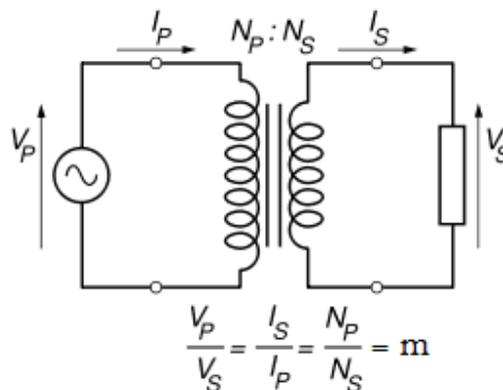


## 5. El Transformador.

- **Se denomina transformador:** a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, esto es, sin pérdidas, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.
- **Los transformadores:** son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario, según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados.



- **Funcionamiento:** si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.
- **La relación de transformación (m):** es la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario. La relación entre la fuerza electromotriz ( $V_p$ ) aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida ( $V_s$ ) obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario ( $N_p$ ) y secundario ( $N_s$ ) y por lo tanto:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = m$$

- **Ahora bien:** la potencia aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante tanto en el primario como en el secundario, es decir:

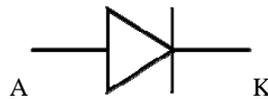
$$P_p = V_p \cdot I_p = P_s = V_s \cdot I_s$$

Para realizar los cálculos de la potencia, tensión y corriente deben estar en valores eficaces.

- **Datos del transformador para su selección:** los datos principales son la tensión del primario ( $V_p$ ) con que se va a alimentar nuestro circuito electrónico, normalmente la tensión de red (220V) y la tensión del secundario ( $V_s$ ) para que la carga reciba la tensión adecuada, así como la potencia que a de entregar al circuito  $P_s=V_s \cdot I_s$ , escogiendo siempre un transformador que sea capaz de entregar una potencia mayor que la demanda por el circuito.

## 6. El Diodo.

- **El diodo:** (del griego "dos caminos") es un dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección con características similares a un interruptor. Su representación simbólica es la de la figura y tiene solamente dos terminales denominados Ánodo (A) y Cátodo (K).



- **Unión PN:** los diodos están constituidos por la unión de dos materiales semiconductores extrínsecos denominados de tipo P y N, por lo que también reciben la denominación de unión PN. Hay que destacar que ninguno de los dos cristales por separado tiene carga eléctrica, ya que en cada cristal, el número de electrones y protones es el mismo, de lo que podemos decir que los dos cristales, tanto el P como el N, son neutros, es decir su carga neta es 0.

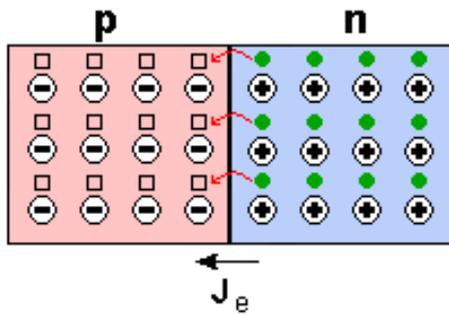
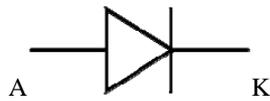
Al unir ambos cristales de tipo P y N, se manifiesta una difusión de electrones del cristal N al P ( $J_e$ ) que establecen unas cargas fijas en una zona a ambos lados de la unión que recibe diferentes denominaciones como zona de carga espacial, de agotamiento, de deplexión, de vaciado, etc.

A medida que progresa el proceso de difusión, la zona de carga espacial va incrementando su anchura profundizando en los cristales a ambos lados de la unión. Sin embargo, la acumulación de iones positivos en la zona n y de iones negativos en la zona p, crea un campo eléctrico ( $E$ ) que actuará sobre los electrones libres de la zona n con una determinada fuerza de desplazamiento, que se opondrá a la corriente de electrones y terminará deteniéndolos.

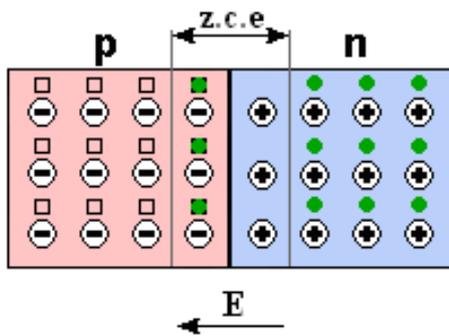
Este campo eléctrico es equivalente a decir que aparece una diferencia de tensión entre las zonas P y N. Esta diferencia de potencial ( $V_0$ ) es de 0,7 V en el caso del silicio y 0,3 V si los cristales son de germanio.

La anchura de la zona de carga espacial una vez alcanzado el equilibrio, suele ser del orden de 0,5 micras pero cuando uno de los cristales está mucho más dopado que el otro, la zona de carga espacial es mucho mayor.

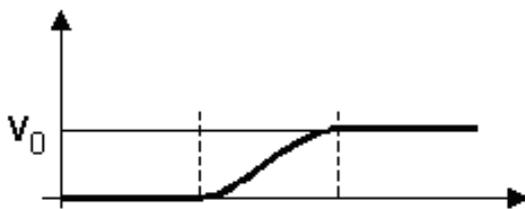
Al dispositivo así obtenido se le denomina **diodo**, que en un caso como el descrito, tal que no se encuentra sometido a una diferencia de potencial externa, se dice que no está polarizado.



- átomo pentavalente con un electrón en su orbital de conducción
- átomo trivalente con un hueco en su orbital de valencia



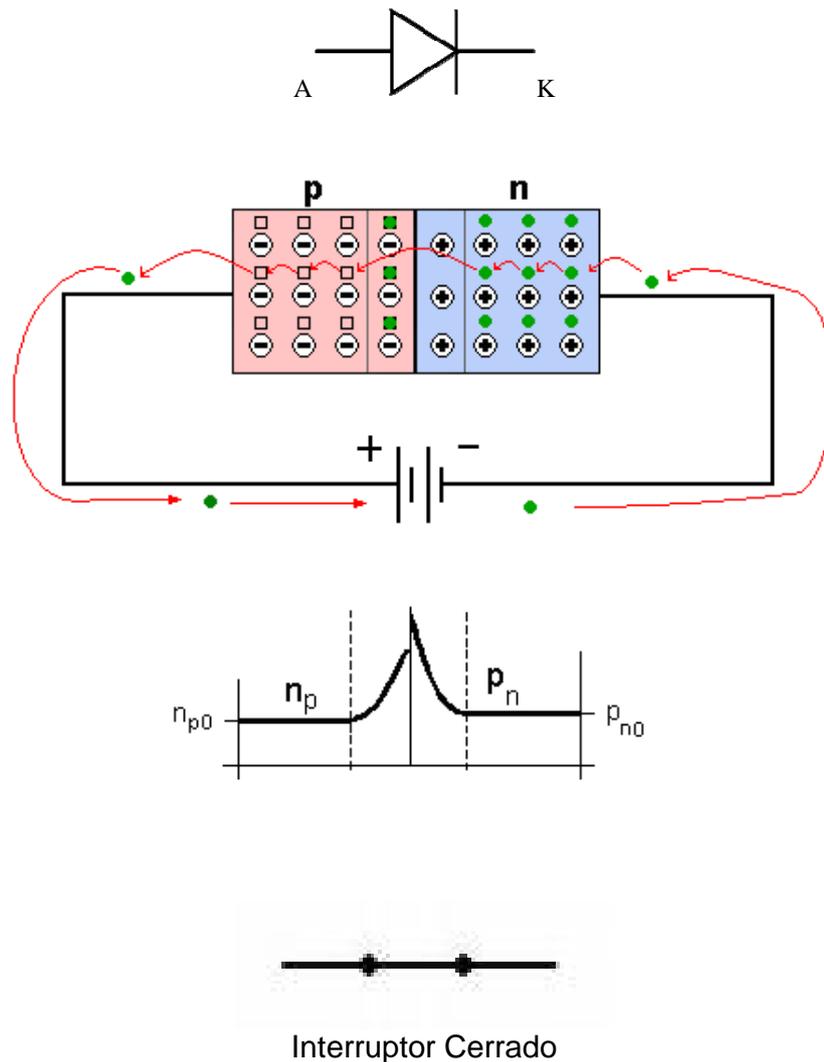
- ión positivo
- ión negativo



- **Polarización directa:** para que un diodo esté polarizado directamente, tenemos que conectar el polo positivo de la batería al ánodo del diodo y el polo negativo al cátodo.

En este caso, la batería disminuye la barrera de potencial de la zona de carga espacial, permitiendo el paso de la corriente de electrones a través de la unión; es decir, el diodo polarizado directamente conduce la electricidad.

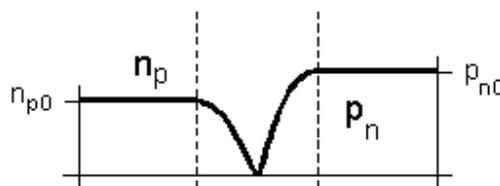
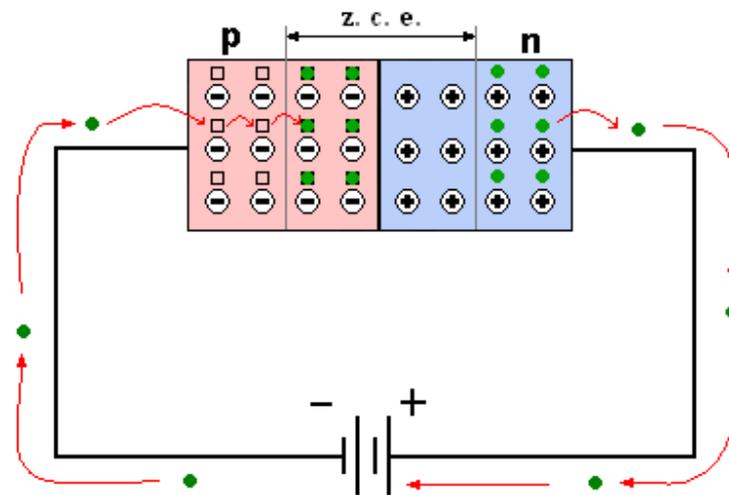
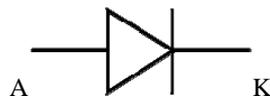
De este modo, con la batería cediendo electrones libres a la zona N y atrayendo electrones de valencia de la zona P, aparece a través del diodo una corriente eléctrica que ofrece una resistencia interna muy baja (diodo ideal), siendo su comportamiento como si fuera un interruptor cerrado.



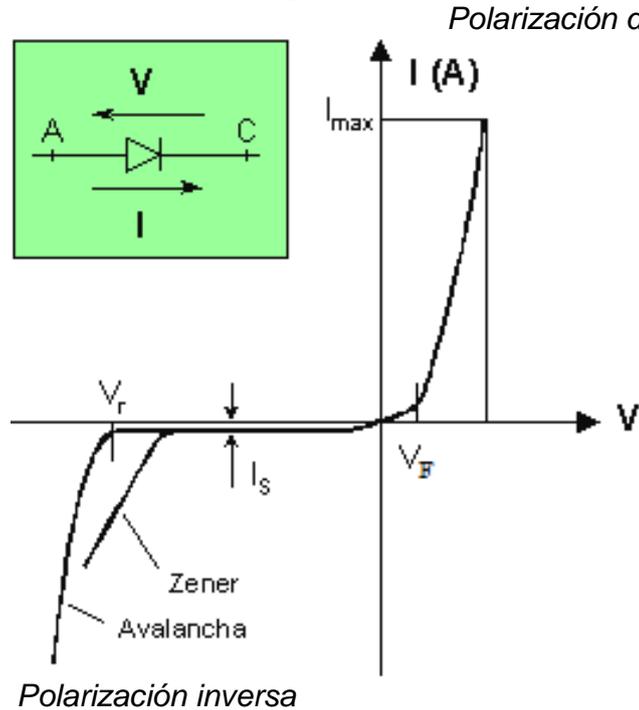
- **Polarización inversa:** para que un diodo esté polarizado inversamente, tenemos que conectar el polo positivo de la batería al cátodo del diodo y el polo negativo al ánodo.

En este caso, el polo negativo de la batería se conecta a la zona p y el polo positivo a la zona n, lo que hace aumentar la zona de carga espacial, y la tensión en dicha zona hasta que se alcanza el valor de la tensión de la batería.

De este modo con el polo positivo de la batería atrayendo a los electrones libres de la zona n, los cuales salen del cristal n y se introducen en el conductor dentro del cual se desplazan hasta llegar a la batería, deja de fluir corriente eléctrica a través del diodo siendo su comportamiento como si fuera un interruptor abierto.



- **Curva característica de un diodo:** la figura siguiente muestra la curva característica corriente-tensión de un diodo, tanto en polarización directa como inversa.



- **Tensión umbral, de codo o de partida ( $V_F$ ):** la tensión umbral (también llamada barrera de potencial) de polarización directa coincide en valor con la tensión de la zona de carga espacial del diodo no polarizado. Al polarizar directamente el diodo, la barrera de potencial inicial se va reduciendo, incrementando la corriente ligeramente, alrededor del 1% de la nominal. Sin embargo, cuando la tensión externa supera la tensión umbral, la barrera de potencial desaparece, de forma que para pequeños incrementos de tensión se producen grandes variaciones de la intensidad de corriente.
- **Corriente máxima ( $I_{max}$ ):** es la intensidad de corriente máxima que puede conducir el diodo sin fundirse por el efecto Joule. Dado que es función de la cantidad de calor que puede disipar el diodo, depende sobre todo del diseño del mismo.
- **Corriente inversa de saturación ( $I_s$ ):** Es la pequeña corriente que se establece al polarizar inversamente el diodo por la formación de pares electrón-hueco debido a la temperatura, admitiéndose que se duplica por cada incremento de  $10^\circ$  en la temperatura.
- **Corriente superficial de fugas:** es la pequeña corriente que circula por la superficie del diodo (ver polarización inversa), esta corriente es función de la tensión aplicada al diodo, con lo que al aumentar la tensión, aumenta la corriente superficial de fugas.
- **Tensión de ruptura ( $V_r$ ):** es la tensión inversa máxima que el diodo puede soportar antes de darse el efecto avalancha. Teóricamente, al polarizar inversamente el diodo, este conducirá la corriente inversa de saturación; en la realidad, a partir de un determinado valor de la tensión, en el diodo normal o de unión abrupta la ruptura se debe al efecto avalancha; no obstante hay otro tipo de diodos, como los Zener, en los que la ruptura puede deberse a dos efectos:

- **Efecto avalancha (diodos poco dopados):** En polarización inversa se generan pares electrón-hueco que provocan la corriente inversa de saturación; si la tensión inversa es elevada los electrones se aceleran incrementando su energía cinética de forma que al chocar con electrones de valencia pueden provocar su salto a la banda de conducción. Estos electrones liberados, a su vez, se aceleran por efecto de la tensión, chocando con más electrones de valencia y liberándolos a su vez. El resultado es una avalancha de electrones que provoca una corriente grande.
- **Efecto Zener (diodos muy dopados):** Cuanto más dopado está el material, menor es la anchura de la zona de carga. Puesto que el campo eléctrico "E" puede expresarse como cociente de la tensión V entre la distancia d; cuando el diodo esté muy dopado, y por tanto d sea pequeño, el campo eléctrico será grande, del orden de  $3 \cdot 10^5$  V/cm. En estas condiciones, el propio campo puede ser capaz de arrancar electrones de valencia incrementándose la corriente. Este efecto se produce para tensiones de 4 V o menores.

## 7. Hoja de características de un diodo.

- **Aunque los diferentes fabricantes no se ponen de total acuerdo:** la designación más extendida es la siguiente:

$V_R$  = Tensión inversa.

$I_F(AV)$  = Corriente media directa.

$I_F(RMS)$  = Corriente eficaz directa.

$I_{FRM}$  = Corriente de pico máxima repetitiva.

$V_F$  = Caída de tensión directa.

*AV* = son las iniciales de Average (promedio).

*RMS* = son las iniciales de Root Mean Square (raíz de la media cuadrática).

En las hojas de datos de los fabricantes se suele recoger, en primer lugar, una tabla con los valores límites máximos permitidos (*Absolute maximum ratings*), entre los cuales se encuentran los expresados anteriormente  $V_R$ ,  $I_F(AV)$ ,  $I_F(RMS)$ ,  $I_{FRM}$ . Si cualquiera de ellos se supera el diodo se destruye.

Por ello en nuestro circuito se ha de calcular los valores de "I" y de "V" con los que el diodo trabaja, para con ellos elegir un diodo de forma que pueda soportar todos ellos.

Nuestras herramientas de cálculo van a ser los valores medios y eficaces, así como las distintas formas de onda del circuito.