

SISTEMAS DE RECTIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

4.1 Sistemas de rectificación.

La corriente y voltaje que recibimos en nuestros hogares e industria, por parte de CFE son de tipo alterno, por lo tanto para lograr que nuestro sistema emergente de suministro de energía funcione correctamente es necesario hacer una rectificación adecuada para lograr energizar nuestras baterías de DC que entrarán en funcionamiento.

Para realizar esta operación se utilizan diversos sistemas de rectificación como son los de media onda y de onda completa. Adecuando el método que sea capaz de soportar esta conversión por un largo tiempo.

4.2 Rectificador monofásico de media onda.

La función de este circuito es eliminar uno de los dos semiperiodos de una señal alterna senoidal, proveniente del secundario del transformador. El componente electrónico que se usa para este fin es el diodo, que tiene la propiedad de conducir en un solo sentido.

El esquema y la forma de onda es la que se representa en la siguiente figura.

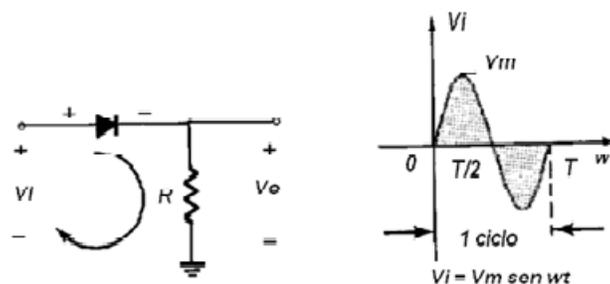


Figura 4.1. Rectificador de media onda.

Sobre un ciclo completo, definido por el periodo T en la figura 1, el valor promedio (la suma algebraica de las áreas por encima y por debajo del eje) es cero.

El circuito de la figura 4.1, llamado rectificador de media onda, generará una forma de onda V_o que tendrá un valor promedio de uso particular para el proceso de conversión de AC a DC. Cuando un diodo se emplea en el proceso de rectificación, es común referirse a él como rectificador. Sus valores nominales de potencia y corriente son, por lo común, mucho más altos que aquellos diodos empleados en otras aplicaciones, tales como los sistemas de cómputo y de comunicación.

Durante el intervalo $t=0$ a $t=T/2$ de la figura 4.1 la polaridad del voltaje aplicado V_i es tal como para establecer "presión" en la dirección indicada y encender el diodo con la polaridad que aparece arriba de él. Al sustituir el diodo ideal por la equivalencia de circuito cerrado dará como resultado el circuito equivalente de la figura 4.2; donde es muy obvio que la señal de salida es una réplica exacta de la señal aplicada.

Las dos terminales definen el voltaje de salida y están conectadas directamente a la señal aplicada mediante la equivalencia de circuito cerrado del diodo.

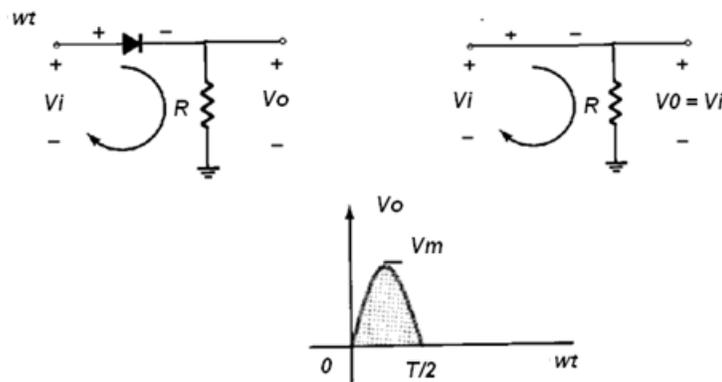


Figura 4.2. Región de conducción (0 a $T/2$).

Para el periodo $t= T/2$ a $t=T$, la polaridad de la entrada V_i es como lo demuestra la figura 4.3 y la polaridad resultante a través del diodo ideal produce un estado "apagado" con un equivalente de circuito abierto. El resultado es la ausencia de una trayectoria para el flujo de carga y que: $V_o = IR = (0)*R = 0V$ para el lapso de $T/2$ a T .

La entrada V_i y la salida V_o se muestran juntas en la figura 4.4 con el propósito de establecer una comparación. Ahora, la señal de salida V_o tiene un área neta positiva arriba del eje y durante un periodo completo, y un valor promedio determinado por

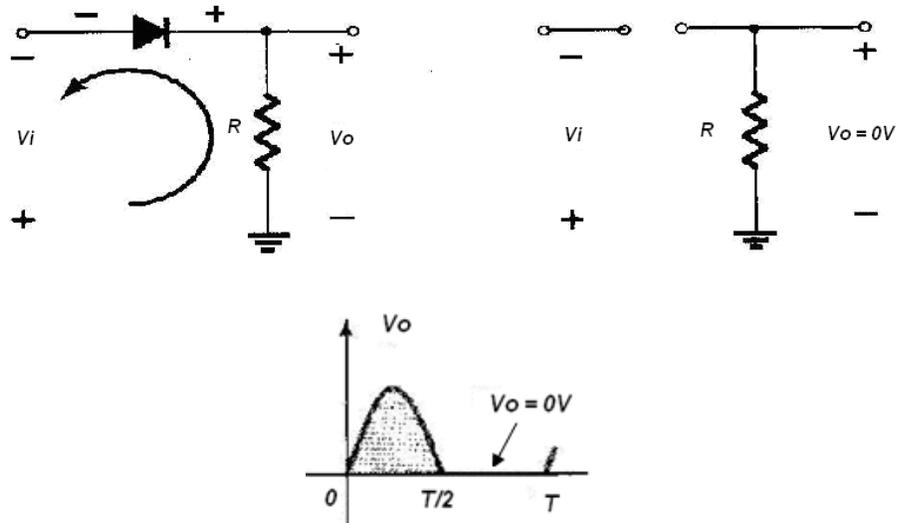


Figura 4.3. Región de no conducción ($T/2$ a T)

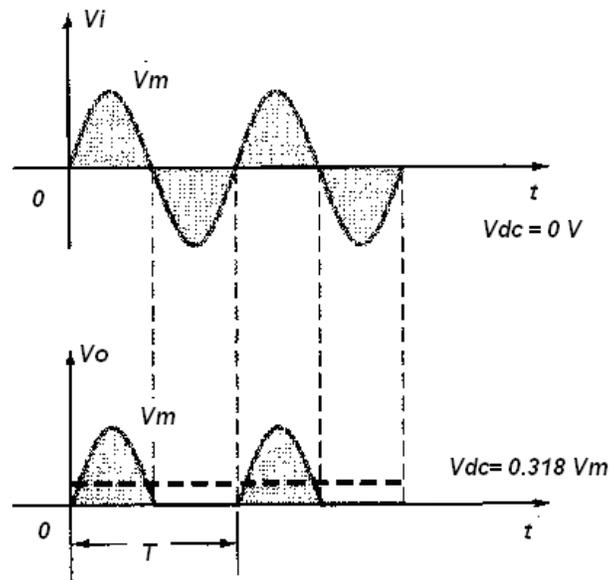


Figura 4.4. Señal rectificada de media onda.

$$V_{dc} = 0.318 V_m (1)$$

El proceso de eliminación de un medio de la señal de entrada para establecer un nivel de V_{dc} tiene el nombre idóneo de rectificación de media onda.

El efecto del uso del diodo de silicio con $V_T = 0.7 \text{ V}$ se demuestra en la figura 4.5, para la región de polarización directa. La señal aplicada debe ser ahora al menos de 0.7 V antes de que el diodo pueda "encenderse". Para niveles de V_i menores que 0.7 V , el diodo aún se encuentra en un estado de circuito abierto y $V_o = 0 \text{ V}$ como se muestra en la misma figura. Cuando se encuentran en estado de conducción, la diferencia entre V_o y V_i es un nivel fijo de $V_T = 0.7 \text{ V}$ y $V_o = V_i - V_T$ como se muestra en la figura. El efecto es una reducción en el área por encima del eje, lo cual reduce naturalmente el nivel de voltaje resultante. Para las situaciones en donde $V_m \gg V_T$, la siguiente ecuación (2) puede aplicarse para determinar el valor promedio con un nivel relativamente alto de precisión.

$$V_{dc} \approx 0.318 (V_m - V_T) \quad (2)$$

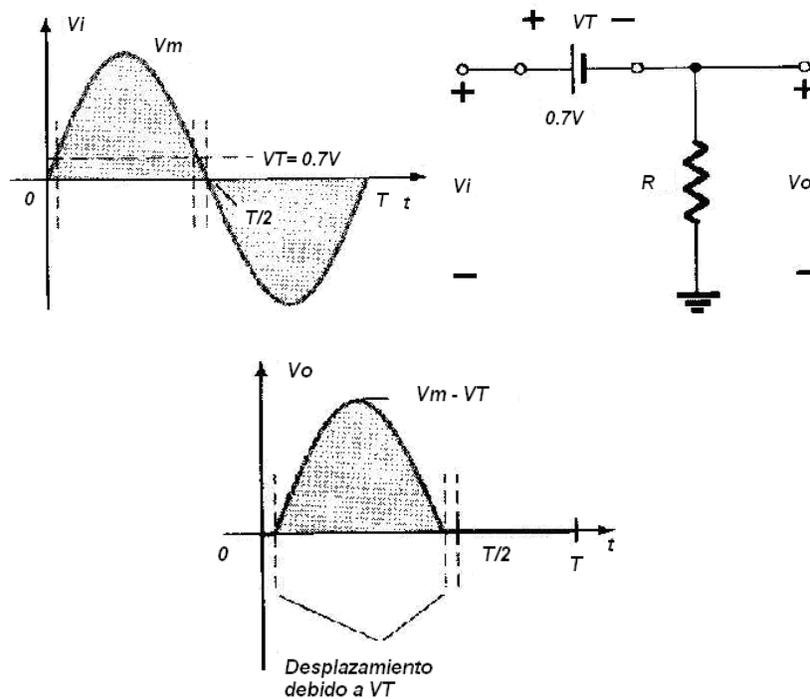


Figura 4.5. Efecto de V_T sobre la señal rectificadora de media onda.

De hecho si V_m fuera suficientemente mayor que V_T , la ecuación se aplicará más frecuentemente como primera aproximación a V_{dc} .

4.3 Rectificación monofásica de onda completa.

4.3.1 Puente de diodos.

El nivel de DC obtenido de una entrada senoidal se puede mejorar un 100% mediante la utilización de un proceso llamado rectificación de onda completa. La red más familiar para desarrollar tal función aparece en la figura 4.6 con sus cuatro diodos en una configuración de puente. Durante el periodo $t = 0$ a $T/2$, la polaridad de la entrada es la que muestra la figura 4.7 (a). Las polaridades resultantes a través de los diodos ideales también se muestran en esa misma figura, para demostrar que **D2** y **D3** están conduciendo, mientras que **D1** y **D4** se encuentran en el estado "apagado". El resultado es la configuración de la figura 4.7 (b), con su corriente y polaridad indicadas a través de **R**. Dado que los diodos son ideales, el voltaje de carga es $V_o = V_i$.

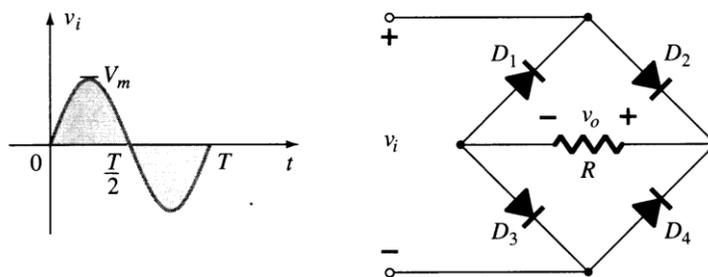


Figura 4.6. Puente rectificador de onda completa.

Para la región negativa de la entrada, los diodos conductores son **D1** y **D4**, con lo que se produce la configuración de la figura 4.8.

El resultado importante es que la polaridad a través de la resistencia de carga **R** es la misma que en la figura 4.7 (a), al establecer un segundo pulso positivo como lo señala la figura 4.8.

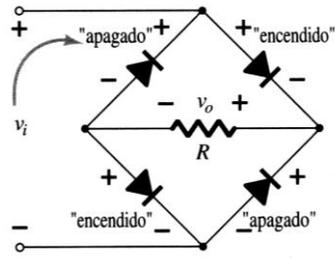


Figura 4.7. (a) para el periodo de $t=0$ a $t= T/2$ del voltaje de entrada V_i .

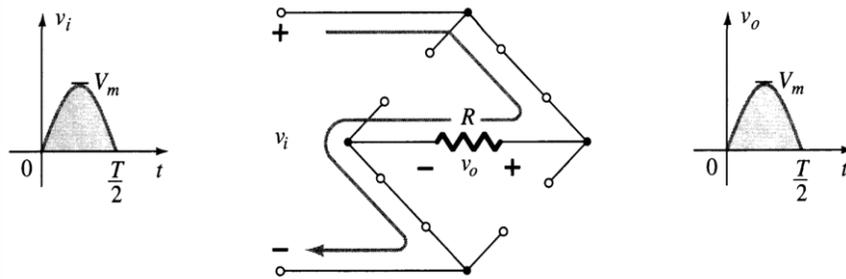


Figura 4.7. (b) trayectoria de conducción para la región positiva de V_i .

Sobre un ciclo completo los voltajes de entrada y de salida aparecerán como se muestra en la figura 4.9.

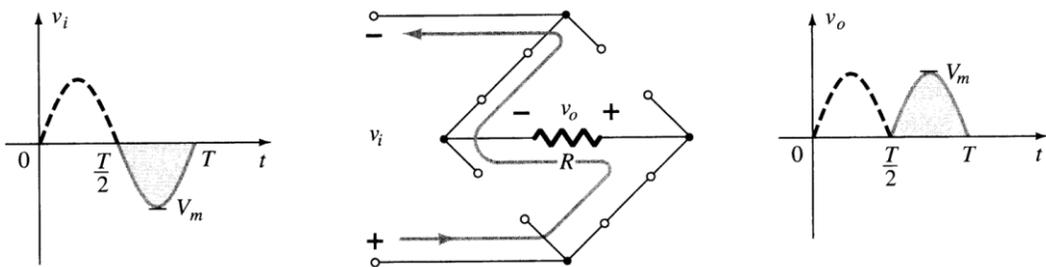


Figura 4.8. Trayectoria de conducción para la región negativa de V_i .

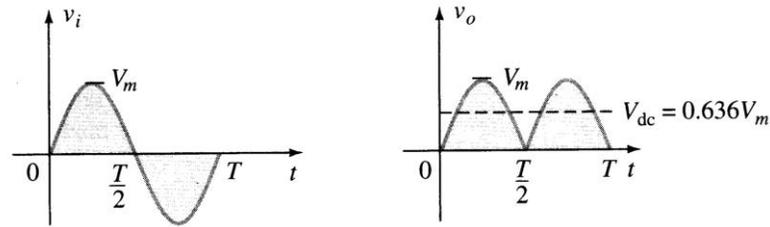


Figura 4.9. Formas de onda de entrada y de salida para un rectificador de onda completa.

Dado que el área por encima del eje para un ciclo completo es ahora el doble de lo obtenido para un sistema de media onda, el nivel de DC se ha duplicado también y

$$V_{dc} = 2(\text{ecuación 1}) = 2(0.318V_m)$$

$$V_{dc} = 0.636V_m \rightarrow \text{Onda completa (3)}$$

Si en lugar de los diodos ideales se emplean de silicio como lo muestra la figura 4.10, la aplicación de la ley de voltaje de Kirchhoff daría como resultado

$$V_i - V_T - V_o - V_T = 0$$

$$V_o = V_i - 2V_T$$

El valor del pico del voltaje de salida V_o es por tanto:

$$V_{o\text{ máx.}} = V_m - 2V_T$$

Para situaciones donde $V_m \gg 2V_T$, puede aplicarse la ecuación (4) para el valor promedio con un nivel relativamente alto de precisión.

$$V_{dc} \approx 0.636(V_m - 2V_T) \quad (4)$$

De nuevo, si V_m es suficientemente mayor que $2V_T$, entonces la ecuación (3) se aplica de manera frecuente como una primera aproximación para V_{dc} .

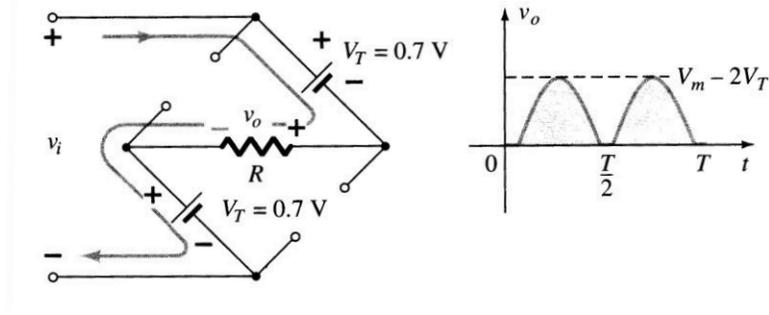


Figura 4.10. Determinación de $V_{o\text{máx}}$ para diodos de silicio en la configuración de puente.

4.3.2 Transformador con derivación central.

Un segundo rectificador de onda completa aparece en la figura 4.11 con únicamente dos diodos pero con el requerimiento de un transformador con derivación central (CT del inglés center-tapped) para establecer la señal de entrada a través de cada sección del secundario del transformador. Durante la parte positiva de V_i aplicada al primario del transformador, la red aparecería como se señala en la figura 4.12. **D1** asume el equivalente de circuito cerrado y **D2** el equivalente de circuito abierto, como lo determinan los voltajes secundarios y las direcciones de corriente resultantes. El voltaje de salida aparece como se muestra en la figura 4.12.

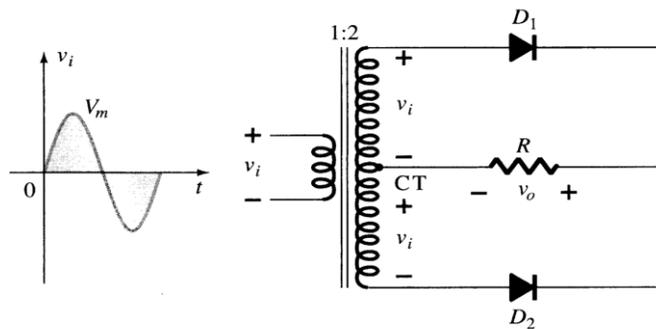


Figura 4.11. Rectificador de onda completa con transformador con derivación central.

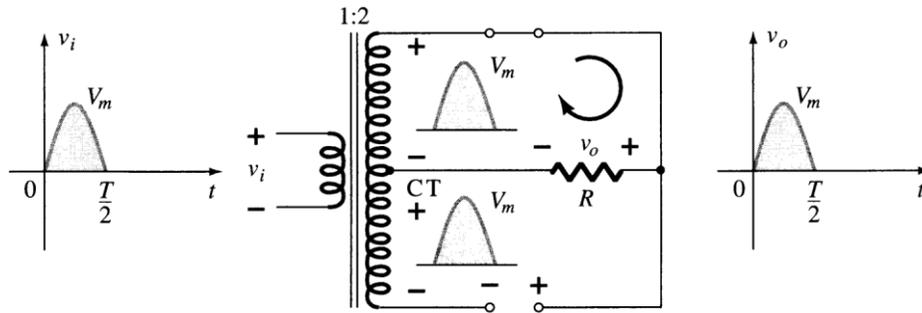


Figura 4.12. Condiciones de red para la región positiva de V_i .

Durante la parte negativa de la entrada, la red aparece como se muestra en la figura 4.12, al invertir las funciones de los diodos pero manteniendo la misma polaridad para el voltaje a través de la resistencia de carga R . El efecto es la misma salida que aparece en la figura 4.9. Con los mismos niveles de DC.

4.4 Rectificadores trifásicos.

Al igual que existen rectificadores para sistemas monofásicos de energía también existen sistemas de rectificación para señales trifásicas. Básicamente existen dos tipos de rectificadores trifásicos.

- ✚ De media onda, en estrella (S).
- ✚ De onda completa, en puente trifásico (Delta).
- ✚ Rectificador trifásico de onda completa no controlado con carga resistiva.

De forma análoga a los casos anteriores, se puede implementar un rectificador trifásico utilizando diodos.

Los rectificadores trifásicos se utilizan normalmente en la industria para producir tensión y corriente continuas para grandes cargas. En la siguiente figura se muestra el rectificador trifásico en puente completo. El generador trifásico de tensión está equilibrado y la secuencia de fases es $a-b-c$. En el análisis inicial del circuito se supondrá que el generador y los diodos son ideales.

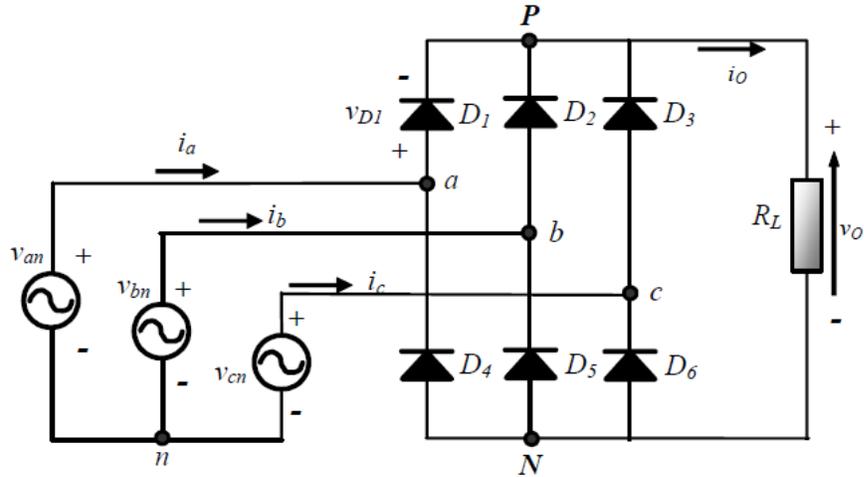


Figura 4.13. Rectificador trifásico en puente.

He aquí algunas observaciones básicas sobre el circuito:

1. La ley de Kirchhoff para las tensiones aplicada al circuito muestra que sólo puede conducir un diodo a la vez en la mitad superior del puente (**D1**, **D2** o **D3**). El diodo en estado de conducción tendrá su ánodo conectado a la tensión de fase de mayor valor en ese instante.
2. La ley de Kirchhoff para las tensiones también muestra que sólo puede conducir un diodo a la vez en la mitad inferior del puente (**D4**, **D5** o **D6**). El diodo en estado de conducción tendrá su cátodo conectado a la tensión de fase de menor valor en ese instante.
3. **D1** y **D4** no podrán conducir al mismo tiempo como consecuencia de las observaciones 1 y 2. De la misma manera, tampoco podrán conducir simultáneamente **D2** y **D5**, ni **D3** y **D6**.
4. La tensión de salida en la carga es una de las tensiones de línea del generador. Por ejemplo, cuando **D1** y **D5** conducen, la tensión de salida es $V_{ab} = (V_{an} - V_{bn})$. Además la tensión de línea de mayor valor instantáneo determinará los diodos que estarán en conducción. Por ejemplo, cuando el valor instantáneo mayor de la tensión de línea sea **VCA**, la salida será **VCA**.
5. Existen seis combinaciones de tensiones de línea (tres fases combinadas de dos en dos). Si consideramos que un período del generador son 360° , la transición de la tensión de línea de mayor valor deberá producirse cada $360^\circ/6 = 60^\circ$. El circuito se denomina rectificador

de seis pulsos debido a las seis transiciones que se producen en cada período de la tensión del generador.

- La pulsación fundamental de la tensión de salida es 6ω , donde ω es la pulsación del generador trifásico.

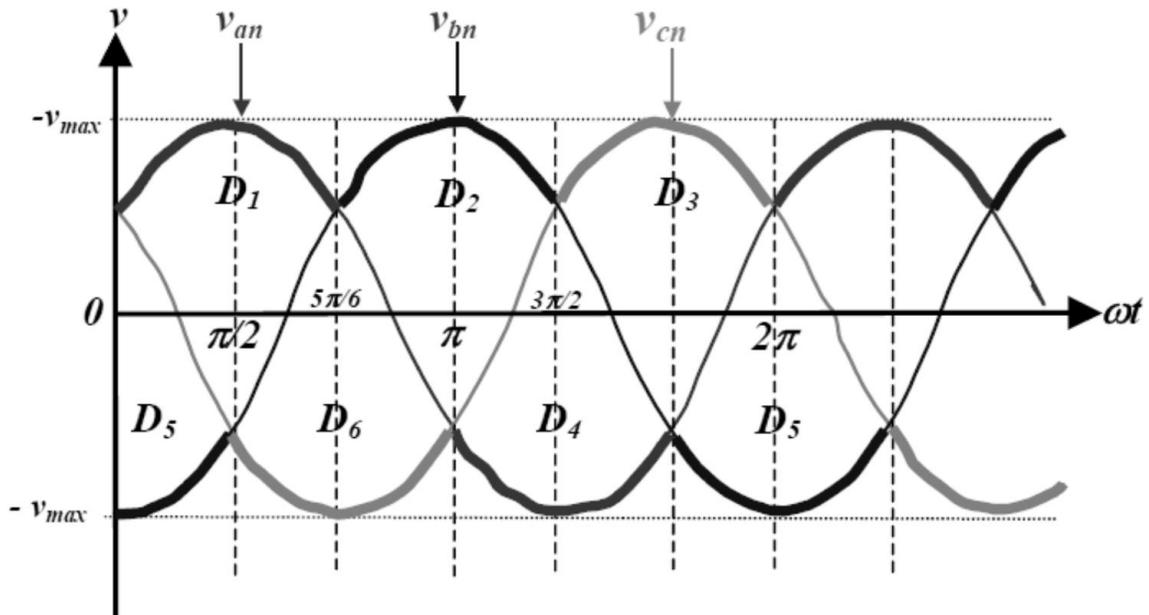


Figura 4.14.

Otra manera de estudiar o analizar el rectificador trifásico es dividiéndolo en dos partes:

- ✚ Rectificador tipo P: Sería la parte de circuito compuesta por los diodos **D1**, **D2** y **D3**, funcionando como un detector de máximo. En cualquier instante permitirá conectar a la carga la mayor de las tensiones trifásicas.
- ✚ Rectificador tipo N: Estaría compuesto por los diodos **D4**, **D5** y **D6**, funcionando como un detector de mínimo. En cualquier instante permitirá conectar a la carga la menor de las tensiones trifásicas.

Con la unión de ambas partes conseguimos que durante todo el tiempo se conecte el mayor de las tres tensiones a uno de los terminales de la carga y al otro terminal el menor de dichas tensiones.

En la figura 4.14 podemos observar como la parte superior de la forma de onda es la del grupo tipo P, y la inferior la del tipo N. Así, la tensión en la carga puede considerarse como la suma de las tensiones de dos rectificadores de media onda trifásicos, con relación al neutro “n”.

En la figura 4.15, para la tensión en la carga vemos seis pulsos con una duración de $\pi/3$, provocando en cada período una secuencia de conducción de los diodos tal que:

D3D5; D5D1; D1D6; D6D2; D2D4; D4D3;

La secuencia de conducción se corresponde con las seis tensiones senoidales por ciclo, y cuya diferencia de tensión es:

Vcn-Vbn; Van-Vbn; Van-Vcn; Vbn-Vcn; Vbn-Van; Vcn-Van;

La máxima tensión será $\sqrt{3}V_{m\acute{a}x}$.

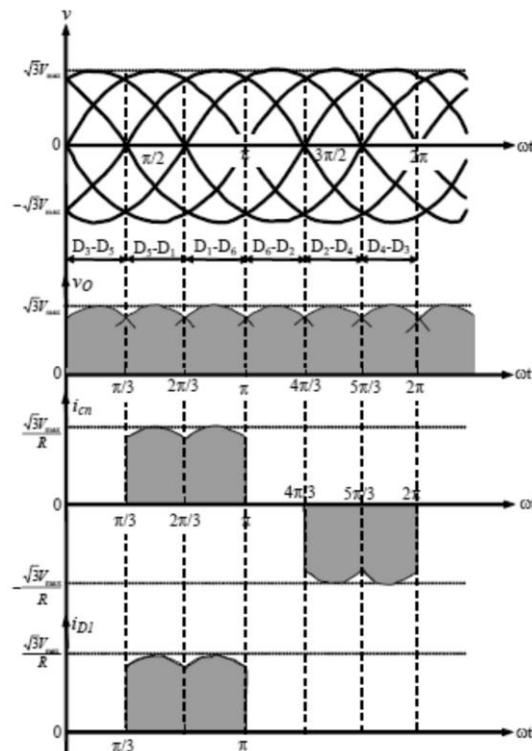


Figura 4.15.

4.5 Valores de tensión y corriente.

Tensión media en la carga.

Se puede calcular obteniendo la tensión media que entrega cada rectificador de media onda (tipo P y tipo N) que compone el puente:

$$V_{dc(P)} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} V_{\max} \cos \omega t \, d\omega t = \frac{3V_m \operatorname{sen} \frac{\pi}{3}}{\pi} = V_{dc(N)}$$
$$V_{dcTOTAL} = V_{dc(P)} + V_{dc(N)} = 2 \cdot \frac{3V_{\max}}{\pi} \operatorname{sen} \frac{\pi}{3} = 1,654V_{\max}$$

Tensión eficaz en la carga.

$$V_{Orms} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{6}} 3(V_{\max})^2 (\cos \omega t)^2 \, d\omega t} = \left(\frac{3}{2} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi} \right) V_{\max} = 1,6554V_{\max}$$

Corriente media en la carga.

La corriente de pico en los diodos es $\frac{\sqrt{3}V_{\max}}{R}$, que corresponde con la corriente máxima de línea. Además cabe destacar que en los diodos circula la intensidad que atraviesa la carga, durante $T/3$.

$$I_{D(dc)} = \frac{4}{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{6}} I_{\max} \cos \omega t \, d\omega t = I_{\max} \frac{2}{\pi} \operatorname{sen} \left(\frac{\pi}{6} \right) = 0,3183I_{\max}$$

Corriente eficaz en los diodos.

$$I_{D(rms)} = \sqrt{\frac{4}{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{6}} (I_{\max})^2 (\cos \omega t)^2 \, d\omega t} = I_{\max} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\frac{\pi}{6} + \frac{1}{2} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{6} \right)} = 0,5518I_{\max}$$

4.6 Almacenamiento de energía.

4.6.1 Batería.

La batería es una de las componentes más importantes en un sistema de poder ininterrumpible. Esta es la encargada de que el suministro de energía permanezca continuo para el uso adecuado de nuestros aparatos. En el mercado existen diferentes tipos de baterías capaces de soportar cargas de diversos tipos, entre ellas se encuentran las de tipo Selladas o tipo Gel o VRLA.

Una batería sellada funciona de la misma manera que una de auto, consiste en placas de Plomo y Antimonio sumergidas en un electrólito el cual puede ser de ácido sulfúrico. Este tipo de baterías cuentan con un voltaje de 2 V por celda, así es que si la batería es de 6 celdas tendremos 12 volts disponibles, solo por mencionar algunos.

Dentro de sus características técnicas podemos encontrar tres puntos importantes, la capacidad de descarga, profundidad de la descarga y ciclos de ésta.

La capacidad de una batería radica en la cantidad máxima de energía eléctrica que ésta puede suministrar a partir de su carga total y hasta la descarga completa, el factor importante para considerar en esta característica es la cantidad de corriente que se suministra en un tiempo determinado, lo cual se expresa en Ah. Así que dependiendo de la carga que se requiera alimentar será la duración del banco de baterías.

La profundidad de la descarga nos indica el porcentaje que se utiliza en un ciclo de carga y descarga dependiendo de la capacidad de la batería. Existen dos tipos de descargas, la descarga superficial maneja en promedio un 15% de descarga y la de descarga profunda presenta en promedio un 25% y puede llegar hasta el 80%. Estas dos características nos ayudan a determinar la vida útil de una batería, puesto que dependiendo del método que se utilice será el mantenimiento y costos de operación.

4.6.2 Tipos de Baterías.

Existen en el mercado diversos tipos de pilas, las cuales llevan el nombre dependiendo de los materiales que se utilicen para su elaboración. Dentro de esta amplia gama podemos encontrar:

- ✚ Plomo-ácido.
- ✚ Iones de litio (Li-on).
- ✚ Níquel-cadmio (Ni-Cd).
- ✚ Níquel-hidruro metálico (Ni-MH).
- ✚ Polímero de litio (Li-poli)

La diferencia entre cada una de éstas, radica en el tiempo de vida, el cual se basa en los ciclos que éstas pueden soportar sin perder el voltaje necesario para su funcionamiento óptimo.

La elección de cada batería depende de la aplicación que se le quiera dar, así que para el uso de energías renovables podemos encontrar las de plomo y ácido y las de níquel cadmio.

4.7 Baterías de Plomo y ácido.

El tipo de acumulador más usado en el presente, dado su bajo costo, es la batería de plomo y ácido sulfúrico con electrolito líquido. En ella, los dos electrodos están hechos de plomo y el electrolito es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico. Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el negativo es plomo.

Al descargarse, la reacción química que toma lugar hace que, tanto la placa positiva como la negativa, tengan un depósito de sulfato de plomo. Las siguientes figuras ilustran estos dos estados.

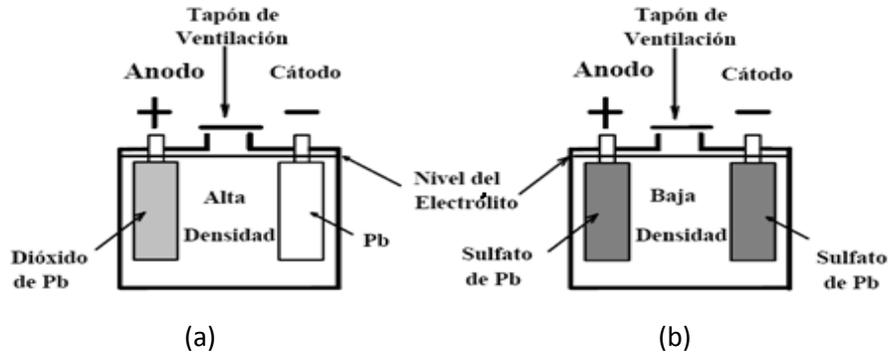


Figura 4.16. Batería plomo ácido (a) batería cargada, (b) batería descargada.

Como el proceso químico libera gases (hidrógeno y oxígeno) se necesita que el conjunto tenga ventilación al exterior. El diseño de las tapas de ventilación permite la evacuación de estos gases, restringiendo al máximo la posibilidad de un derrame del electrolito. En una batería de Pb-ácido el electrolito interviene en forma activa en el proceso electroquímico, variando la proporción de ácido en la solución con el estado de carga del acumulador. Cuando la batería está descargada, la cantidad de ácido en la solución disminuye. Si la batería está cargada, la cantidad de ácido en la solución aumenta. Este mecanismo tiene una derivación práctica: monitorizando la concentración del ácido se puede determinar el estado de carga de la batería. Esta revisión se hace usando un densímetro.

Tres características definen una batería de acumulación: la cantidad de energía que puede almacenar, la máxima corriente que puede entregar (descarga) y la profundidad de descarga que puede sostener. La cantidad de energía que puede ser acumulada por una batería está dada por el número de watt.horas (**Wh**) de la misma. La capacidad (**C**) de una batería de sostener un régimen de descarga está dada por el número de amperes.horas (**Ah**). Para una batería dada, el número de **Wh** puede calcularse multiplicando el valor del voltaje nominal por el número de Ah, es decir:

$$Wh = \text{Voltaje nominal} \times Ah$$

4.7.1 Valor en Ah de una Batería.

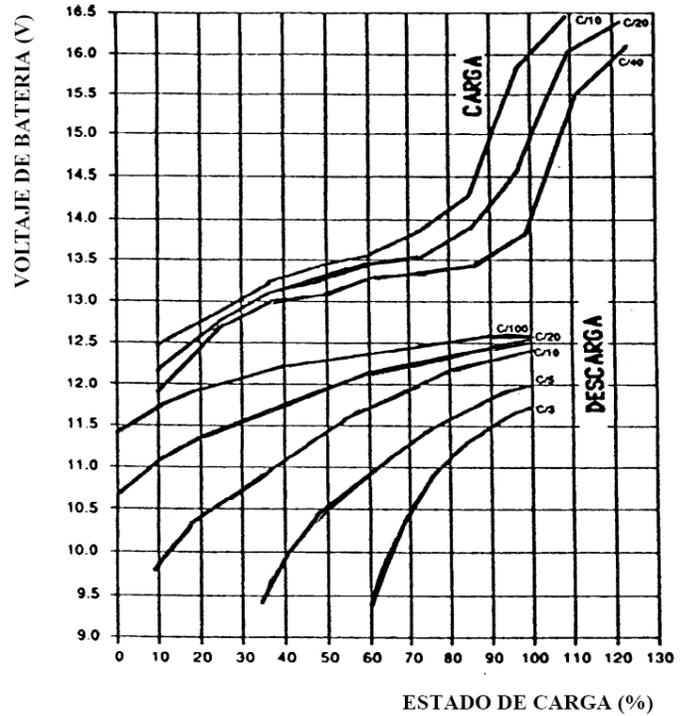
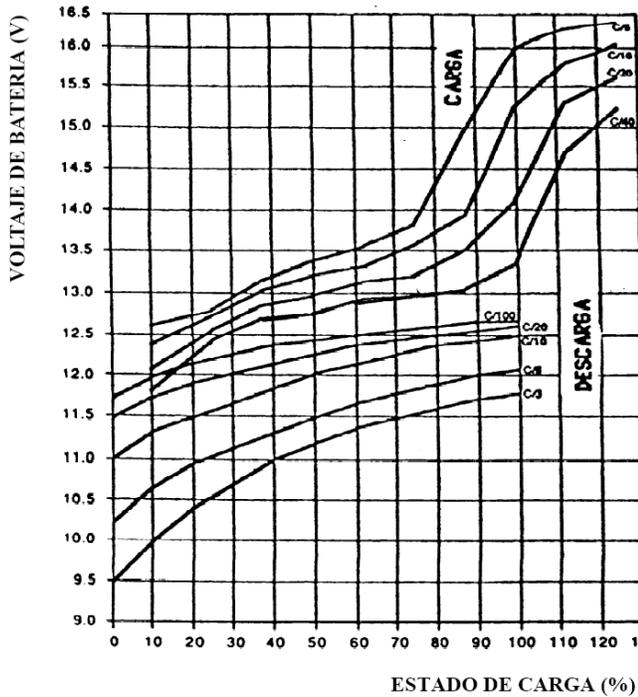
El número de Ah de una batería es un valor que se deriva de un régimen de descarga especificado por el fabricante. Para un tipo especial de baterías, llamadas solares, el procedimiento de prueba ha sido estandarizado por la industria. Una batería, inicialmente cargada al 100%, es descargada, a corriente constante, hasta que la energía en la misma se reduce al 20% de su valor inicial. El valor de esa corriente de descarga, multiplicado por la duración de la prueba (20 horas es un valor típico), es el valor en Ah de esa batería. Un ejemplo práctico sería si una batería solar tiene una capacidad (**C**) de 200 Ah para un tiempo de descarga de 20hrs, el valor de la corriente durante la prueba es de 10A. Los fabricantes de baterías expresan el valor de la corriente de carga (o descarga) como un valor fraccional de su capacidad en Ah. En nuestro ejemplo, **C/20** representa 10A y C/40 representa un valor de 5A. Esta forma de dar el valor de la corriente de descarga (o carga) parece arbitraria, pero no lo es si recordamos que la capacidad en Ah de una batería, por definición, requiere un número específico de horas de descarga.

Si la batería solar de nuestro ejemplo tiene un voltaje nominal de 6V, la cantidad de energía que puede ser acumulada es de:

$$6V \times 200 Ah = 1200 Wh (1,2 kWh)$$

4.7.2 Profundidad de descarga.

La profundidad de descarga (PD) representa la cantidad de energía que puede extraerse de una batería. Este valor está dado en forma porcentual. Si la batería del ejemplo entrega 600 Wh, la PD es del 50%. Cuando se efectúa la prueba para determinar la capacidad en Ah de una batería solar la PD alcanza el 80%. El voltaje de salida de una batería de Pb-ácido no permanece constante durante la carga o descarga. Dos variables determinan su valor: el estado de carga y la temperatura del electrolito.



(a) Figura 4.17 (b)

(a) Variación en el voltaje de una batería de pb-ácido de 12 V temperatura del electrolito 25 °.

(b) Variación en el voltaje de una batería de pb-ácido de 12 V temperatura del electrolito 1 °.

Las curvas muestran estas variaciones de voltaje, tanto para el proceso de carga como para el de descarga. Los valores están dados usando diferentes valores de corriente, para dos temperaturas de trabajo: 25°C y 1°C, respectivamente. Las curvas a 25°C reflejan el comportamiento de una batería trabajando en un ambiente con temperatura benigna. Las curvas a 1°C reflejan el comportamiento de la misma batería cuando la temperatura del electrolito es cercana al punto de congelación del agua. Los valores dados por las curvas corresponden a una batería de 12 V nominales. Si la batería es de 6 V, estos valores deberán ser divididos por dos. Si el banco de baterías tiene un valor que es un múltiplo de 12 V, los valores leídos deberán multiplicarse por el valor del múltiplo. Para comprender el efecto que tiene la temperatura en el comportamiento de la batería es útil recordar que cualquier reacción química es acelerada cuando la temperatura se incrementa y es retardada cuando ésta disminuye.

Una característica importante de estas baterías está en su bajo costo y mantenimiento que requieren, ya que se necesita que se coloquen en un lugar fresco accesible para una revisión periódica. El voltaje de cada una de las celdas es de 2 V. Como el ácido se ocupa en forma líquida y presenta sulfatación lo cual provoca una limpieza continua para evitar su pronta degradación. Lo conveniente para evitar este problema es usar baterías tipo gel, que contienen en forma gelatinosa la sustancia, es decir una pila de gel de plomo-ácido contiene el ácido sulfúrico en forma gelatinosa con lo que se evita la producción de gases durante la reacción y por ende el derrame del electrolito.

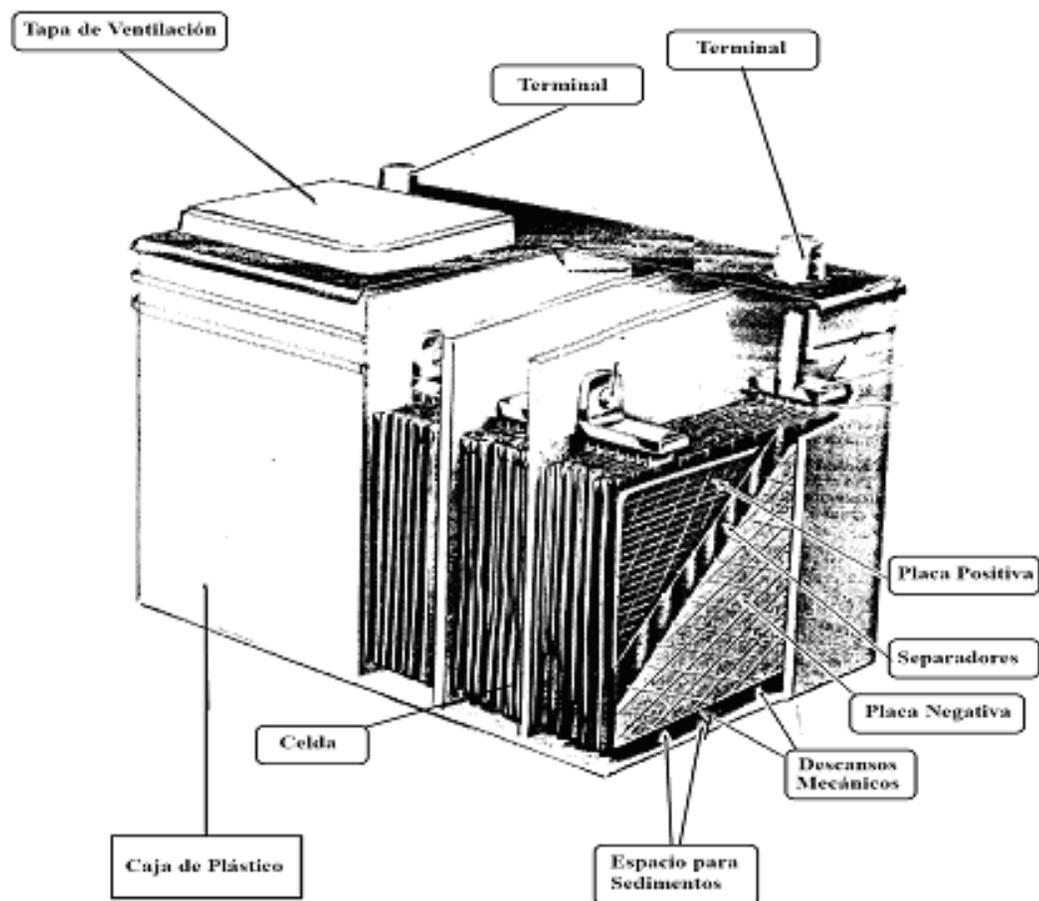


Figura 4.18. Esquema básico de una batería Pb-ácido.

4.7.3 Aplicaciones.

Energía de reserva.

El uso principal de estas baterías, consiste en mantener funciones útiles a pesar del fallo de energía eléctrica, iniciar una función durante el fallo de la energía y proporcionar el apagado controlado durante el fallo de energía.

Las razones por las cuales se eligen las pilas de plomo-ácido, radican en su tiempo de vida largo, sencillez en el proceso de carga y la flexibilidad de poderse colocar en lugares reducidos en espacio.

Fuente alternativa de energía.

En este caso, la batería se alimenta por medio de la línea comercial a través de una fuente de alimentación de DC incorporada al sistema, manteniéndose con carga plena para ser utilizada en el momento en que exista fallo de energía comercial.

4.8 Baterías de Níquel Cadmio.

Dentro de estas pilas se encuentran dos tipos importantes, las estancas que son las que no permiten la fuga de gas alguno al exterior y las ventiladas permiten la expulsión del gas debido al comportamiento de su funcionamiento. La pila estanca funciona como un sistema cerrado que recicla los gases generados dentro de ella, lo cual evita que se gaste el electrolito contenido, lo cual pasa en las de tipo ventilado lo que provoca que exista sulfatación y corrosión en los bornes. La célula de níquel-cadmio, está compuesta de una placa enrollada y sellada con un tanque de acero niquelado que sirve como terminal negativa y una capa de célula como terminal positiva. El electrodo positivo es menor que el electrodo negativo.

En el proceso de carga el electrodo positivo llegará a cargarse totalmente antes de que lo haga el electrodo negativo, produciendo a su vez óxido gaseoso que se origina debido a la oxidación de

los iones de hidroxilo, el óxido generado se difunde rápidamente al electrodo negativo donde nuevamente se reduce a iones de hidroxilo. Puesto que el proceso es cíclico, la recombinación de oxígeno permite que la pila sea capaz de cargarse lentamente y pueda mantener un nivel de carga óptimo durante periodos prolongados. Este tipo de pilas poseen la capacidad de entregar una densidad elevada de energía a gran velocidad.

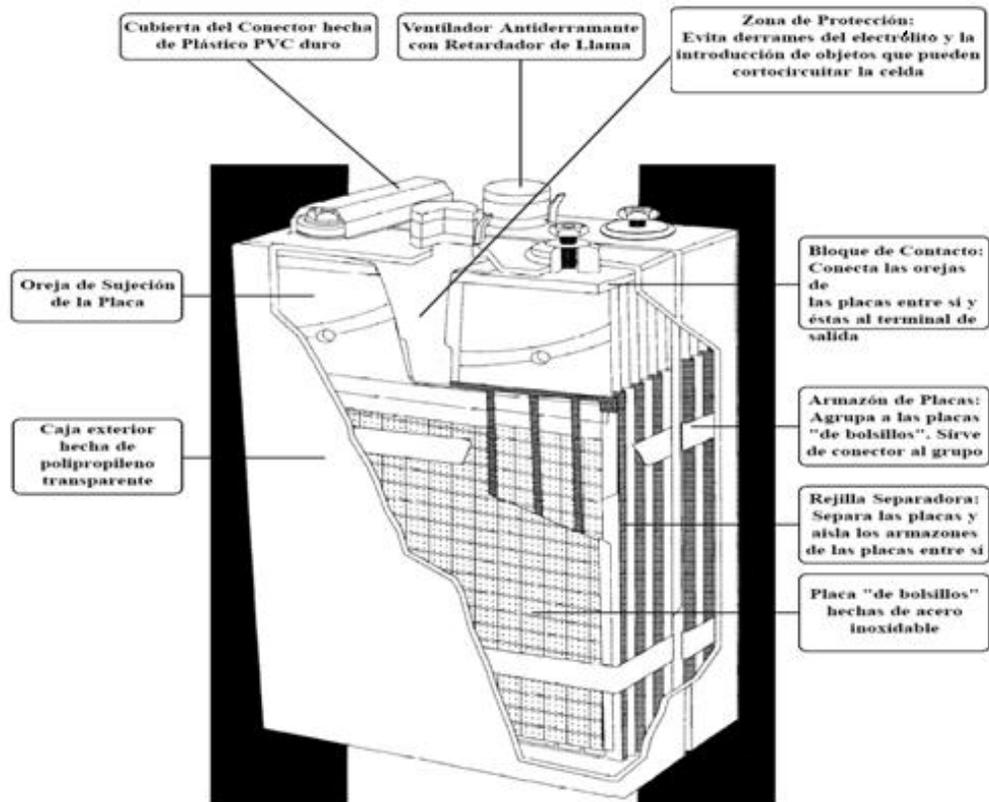


Figura 4.19. Batería de Ni-Cd con Placas de Bolsillo

4.8.2 Aplicaciones.

Energía de reserva.

Las baterías de níquel cadmio son ideales para este tipo de aplicaciones, ya que son capaces de soportar una sobrecarga continua y pueden tolerar un gran rango de temperatura. Esta batería no sólo actúa como una fuente de energía alternativa o portátil, sino que también proporciona el filtrado adecuado para sustituir el capacitor electrolítico del sistema habitual.

Cargas electrónicas.

A menudo se montan baterías directamente en las tarjetas de circuitos impresos a modo de fuente local de energía ininterrumpida para evitar que se pierdan datos en el momento de la falla eléctrica. Un ejemplo claro de este tipo de aplicación, es el suministro de energía para dispositivos que utilicen tecnología MOS, en donde los datos se pierden si no se tiene un nivel adecuado de voltaje.

Potencia de pico intermitente

Debido a la capacidad de las baterías de níquel cadmio para la descarga a una gran velocidad permite emplearlas en aplicaciones que requieren picos de potencia intermitentes y cortos, por lo que la batería se encuentra cargándose constantemente. En el momento en que la necesidad periódica supera en gran cantidad la potencia suministrada por la fuente de alimentación del equipo, la batería suministra dicha energía. Un ejemplo de esta aplicación es el equipo que utiliza la compañía de teléfono, en donde se puede disponer de una línea adicional donde sólo existe una. La batería que soporta este funcionamiento se está cargando continuamente a velocidades reducidas a través de las líneas telefónicas, ya que cuando el teléfono recibe una llamada la batería suministra la energía necesaria para hacer sonar el timbre y en ocasiones para activar los altavoces.

Cargador de Baterías

La batería que se utilizará requiere un cargador de baterías el cual consiste en una fuente de voltaje que se encargará de cargar la batería para la utilización inmediata y recargarla hasta su máxima carga, cuando esto sea posible, después de haberse usado.

Lo podemos implementar haciendo uso de la energía que nos proporcionan las compañías de luz y auxiliándonos de fuentes alternas de generación eléctrica, como son la energía solar por medio de paneles solares y la energía eólica por medio de aerogeneradores.

En esta etapa es donde se utiliza el sistema rectificador (si se requiere usar energía de la empresa suministradora) que nos permite el paso de AC a DC o controlador de carga de baterías en el caso de usar un sistema fotovoltaica, en donde esta última es la que se utilizará finalmente para la carga y recarga.

Una de las aplicaciones más comunes de los rectificadores son los cargadores de baterías. La idea es transformar energía de CA (red monofásica o trifásica) en CC para cargar baterías. La siguiente figura muestra un esquema de un típico cargador de baterías. El rectificador puede ser de cualquier tipo, controlado, no controlado, monofásico, trifásico, de media onda o de onda completa, etc., dependiendo de las disponibilidades y necesidades de energía.

En el caso de la figura se trata de un cargador de batería controlado, puesto que dependiendo del ángulo de disparo de cada uno de los SCR, se controla la corriente de carga de la batería. Se suele añadir una impedancia entre la batería y el rectificador, típicamente una bobina, para limitar la corriente y reducir el rizado. Para mejorar la vida de las baterías es necesario realizar un control complejo del sistema, ya sea, en modo tensión o modo corriente, de manera que se optimice el ciclo de carga y se alargue la vida de las baterías.

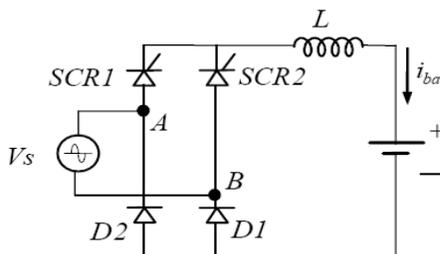


Figura 4.20. Cargador de baterías monofásico en puente completo controlado

Para el caso de utilizar energía eléctrica de corriente directa procedente de, dispositivos como celdas solares o generadores eólicos, será indispensable utilizar un control de carga, que será el encargado de monitorizar el estado de carga de nuestras baterías.

Control de carga de baterías.

El propósito de un control de carga está determinado por los parámetros eléctricos del sistema (tensión y corriente de trabajo), los detalles de diseño (uno o más bloques de carga, tipo de

batería y montaje mecánico más conveniente) y por las opciones ofrecidas por el fabricante (funciones auxiliares).

Estos controles de carga pueden ser agrupados en dos categorías: controles en serie y controles en paralelo. Esta clasificación está relacionada con el paso que toma la corriente de carga, respecto al banco de baterías, cuando el control comienza a restringir la gasificación. En un control en paralelo, cuando el voltaje de batería alcanza un valor predeterminado (batería cargada), la corriente de los paneles es desviada a un circuito que está en paralelo con el banco de baterías. Cuando el voltaje de batería baja por debajo de un valor mínimo, predeterminado por el fabricante, el proceso de carga se restablece nuevamente.

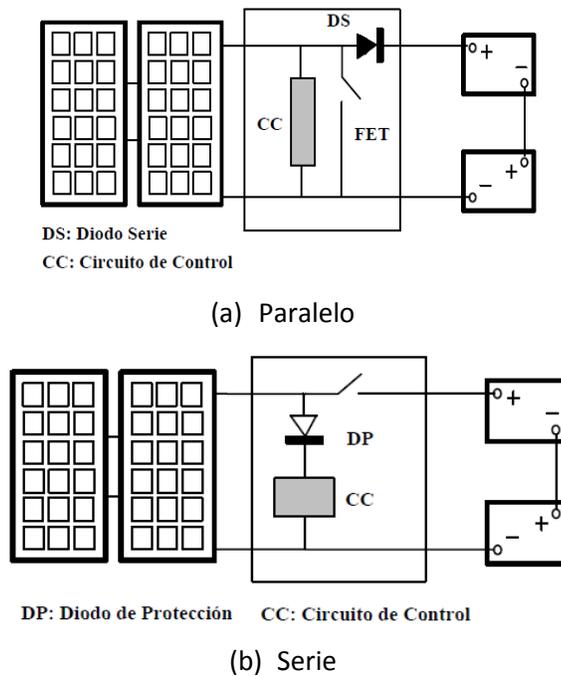


Figura 4.21 Control de (a) carga paralelo, (b) carga serie.

El circuito de control está alimentado en este caso por los paneles FVs, pero la potencia que requieren representa sólo un pequeño porcentaje del valor manejado por el control. Durante la noche, o durante períodos de baja insolación, el control serie se abre, a fin de aislar al banco de baterías cuando éste no puede ser cargado.

Un ejemplo de un circuito de control en bloques es el siguiente:

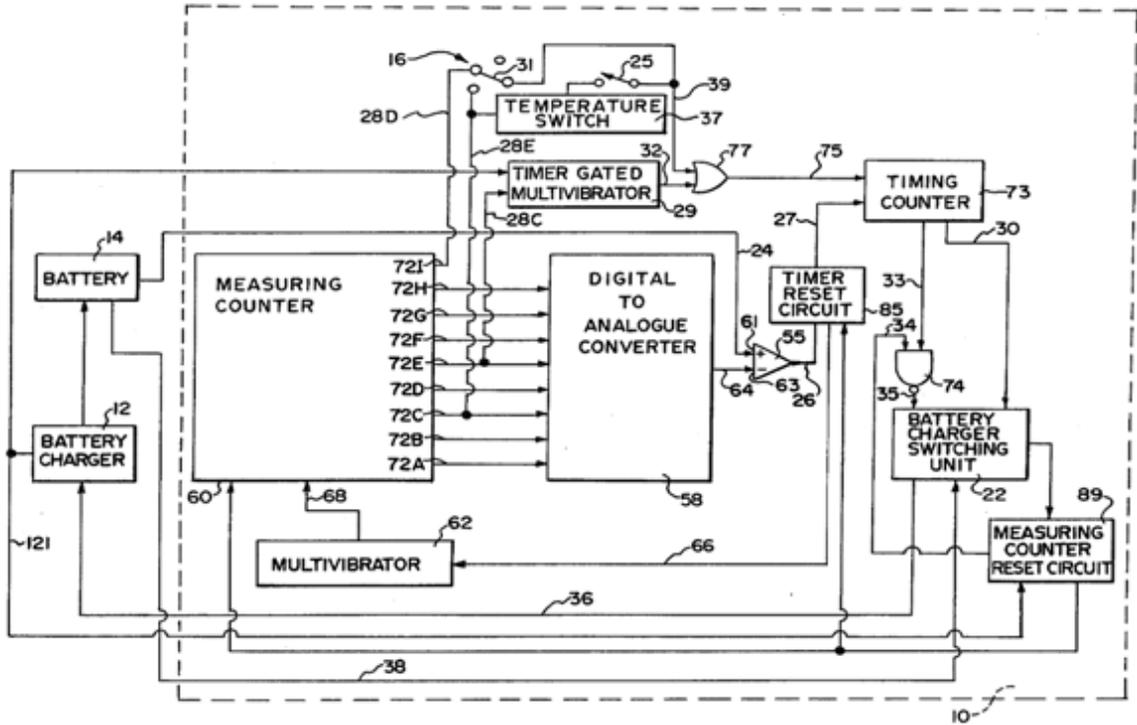


Figura 4.22. Esquema de un circuito de control marca Xantrex (Serie C)

Existen diferentes criterios de diseño para los controles en serie, dependiendo de lo que el fabricante considera el control óptimo de la corriente de carga. Sin embargo, en todos ellos existen dos características que les son comunes: a) alternan períodos activos de cargas con períodos de inactividad; b) la acción del circuito de control depende del estado de carga del banco de baterías. Durante el período activo algunos controladores usan un voltaje de carga de valor constante, mientras que en otros este valor está limitado por la diferencia de voltaje entre los paneles y las baterías.