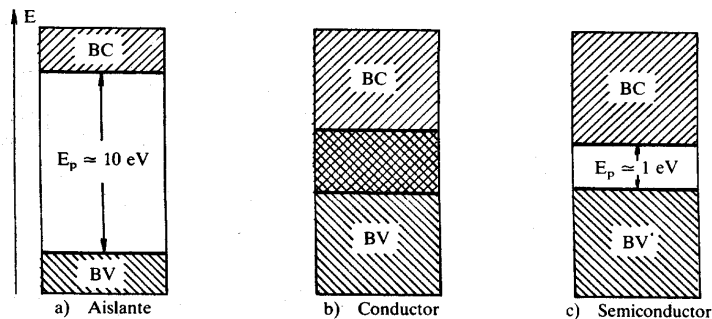


**Tabla 1. Longitudes de onda de algunos compuestos de Galio**

A diferencia de las lámparas de incandescencia cuyo funcionamiento es por una determinada tensión, los Led funcionan por la corriente que los atraviesa. Su conexión a una fuente de tensión constante debe estar protegida por una resistencia limitadora, veremos más adelante algunos ejemplos.

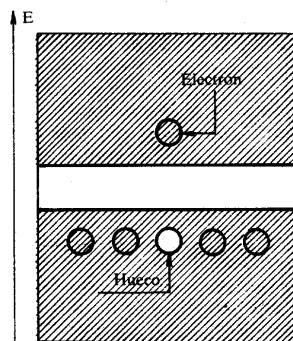
## Teoría de bandas

En un átomo aislado los electrones pueden ocupar determinados niveles energéticos pero cuando los átomos se unen para formar un cristal, las interacciones entre ellos modifican su energía, de tal manera que cada nivel inicial se desdobra en numerosos niveles, que constituyen una banda, existiendo entre ellas huecos, llamados bandas energéticas prohibidas, que sólo pueden salvar los electrones en caso de que se les comunique la energía suficiente. (figura1)



En los aislantes la banda inferior menos energética (banda de valencia) está completa con los  $e^-$  más internos de los átomos, pero la superior (banda de conducción) está vacía y separada por una banda prohibida muy ancha ( $\sim 10 \text{ eV}$ ), imposible de atravesar por un  $e^-$ . En el caso de los conductores las bandas de conducción y de valencia se encuentran superpuestas, por lo que cualquier aporte de energía es suficiente para producir un desplazamiento de los electrones.

Entre ambos casos se encuentran los semiconductores, cuya estructura de bandas es muy semejante a los aislantes, pero con la diferencia de que la anchura de la banda prohibida es bastante pequeña. Los semiconductores son, por lo tanto, aislantes en condiciones normales, pero una elevación de temperatura proporciona la suficiente energía a los electrones para que, saltando la banda prohibida, pasen a la de conducción, dejando en la banda de valencia el hueco correspondiente. (figura2)



En el caso de los diodos Led los electrones consiguen saltar fuera de la estructura en forma de radiación que percibimos como luz (fotones).

## Composición de los Leds

- Led Rojo

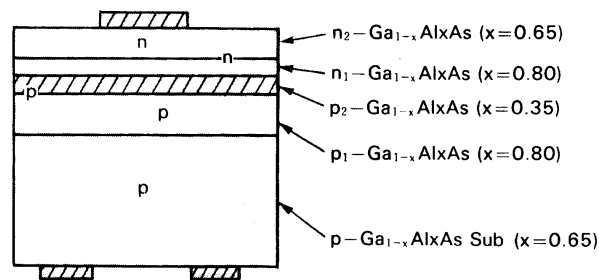
Formado por GaP consiste en una unión p-n obtenida por el método de crecimiento epitaxial del cristal en su fase líquida, en un sustrato.

La fuente luminosa está formada por una capa de cristal p junto con un complejo de ZnO, cuya máxima concentración está limitada, por lo que su luminosidad se satura a altas densidades de corriente. Este tipo de Led funciona con bajas densidades de corriente ofreciendo una buena luminosidad, utilizándose como dispositivo de visualización en equipos portátiles.

El constituido por GaAsP consiste en una capa p obtenida por difusión de Zn durante el crecimiento de un cristal n de GaAsP, formado en un sustrato de GaAs, por el método de crecimiento epitaxial en fase gaseosa.

Actualmente se emplea los Led de GaAlAs debido a su mayor luminosidad.

El máximo de radiación se halla en la longitud de onda 660 nm. (figura 3)



- Led anaranjado y amarillo

Están compuestos por GaAsP al igual que sus hermanos los rojos pero en este caso para conseguir luz anaranjada y amarilla así como luz de longitud de onda más pequeña, lo que hacemos es ampliar el ancho de la “banda prohibida” mediante el aumento de fósforo en el semiconductor.

Su fabricación es la misma que se utiliza para los diodos rojos, por crecimiento epitaxial del cristal en fase gaseosa, la formación de la unión p-n se realiza por difusión de Zn.

Como novedad importante en estos Leds se mezcla el área emisora con una trampa isoelectrónica de nitrógeno con el fin de mejorar el rendimiento.

- Led Verde

El Led verde está compuesto por GaP. Se utiliza el método de crecimiento epitaxial del cristal en fase líquida para formar la unión p-n.

Al igual que los Leds amarillos, también se utiliza una trampa isoelectrónica de nitrógeno para mejorar el rendimiento. Debido a que este tipo de Led posee una baja probabilidad de transición fotónica, es importante mejorar la cristalinidad de la capa n. La disminución de impurezas a larga la vida de los portadores, mejorando la cristalinidad.

Su máxima emisión se consigue en la longitud de onda 555 nm

## Criterios de elección

### 1. Dimensiones y color del diodo

Actualmente los Leds tienen diferentes tamaños, formas y colores. Tenemos Leds redondos, cuadrados, rectangulares, triangulares y con diversas formas.

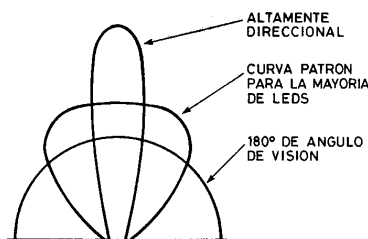
Los colores básicos son rojo, verde y azul, aunque podemos encontrarlos naranjas, amarillos incluso hay un Led de luz blanca.

Las dimensiones en los Led redondos son 3mm, 5mm, 10mm y uno gigante de 20mm. Los de formas poliédricas suelen tener unas dimensiones aproximadas de 5x5mm.

### 2. Ángulo de vista

Esta característica es importante, pues de ella depende el modo de observación del Led, es decir, el empleo práctico de aparato realizado.

Cuando el Led es puntual la emisión de luz sigue la ley de Lambert, permite tener un ángulo de vista relativamente grande y el punto luminoso se ve bajo todos los ángulos. (figura4)



### 3. Luminosidad

La intensidad luminosa en el eje y el brillo están intensamente relacionados. Tanto si el Led es puntual o difusor, el brillo es proporcional a la superficie de emisión.

Si el Led es puntual, el punto será más brillante, al ser una superficie demasiado pequeña. En uno difusor la intensidad en el eje es superior al modelo puntual.

### 4. Consumo

El consumo depende mucho del tipo de Led que elijamos:

Color	Luminosidad	Consumo	Longitud onda	Diámetro
Rojo	1,25 mcd	10 mA	660 nm	3 y 5 mm
Verde, amarillo y naranja	8 mcd	10 mA		3 y 5 mm
Rojo (alta luminosidad)	80 mcd	10 mA	625 nm	5 mm
Verde (alta luminosidad)	50 mcd	10 mA	565 nm	5 mm
Hiper Rojo	3500 mcd	20 mA	660 nm	5 mm

Hiper Rojo	1600 mcd	20 mA	660 nm	5 mm
Hiper Verde	300 mcd	20 mA	565 nm	5 mm
Azul difuso	1 mcd 60°		470	5 mm
Rojo y verde	40 mcd	20 mA		10 mm

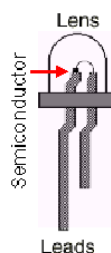
**Tabla 2. Características de los Leds.**

### Estructura de un Led

Los Led están formados por el material semiconductor que está envuelto en un plástico translúcido o transparente según los modelos. En la figura podemos observar la distribución interna.

El electrodo interno de menor tamaño es el ánodo y el de mayor tamaño es el cátodo

Los primeros Leds se diseñaron para permitir el paso de la máxima cantidad de luz en dirección perpendicular a la superficie de montaje, más tarde se diseñaron para difundir la luz sobre un área más amplia gracias al aumento de la producción de luz por los Leds. (figura5)



### Algunas consideraciones

Si la corriente aplicada es suficiente para que entre en conducción el diodo emitirá una cierta cantidad de luz que dependerá de la cantidad de corriente y la temperatura del Led.

La luminosidad aumentará según aumentemos la intensidad pero habrá que tener en cuenta la máxima intensidad que soporta el Led.

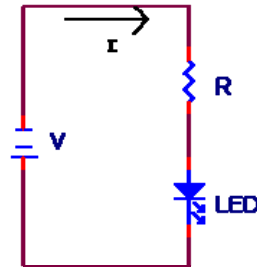
Antes de insertar un diodo en un montaje tendremos que tener el color del diodo para saber la caída de tensión parámetro necesario para los cálculos posteriores:

Color	Caída de tensión ( VLED ) V	Intensidad máxima ( ILED ) mA	Intensidad media ( ILED )mA
Rojo	1.6	20	5 – 10
Verde	2.4	20	5 – 10
Amarillo	2.4	20	5 – 10
Naranja	1.7	20	5 – 10

### Tabla 3. Caída de tensión e intensidad.

#### Circuito básico en continua

La resistencia de limitación de la figura6 puede calcularse a partir de la fórmula:



$$R = \frac{V - V_{led}}{I}$$

Si expresamos V en voltios e I en miliamperios el valor de la resistencia vendrá directamente expresado en kiloohmios.

También hay que tener en cuenta el calor disipado por en la resistencia, se calcula por la Ley de Joule. (figura6)

#### Ley de Joule:

$$Potencia = I^2 R$$

Donde I es la intensidad que atravesará al diodo y R la resistencia calculada en el apartado anterior.

#### Asociación de Leds

- Serie

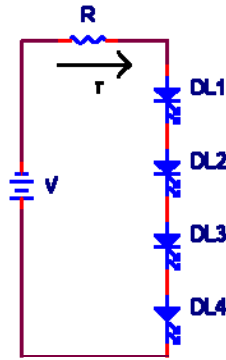
Los diodos se pueden conectar en serie siempre que la suma de las caídas de tensión sea menor que la tensión de alimentación.

La fórmula a utilizar para el cálculo de la resistencia limitadora es:

$$R = \frac{V - NV_{led}}{I}$$

Donde N es el número de Leds conectados en serie.

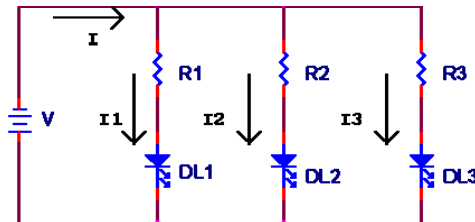
Ver figura7 para su interconexión.



- Paralelo

Para conectar varios Leds en paralelo solo tendremos que calcular el valor para un Leds y luego los ponemos como en la (figura 8).

En este caso habrá que tener cuidado con la intensidad de la fuente de alimentación que deberá ser superior a la suma de todos los Leds.



### Ejemplo

Supongamos que la tensión de alimentación es de 12 voltios y vamos a utilizar un diodo Led de color rojo por el que circulará una corriente de 5 mA.

La resistencia limitadora será:

$$R = \frac{12 - 1,3}{5} = 2,14 \text{ K}$$

Utilizaremos un resistencia normalizada (ver lista normalizada) de valor 2K2, con esta resistencia la intensidad real que circulará es de 4,86 mA. Valor lo más próximo al teórico.

El cálculo de la potencia lo vamos a realizar con la Ley de joule con lo que resultado queda  $P = 0.055 \text{ W}$ , es decir, 55 mW; por tanto, basta con utilizar una resistencia de  $\frac{1}{4}$  de vatio (250 mW) de 2K2 en serie con el diodo Led.

### **Circuito en alterna**

Si queremos conectar un Led a un circuito en alterna tendremos que tener en cuenta que en la corriente alterna existen tensiones positivas y negativas que se van alternado en una duración que será la mitad de la frecuencia, este punto es importante debido a que los diodo tienen una tensión de funcionamiento en polarización directa y otra en la inversa y podremos sobrepasarla para no destruir la unión semiconductor.

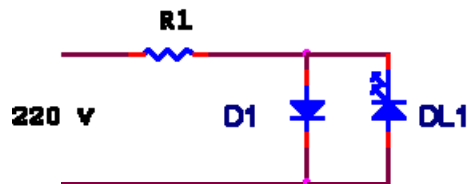
Para ello tenemos dos opciones:

### 1ª Solución

Consiste en colocar un diodo en oposición al Led, de forma que cuando no conduzca el Led conduzca el diodo, y ala inversa, lo que supone una caída de tensión de 0,7 voltios en el diodo, no superando los 3 voltios de ruptura del Led.

Con esto evitamos la destrucción cuando está polarizado inversamente pero tendremos que limitar la tensión y eso lo podremos conseguir con una resistencia en serie que calcularemos con la fórmula que utilizamos en el apartado Circuito básico en continua.

La potencia podremos calcularla con la Ley de Joule (figura 9)



Vamos a calcular un pequeño ejemplo práctico:

Sea un diodo Led con una caída de tensión de 1,2 voltios y un intensidad máxima de 20 mA, que se desea conectar a una tensión alterna de 220 voltios.

$$R = \frac{220 - V_{dl1}}{I_{dl1}}$$

$$R = \frac{220 - 1,2}{10} \approx 22 \text{ K } \Omega$$

La potencia de

$$R1 = V_{R1} \times I_{dl1} = (220 - 1,2) \times 10 \approx 3W$$

Un inconveniente de esta solución es que la resistencia será muy voluminosa al tener una potencia considerable.

### 2ª Solución

Para evitar poner una resistencia de 3W podremos colocar un condensador que se comportará como una resistencia al estar frente a una tensión alterna.

Al igual que en el circuito anterior tendremos que limitar la intensidad del circuito, como ejemplo vamos a utilizar los datos anteriores.

En este caso Rs nos sirve para limitar la intensidad cuando el condensador está descargado ya que se produciría un pico considerable que no soportaría el Led, como valor máximo de pico que puede soportar el Led tenemos:

$$I_{\text{pico}} = 220 / 1 \approx 220 \text{ mA.}$$

Por tanto el valor de la resistencia será:

$$R_S = \frac{220 \text{ V}}{220 \text{ mA}} = 1 \text{ K}$$

$$V_{RS} = 1K \times 10 \text{ mA} = 10V$$

$$R_S = 1K\Omega - 1/4 \text{ W}$$

Para calcular el valor del condensador se tendrá en cuenta que la tensión en el condensador está desfasada  $90^\circ$  con respecto a la tensión en las resistencias y en el diodo así que aplicando Pitágoras (ver la figura) tendremos que:

$$V_C = (220^2 - (V_R + V_{LED})^2)^{1/2} = (220^2 - (11,2)^2)^{1/2} \approx 219,7 \text{ V}$$

Siendo la intensidad del condensador  $I_c = 10 \text{ mA}$ .

La resistencia capacitiva será:

Tomando un valor normalizado  $X_c = 22 \text{ K}\Omega$

$$X_C = \frac{219,7 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 21,9 \text{ K}\Omega$$

La capacidad del condensador será:

$$C = \frac{I}{2\pi f X_C} = \frac{I}{100\pi \times 22 \cdot 10^3} \gg 150 \text{ nF}$$

Podemos ver que con esta solución reducimos el valor de la resistencia sustituyéndola por un condensador de  $150 \text{ nF}$  que tenga una tensión de trabajo de  $400\text{V}$  al ser los  $220$  eficaces.

Como ventajas tenemos que no es tan voluminoso y al haber sustituido la resistencia de  $3\text{W}$  no tendremos una disipación de calor tan grande. (Figura10)

