

UD6 Circuitos rectificadores

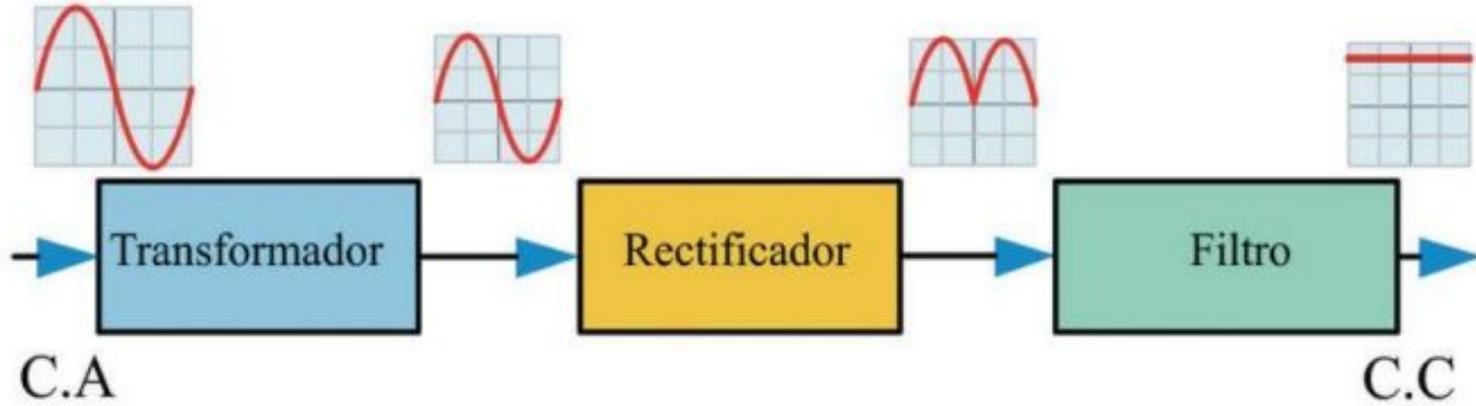
UD7 Filtros analógicos con componentes pasivos

UD8 Fuentes de alimentación

1.- Circuitos de rectificación

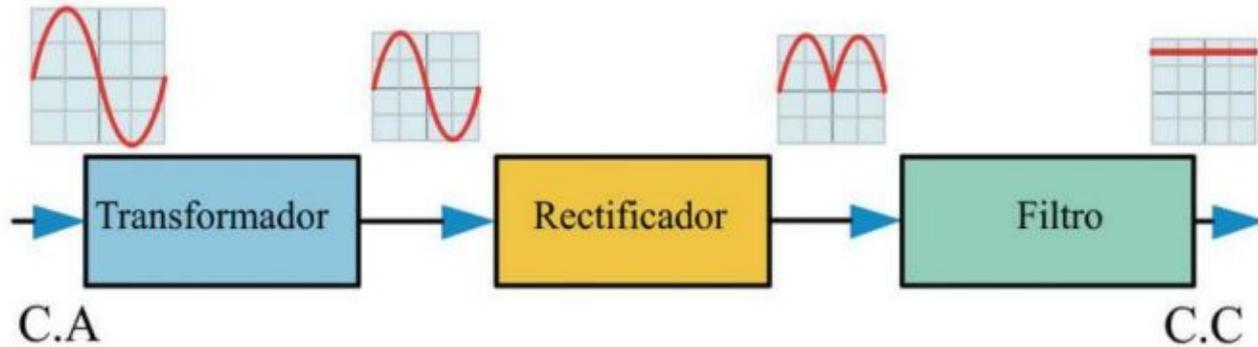
Un circuito rectificador tiene la función de convertir o rectificar la C.A. en C.C.

Los circuitos de rectificación suelen ser una parte importante de las fuentes de alimentación.



Estas fuentes suelen disponer de un transformador con el objeto de reducir la tensión de la red eléctrica a valores más adecuados para los equipos que se van a alimentar.

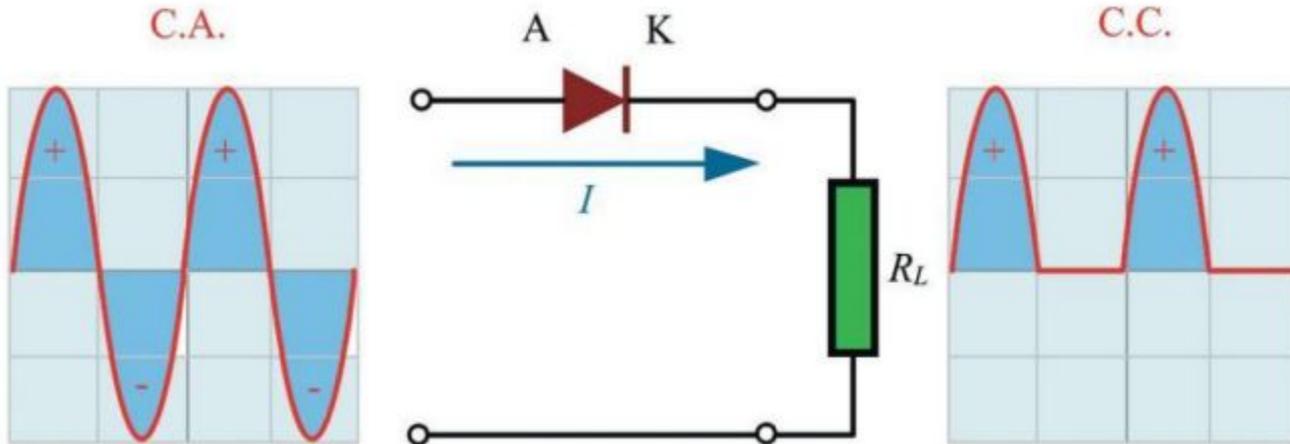
Además de estos elementos, las fuentes de alimentación suelen incorporar en su etapa final un circuito de filtrado, con el fin de conseguir una corriente lo más continua posible.



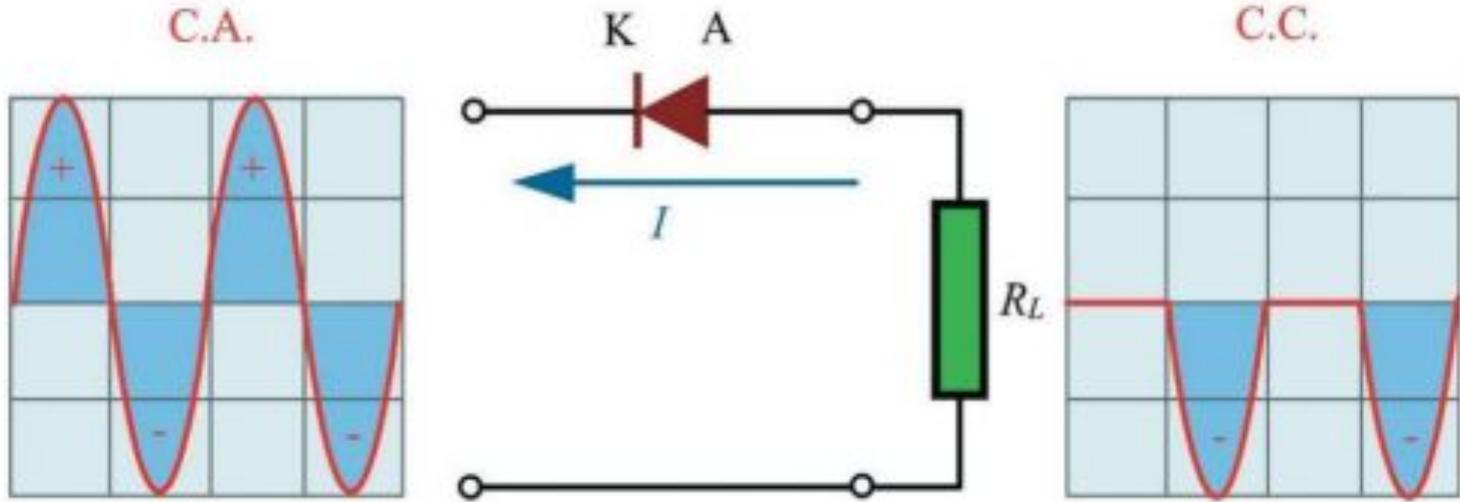
2.- Circuito rectificador de media onda

Cuando los valores de la tensión de entrada son positivos y superiores a la tensión umbral del diodo (0,7 V para el silicio y 0,3 V para el germanio), se polariza directamente y, por tanto, aparece una corriente eléctrica por R_L .

Cuando la tensión de C.A. cambia de positiva a negativa (siguiente semiciclo), el diodo queda polarizado inversamente y la corriente por R_L , se interrumpe.



En el caso de que se invirtiese la polaridad del diodo, el resultado obtenido sería el que se muestra en la Figura



En el caso de que se desprecie la caída de tensión producida por el diodo y considerando que el valor máximo de la tensión no varía, se puede demostrar matemáticamente que el valor medio de la señal de media onda es igual a:

$$V_{\text{med}} = \frac{V_{\text{máx}}}{\pi}$$

A este valor también se lo denomina de C.C., ya que va a ser el que aparezca en la lectura de un voltímetro de C.C. ($V_{\text{med}} = V_{CC}$).

Si tenemos en cuenta que en el diodo aparece una caída de tensión de unos 0,7 V, tendremos una tensión para la carga de:

$$V_{CC} = \frac{V_{\text{máx}} - 0,7}{\pi}$$

¿Cuál será la lectura de un voltímetro de C.C. conectado a la salida de un rectificador de media onda si a su entrada se le aplica una tensión alterna senoidal de 230 V de valor eficaz?

$$V_{\text{máx}} = V_{\text{efi}} \sqrt{2} = 230 \cdot \sqrt{2} = 325,27 \text{ V}$$

$$V_{\text{CC}} = \frac{325,27 - 0,7}{\pi} = 103,31 \text{ V}$$

Intensidad de corriente por el diodo

Para determinar esta corriente, lo único que hay que hacer es tener en cuenta la tensión de C.C., la resistencia de carga R_L :

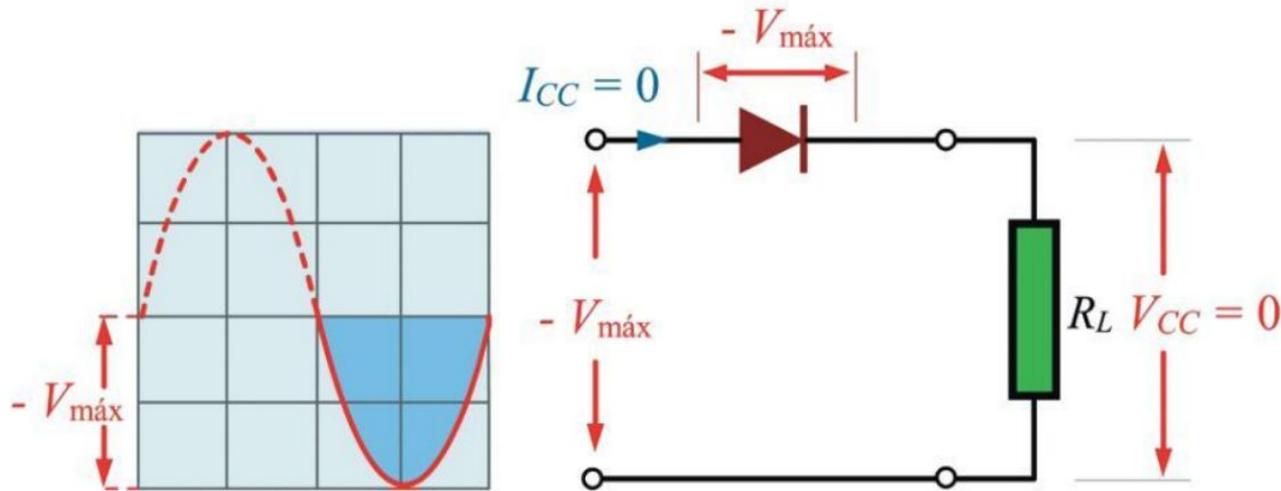
$$I_{CC} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

Hay que tener en cuenta que, en este tipo de rectificadores, la corriente que atraviesa al diodo rectificador es la misma que fluye por la carga.

Tensión inversa máxima del diodo

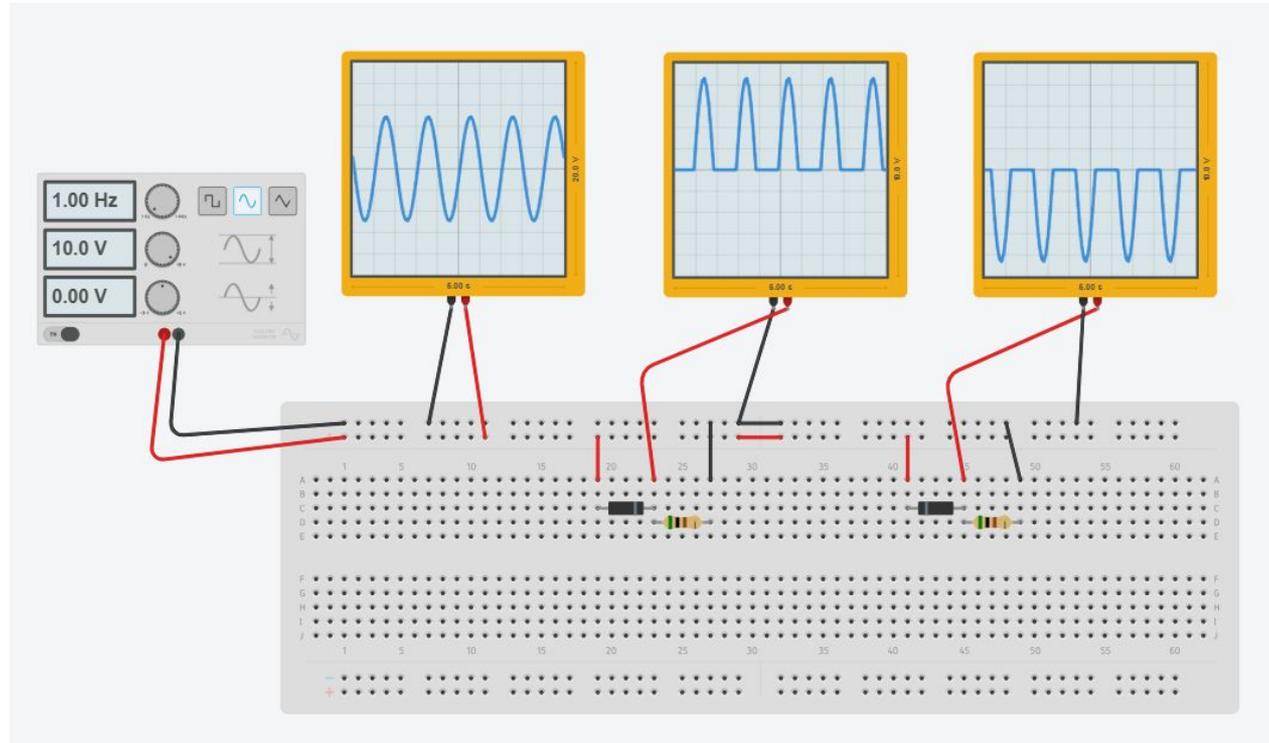
En el semiciclo en el que el diodo no conduce, este se polariza inversamente y se comporta como un interruptor abierto.

En polarización inversa el diodo soporta la tensión máxima de la C.A.

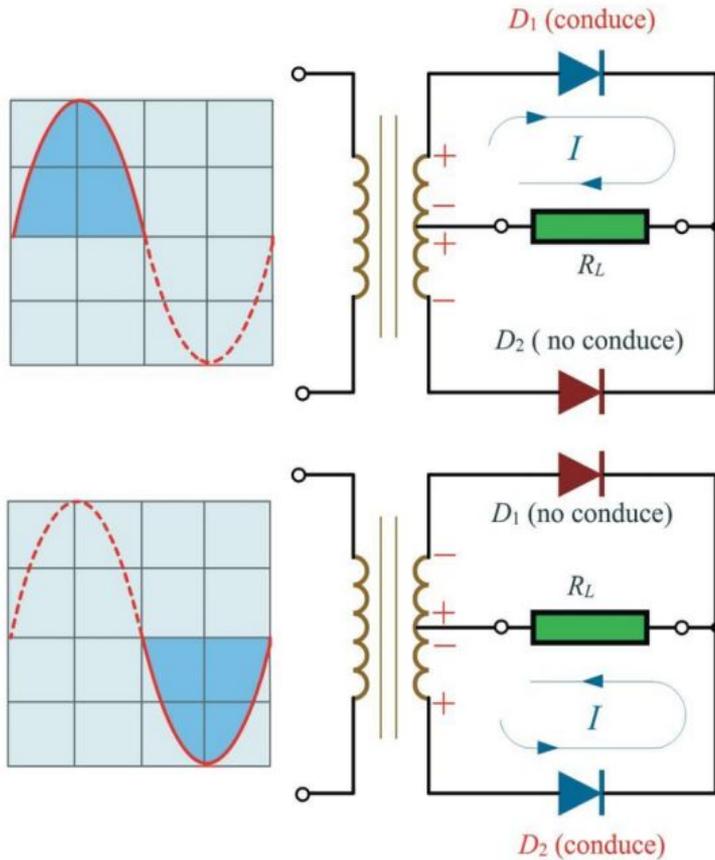


Práctica 1

Simular el siguiente circuito en Tinkercad y posteriormente hacer el montaje en una Protoboard

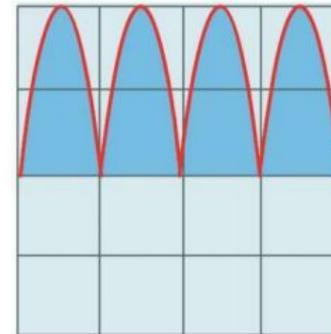


3.- Circuito rectificador de onda completa mediante transformador de toma intermedia



Para realizar este circuito, es necesario disponer de un transformador especial que posea una toma intermedia en su bobinado secundario y un par de diodos semiconductores.

La tensión que aparece en cada una de las dos mitades del secundario corresponde a la mitad de la tensión que surge en el conjunto de los terminales de salida del transformador.



3.- El puente rectificador

Esta otra forma de obtener una tensión rectificada de onda completa es mucho más empleada que la anterior, ya que resulta más económica, posee un gran rendimiento y no necesita un transformador de toma intermedia.

El puente rectificador consta de cuatro diodos.

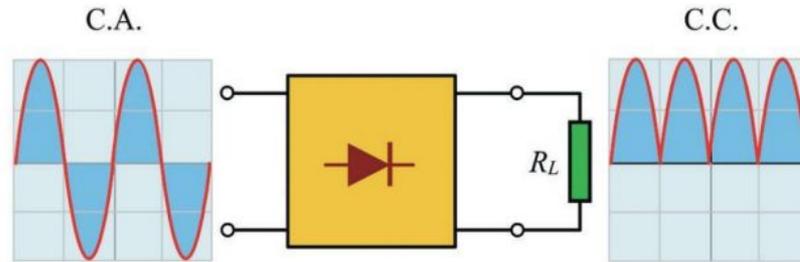
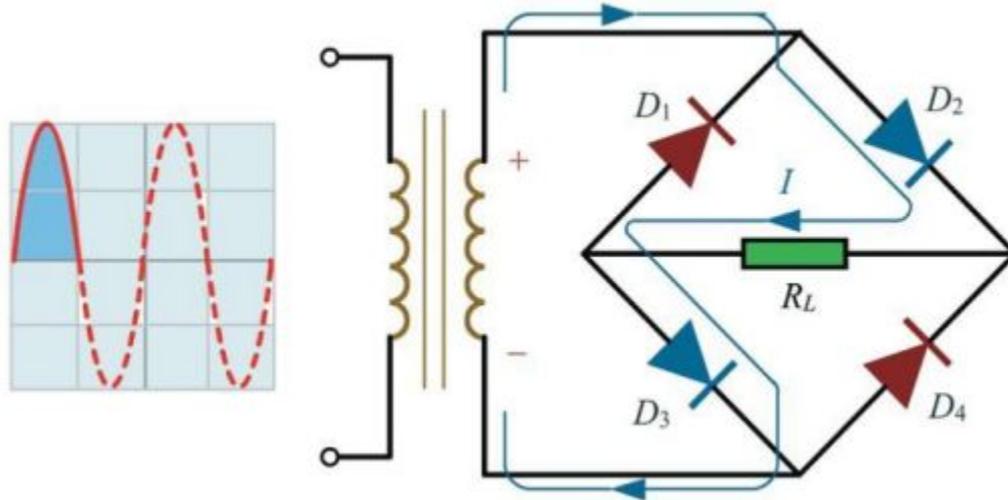


Figura 8.8. Puente rectificador.

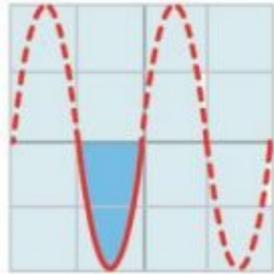
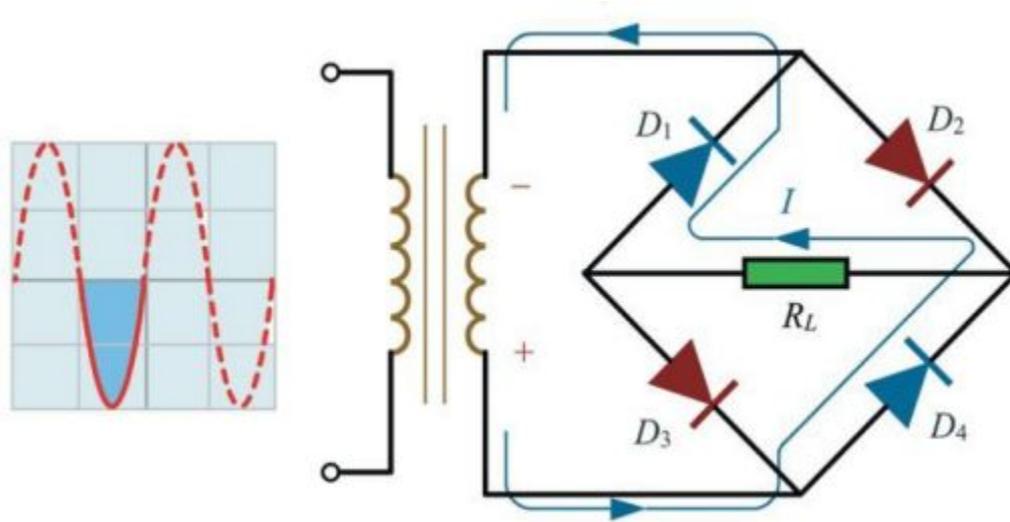


En el semiciclo positivo los diodos D_2 y D_3 se polarizan directamente, lo que provoca la circulación de una corriente por la carga R_L en la dirección que se muestra en la Figura.

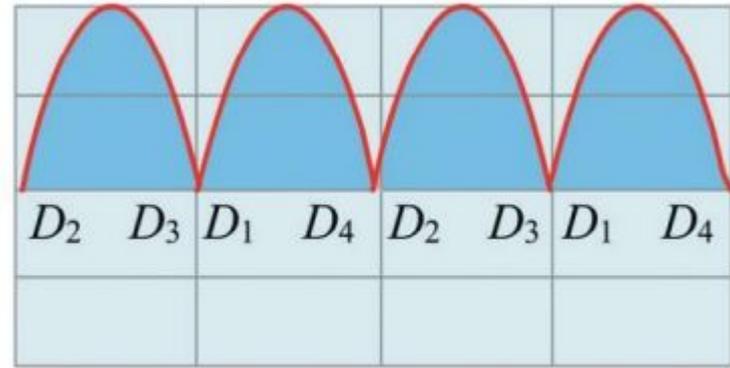
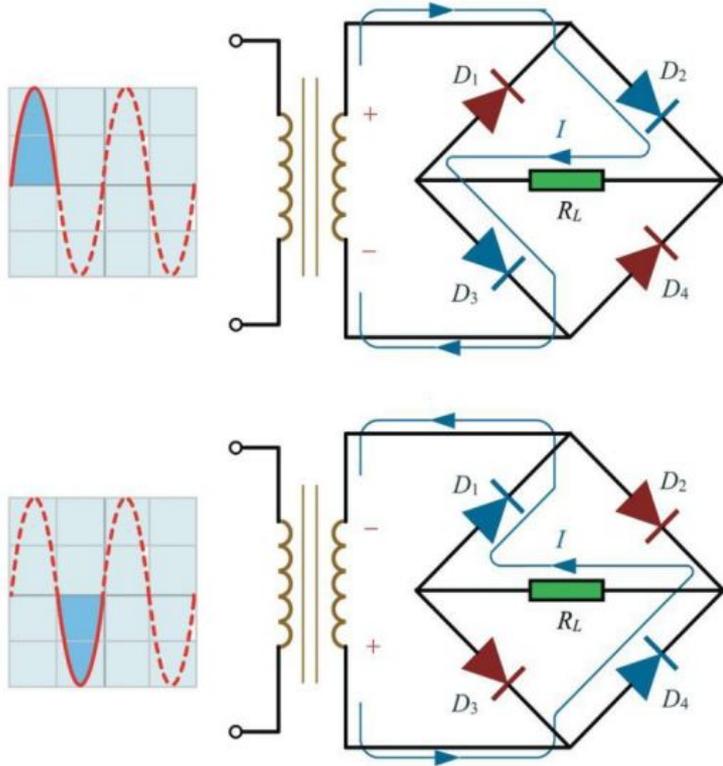
Por otro lado, los diodos D_1 y D_4 quedan polarizados inversamente y no conducen.



En el semiciclo negativo los diodos D_1 y D_4 se polarizan directamente y los diodos D_2 y D_3 quedan polarizados inversamente.



La dirección de la corriente que se establece por R_L es la misma en ambos casos.



Tensión en la carga (R_L)

Valor medio de tensión rectificada de onda completa

$$V_{CC} = 2 \frac{(V_{\text{máx}} - 1,4)}{\pi}$$

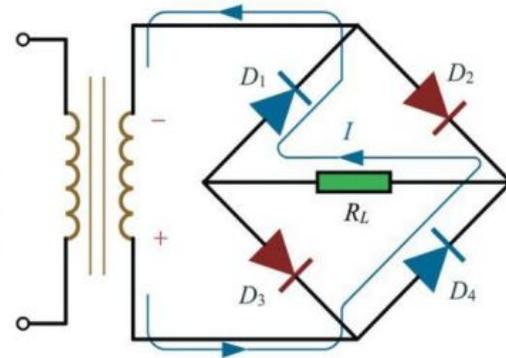
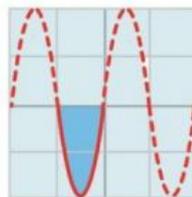
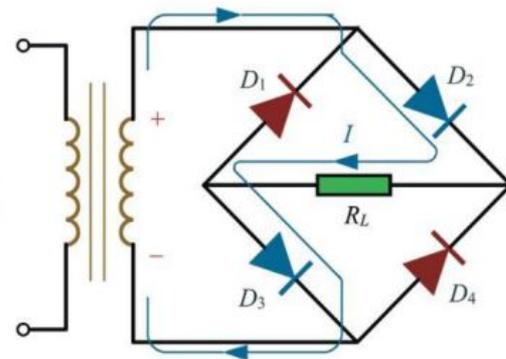
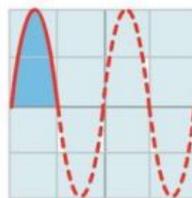
Corriente nominal por los diodos

En la carga:

$$I_{CC} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

y en los diodos:

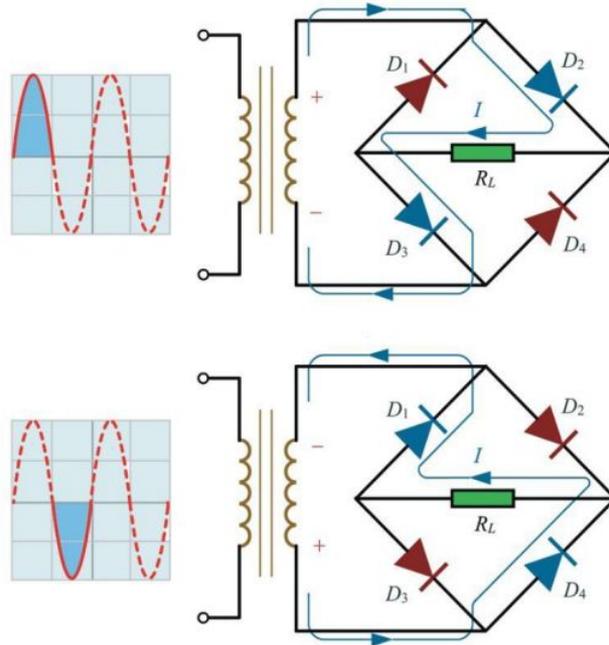
$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{CC}}{2}$$



Ejercicio: En el circuito rectificador de onda completa de la Figura, el transformador proporciona una tensión en el secundario de 12 V.

Teniendo en cuenta la caída de tensión en los diodos, calcula la tensión y corriente de C.C. de la resistencia de carga de 24Ω .

Averigua también la corriente nominal de los diodos, así como su tensión inversa pico.

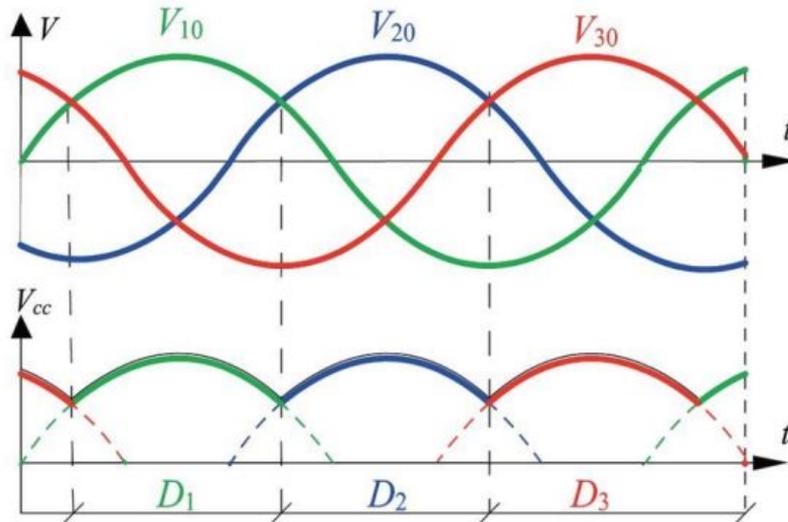
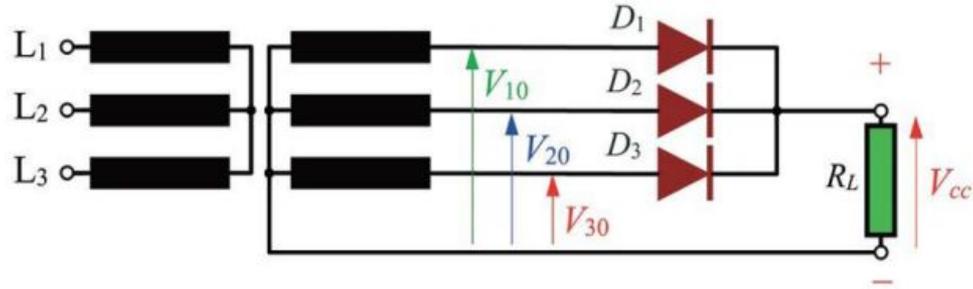


4.- Rectificadores trifásicos

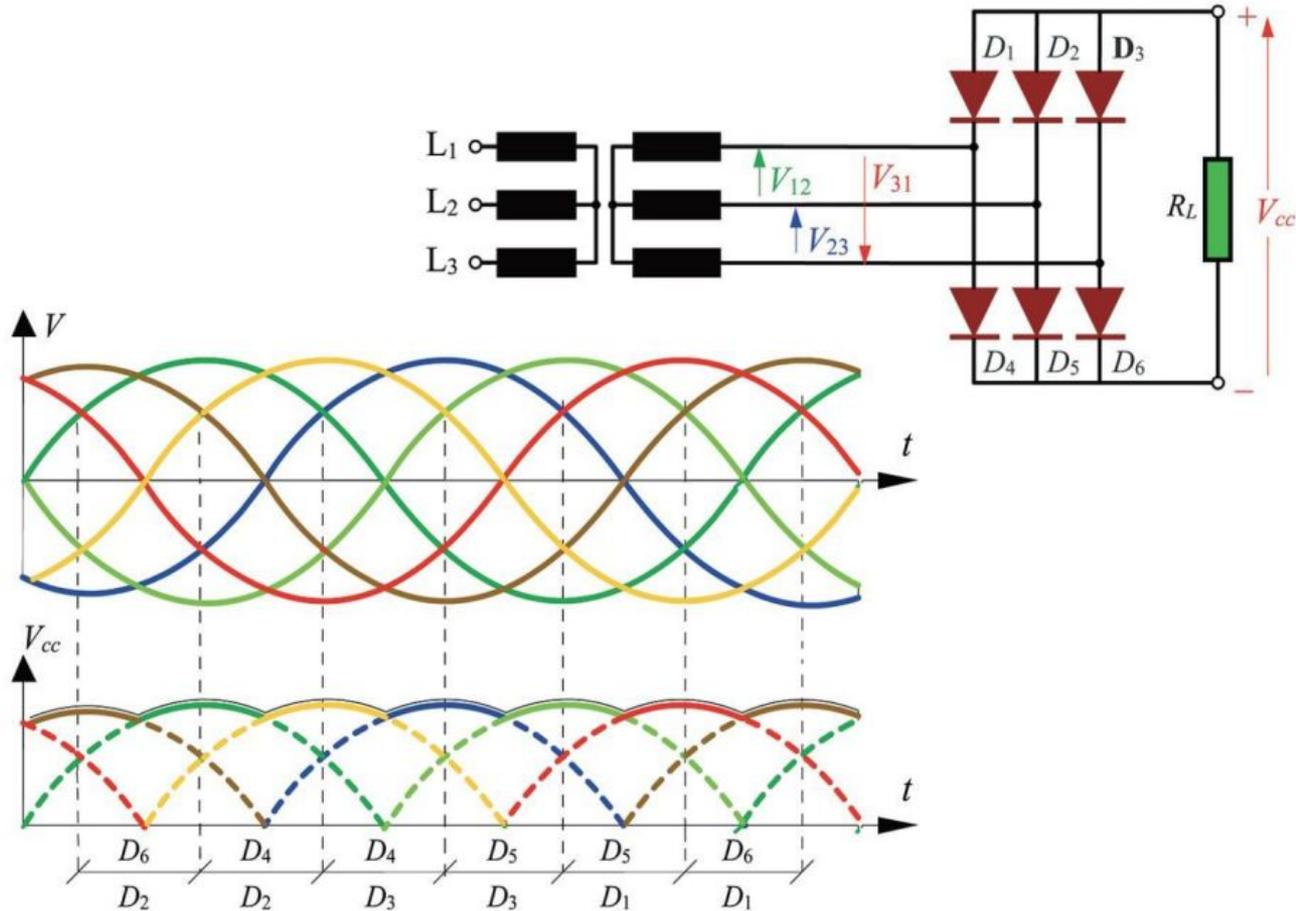
Cuando se quieren obtener grandes potencias de salida de C.C. resulta más conveniente la utilización de circuitos rectificadores trifásicos.

Mediante estos circuitos se consigue mejorar sensiblemente la uniformidad de la tensión continua de salida.

Circuito rectificador trifásico de media onda



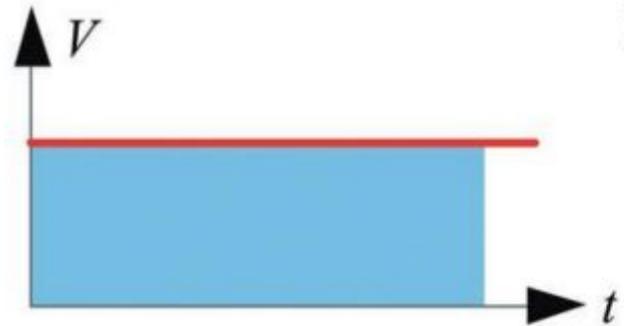
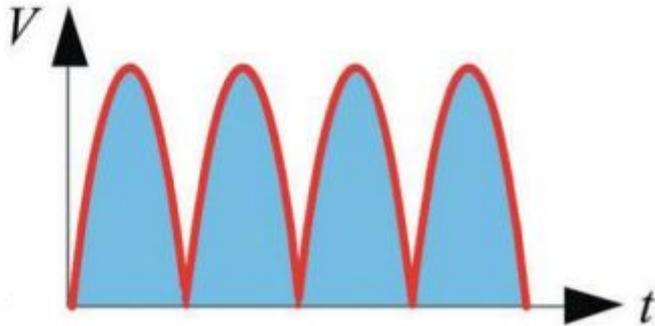
Circuito rectificador trifásico de onda completa



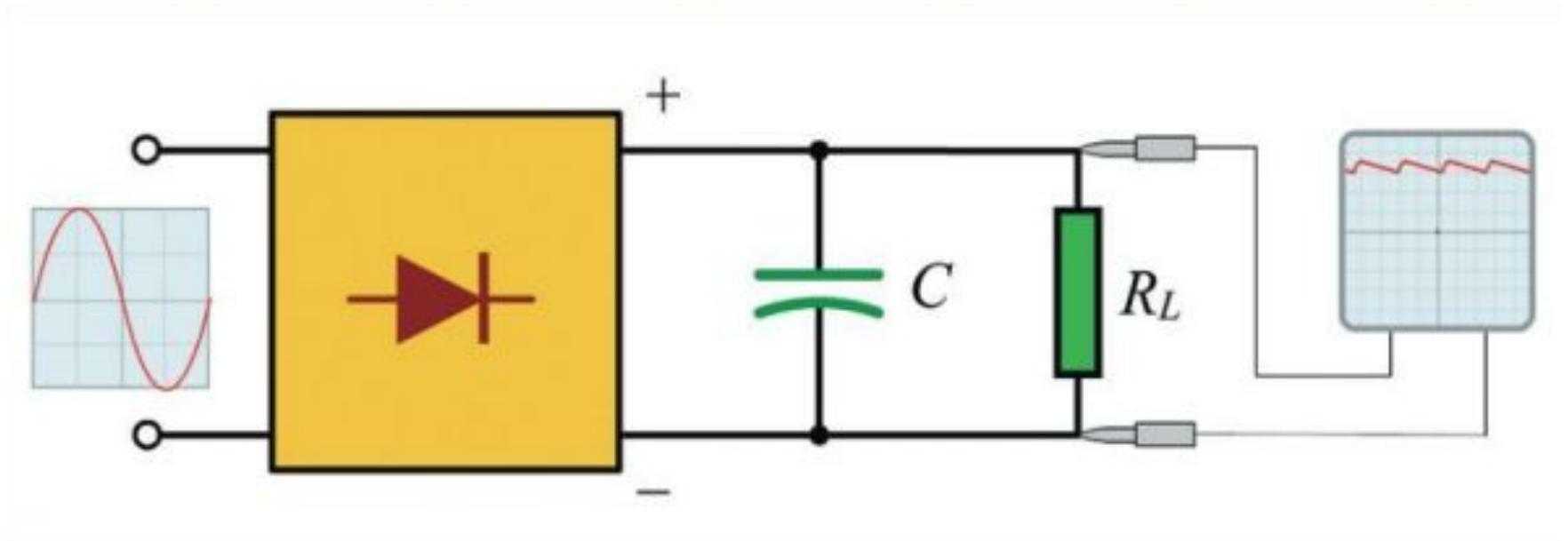
5.- Filtrado

La misión de los circuitos de filtrado es la de reducir las variaciones de amplitud de la corriente y conseguir que la corriente sea lo más constante posible en la carga a alimentar.

Cuando se consigue esto se dice que se ha reducido la componente de corriente alterna de la corriente de salida del rectificador o que se ha reducido el rizado.



Filtro con condensador



El aspecto que tiene la tensión de salida en un circuito rectificador de onda completa con condensador de filtrado es como el que se muestra en la Figura.

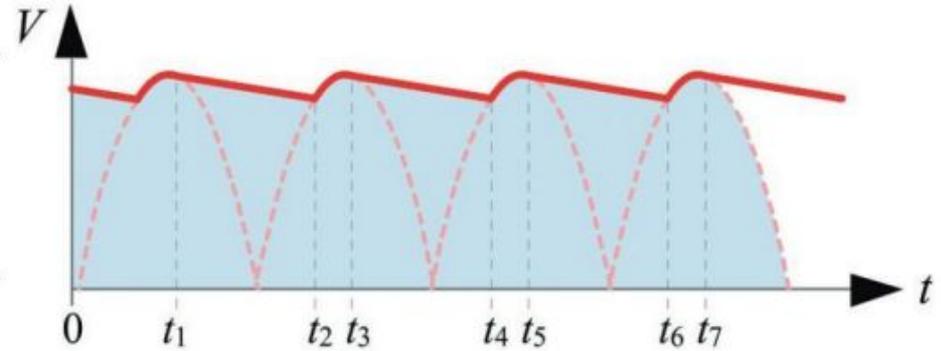
0 a t_1 → el rectificador conduce y se carga el condensador.

t_1 a t_2 → el condensador se descarga y deja de conducir el rectificador.

t_2 a t_3 → el rectificador conduce y se carga el condensador.

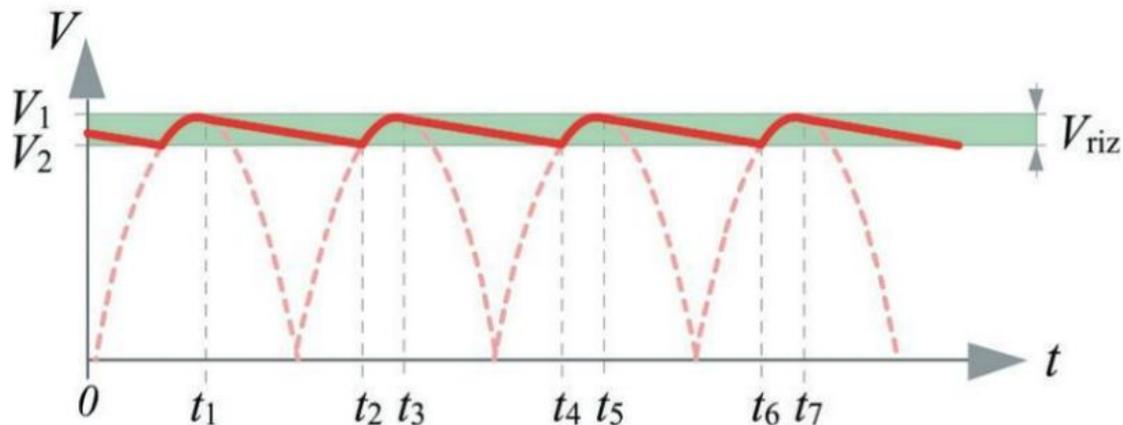
t_3 a t_4 → el condensador se descarga y deja de conducir el rectificador.

t_4 a t_5 → etc.



Cuanto más constante sea la tensión de salida, más calidad de C.C. poseerá la tensión rectificada. Se dice, entonces, que se reduce su rizado.

$$V_{\text{riz}} = V_1 - V_2$$



Es posible establecer una relación matemática entre la tensión de rizado y la capacidad del condensador mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{riz}} = \frac{I}{fC}$$

V_{riz} = Tensión de rizado en voltios.

I = Corriente de C.C. por la carga en amperios.

f = Frecuencia del rizado en hercios.

C = Capacidad del condensador en faradios.

Determina la tensión de rizado de un puente rectificador al que se le alimenta con C.A. de la red a 50 Hz, si al conectar un condensador electrolítico de $600 \mu\text{F}$ circula por la carga una corriente de 100 mA.

Por lo general, se diseña el condensador para conseguir una tensión de rizado correspondiente al 10% de la tensión pico máxima.

Cuando se utilizan condensadores de alta capacidad, el valor medio de la tensión de C.C. en la carga se aproxima bastante a la tensión pico máxima.

En la práctica, para determinar este valor bastará con restar a esta cantidad la mitad de la tensión de rizado, es decir:

$$V_{CC} = V_{\text{máx}} - \frac{V_{\text{riz}}}{2}$$

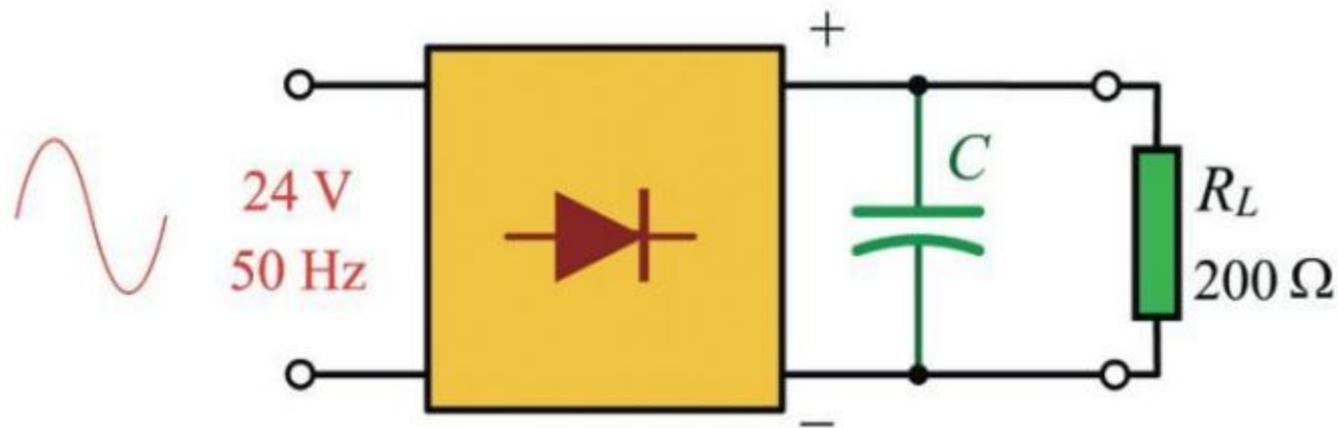
En un puente rectificador (hay que restar $2 \times 0,7\text{V} = 1,4\text{V}$ por la caída de tensión en los diodos):

$$V_{CC} = V_{\text{máx}} - \frac{V_{\text{riz}}}{2} - 1,4 \text{ V}$$

Ejercicio:

Determina la tensión de C.C. en la carga de un rectificador con filtro por condensador, si la tensión máxima en la salida es de 12 V. (Aplicando la regla de diseño del 10%)

En la Figura se muestra un puente rectificador con filtro por condensador. Diseña el condensador de filtrado siguiendo la regla del 10 %. Determina también la tensión de C.C. en la carga, la tensión de rizado, así como la corriente por la carga.



Si el valor eficaz de la tensión alterna aplicada a la entrada de un rectificador en puente es de 200 V, averigua cuál será la tensión máxima que deberán soportar los diodos.

El valor eficaz de la tensión alterna a la entrada a un rectificador de media onda es de 17 V. ¿Cuál será la lectura de un voltímetro de continua conectado a la salida?

El valor máximo de la tensión alterna de entrada a un puente de rectificadores es de 100 V. ¿Cuál será la lectura de un voltímetro de continua conectado a la salida?

Encuentra la corriente nominal de los diodos de silicio, así como su tensión inversa pico máxima, para los diferentes tipos de circuitos rectificadores:

- a) Rectificador de media onda
- b) Rectificador de onda completa con transformador de toma intermedia
- c) Puente rectificador.

Las características a las que se someten dichos circuitos rectificadores son en todos los casos: tensión eficaz en el secundario del transformador = 24 V, resistencia de la carga = 100 Ω .

Determina la tensión y la corriente por la carga en cada uno de los casos.

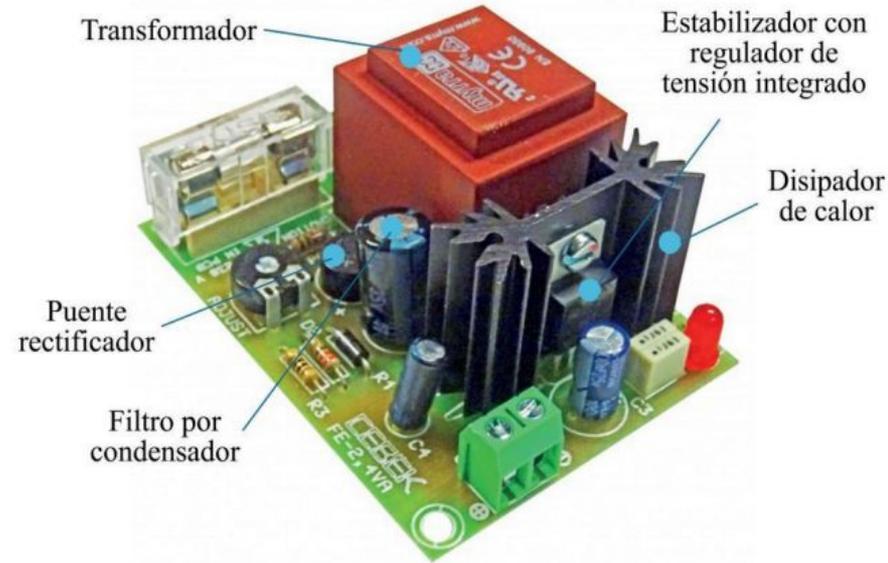
Por último, dibuja los esquemas eléctricos correspondientes a cada uno de los circuitos indicados.

A un puente rectificador, con filtro por condensador, se le aplica una tensión senoidal de 50 Hz y 12 V. Diseña el condensador de filtrado siguiendo la regla del 10 % para una carga de 100Ω . Determina también la tensión de C.C. en la carga, la tensión de rizado, así como la corriente por la carga.

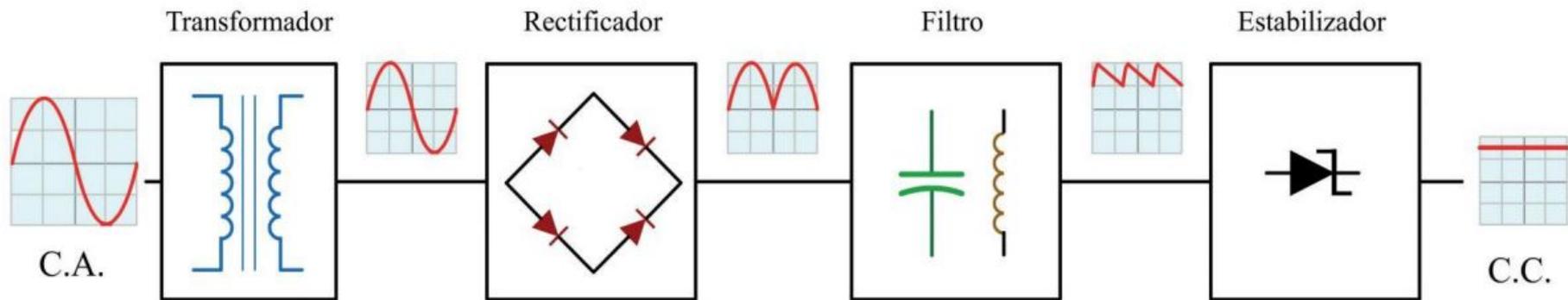
6.- Fuentes de alimentación lineales

Las fuentes de alimentación lineales son de diseño simple. Los circuitos de estabilización se consiguen con la utilización del diodo Zener y de los reguladores de tensión integrados.

El efecto de estabilización se consigue a base de sacrificar parte de la potencia entregada por la fuente. En consecuencia, su rendimiento se reduce hasta el 50%, y los componentes de los circuitos de estabilización convierten la potencia perdida en calor y tienden a elevar la temperatura a valores excesivos. Su campo de aplicación queda entonces limitado a equipos de poca potencia.



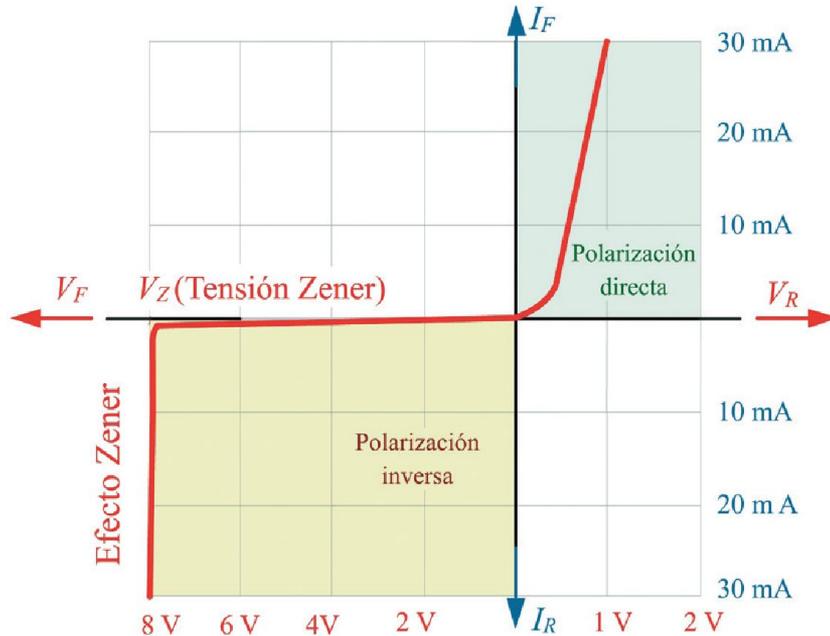
Etapas de una fuente de alimentación.



El diodo Zener

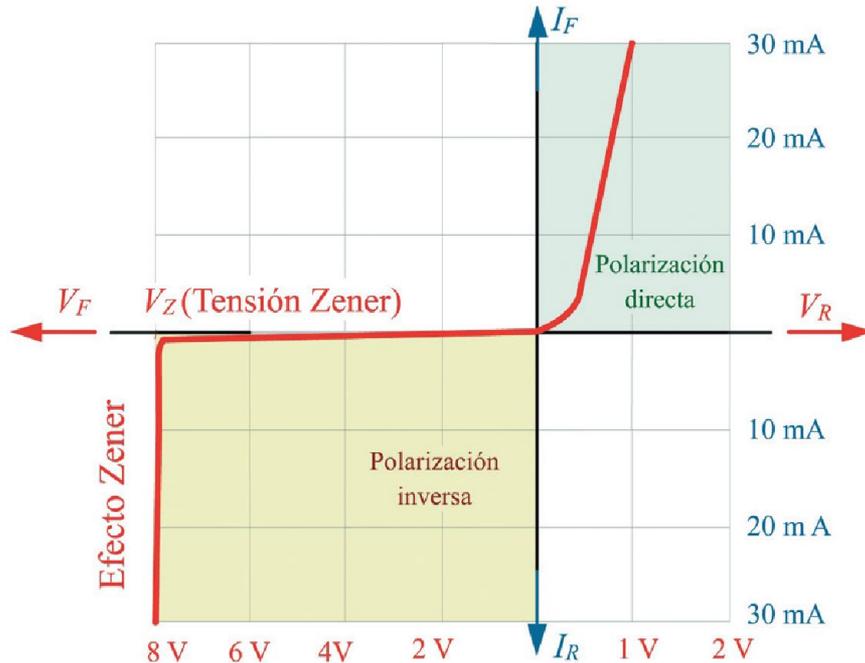
El **diodo Zener** es un tipo especial de diodo diseñado para **trabajar en polarización inversa**, es decir, cuando la tensión se aplica al revés de un diodo normal.

Su característica principal es que **mantiene un voltaje constante** cuando se alcanza su tensión de ruptura (llamada "tensión Zener"), sin importar que la corriente varíe dentro de ciertos límites.



El diodo Zener se comporta como un diodo normal al estar polarizado directamente, y comienza a conducir, aproximadamente, a una tensión de 0,7 V.

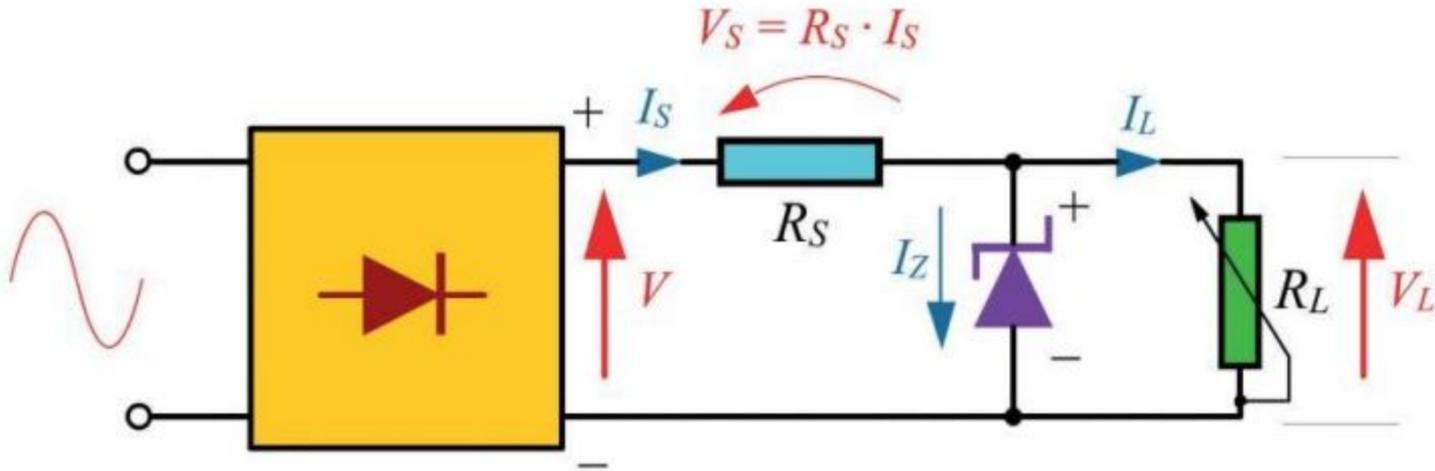
Hay que indicar que este tipo de funcionamiento en los diodos Zener no es el habitual, ya que están diseñados para trabajar en polarización inversa.



El diodo Zener como regulador de tensión

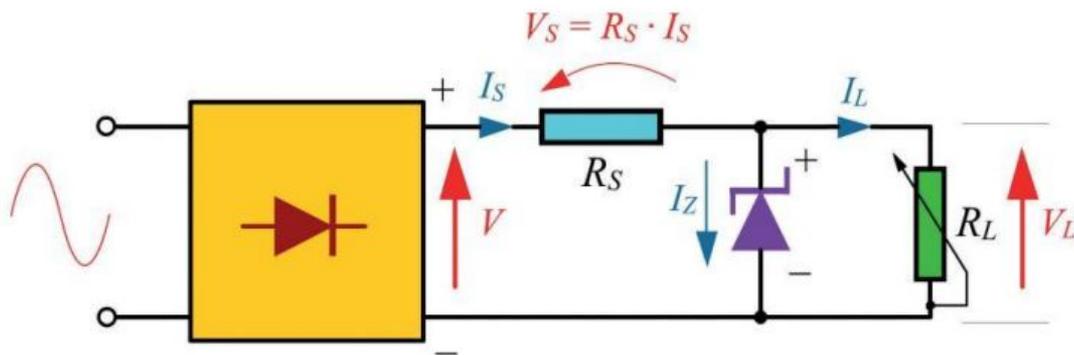
Una de las aplicaciones más extendidas del diodo Zener es la de estabilizador de tensión para fuentes de alimentación.

Eso se consigue aprovechando la propiedad que poseen dichos diodos de conducir con tensiones de polarización inversa, manteniendo la tensión entre sus extremos prácticamente constante.



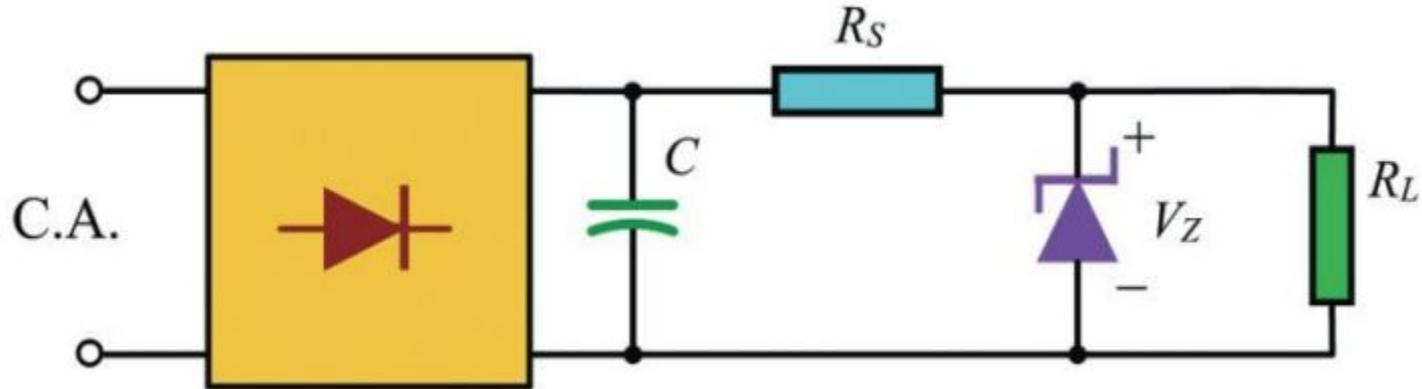
La tensión V_L que aparece a la salida va a depender de la caída de tensión que se produzca en la resistencia de polarización (R_s).

$$V_L = V - V_S$$



Estabilizador en paralelo

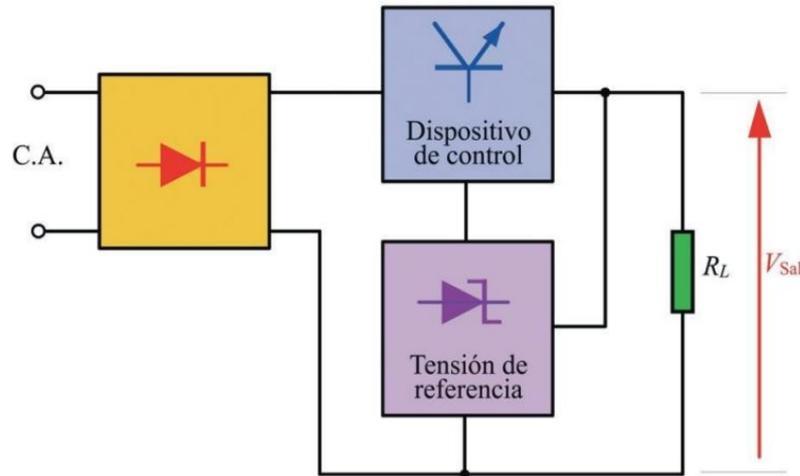
Un ejemplo de estabilizadores en paralelo es el que hemos realizado con el diodo Zener como regulador de tensión.



Estabilizadores en serie

Este circuito variará su resistencia interna en función de la tensión que se presente en la carga, de tal forma que, si la tensión tiende a reducirse, dicha resistencia interna disminuye con el fin de que la caída de tensión que en ella se produce disminuya

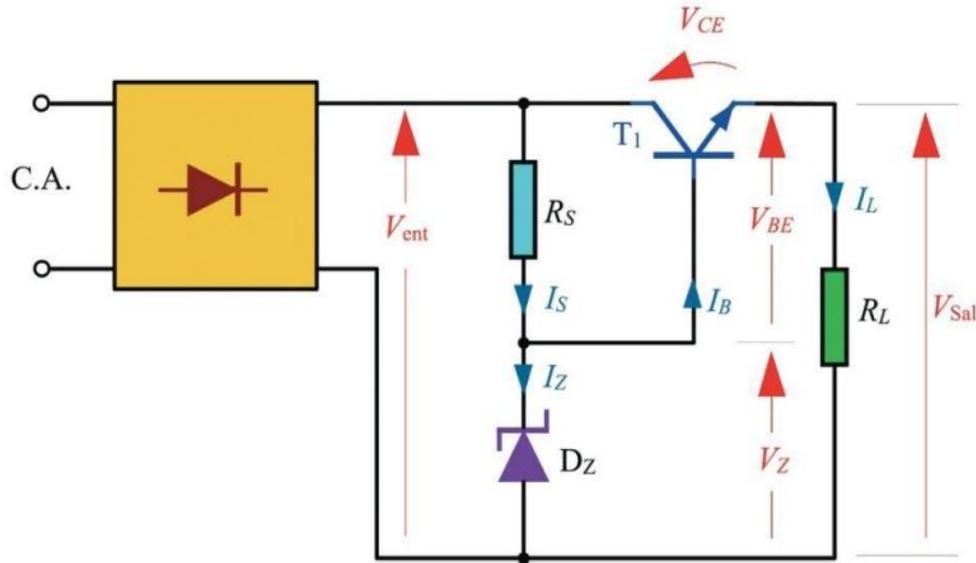
Al contrario, si la tensión en la carga tiende a elevarse, se produce un aumento de resistencia interna del estabilizador, y con ella un aumento de la caída de tensión.



Estabilizadores en serie

Uno de los componentes que puede modificar su resistencia interna es el transistor.

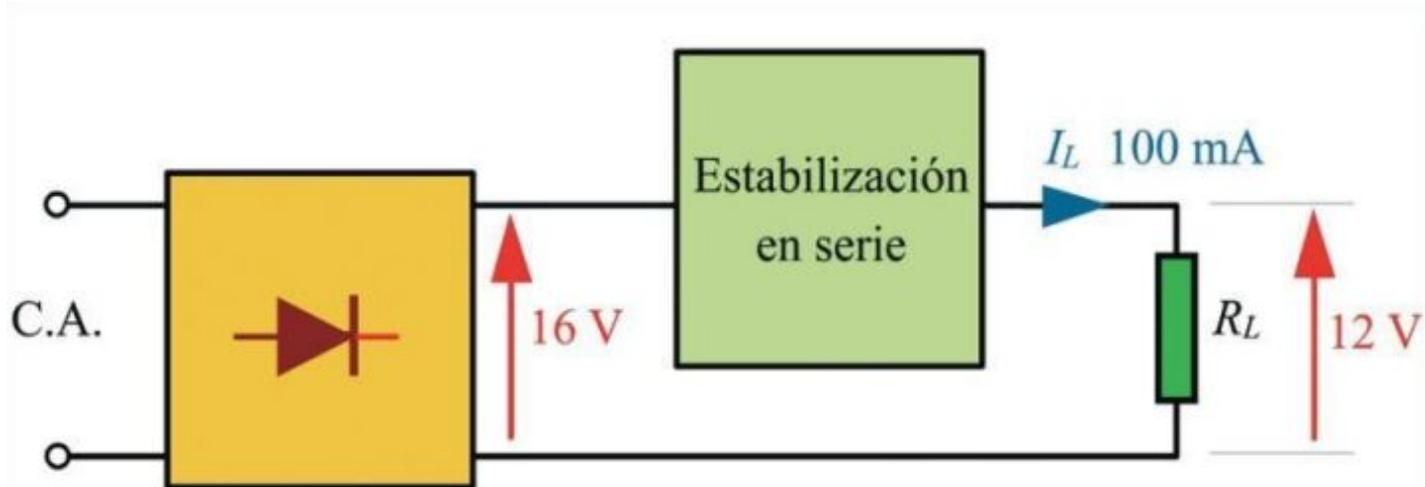
Mediante un elemento detector de los cambios de tensión, como un diodo Zener y un transistor, es posible construir un modelo sencillo de regulador en serie como el que se muestra en la Figura.



Ejercicio:

El rectificador de una fuente de alimentación proporciona una tensión de 16V a una carga con un consumo de 100 mA.

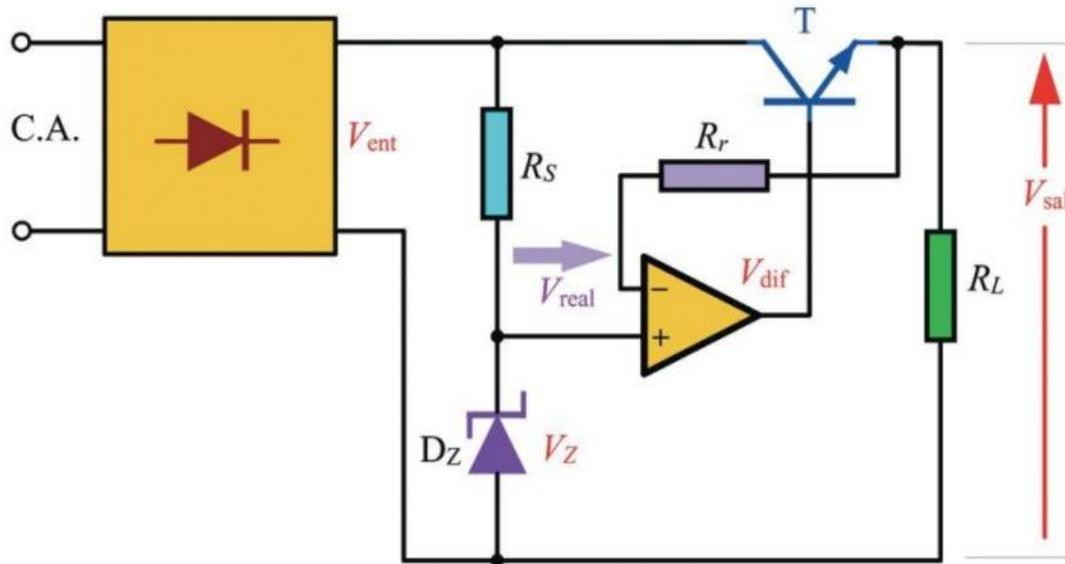
Determina la resistencia que deberá poseer el estabilizador en serie para conseguir una tensión estable de 12 V en la carga



Estabilizador en serie con realimentación

Este tipo de estabilizador mejora las características del estudiado con anterioridad, al añadir un dispositivo de comparación (comparador).

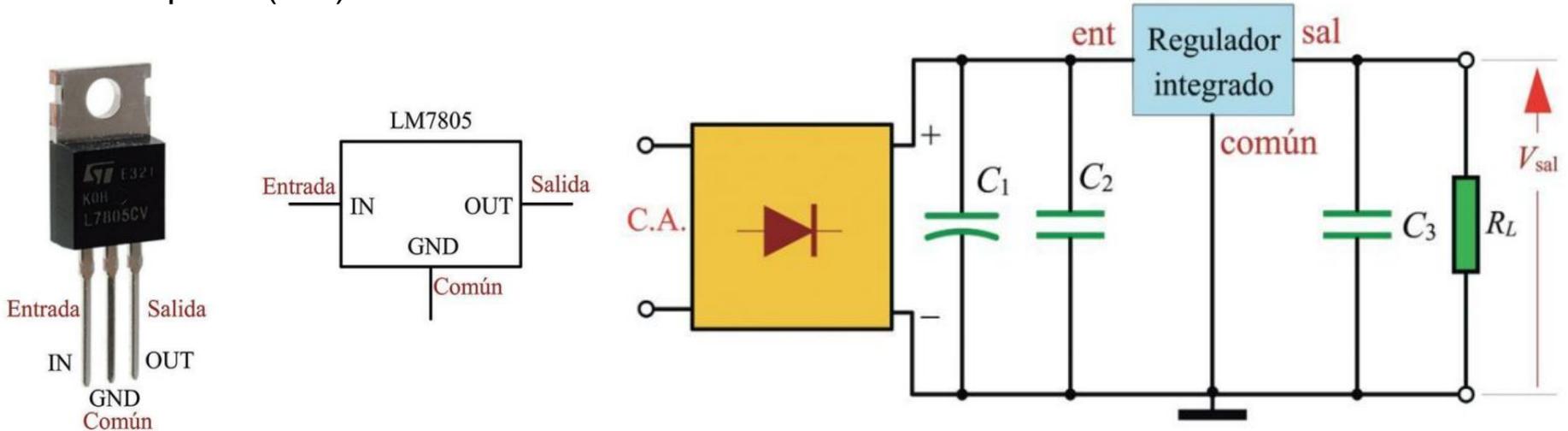
Este dispositivo compara la tensión de salida con la de referencia del Zener, dando como resultado una tensión diferencial de realimentación que activa el dispositivo de control, y que consigue mantener la tensión de salida a un valor estable.



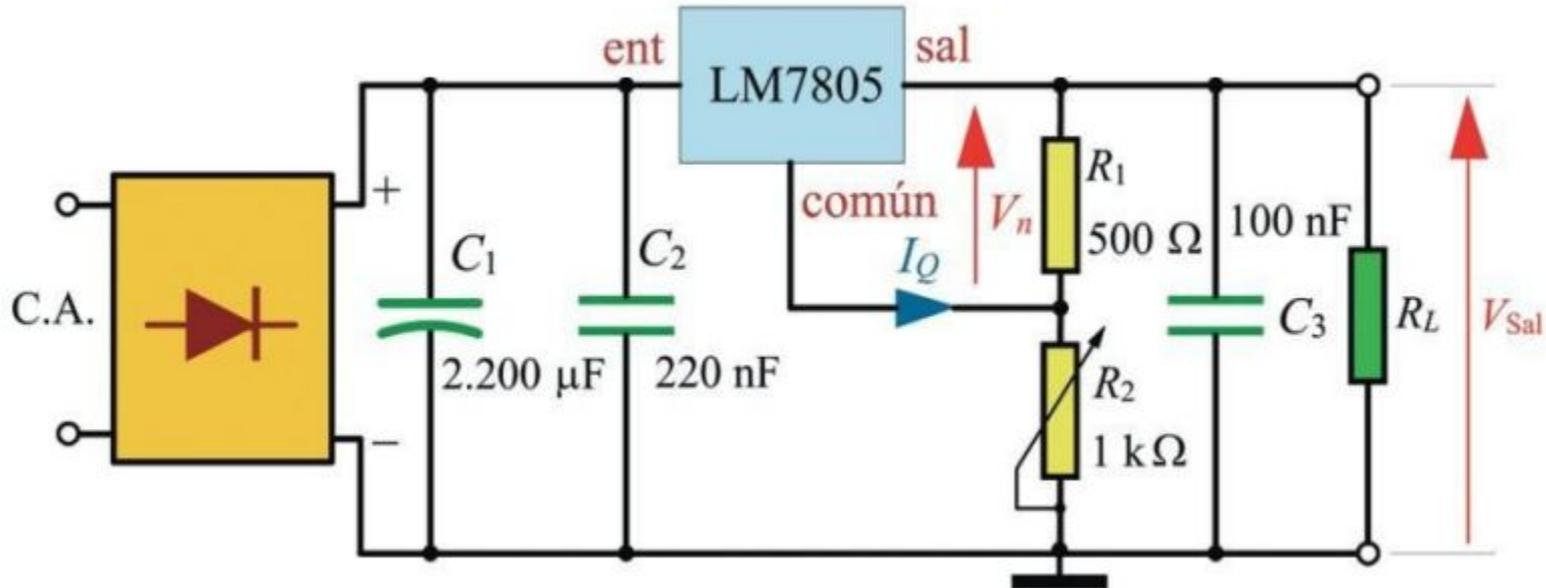
Fuentes de alimentación con reguladores de tensión integrados

Debido al gran avance de las nuevas tecnologías en la integración de circuitos, hoy en día se fabrican una gran variedad de reguladores de tensión en forma de circuito integrado de tan solo tres terminales.

Estos circuitos, que permiten integrar una gran cantidad de componentes discretos en una única cápsula (C.I.).



Fuentes de alimentación con reguladores de tensión ajustable



$$V_{\text{sal}} = V_n + R_2 \left(I_Q + \frac{V_n}{R_1} \right)$$

7.- Fuentes de alimentación conmutadas

Este tipo de fuentes, además de los circuitos de rectificación, transformador y filtro por condensador, incorporan complejos circuitos electrónicos a base de circuitos integrados, que consiguen hacer trabajar al conjunto a altas frecuencias (pueden llegar hasta los 200 kHz o más).

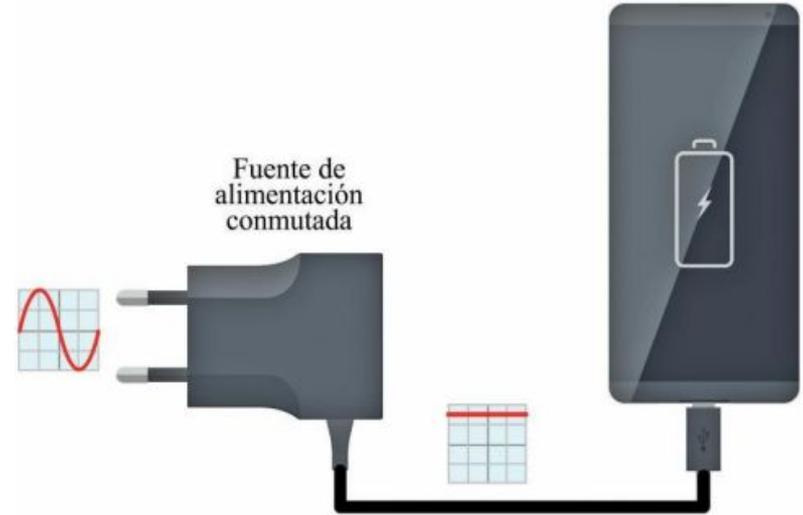
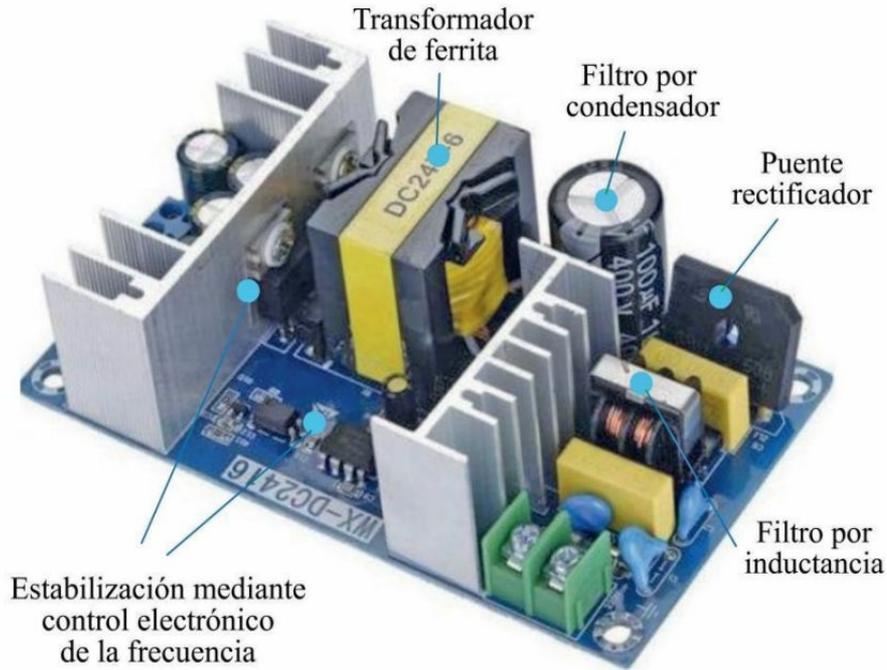


Diagrama de bloques de una fuente de alimentación conmutada.

