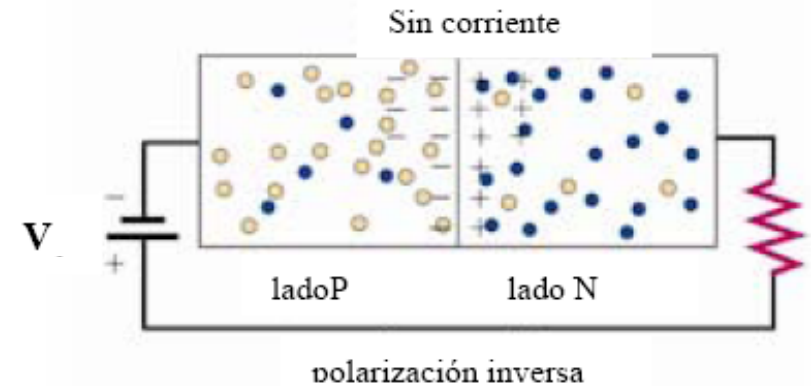
TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 7.3 La unión P-N polarizada

### (a) Polarización inversa:

- El polo + de la pila a la zona N
- El polo - de la pila a la zona P



**CONSECUENCIAS**  $V_0' = V_0 - V = V_0 + |V|$

- La barrera de potencial  $V_0$  **aumenta**

*Dra. Adela Hernández Ramón y Dr. Santiago Heredia Avalos*

*UNIVERSIDAD DE MURCIA*

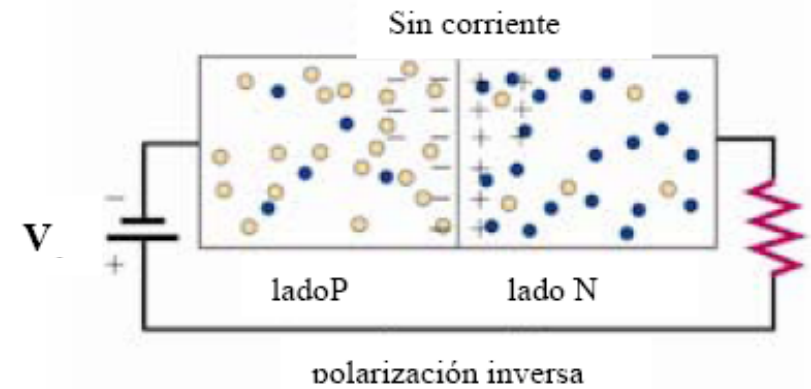
*TEMA 8-TEORÍA DE BANDAS DE LOS SÓLIDOS. SEMICONDUCTORES*

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## 7.3 La unión P-N polarizada

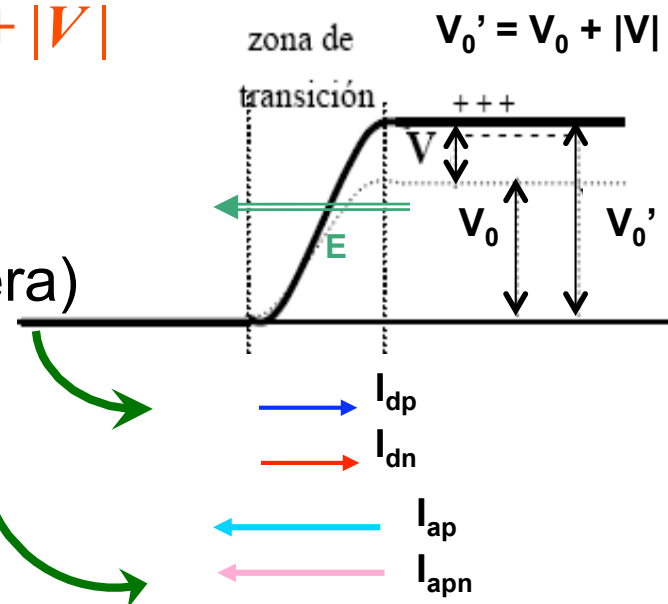
### (a) Polarización inversa:

- El polo + de la pila a la zona N
- El polo - de la pila a la zona P



### CONSECUENCIAS $V_0' = V_0 - V = V_0 + |V|$

- La barrera de potencial  $V_0$  **aumenta**
  - corr. **difusión** disminuye **MUCHO** (pocos portadores saltan la barrera)
  - $E$  y  $W$  aumentan
  - corr. **arrastre** aumenta **POCO**




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

<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
barrera de potencial	$V_o$	disminuye	aumenta
anchura de la unión (W) campo eléctrico (E)	$W \propto \sqrt{V_o}$ $E \propto \sqrt{V_o}$	disminuye disminuye	aumenta aumenta
capacidad de la unión	$\frac{C}{A} \propto \frac{1}{\sqrt{V_o}}$	aumenta	disminuye
Niveles $E_C$ , $E_V$		se acercan	se separan
Niveles de Fermi	$(E_F)_P = (E_F)_N$	$(E_F)_P < (E_F)_N$	$(E_F)_P > (E_F)_N$

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
barrera de potencial	$V_o$	disminuye	aumenta
anchura de la unión (W) campo eléctrico (E)	$W \propto \sqrt{V_o}$ $E \propto \sqrt{V_o}$	disminuye disminuye	aumenta aumenta
capacidad de la unión	$\frac{C}{A} \propto \frac{1}{\sqrt{V_o}}$	aumenta	disminuye
 Niveles $E_C$ , $E_V$		se acercan	se separan
Niveles de Fermi	$(E_F)_P = (E_F)_N$	$(E_F)_P < (E_F)_N$	$(E_F)_P > (E_F)_N$

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N


<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
barrera de potencial	$V_o$	disminuye	aumenta
anchura de la unión (W) campo eléctrico (E)	$W \propto \sqrt{V_o}$ $E \propto \sqrt{V_o}$	disminuye disminuye	aumenta aumenta
capacidad de la unión	$\frac{C}{A} \propto \frac{1}{\sqrt{V_o}}$	aumenta	disminuye
Niveles $E_C$ , $E_V$		se acercan	se separan
Niveles de Fermi	$(E_F)_P = (E_F)_N$	$(E_F)_P < (E_F)_N$	$(E_F)_P > (E_F)_N$

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N


<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
barrera de potencial	$V_o$	disminuye	aumenta
anchura de la unión (W) campo eléctrico (E)	$W \propto \sqrt{V_o}$ $E \propto \sqrt{V_o}$	disminuye disminuye	aumenta aumenta
capacidad de la unión	$\frac{C}{A} \propto \frac{1}{\sqrt{V_o}}$	aumenta	disminuye
Niveles $E_C$ , $E_V$		se acercan	se separan
Niveles de Fermi	$(E_F)_P = (E_F)_N$	$(E_F)_P < (E_F)_N$	$(E_F)_P > (E_F)_N$



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
concentración de portadores minoritarios	$p_N = p_P e^{-V_o/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o/V_T}$ $p \cdot n = n_i^2$	$p_N = p_P e^{-V_o'/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o'/V_T}$ $p \cdot n \neq n_i^2$	$p_N = p_P e^{-V_o'/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o'/V_T}$ $p \cdot n \neq n_i^2$
 Corriente de difusión	$I_d \propto n_P, p_N$ $I_a \propto E$	$I_d$ aumenta mucho $I_d' \gg I_d$ $I_d' \gg I_a$  <b>¡DOMINA <math>I_d</math>!</b>	$I_d$ disminuye mucho $I_d' \ll I_d$ $I_d' \ll I_a$
Corriente de arrastre		$I_a$ disminuye un poco  $I'_a \approx I_a$	$I_a$ aumenta un poco  $I'_a \approx I_a$  <b>¡DOMINA <math>I_a</math>!</b>

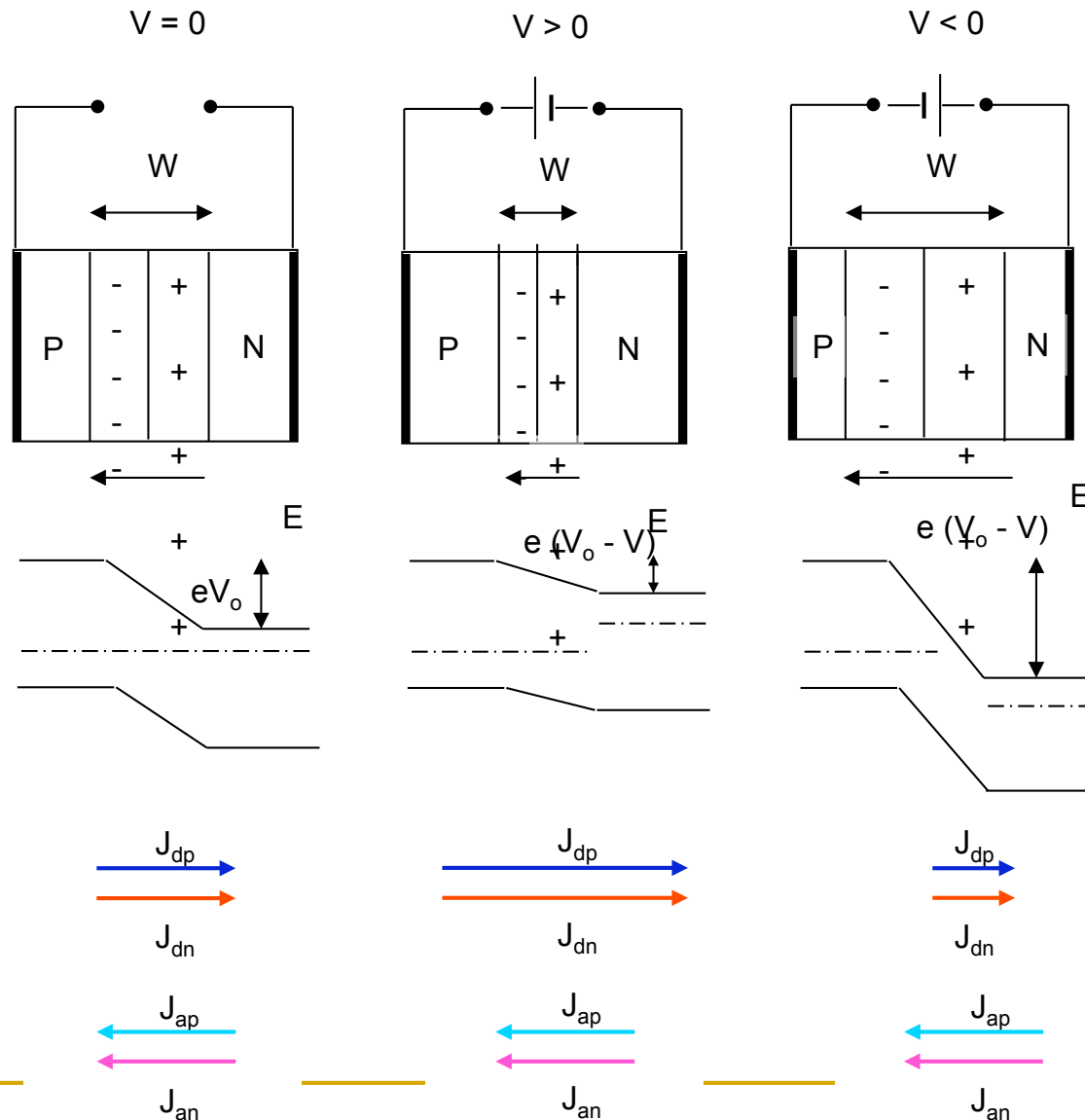
# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
concentración de portadores minoritarios	$p_N = p_P e^{-V_o/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o/V_T}$ $p \cdot n = n_i^2$	$p_N = p_P e^{-V_o'/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o'/V_T}$ $p \cdot n \neq n_i^2$	$p_N = p_P e^{-V_o'/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o'/V_T}$ $p \cdot n \neq n_i^2$
Corriente de difusión	$I_d \propto n_P, p_N$ $I_a \propto E$	$I_d \text{ aumenta mucho}$ $I_d' \gg I_d$ $I_d' \gg I_a$ <p><b>¡DOMINA <math>I_d</math>!</b></p>	$I_d \text{ disminuye mucho}$ $I_d' \ll I_d$ $I_d' \ll I_a$
 Corriente de arrastre		$I_a \text{ disminuye un poco}$ $I_a' \approx I_a$	$I_a \text{ aumenta un poco}$ $I_a' \approx I_a$ <p><b>¡DOMINA <math>I_a</math>!</b></p>

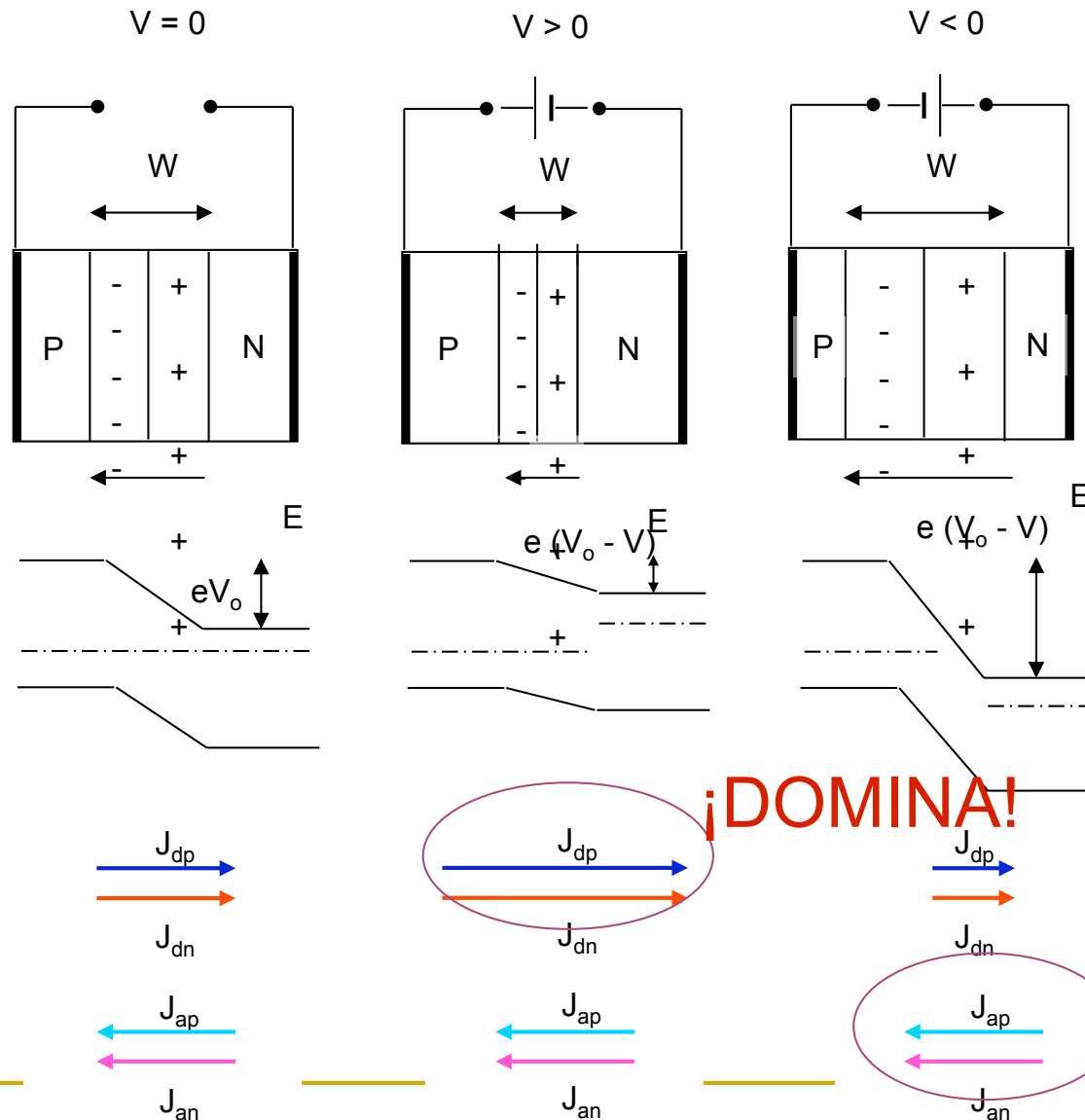
# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

<b>UNIÓN P/N</b>	<b>SIN POLARIZAR</b>	<b>POL. DIRECTA (V pos.)</b>	<b>POL. INVERSA (V neg.)</b>
concentración de portadores minoritarios	$p_N = p_P e^{-V_o/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o/V_T}$ $p \cdot n = n_i^2$	$p_N = p_P e^{-V_o'/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o'/V_T}$ $p \cdot n \neq n_i^2$	$p_N = p_P e^{-V_o'/V_T}$ $n_P = n_N e^{-V_o'/V_T}$ $p \cdot n \neq n_i^2$
Corriente de difusión	$I_d \propto n_P, p_N$ $I_a \propto E$	$I_d \text{ aumenta mucho}$ $I_d' \gg I_d$ $I_d' \gg I_a$ <p><b>¡DOMINA <math>I_d</math>!</b></p>	$I_d \text{ disminuye mucho}$ $I_d' \ll I_d$ $I_d' \ll I_a$
Corriente de arrastre		$I_a \text{ disminuye un poco}$ $I_a' \approx I_a$	$I_a \text{ aumenta un poco}$ $I_a' \approx I_a$ <p><b>¡DOMINA <math>I_a</math>!</b></p>

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

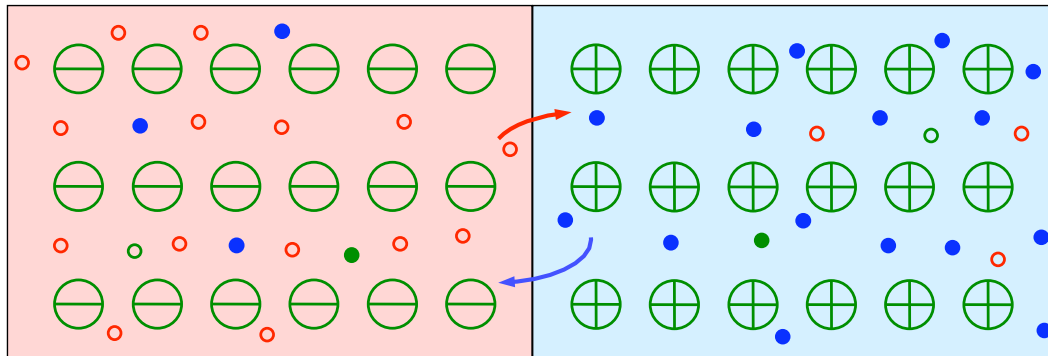


# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

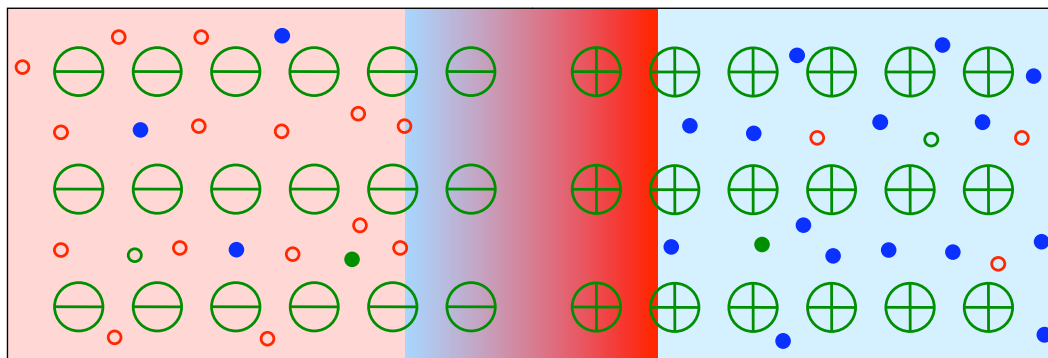


# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## Sin polarizar



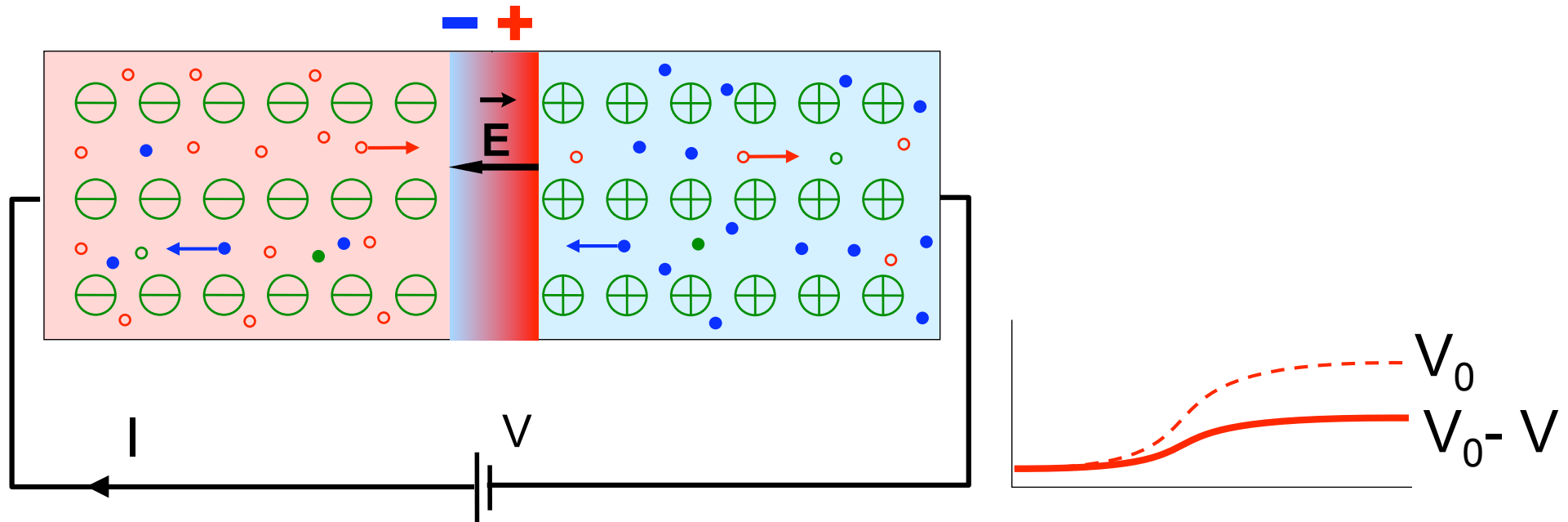
—  $V_0$  +



<http://personales.upv.es/jquiles/ffi/Diodo.ppt>

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## Polarización directa

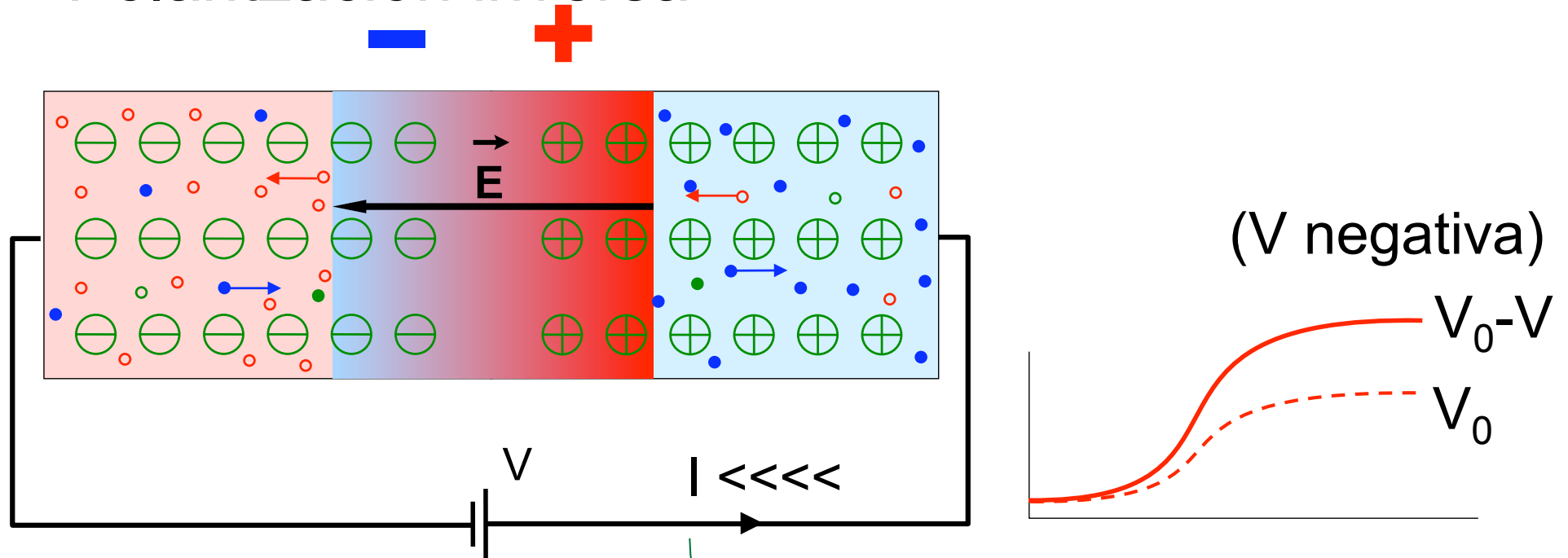


$$I = I_d + I_a \approx I_d \text{ (grande)}$$

<http://personales.upv.es/jquiles/ffi/Diodo.ppt>

# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

## Polarización inversa



$$I = I_d + I_a \approx I_a \text{ (pequeña)}$$



# TEMA 7: LA UNIÓN P-N

RESUMEN PROBLEMAS								
	SIN POL			POL DIR	comp		POL INV	comp
Na	1.00E+22	1.00E+22		1.00E+22			1.00E+22	
Nd	1.00E+22	<b>4.00E+22</b>		1.00E+22			1.00E+22	
ni (m <sup>-3</sup> )	4.10E+15	4.10E+15		4.10E+15			4.10E+15	
Vo	0.7607	0.7965	<b>Vo'=Vo-0.5</b>	0.2607	< Vo	<b>Vo'=Vo+0.5</b>	1.2607	> Vo
p <sub>P</sub> (m <sup>-3</sup> )	1.00E+22	1.00E+22		1.00E+22			1.00E+22	
n <sub>P</sub> (m <sup>-3</sup> )	1.68E+09	1.68E+09		4.19E+17	> n <sub>P</sub>		6.70E+00	< n <sub>P</sub>
n <sub>N</sub> (m <sup>-3</sup> )	1.00E+22	4.00E+22		1.00E+22			1.00E+22	
p <sub>N</sub> (m <sup>-3</sup> )	1.68E+09	4.20E+08		4.19E+17	> p <sub>N</sub>		6.70E+00	< p <sub>N</sub>
x <sub>P</sub>	50%	80%		50%			50%	
x <sub>N</sub>	50%	20%		50%			50%	
W (μm)	0.45	0.37		0.26	< W		0.58	> W
E <sub>max</sub> (V/m)	3.38E+06	4.34E+06		1.98E+06	< E <sub>max</sub>		7.43E+06	> E <sub>max</sub>
C/A (mF/m <sup>2</sup> )	0.477	0.589		0.82			0.22	