

PILAS, ACUMULADORES Y BATERÍAS

Hemos comentado que todos los equipos electrónicos precisan de una alimentación.

Como también pueden funcionar con pilas es necesario tocar el tema de las distintas fuentes que pueden alimentarlos, ya que cada vez resulta más habitual utilizar aparatos independientes de la red eléctrica.

Vamos a conocer la mayor parte de los modelos existentes para que no nos abandonen en el momento más crítico.



Existe cierto confusiónismo al designar cada uno de los elementos que proporcionan el suministro eléctrico a los circuitos.

Por ello, antes que nada, es necesario precisar la diferencia existente entre **pila**, **acumulador** y **batería**.

- **Pila** es el nombre que se da a los elementos simples que proporcionan energía a una linterna o a un receptor de radio, por ejemplo, aunque se coloquen agrupados.

También se le denomina **elemento primario** o **pila primaria**.

- **Acumulador** es un **elemento secundario** capaz de descargarse y volverse a recuperar mediante un cargador externo conectado a la red de corriente alterna.



Existen varios tipos de acumuladores, que luego veremos.

- Finalmente, el término **batería** hace referencia a la asociación o conexión de varias pilas, **bien primarias o secundarias**, formando un conjunto capaz de crear una tensión superior, igual a la tensión que suministra un elemento multiplicado por el número de ellos, conocido como asociación en serie o un conjunto capaz de proporcionar una intensidad mayor, igual a la capacidad de un elemento multiplicada por el total (asociación en paralelo) (luego veremos que se entiende como capacidad la intensidad que pueden proporcionar a lo largo del tiempo y se expresa en Ah).

A esos elementos se les denomina también celdas.

A este conjunto, si de elementos acumuladores estamos hablando, se le conoce en inglés como Pack (paquete, en español).

Después volveremos a insistir en la diferenciación de éstos términos.

Pila eléctrica

Dispositivo que convierte la energía química en eléctrica.

Todas las pilas contienen un electrolito (que puede ser líquido, sólido o en pasta), un electrodo positivo y un electrodo negativo. El electrolito es un conductor iónico. Uno de los electrodos produce electrones y el otro los recibe.

Al conectar los electrodos al aparato que hay que alimentar, llamado carga, se genera una corriente eléctrica.

Las pilas en las que el producto químico no puede volver a su forma original, una vez que la energía ha sido convertida (es decir, se han descargado), se llaman pilas primarias o voltaicas.



Volvemos a insistir:

Las pilas en las que el producto químico puede ser reconstituido pasando una corriente eléctrica a través de él en dirección opuesta a la operación normal de la pila, se llaman pilas secundarias o acumuladores.

A Alejandro Volta se le atribuye el descubrimiento de la pila.

Ya dimos esta noticia en EL MUNDO DE LA ILUMINACIÓN pero creemos conveniente repetirla, con más datos.

Alejandro Volta muestra su pila eléctrica ante Napoleón Bonaparte en 1800.



Fresco de Nicola Cianfanelli (1793-1848) pintado en 1841. Florencia, Museo de Física y Ciencias Naturales.

En 1796, el profesor de Física Experimental de la ciudad italiana de Pavía, Alejandro Volta, poseía todos los conocimientos necesarios para construir la pila eléctrica a la que, con el tiempo, uniría su nombre, y que es el fundamento de todas las que son utilizadas actualmente.

Sin embargo, su descubrimiento no fue conocido hasta que Volta escribió sobre el mismo a Joseph Banks, secretario de la Royal Society de Londres, de la que el científico italiano era miembro desde 1791, al tiempo que viajaba a París, en compañía de un colega docente, el destacado químico Brugnatelli.

En aquel tiempo, París era la capital de la República francesa que, después de diez intensos años revolucionarios, parecía apaciguarse, aburguesándose, tratando de convertirse en un centro difusor del Arte, las Letras y las Ciencias, siguiendo los ambiciosos planes culturales y educativos del Primer Cónsul de Francia, el invicto general Napoleón Bonaparte.

Volta era portador de una misión oficial de las autoridades académicas, que querían agradecer a Bonaparte que hubiera permitido abrir nuevamente las aulas de la Universidad de Pavía, situada políticamente (a capricho del militar corso) en territorio de la nueva República Cisalpina, estado satélite de Francia.

Pero la pila cambió completamente el interés del viaje.

Así, Napoleón (a quien observamos en este fresco) junto a ciertos miembros de la Academia de Ciencias asistió a las demostraciones que Volta realizó de su pila, en una sesión pública.

Una comisión académica aconsejó que se le otorgara, por sus descubrimientos, una medalla de oro.

La electricidad galvánica y la electricidad producida por las máquinas electrostáticas fueron reconocidas como idénticas ante la comunidad científica francesa.

*El físico italiano demostró nuevamente sus conocimientos en el domicilio del químico Fourcroy, que llegaría a ser consejero de Estado, y ante los destacados físicos Charles y Lamétherie, director del **Journal de Physique**.*

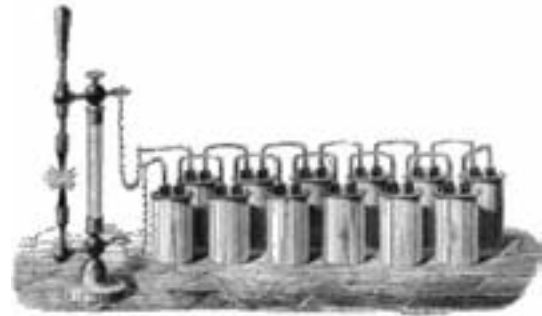
Fiel a su política de seducción de científicos e intelectuales, que había adoptado, a sugerencia de Lazaro Carnot, desde la campaña de conquista de Italia en 1796, Napoleón otorgó el título de conde a Volta y le procuró una pensión que fue regularmente abonada.

En 1803, fue nombrado miembro extranjero del Instituto de Francia.

La demostración de la pila eléctrica fue todo un símbolo para la época, de ahí que fuera inmortalizada por los artistas franceses en diversos cuadros, estampas y frescos durante el siglo XIX. Representaba la reconciliación de la ciencia italiana y la francesa, separadas desde hacía tiempo.

La italiana más académica, expuesta a la manera escolástica y positivista. La francesa deslumbrada por el auge de las Matemáticas durante el siglo XVIII, sobre la que centraba sus mayores esfuerzos.

De suerte que este encuentro, sin subordinación de unos científicos sobre otros, fue magnificado, definiéndose como principio de una nueva ciencia continental... en la Nueva Europa dominada por Francia, que soñaba Napoleón.



La imagen, que data de 1870, muestra una batería de pilas elementales compuestas de electrodos de cobre y zinc introducidos en una solución de agua acidulada.

La pila primaria más común fue la pila Leclanché o pila seca, inventada por el químico francés Georges Leclanché en los años sesenta del siglo XIX.

La pila seca que se utiliza hoy es muy similar al invento original. El electrolito es una pasta consistente en una mezcla de cloruro de amonio y cloruro de cinc.

El electrodo negativo es de cinc, igual que la parte exterior de la pila, y el electrodo positivo es una varilla de carbono rodeada por una mezcla de carbono y dióxido de manganeso, como despolarizante.

Esta pila produce una fuerza electromotriz de unos 1,5 V.



Démonos cuenta que el descubrimiento de la pila marca el inicio de una nueva era.

Y gracias al mismo...

La pila facilitó que varios científicos ingleses lograran aislar nuevos cuerpos como el potasio y el sodio.

Fue la base de los nuevos conocimientos electrodinámicos desarrollados por Oersted, Ohm y Ampère en los años veinte del siglo XIX y, en última instancia, de los cambios que el mundo observaría con la invención del motor eléctrico.

Las primeras pilas utilizadas a título experimental, se derivaban directamente de la pila de Volta.



Sin embargo en Internet hemos localizado pilas muy antiguas:

Las primeras pilas de la historia:





En 1938 el doctor Wilhelm, un arqueólogo austriaco, al revisar material almacenado en el Museo de Bagdad halló un objeto que podría alterar drásticamente los conceptos aceptados sobre el conocimiento antiguo.

Era un recipiente de unos quince centímetros de alto de cerámica amarilla, fechado en unos dos milenios atrás, que contenía, entre otras cosas, un cilindro hecho de una hoja de cobre, de doce por casi cuatro centímetros.

¿Podría tratarse de una pila eléctrica?

Y lo más importante... ¿cómo llegó a esta conclusión el doctor Wilhelm?

Ya hemos comentado que esta vasija estaba compuesta por un cilindro de cobre, pero además la costura del cilindro estaba soldada por una mezcla de estaño 60/40 similar a la que se usa hoy en día para soldar.

En el fondo del cilindro había un disco de cobre con los bordes doblados en forma de tapa y sellado con un material bituminoso como el asfalto.

Otra capa de asfalto sellaba la parte superior, sosteniendo una varilla de hierro suspendida en el centro del cilindro de cobre.

La varilla mostraba evidencias de haber sido corroída por un agente ácido.

El doctor König tenía conocimientos técnicos que le permitieron darse cuenta de inmediato de que se hallaba ante una antigua pila eléctrica.

La pila hallada en el Museo de Bagdad, Irak, al igual que otras que fueron desenterradas en ese país, está fechada en la época de la ocupación partiana, entre 248 antes de Cristo y 226 después de Cristo.

En el Museo de Bagdad el doctor König encontró, además, vasos de cobre cubiertos con una fina capa de plata que fueron extraídos de excavaciones en asentamientos sumerios en el sur de Irak, fechados en por lo menos 2500 antes de Cristo.

Haciendo una leve incisión en estos vasos se descubrió una delgada pátina azul que es característica de los trabajos plateados por electrólisis sobre una superficie de cobre.

Parecía ser que los partianos podían haber heredado sus pilas de una de las más antiguas civilizaciones que se conoce.

Hace unos años se propuso que podrían haber utilizado uvas aplastadas como electrolito o quizá vinagre.

Se probó una réplica de la pila de Bagdad con resultado positivo, obteniendo 0,87 V.

Varias celdas en serie habrían dado suficiente potencial como para hacer el platingo electrolítico de pequeños objetos.

Hace unos años, Motorola anunció un chip de microprocesador que tenía un consumo muy bajo mostrándolo en funcionamiento, alimentado por dos cables hundidos en un limón (en ciertos comercios de Argentina se exponían muestras de este sistema y realmente funcionaba).

Dos metales diferentes y un electrolito ácido son suficientes.

En Internet se pueden encontrar instrucciones para hacer pilas eléctricas con tiras de metal sumergidas en una solución de sal en agua.

De otros estudios, aparece que el uso de pilas similares podría haber sido normal en el antiguo Egipto, donde se han encontrado en diversos sitios varios objetos con signos de haber sido plateados eléctricamente.

Hay hallazgos, realizados en otras regiones, que sugieren que el uso de electricidad podría haber sido de gran provecho.



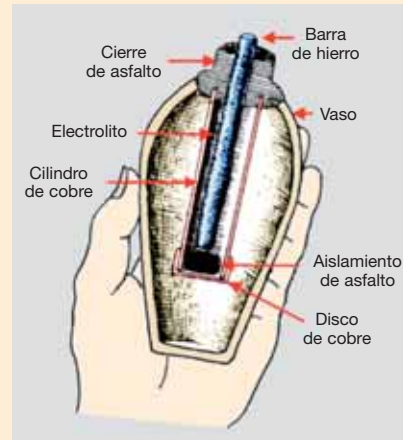
Uno de ellos es un cinturón, hallado en la tumba del general chino Chu (265-316 después de Cristo), que está hecho con una aleación de ochenta y cinco por ciento de aluminio, diez por ciento de cobre y cinco por ciento de manganeso.

El único método viable de producción de aluminio a partir de la bauxita es un proceso electrolítico realizado después de que la alúmina (mineral compuesto que se extrae del suelo) se ha disuelto en criolita fundida.

Este método se patentó en el siglo XIX.

Para este proceso las pilas del tipo de Bagdad no serían suficientes, ya que se necesita una corriente bastante importante.

¿Curioso, no?



Pilas primarias

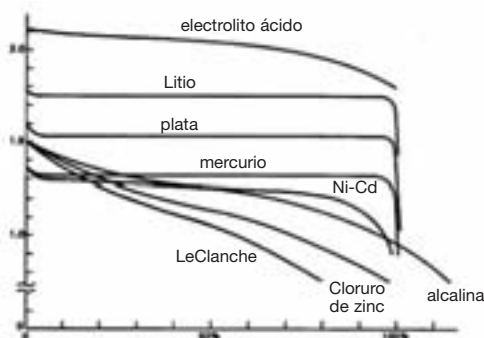
Fundamentalmente existen tres tipos:

- **Zinc-carbono o Leclanche:** Son las pilas más baratas y comunes, pero de muy baja capacidad.

Además se comportan mal a bajas temperaturas, no siendo capaces de suministrar corrientes elevadas.

- **Cloruro de Zinc-carbono:** Su precio es intermedio, se comportan bien a baja temperatura y suministran intensidades elevadas, aunque siguen teniendo una capacidad baja.

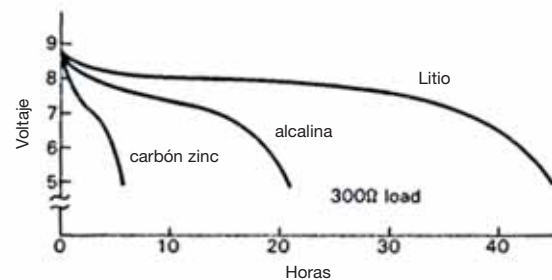
- **Alcalinas:** Son las pilas más caras de todas pero a cambio tienen mayor capacidad que las anteriores, con un buen comportamiento a bajas temperaturas e intensidades altas de descarga.



Curvas de descarga de distintos tipos de pilas.

Pilas de alta densidad de energía.

Como características principales tenemos su alta capacidad, curvas de descarga muy planas (poca variación de tensión a lo largo del tiempo de la descarga) y la disponibilidad de encapsulados muy variados (pilas botón).



Otras curvas de descarga.

Podemos encontrar tres tipos también en este caso:

- **Litio:** En general se venden de 3V/celda, su vida es muy larga (de 10 a 20 años) y se comportan muy bien en temperaturas extremas. Su corriente de descarga es baja y su precio muy elevado.

- **Mercurio:** En desuso por **problemas ambientales**. Sustituidas por:

- **Óxido de Plata:** Son las típicas pilas de botón actuales de 1,5 V.

Guía de reconocimiento de los elementos primarios o pilas.

A todas las llamamos genéricamente pilas, pero sus nombres son variados y derivan de la composición interna.

Ya sabemos que pueden ser alcalinas, carbón-zinc, níquel-cadmio, botón, según tengan mercurio, litio y óxido de plata, zinc-aire.

Para saber cómo hay que tratar y aprovechar una pila es necesario identificarla, ya que los fabricantes todavía no las marcan con un símbolo que nos permita distinguir-las inmediatamente.



A lo largo de este capítulo figuran tablas con todos, o casi todos, los modelos, tamaños y las normas que rigen su denominación.

El primer problema que se plantea es la diversidad de tipos y modelos existentes en el mercado, que básicamente son las siguientes:

Pilas Salinas

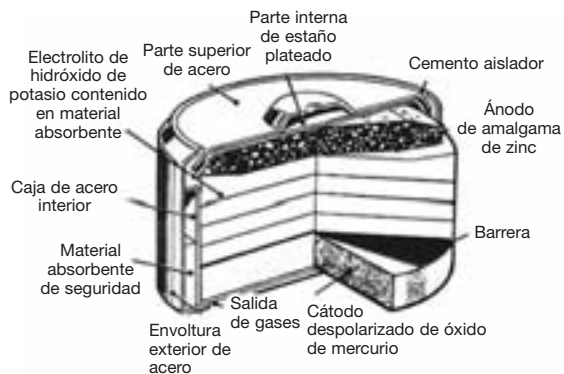
Son las primeras que aparecieron y ya las usaban nuestros abuelos.

Tienen menos duración y potencia pero su contenido tóxico es muy bajo.

Podemos echarlas a la basura sin remordimiento. El problema puede ser reconocer-las como salinas.

Pilas Botón

Otra pila primaria muy utilizada es la pila de cinc-óxido de mercurio, conocida normalmente como pila de mercurio. Puede tener forma de disco pequeño y se utiliza en audífonos, y relojes de pulsera eléctricos.



El electrodo negativo es de cinc, el electrodo positivo de óxido de mercurio y el electrolito es una disolución de hidróxido de potasio.

Produce unos 1,5 V.

Son las que contienen más mercurio por unidad.

Para que nos hagamos una idea, dicen que uno sólo de esos pequeños botones podría contaminar 600.000 litros de agua, una cantidad mayor que la que bebe una familia de 4 miembros ¡durante toda su vida!

Las pilas botón de litio (luego hablamos del litio), en cambio, no contienen ni mercurio ni cadmio, o sea que son una alternativa interesante para evitar el consumo de los botones de mercurio.

Las pilas botón pueden reciclarse y recuperar así productos (mercurio entre otros) que serán útiles otra vez.

Pilas alcalinas

Este tipo de pila ofrece duración y potencia, pero a costa de utilizar mercurio.

Aunque el contenido tóxico por unidad es menor que en las pilas botón, es suficiente, dicen, para contaminar 175.000 litros de agua, más de la que bebe una persona durante toda su vida.

Además, el volumen de ventas de las pilas alcalinas supera con mucho el de las pilas botón y sigue creciendo.

Aunque no está muy extendida la técnica de reciclado de estas pilas, está claro que no pueden echarse a la basura y que

deben ir a vertederos especiales donde pueda realizarse su eliminación controlada.

De todos modos, la solución es la incorporación de cantidades más pequeñas de mercurio y la sustitución de éste por productos no peligrosos, como ya se viene haciendo en varios países europeos.

Mientras tanto, podemos utilizar otras menos problemáticas, como las salinas o las pilas verdes, alcalinas con cero mercurio.



Una anécdota: averiguar en qué nivel energético nos movemos con una pila alcalina AA.

Las pilas **alcalinas** tamaño AA proporcionan unos 2,4 amperios x hora.

Tienen un voltaje de 1,5 voltios, lo que quiere decir que podrían llegar a proporcionar unos 3,6 vatios por hora (siendo optimistas).

Una hora tiene 3.600 segundos, de modo que eso equivaldría a unos 12.960 julios.

Un ser humano consume unas 2.000 calorías por día.

Esas (kilocalorías) que miden las dietas equivalen a 1.000 calorías de las que se utilizan en química e ingeniería.

Una caloría son 4,2 julios.

Por tanto equivalen a $2.000 \times 1.000 \times 4,2 = 8,4 \times 106$ julios por día.

Dividiendo un valor por el otro se obtiene 648.

Eso quiere decir que **necesitaríamos unas 648 pilas alcalinas AA para hacer funcionar a un ser humano durante todo día.**

Sin embargo, también son peligrosas, aunque no contienen mercurio.

En este caso, es el cadmio el metal tóxico que emplean.

Así que, ¡nada de echarlas a la basura! Además, ¡dicen que ya se reciclan!

Pilas Verdes

Los fabricantes están comenzando a sacar al mercado un nuevo tipo de pilas, conocidas como verdes, ecológicas o biopilas.

La ventaja de esta novedad es que apenas contienen mercurio, así que no dan problemas de contaminación y podemos echarlas al cubo de la basura.

Resumen

Tipo de pila	Características	Toxicidad
Secas	También llamadas "salinas" o de "zinc-carbón", contienen muy poco mercurio (0,01%)	Muy baja
Alcalinas	Tienen un contenido de mercurio del 0,5%	Tóxicas
Recargables	Contienen cadmio. No tienen mercurio.	Tóxicas
Botón	Algunas contienen hasta un 30% de mercurio	Muy alta
"Verdes"	Carecen de cadmio y mercurio, aunque se desconoce parte de sus componentes.	Desconocida

Tamaños y denominación de las pilas alcalinas más utilizadas.



Se corresponden con la imagen de sus siluetas y son las que más se utilizan.

Acumuladores Níquel-Cadmio

Este tipo de pilas, de las que luego hablaremos en profundidad, tiene la característica de que pueden recargarse después de gastada, así que, bien utilizada, puede durar años.

Se denominan de dos formas preferentemente, según el orden en el que están en el dibujo:

D o LR 20; C o LR 14; AA o LR 06; AAA o LR03; PP6 ó 6F 22



Destacamos un valor que **no suele darse actualmente** en las pilas alcalinas y es la **capacidad** de la que ya hemos hablado y luego insistiremos.



USA	IEC	ANSI	Otros	Forma	Voltaje
AAA	LR03	24A	R03, MN2400, AM4, UM4, HP16, Micro	Cilindro L: 44,5 mm, D: 10,5 mm	1,5 V
AA	LR06	15A	R06, MN1500, AM3, UM3, HP7, Mignon	Cilindro L: 50 mm, D: 14,2 mm	1,5 V
C	LR14	14A	R14, UM2, MN1400, HP11, Baby	Cilindro L: 46 mm, D: 26 mm	1,5 V
D	LR20	13A	R20, MN1300, UM1, HP2, Mono	Cilindro L: 58 mm, D: 33 mm	1,5 V
PP6	6F22	1602	6F50-2, Energizer 246	Prisma: 69,9mm × 34,5mm × 34,5mm	9 V

Sin embargo, hemos conseguido estas imágenes representativas de los distintos tamaños con el valor de su capacidad.



- AA**
- Alcalinas 1,5 V
 - Capacidad: 2.870 mAh



- AAA**
- Alcalinas 1,5 V
 - Capacidad: 1.150 mAh



- 6F22**
- Alcalinas 9 V
 - Capacidad: 570 mAh



- C**
- Alcalinas 1,5 V
 - Capacidad: 8.400 mAh



- D**
- Alcalinas 1,5 V
 - Capacidad: 19.500 mAh

La **capacidad** de una pila, que no tiene nada que ver con la de los condensadores, nos da una idea de cuanto puede durar.

Por ejemplo:

Una linterna de diodos leds:



Independientemente del número de pilas que lleve, pues sólo nos interesa su tamaño, si medimos el consumo estando encendida (cosa fácil, intercalando un polímetro), obtendremos un valor que, posiblemente, se sitúe entre 200 ó 300 mA.

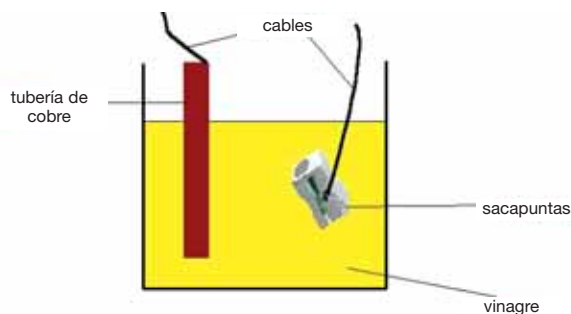
Finalmente dividiendo el valor de la **capacidad** por el valor de la medida (la lectura del polímetro) obtendremos un número bastante elevado de horas de autonomía que es una característica a tener en cuenta con este tipo de linternas.

Cómo construir una pila casera

Toda pila consta de dos electrodos (generalmente dos metales) y un electrolito (una sustancia que conduce la corriente eléctrica). En este caso vamos a utilizar como electrodos los metales cobre y magnesio.

En concreto, vamos a utilizar una tubería de cobre y un sacapuntas, cuyo cuerpo metálico contiene magnesio. Como electrolito vamos a utilizar vinagre.

Construir la pila es sencillo, sólo hay que introducir los electrodos en el interior del vinagre contenido en un vaso y unir un cable a cada uno de ellos (tal como muestra la figura).



Debe procurarse que la tubería de cobre se encuentre bien limpia. Para limpiarla lo mejor es frotarla con un papel de lija.

Para hacerla funcionar sólo hay que unir los dos cables que salen de los electrodos a un aparato que funcione con pilas.

El problema es que esta pila proporciona una intensidad de corriente muy baja, debido a que tiene una alta resistencia interna, por ello no siempre se va a conseguir que funcione.

Hay que elegir el dispositivo adecuado: un aparato que requiera una potencia muy pequeña.

Por ejemplo:

Un dispositivo de los que tocan una canción en los juguetes para bebés o de los que llevan incorporado algunas tarjetas de felicitación (musicales), un reloj a pilas (sirve un despertador).

Sólo se debe unir los cables de la pila a los dos polos del portapilas del aparato.

Pero no olvidemos que hay que hacerlo con la polaridad correcta, en caso contrario el aparato no funcionará.

Nota: Mientras no se utilice, hay que tener el sacapuntas fuera del vinagre para evitar que reaccione y se deshaga.

Se observará que cuando entran en contacto, el magnesio del sacapuntas reacciona con el ácido del vinagre y se desprenden numerosas burbujas. Se trata de gas hidrógeno.

Pilas secundarias. Acumuladores.

Tres son los parámetros más importantes que definen un acumulador:

• La capacidad

Es la cantidad de energía que es capaz de acumular y por consiguiente, de restituir.

Se expresa en Amperios-horas y su símbolo es Ah.

Para entenderlo mejor sirva el siguiente ejemplo:

Un acumulador de 2Ah es capaz de proporcionar 2A durante 1 hora o 1A durante 2 horas ó 0,5 durante 4 horas, etc.

Un submúltiplo que se utiliza es el miliamperio-hora, símbolo mAh.

Suele confundirse con la autonomía.

La capacidad varía en función de la tecnología con que se fabrique el acumulador, desde algunas decenas de mAh para los acumuladores de botón de Ni-Cd a más de 4000 Ah para los de plomo.

Es preciso saber que la capacidad restituida por un acumulador no es constante, para una misma carga, pues depende de las condiciones de la descarga, es decir, si la temperatura es baja la capacidad disminuye. Lo mismo si la demanda de corriente es elevada.

Para una misma tecnología la capacidad de un elemento es proporcional a su volumen.

En contrapartida en dos tecnologías diferentes y para una misma capacidad, los volúmenes no son siempre los mismos.

La relación capacidad/volumen peso es la densidad de energía y se expresa en Wh/Kg y se conoce como factor de mérito.

Hablaremos en el texto de **capacidad nominal** de un elemento y la denominamos C que es la marcada en la envoltura por el fabricante, basándose en la norma correspondiente.

• La tensión

Varía en función de la tecnología, y se conoce como **tensión nominal** y es la tensión media del acumulador en fase de descarga y en funcionamiento.

Éste valor varía, disminuyendo a lo largo del tiempo de utilización, dependiendo de cada tecnología.

Tensiones nominales de un elemento para las tecnologías principales:

Plomo	2V
Níquel cadmio	1,2V
Litio	3V
Alcalinas	1,5V

Las variaciones de esta tensión son debidas en parte a la resistencia interna.

• La resistencia interna



Es una característica que penaliza al acumulador. Por ella se provoca la caída de tensión en el acumulador cuando aumenta la corriente consumida.

Es debida, en parte, a las conexiones internas, a la inercia de la reacción química y a los elementos de protección que se sitúan en el interior del acumulador.

Su valor puede variar de algunas decenas a varias centenas de mΩ, en función de las tecnologías de fabricación.

El acumulador o pila secundaria, que puede recargarse revirtiendo la reacción química, fue inventado en 1859 por el físico francés Gaston Planté.

La pila de Planté era una batería de plomo y ácido, y es la que más se utiliza en la actualidad.

Esta batería que contiene de tres a seis pilas conectadas en serie, se usa en automóviles, camiones, aviones y otros vehículos.

Su ventaja principal es que puede producir una corriente eléctrica suficiente para arrancar un motor; sin embargo, se agota rápidamente.

El electrolito es una disolución diluida de ácido sulfúrico, el electrodo negativo es de plomo y el electrodo positivo de dióxido de plomo o plomo esponjoso.

En funcionamiento, el electrodo negativo de plomo se disocia en electrones libres e iones positivos de plomo.

Los electrones se mueven por el circuito eléctrico externo y los iones positivos de plomo reaccionan con los iones sulfato del electrolito para formar sulfato de plomo.

Cuando los electrones vuelven a entrar en la pila por el electrodo positivo de dióxido de plomo, se produce otra reacción química. El dióxido de plomo reacciona con los iones hidrógeno del electrolito y con los electrones formando agua e iones plomo; estos últimos se liberarán en el electrolito produciendo nuevamente sulfato de plomo.

Un acumulador de plomo y ácido se agota porque el ácido sulfúrico se transforma gradualmente en agua y en sulfato de plomo.

En la carga, las reacciones químicas descritas anteriormente se invierten hasta que los productos químicos vuelven a su condición original.

Una batería de plomo y ácido, para automóviles, tiene una vida útil de unos cuatro años.

Produce unos 2 V por elemento.

Recientemente, se han desarrollado baterías de plomo para aplicaciones especiales con una vida útil de 50 a 70 años.

Otra pila secundaria muy utilizada es la batería de níquel y hierro, ideada por el inventor estadounidense Thomas Edison en torno a 1900.

El principio de funcionamiento es el mismo que en la pila secundaria de ácido y plomo, pero aquí el electrodo negativo es de hierro, el electrodo positivo de óxido de níquel y el electrolito es una disolución de hidróxido de potasio.

La pila de níquel y hierro tiene la desventaja de desprender gas hidrógeno durante la carga.

Se usa principalmente en la industria pesada.

La batería de Edison tiene una vida útil de unos diez años y produce aproximadamente unos 1,2 V.

Otro acumulador alcalino similar al de Edison es el de níquel y cadmio, en el que el electrodo de hierro se sustituye por uno de cadmio.

Produce también 1,2 V y su vida útil es de unos 25 años.

Las pilas “secundarias” o recargables satisfacen necesidades muy distintas.

Actualmente existen tres tipos de pilas recargables que dominan el mercado: las de plomo, las de níquel-cadmio y las de níquel-hidruro.

Vamos a analizar primero las de plomo y níquel-cadmio.

Pilas de plomo y níquel-cadmio



Volvemos a aclarar que se confunde el término pila con el de batería.

Una pila primaria es un elemento del compuesto que sea.

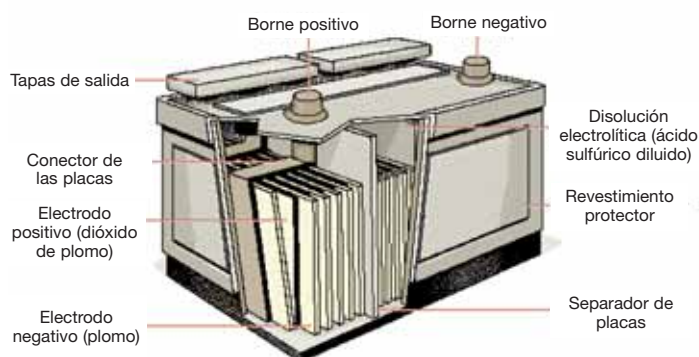
Proporciona 1,5 V, normalmente, y hasta 3 V si se trata de una de Litio.

Un elemento de Níquel-Cadmio es una pila secundaria o recargable.

Cuando varios elementos van asociados, en serie o paralelo conseguimos una batería.

Por eso hablamos de batería al referirnos a la de nuestro coche.

Las baterías de plomo reinan en nuestros automóviles pero sólo destinadas a cubrir las necesidades de arranque, iluminación e ignición (no tienen suficiente energía para mover el coche).



Acumulador de plomo.

Las pilas de níquel-cadmio, alojadas en grupos de 4 o de 5 elementos, a falta de mejores baterías, se emplean en artículos de electrónica de consumo como videocámaras y ordenadores o teléfonos móviles.

Además de la necesidad de mejoras técnicas en las baterías actuales, los usuarios deben saber que los elementos que las componen son altamente contaminantes, especialmente el plomo y el cadmio, y que en el caso de este último, los procesos de reciclado no están bien establecidos.

Sin embargo, la demanda del mercado de baterías recargables es previsible que siga creciendo tanto a corto como a medio plazo.

¿Que tecnología es la ideal para el desarrollo de nuevas baterías recargables?

En general, cada tecnología tiene características que se ajustan mejor a ciertas aplicaciones, y existen asimismo numerosos y variados tipos de baterías que se pueden considerar hoy en día en estado de desarrollo.

Una breve lista podría incluir baterías sodio/azufre, zinc/aire, hidruro metálico/óxido de níquel y baterías de litio.

Las baterías de plomo no sólo se utilizan en el coche.

Cuando queremos alimentar una alarma de tal forma que tenga autonomía cuando se va la luz, podemos utilizar una batería hermética de plomo gel de 12 V o de 6V, como la que se representan a continuación:



Se trata de una batería de plomo-gel 12V 7Ah, hermética, sin mantenimiento.

No sólo se presentan en ese formato, existe otros menos conocidos a escala doméstica pero más utilizados en usos industriales:



Son elementos individuales de 2 V unidos por soldadura para conseguir los 12V habituales.

Entonces, ¿baterías de plomo o Ni-Cd?

Coste/Prestaciones

Las baterías de plomo-gel son aproximadamente de 2 a 4 veces menos caras que las baterías de Ni-Cd.

Sin embargo, las Ni-Cd, **si se cuidan apropiadamente** (¡ésta es la clave del asunto!) pueden recargarse de 3 a 5 veces más que las baterías de plomo-gel.

El coste de un cargador para un tipo de baterías u otro es el mismo, más o menos, pero es importante resaltar que las baterías de plomo necesitan un tipo **diferente** de cargador que las baterías Ni-Cd.

En resumen, las baterías Ni-Cd son, al menos, tanto o más baratas que las de plomo si se usan frecuentemente a lo largo de su vida útil.

Sin embargo, si se emplean de forma ocasional, las de Ni-Cd son más caras, puesto que su vida útil acabará en el estante de un armario, antes de utilizar todas las cargas disponibles.

Las baterías Ni-Cd son, en general, un 30% más ligeras que las de plomo para una cantidad de energía dada.

Es una diferencia significativa.

Características de almacenamiento

Las baterías de plomo-gel mantienen su carga completa durante dos meses o más cuando están almacenadas, sin cargador alguno.

Las baterías Ni-Cd pierden aproximadamente un 1% de su carga cada día que

pasa, debido a un fenómeno conocido como "auto-descarga".



Características de la descarga

Las baterías Ni-Cd tienen una curva de descarga voltaje - tiempo más plana que las baterías de plomo.

Esto significa que un foco alimentado con una de ellas dará una cantidad de luz constante durante toda su utilización, mientras que con una batería de plomo, la luz irá bajando de intensidad a medida que la batería se descargue.

No debe permitirse la descarga total de ninguna batería, por abandono.

Ambos tipos de baterías, ya sean Ni-Cd o de plomo-gel pueden dañarse gravemente si se descargan, en uso, por debajo del 75% de su voltaje original.

Para cargar rápidamente baterías de plomo o Ni-Cd (carga completa en 2 o 4 horas), se necesita un "cargador inteligente".

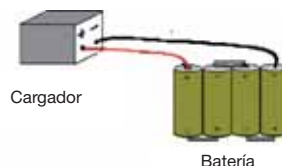
Estos cargadores comprueban el estado de la batería durante el proceso de carga, suministran toda la corriente que sea necesaria y cuando la batería está cargada, reducen el flujo de corriente (o suministran pulsos de corriente a intervalos) para mantener la batería sin dañarla.

Este tipo de cargador inteligente está muy bien para las baterías de plomo, pero no es realmente necesario, ya que un simple cargador de voltaje regulado funcionará perfectamente.

El cargador deberá suministrar de 6,90 a 6,95 voltios para una batería de plomo de 6 voltios, y de 13,8 a 13,9 voltios para una batería, también de plomo, de 12 voltios.

Las baterías de Ni-Cd realmente sí se benefician de un cargador inteligente.

Carga de acumuladores de níquel cadmio



Carga

Para recargar una batería, es necesario hacer pasar una cantidad de energía a través de ella (Flujo de corriente).

Esta cantidad de flujo de energía es lo que llamamos intensidad de carga, que se mide en miliamperios (mA) y de la que depende el tiempo necesario para lograr la carga completa de la batería.

La intensidad de carga es de vital importancia durante la carga de la batería, pues un exceso de ella pueda dañar, deteriorar o disminuir la vida útil de la batería.

Básicamente existen cuatro métodos de carga para acumuladores de Ni-Cd.

Carga larga o normal

Carga rápida

Carga acelerada

Carga de goteo

- Carga larga o normal:



En inglés conocida como (Overnight) con este método una batería recargada alcanza su 100% de carga entre 14 a 16 horas. El valor de la carga está determinada por la fórmula $C/10$, donde C corresponde a la capacidad de la batería en miliamperios hora.

Ejemplo: Para cargar una batería de 600 mAh, el valor de carga para carga normal será de 60 mA, Para una batería de 700 mAh, será de 70 etc.

Este método de carga es el más usado y además el más seguro, pues los acumuladores de Ni-Cd pueden permanecer bajo esta carga durante largos periodos, días e incluso semanas, sin sufrir daños.

- Carga rápida: En inglés "QUICK". Una batería de Ni-Cd descargada, puede alcanzar su carga máxima en 4 o 6 horas, el valor de carga esta determinada por $C/3$, es decir, la capacidad especificada de la batería dividida por 3.

No es recomendable dejar los acumuladores a esta carga más de 6 horas, pues esto puede generar una sobrecarga de la batería.



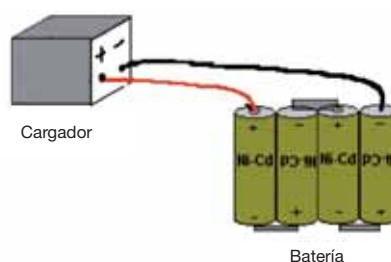
Muchos acumuladores de Ni-Cd pueden aceptar este tipo de carga, pero este no es muy recomendable, porque disminuye el tiempo de vida útil de la batería.

- Carga Acelerada: En inglés "FAST". Con una carga acelerada se logra el 100 % de la carga de la batería en 15 minutos o menos. El valor de carga lo determina la fórmula $3C$ o tres veces la capacidad especificada de la batería. Muchos acumuladores de Ni-Cd hoy en día aceptan este tipo de carga, sin embargo, esta sólo debe realizarse utilizando cargadores especializados porque el tiempo de carga es muy crítico para prevenir la sobrecarga y deterioro de la batería.
- Carga de goteo: En inglés "TRICKE" o "FLOAT" Este tipo de carga proporciona a la batería la energía perdida durante el tiempo en que este sin uso. El valor de la carga se define como $C/50$ (capacidad especificada dividida por 50). Los acumuladores de Ni-Cd pueden permanecer bajo esta carga durante un tiempo indefinido, sin que sufran daños y man-

teniendo siempre el 100% de la carga. El uso de este valor de carga es sólo para mantenerla en esta situación, pero no para cargarla.

Antes de usar este método, se debe cargar por completo la batería, preferiblemente con carga normal (16 horas).

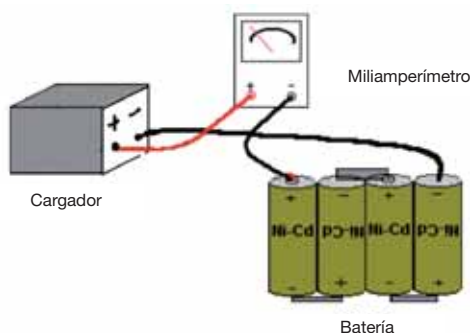
Nota: Las celdas de batería de níquel cadmio deben cargarse siempre en serie y nunca en paralelo.



Medida de la intensidad de carga

La intensidad de carga de una batería, es en realidad la cantidad de corriente que circulará a través de ella mientras dure ese proceso.

Para medir ese valor es necesario abrir el circuito entre el cargador y la batería e intercalar el aparato de medida, para hacer que esta corriente circule por el instrumento de medida (miliamperímetro) como se ilustra en el siguiente dibujo.



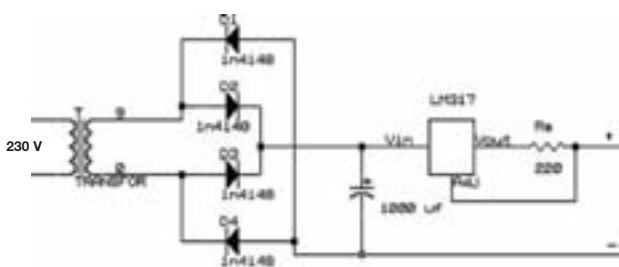
Si el instrumento a utilizar es análogo (de aguja), la polaridad de conexión es importante, por ello debemos asegurarnos de que se correcta.

Atención: Si el instrumento (miliamperímetro), a pesar de estar bien conectado, marca corriente negativa (desvío de la aguja

en sentido contrario), la corriente está circulando de la batería hacia el cargador y por tanto no se está cargando sino que al contrario, se está perdiendo carga. Debemos revisar el cargador.

Un sencillo cargador

El circuito que se muestra a continuación consiste en un sencillo sistema para la carga de acumuladores de níquel cadmio que suministra una corriente constante al paquete y que es de fácil construcción.



Consideraciones para la realización:

- Resistencia R_s : De esta resistencia depende el valor de carga del sistema.

Para calcularla se utiliza la fórmula $1,25 / \text{corriente deseada en amperios}$, por ejemplo, para un valor de carga de 60 mA $1,25 / 0,060 = 20,83$ ohmios (1 Amperio = 1000 mA).

Con la corriente deseada y el valor de la resistencia R_s calculado podremos conocer la caída de voltaje en la resistencia R_s , así:

- $V_{RS} = \text{Corriente deseada} \times R_s$

En nuestro ejemplo:

$$V_{RS} = 0,060 \times 20,83 = 1,25 \text{ Voltios}$$

Esto significa que para obtener la corriente deseada del sistema, debemos tener un mínimo voltaje de fuente de alimentación de:

$$V_{\text{min.fte}} = \text{Voltaje de batería} + V_{RS}$$

Para nuestro ejemplo suponiendo que la batería que queremos cargar es de 4,8 V

$$V_{\text{min.fte}} = 1,25 + 4,8 = 6,05 \text{ Voltios}$$

Calculemos ahora la potencia de la resistencia que usaremos:

$$P_{RS} = V_{RS} \times I \text{ (Corriente deseada)}$$

$$P_{RS} = 1,25 \times 0,060 = 0,075 \text{ vatios}$$

Por tanto una resistencia de $\frac{1}{4}$ de vatio (0,25 vatios) será más que segura para nuestro sistema.

Si la potencia disipada por la resistencia es superior a la potencia nominal de la resistencia, esta sufrirá calentamiento y probablemente se quemará.

- Selección del transformador:

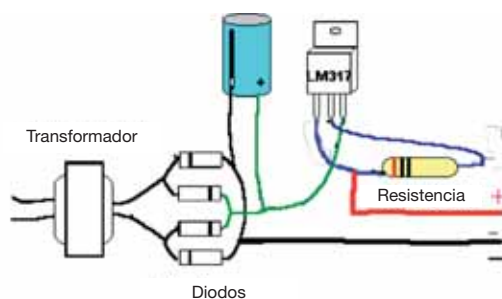
EL transformador deberá tener un voltaje secundario superior al voltaje mínimo de fuente ($V_{\text{min.fte}}$) que acabamos de calcular. Unos 3 voltios por encima de este valor estará bien.

El voltaje primario dependerá de el que se disponga en la zona donde se use el cargador normalmente (230 voltios).

- Rectificador o puente de diodos:

Debe tenerse en cuenta que la corriente que éste soporte sea superior a la corriente de carga. Ejemplo para un cargador de unos 500 mA servirían diodos de 1 amperio como mínimo, por seguridad.

- Dibujo de ayuda para su montaje:



Problemas de las baterías (paquetes) de acumuladores:

No siempre cuando un paquete de acumuladores deja de funcionar correctamente hay que reemplazarlo por completo, por lo general, el problema lo ocasiona una o algunas de sus celdas.

Con la ayuda de un voltímetro hay que chequear el voltaje en cada una de las cel-

das, si alguna de ellas tiene un voltaje inferior al voltaje predeterminado (1,1 voltios), debemos reemplazarla teniendo en la cuenta usar el mismo tipo de celda y preferiblemente la misma marca.

He aquí algunos consejos para conservar los acumuladores:

- No exponer sus acumuladores a temperaturas extremas. El exceso de calor o de frío puede ser fatal.
- Cuando no estén en uso, deben guardarse completamente cargados, lo que evitará la formación de corto circuitos en las celdas.
- Tener cuidado de no sobrecargarlos, lo que puede ocurrir por un exceso de tiempo de carga o un valor elevado de ésta.

Deben inspeccionarse periódicamente en busca de sulfatos, malas soldaduras o deterioro de cables.

Las pilas recargables (o acumuladores) de Ni-Cd, que utilizaremos como elementos sueltos en sustitución de las alcalinas tienen el mismo formato que aquellas.

Es decir, que la tabla que vimos para las alcalinas es válida, salvo alguna modificación, como podemos observar:

Los tamaños de las pilas están bastante normalizados, de modo que sabiendo de qué modelo se trata utilizaremos el cargador adecuado para conseguir el mejor rendimiento posible.



El voltaje del acumulador (medido en Voltios) y su capacidad (medida en miliamperios por hora) es como el agua en un botijo.

El voltaje indica la fuerza del chorro, mientras que la capacidad del botijo nos indica cuanta agua puede contener.

Un sólo acumulador de Ni-Cd proporciona 1,2 Voltios y cuando conectamos siete elementos en **serie**, obtenemos 8,4 Voltios (1,2 V x 7 pilas = 8,4 V).

Cargadores lentos y cargadores rápidos.

Los cargadores de elementos recargables sirven para regenerar la corriente y el voltaje (el contenido y el chorrillo del botijo) de las pilas de Ni-Cd.

USA	IEC	ANSI	Capacidad en m/Ah	Forma	Voltaje
AAA	LR03	24A	De 750-800	Cilindro L: 44,5 mm, D: 10,5 mm	1,2 V
AA	LR06	15A	De 1.700-2.500	Cilindro L: 50 mm, D: 14,2 mm	1,2 V
C	LR14	14A	De 2.500-3.000	Cilindro L: 46 mm, D: 26 mm	1,2V
D	LR20	13A	De 4.000-4.500	Cilindro L: 58 mm, D: 33 mm	1,2 V
PP6	6F22	1602	De 180-250	Prisma: 69,9 mm × 34,5mm × 34,5mm	8,4 V

Casi todos los cargadores que se comercializan son cargadores lentos, necesitando 14 o 16 horas o más para recargar un elemento completamente agotado.

También tenemos cargadores rápidos diseñados para proporcionar más corriente y voltaje, completando la recarga de la pila en 15 minutos.

El tipo de cargador marca el tiempo necesario para las recargas.

Hay que explicar también que la recarga sólo debe hacerse cuando la batería esta completamente descargada (vamos, lo que se dice "vacía") para no dañarla.

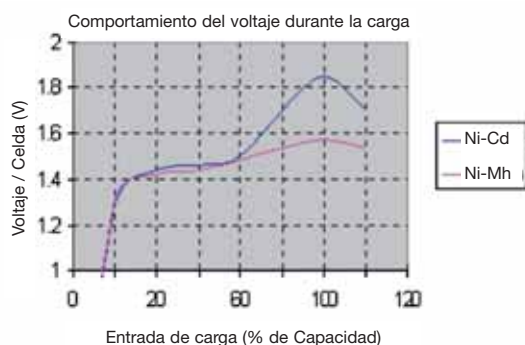
Esto lo conseguimos por medios artificiales, mediante un descargador de baterías (una simple resistencia disponible en las tiendas de componentes electrónicos).

Pero existen cargadores que lo primero que hacen es descargar los elementos y después cargarlos.

Los cargadores rápidos son interesantes cuando utilizamos muchas baterías, pero si tenemos alguna de repuesto, es mejor usar un cargador lento.

Los cargadores diseñados para este tipo de carga, son los más complejos y costosos, pues poseen, además de una fuente de corriente constante, circuitos especialmente diseñados para detectar el ΔV (incremento de Voltaje) y el tiempo de carga recomendado por los fabricantes.

Para realizar cargas en tiempos entre 1 ó 2 horas, se aplica a la batería una corriente entre 0,5C a 1C (C/2 a C) hasta que es detectado un descenso en el voltaje (ΔV negativo ver grafico del comportamiento del voltaje durante la carga).



Después de detectar el descenso en voltaje de las celdas, automáticamente se reduce la corriente a un valor mínimo necesario para el sostenimiento de la carga (0,05 a 0,033 C).

Carga de acumuladores de Plomo-Ácido

Los acumuladores de plomo-ácido requieren para su carga un tratamiento diferente a los acumuladores de Ni-Cd y Ni-Mh, ya que se utiliza una carga a tensión constante.

- Voltaje Constante

La carga de acumuladores de Plomo-Ácido se logra aplicando a la batería un voltaje constante de 2,45 voltios por celda (Ej. Para una batería de 12 voltios, que tiene 6 celdas serán 14,7 V), con una temperatura ambiente de 20 a 25 °C. La carga estará completa cuando la corriente se mantiene estable durante 3 horas.

- Voltaje constante y corriente constante

En este método se carga la batería controlando la corriente a 0,4C y el voltaje a 2,45 voltios por celda (Ej. Para una batería de 6 voltios, que tiene 3 celdas serán 7,35V), con una temperatura ambiente de 20 a 25 °C durante 6 a 12 horas dependiendo de estado de descarga de la batería.

- Carga Rápida

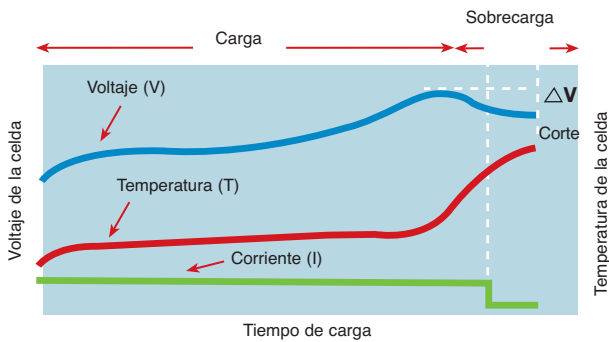
Se necesita una corriente elevada en un corto periodo de tiempo para restablecer la energía que ha sido descargada.

Es necesario el control de la corriente de carga, para prevenir la sobrecarga cuando la carga se ha completado.

Los requerimientos básicos de un cargador rápido para acumuladores de plomo son:

- Suficiente capacidad de corriente
- La corriente de carga debe ser automáticamente controlada para prevenir la sobrecarga incluso en cargas prolongadas.
- La temperatura ambiente no debe ser superior a 40 °C ni inferior a 0 °C.
- Debe garantizarse un ciclo de utilización (Carga/descarga) seguro, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Comparación de parámetros de los acumuladores durante la carga



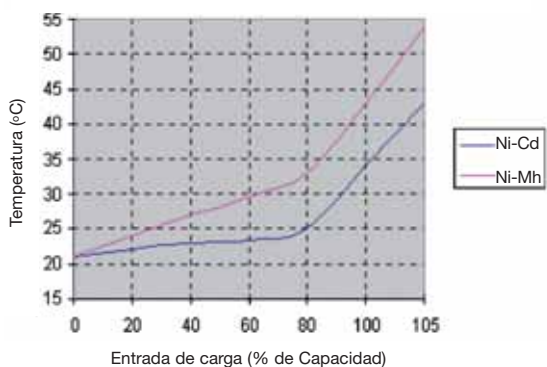
Al conectar un acumulador descargado al equipo cargador, el voltaje por cada celda se incrementará progresivamente hasta alcanzar el 100% de la capacidad de carga.

Cuando se alcanza el 100% de la capacidad, se nota un leve descenso en el voltaje por celda, es decir, el ΔV (Delta de V) se hace negativo.

Nótese que en el acumulador de Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro) el ΔV es mucho menor, es decir, la pendiente del descenso es mas leve.

La temperatura también presenta un ascenso durante la carga, sin embargo, la pendiente en la temperatura de los acumuladores de Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro) es más alta.

Comportamiento de la Temperatura durante la carga



En casos extremos, aparece lo que se conoce como "efecto memoria" por haberse cargado y descargado muchas veces

hasta los mismos niveles, no admitiendo más carga ni dando mas potencia de la que ha memorizado.

Lo podemos observar en aquellos que no dan el rendimiento de los nuevos o que no parecen tan eficaces como las demás.

El remedio es dolorosamente caro: hay que comprar un elemento nuevo.

Existe un sistema para resucitar elementos con efecto memoria, bastante agresivo y peligroso si no se hace correctamente, pero el elemento "resucitado" no vuelve a ser el mismo, como los zombis, así que no merece la pena mencionarlo.

Cuando tengamos un elemento nuevo, nos aseguraremos de descargarlo completamente después de usarlo y cargarlo correctamente para la próxima ocasión.

Evitaremos guardarlos cargados durante mucho tiempo, pues la carga se disipa lentamente y podemos encontrarlo completamente descargado.

Los cargadores lentos suministran una corriente y voltaje muy bajos durante mucho tiempo consiguiendo de esa manera una recarga correcta.

El tiempo necesario varía según cada modelo, pero la mayoría necesitan 14 ó 16 horas para que una batería completamente descargada se recupere y empiece a estar caliente al tacto.

Este ligero aumento de la temperatura indica que el ciclo de carga esta completo y se esta convirtiendo en calor el exceso de energía eléctrica que se aplica.

No cargar un elemento acumulador o continuar cargándolo si esta caliente al tacto.

Si el calor es intenso seguramente estaremos dañando el elemento lo que nos traerá problemas más adelante.

Los cargadores rápidos completan la recarga de una batería de 2.200 mAh en 15 minutos aproximadamente.

Con este tipo de cargador hay que tener mucho cuidado con el calentamiento de la batería y desconectarlo en cuanto la notemos caliente al tocarla.

Aunque son eficaces y rápidos, los resultados de la carga lenta son mejores a largo plazo, consiguiendo más voltaje y duración que con las cargas rápidas.

Una buena solución es hacer una carga rápida de 15 minutos y luego dejarlas en carga lenta durante 2 ó 3 horas.

Así obtendremos un buen rendimiento y las mantendremos en mejores condiciones para mantener el máximo de carga.

Después de la carga, debemos notar la pila templada.

Usando sólo cargadores lentos podemos garantizar la máxima capacidad y voltaje de las pilas, aunque podemos usar los rápidos, cuando necesitemos disponer con urgencia de ellas.

Es una buena precaución hacer 2 ó 3 cargas lentas por cada carga rápida, para mantener el máximo de capacidad en el futuro.

Realizar cargas rápidas por sistema termina por reducir las prestaciones y si sólo tenemos cargadores rápidos terminaremos comprando más pilas que si las acondicionamos con unas recargas adecuadas.

Vamos a ver un cargador curioso que carga tamaños AAA, AA, C, D y 6F22. Observamos cómo se convierten los elementos más pequeños en mayores.



Las pilas recargables de Ni-Cd ó Ni-NH pueden alojarse en portapilas para formar una batería.

Existen portapilas para distintos formatos capaces de alojar varias unidades.



Si disponemos de una fuente de alimentación y de un portapilas del tamaño de las pilas que deseamos cargar, podemos hacerlo de la siguiente forma:

Leemos en las instrucciones de carga, que figuran en el blister, dos valores importantes, el valor de la intensidad de carga y el tiempo, ajustamos ese valor de intensidad en la escala de la fuente y respetando el tiempo tendremos las pilas perfectamente cargadas.

Los elementos de níquel cadmio, en usos industriales llevan soldados unas lengüetas que permiten montar packs (paquetes), del estilo de la foto.



Así se presentan para ser alojadas en teléfonos inalámbricos, por ejemplo.



En el MUNDO DE LA ILUMINACIÓN hablamos de los **Kits de emergencia**.

En la imagen anterior podemos ver, de nuevo, cómo está constituido.

La batería tipo bastón está formada por 5 elementos, atención no del tipo C, son más pequeños, con una longitud de 42,2 mm, y un diámetro de 22,2 mm y 1,5 A/h y conocidos con **C_s** (C sub s).

Acumuladores recargables Ni-Mh (Níquel-Metal-Hidruro)

Muchas de las características de funcionamiento de los acumuladores de Ni-Mh son similares a las de los acumuladores de Ni-Cd (Níquel Cadmio).

Sin embargo, los acumuladores de Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro) tienen como ventaja la alta densidad de energía (o capacidad) que implica un mayor tiempo de vida.

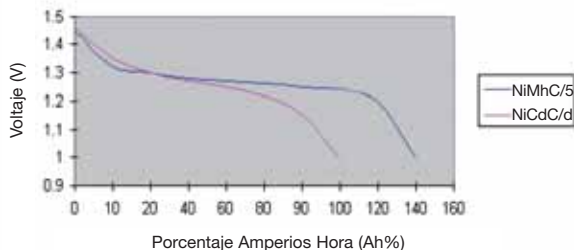
Además, el Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro) es ambientalmente más ecológico que el Ni-Cd y otros sistemas por no contener adiciones de Cadmio ni plomo.

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS:

- **Mayor Capacidad:**

Entre un 30-50 por ciento más de capacidad y tiempo de servicio que un elemento estándar de Ni-Cd de tamaño equivalente.

Comparación voltaje y capacidad de acumuladores de mismo tamaño en NiCd y NMh



- **Altos niveles de descarga:**

Como la resistencia interna de los acumuladores de Ni-Mh (Níquel-Metal-Hidruro) es baja, se permiten valores más elevados de descarga de 2 y hasta 3 veces su capacidad.

- **Carga Rápida:**

Pueden cargarse con rapidez (aproximadamente 1 hora) usando para ello un sistema cargador especialmente diseñado.

- **Aptitud en altas temperaturas:**

Son capaces de operar en descarga con temperaturas desde 20 °C hasta 50 °C y en carga desde 0 °C hasta 45 °C.

- **Carga de acumuladores de Ni-Mh (Níquel-Metal-Hidruro)**

La recarga es el proceso por el cual se reestablece la energía que ha sido descargada del elemento.

La vida útil de un elemento depende de los ciclos de carga y descarga a la que sea sometido.

Los principales criterios para una carga efectiva son:

- Seleccionar el valor apropiada de la misma.
- Limitar la temperatura.
- Seleccionar una técnica apropiada para la terminación de la carga.

Las características de recarga de los acumuladores de Ni-Mh (Níquel-Metal-Hidruro) son generalmente similares a las de Ni-Cd (Níquel Cadmio). Sin embargo, existen algunas diferencias particularmente en los requerimientos para el control de carga, dado que los acumuladores de Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro) son más sensibles a las sobrecargas (Se deterioran significativamente con sobrecargas).

No utilizar cargadores para acumuladores de Ni-Cd (Níquel Cadmio) para cargar acumuladores de Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro).

El método de carga más común para Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro) es el uso de una corriente constante, con una corriente limitada para impedir incrementos altos en la temperatura.

Son más sensibles a las sobrecargas, a su vez la carga genera en ellos aumentos más rápidos en la temperatura lo cual también la deteriora.

Pueden cargarse rápidamente en periodos de 1 hora con valores de carga de 1C, sin embargo para evitar el deterioro de los acumuladores, debe utilizarse para ello equipos cargadores especialmente diseñados.

dos que protejan la batería de las sobrecargas y los excesos de temperatura.

• **Carga Lenta**

Para ello cargar los acumuladores con una corriente constante a un valor de C/10 con una terminación de carga delimitada por tiempo (12 Horas), es un método conveniente para cargar completamente las acumuladores de Ni-Mh (Níquel Metal Hidruro).

La carga deberá detenerse después 12 horas para un elemento completamente descargado. Si la batería no esta completamente descargada, la aplicación de 12 horas de carga, sobrecargará el elemento.

• **Carga Rápida (4 Horas)**

Una batería Ni-Mh (Níquel-Metal-Hidruro) puede ser cargada con eficiencia y seguridad utilizando corrientes superiores a las descritas anteriormente. Es necesario sin embargo un control de carga para terminarla antes de que la batería alcance los límites de temperatura recomendados por el fabricante.

Una batería completamente descargada puede cargarse a un valor de C/3 con un temporizador que corte la carga en 3,6 horas. La temperatura de las acumuladores no puede exceder los 55 °C por celda.

• **Carga Súper Rápida (1 Hora)**

Para cargar completamente acumuladores Ni-Mh en 1 hora sin sobrecargarlos y sin que éstos sufran deterioro por la temperatura, es necesario que el cargador esté equipado con sistemas de terminación de carga combinados (Temperatura dT/dt, Voltaje ΔV, Tiempo).

Los fabricantes recomiendan hacer la carga en tres pasos:

- Cargar a un valor de 1C hasta detectar un incremento en la temperatura por celda de 1 °C por minuto.
- Aplicar una carga de C/10 terminada por temporizador en 1/2 hora.
- Después aplicar una corriente de sostenimiento de C/300.

La alternativa al plomo y al cadmio: el litio

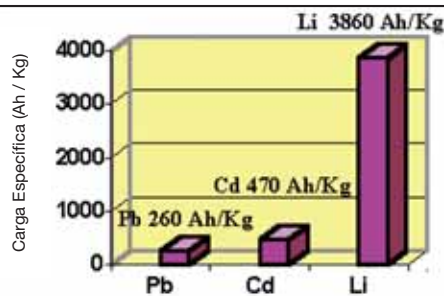
Todas las baterías descritas tienen ventajas, e inconvenientes que se intentan evitar con diseños adecuados, pero las baterías de litio, junto quizá a las de hidruro metálico son las que van encontrando un mayor consenso en cuanto a su potencial y un mayor esfuerzo en su investigación y desarrollo a nivel mundial.

Son muchas las razones que han originado esta aprobación.

En primer lugar el litio es el metal más ligero, ver la tabla periódica de los elementos, y esto da lugar a una alta capacidad específica, lo que permite obtener la misma energía con un peso muy inferior. Ver figuras.



Carga específica para distintos ánodos



Masa necesaria para producir 1 Amperio durante 1 hora



Cuando un ánodo de litio metálico se combina con cátodos de ciertos óxidos de metales de transición, las celdas electroquímicas reversibles que resultan presentan valores de voltaje superiores al de otros sistemas lo que se traduce en una alta densidad de energía.

Además de sus características técnicas, la tecnología de litio es de las más versátiles y puede llegar a encontrar aplicaciones múltiples, desde las que requieren pequeñas y delgadas microbaterías hasta baterías de alta capacidad y reducido peso para automóviles.

Finalmente, y a diferencia del plomo o el cadmio, los materiales que componen las baterías de litio más prometedoras no representan un problema de posible contaminación ambiental.

En los primeros prototipos de baterías de litio el electrodo positivo (cátodo) era normalmente un óxido o sulfuro metálico con la facultad de incorporar y separar iones litio en los procesos de descarga y carga de la batería de un modo reversible.

El electrodo negativo (ánodo), en estos primeros sistemas, estaba constituido por litio metálico que debía sufrir procesos igualmente reversibles de disolución durante la descarga y deposición durante la recarga.

Historia de las baterías de litio

El trabajo con baterías de litio empezó en 1912 pero fue a principios de la década del 70 cuando las primeras baterías no recargables de litio fueron comercializadas.

Los intentos por desarrollar baterías de litio recargables continuaron durante los años ochenta, pero fallaron debido a problemas de seguridad.

El litio es el más liviano de todos los metales, posee el mayor potencial electroquímico y es el mayor generador de energía.

Usando litio metálico como electrodo negativo las baterías recargables son capaces de proveer alto voltaje y excelente

capacidad, obteniendo así una gran densidad de energía.

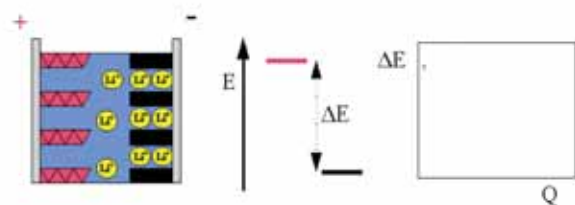
Tras largas investigaciones sobre las baterías de litio durante la década del ochenta, se descubrió que el ciclo de carga altera el electrodo de litio reduciendo de este modo su estabilidad, provocando una enorme fuga térmica.

Si esto se produce, la temperatura de la celda rápidamente se aproxima al punto de fusión del litio, lo que desencadena una violenta reacción.

A causa de la inestabilidad inherente al Metal - Litio, especialmente durante su carga, las investigaciones se orientaron hacia la búsqueda de una batería de Litio no metálico usando iones de litio como dióxido de litio-cobalto (LiCoO_2).

En las baterías de Ion-Litio el ánodo no está formado por litio metálico sino por otro material mucho más seguro, como por ejemplo el grafito, capaz de almacenar iones de litio en una forma menos reactiva que la del litio metálico, sin un notable detrimento de su densidad energética.

La siguiente figura indica esquemáticamente el funcionamiento a nivel atómico de este tipo de baterías.



Durante la descarga de una batería de Ion-Litio

Los iones litio (amarillos) cambian espontáneamente del electrodo negativo (negro) al electrolito (azul) y de éste al electrodo positivo (rojo).

El electrolito permite el paso de iones pero no de electrones.

Al mismo tiempo, los electrones fluyen espontáneamente del electrodo negativo al positivo a través del único camino que les

dejamos libre: a través de nuestro circuito eléctrico.

A medida que avanza la descarga, el potencial (E) de cada electrodo cambia de forma que su diferencia disminuye y cae por tanto el voltaje de la celda (E) a medida que sacamos carga eléctrica (Q) de la batería.

Durante la carga de una batería de Ion-Litio

Bombeamos electrones en el electrodo negativo y los extraemos del positivo.

Hacemos por tanto el electrodo negativo más negativo y el positivo más positivo y aumentamos así la diferencia de potencial entre ellos, o, lo que es lo mismo, el voltaje de la celda.

Este proceso fuerza también a los iones litio a salir del electrodo positivo y a intercarse en el negativo.



Siempre empleamos más energía en cargar la batería de la que ésta nos da durante la descarga.

La Naturaleza es así, pero uno de los objetivos es minimizar esta diferencia.

Este gran avance no sólo representó la introducción de una tecnología mucho más segura, sino que introdujo ventajas adicionales como el excelente comportamiento de reversibilidad durante los procesos de carga y descarga que es característico actualmente de las baterías de Ion-Litio.

Aunque con menos densidad de energía que el metal Litio, el Ion-Li es más seguro, si actuamos con ciertas precauciones en la carga y en la descarga.

En 1991, se comercializó la primer batería de Ion-Litio.

Otros fabricantes siguieron el ejemplo siendo hoy la investigación y el desarrollo

de baterías de Ion-Litio una de las actuaciones de más rápido crecimiento en el mundo.

Han surgido varios tipos de baterías de Ion-Litio.

La versión original usaba carbón como electrodo negativo.

Desde 1997, la mayoría de los fabricantes de baterías de Ion-Litio se han volcado al uso del grafito.

Este electrodo presenta una curva de descarga de voltaje más plana que el carbón y ofrece un ángulo agudo de curva, seguido por una rápida caída de voltaje.

Como consecuencia la energía útil del sistema de grafito puede ser recuperada descargándolo sólo hasta 3V, mientras que la versión de carbón debe ser descargada hasta los 2,5V para obtener igual respuesta.

Otros elementos químicos diferentes se están utilizando para el electrodo positivo.

Son el cobalto y el manganeso.

Aunque el cobalto ha sido muy usado, el manganeso es inherentemente más seguro.

Los circuitos de protección pueden ser simplificados o aún eliminados.

Como desventaja, el manganeso ofrece una densidad de energía levemente menor, sufre pérdida de capacidad a temperaturas superiores a los 40°C y envejece más rápido que el cobalto.

A pesar de que las celdas de Ion-Litio tienen algún impacto ambiental, causan menos daño que las baterías basadas en cadmio o plomo.

Entre la familia de baterías de Ion-Litio, la de manganeso es la más noble.

Se pueden recargar hasta 2500 veces y gracias a su bajo precio constituyen la mejor alternativa en el mercado de la electrónica de consumo.

Además de la alta densidad de energía y el bajo peso, la autodescarga es menor a la mitad de la que sufren las baterías de Ni-Cd y Ni-MH

Como aspectos negativos, las baterías de Ion-Li requieren un circuito de protec-



ción para mantenerse actuando de forma segura.

La carga debe realizarse bajo estrictos estándares.

Asimismo, están sujetas al deterioro provocado por el paso del tiempo, aún cuando no hayan sido usadas, porque...

El envejecimiento comienza al salir de la línea de producción del fabricante.

Los fabricantes están constantemente mejorando las baterías de Litio, lo que abre un futuro prometedor ante este problema de la degradación química.

Para mejorar la duración de estas baterías debería tenerse en cuenta una serie de **recomendaciones en su almacenamiento y uso:**

- Almacenar a una temperatura de 15 grados.
- Almacenar con una carga de aproximadamente el 40%.
- No exceder las capacidades de descarga (Amperios).
- No sobrepasar límites de voltaje máximo y mínimo por célula.
- Evitar descargas completas de la batería. Es mejor realizar descargas parciales.
- Evitar la compra de baterías fabricadas un año atrás. Huir de las “gangas”

Ventajas:

- Alta densidad de energía.
- Poco peso.
- No necesitan de mantenimiento.
- No presentan efecto memoria.
- Baja descarga durante su almacenamiento.

Inconvenientes:

- Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje máximo y mínimo.

- Se degradan con el tiempo. Almacenar en lugar frío al 40% de su carga.
- Capacidad de descarga moderada (puede solucionarse con Packs en Paralelo).
- Limitaciones en su transporte (compañías aéreas).
- Precio superior a otras baterías.
- Tecnología en desarrollo.

Baterías de Polímero de Litio (Li-Po)

La batería de polímero de litio se diferencia del resto de las baterías por el electrolito usado.

El diseño original data de los años 70 usando un polímero sólido como electrolito.

Este electrolito se ensamblaba en un recipiente plástico como una bolsa que no conducía la electricidad, y que impedía el paso de electrones.

El polímero sólido ofrece ventajas de fabricación, permitiendo alcanzar grosores de 1 milímetro, lo que permite crear baterías con el espesor de una tarjeta de crédito.

Desafortunadamente el polímero sólido sufre de baja conductividad debido a la alta resistencia interna, por lo que no puede ofrecer la suficiente capacidad de descarga, además de aumentar su temperatura hasta cerca de 60 grados, lo que la hace inviable para ciertas aplicaciones.

Para solucionar este problema se añadió un gel al electrolito.

¿Cuál es la diferencia entre una batería de Ion-Litio y una de Polímero de Litio?

Aunque las características y prestaciones son similares, la batería de polímero es única en cuanto a que un electrolito sólido reemplaza a un separador poroso, el gel es añadido para mejorar únicamente la conductividad.

Normalmente la capacidad de una batería Li-Po es menor que una de Ion-Litio. El nombre real de una batería Li-Po es batería de Polímero de Ion-Litio.

Ventajas:

- El espesor puede reducirse hasta grosores de 1 milímetro.
- Pueden empaquetarse con cualquier forma.
- Alta densidad de energía.
- Poco peso.
- Más seguras que las de Ion-Litio.
- No necesitan mantenimiento.
- No presentan efecto memoria.
- Baja descarga durante su almacenamiento.
- En pequeñas cantidades son inocuas para el medio ambiente.

Inconvenientes:

- Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje máximo y mínimo.
- Se degradan con el tiempo.
- Deben almacenarse en lugar frío al 40% de su carga
- Capacidad de descarga moderada comparada con Ni-Cd (puede solucionarse con Packs en Paralelo)
- Precio superior a las baterías de Ion-Litio.
- Tecnología en desarrollo.
- Pueden explotar si se perforan.



NUNCA debe perforarse una batería de Litio, ya que se produce una reacción química que puede provocar una explosión.



Baterías de Ion-Litio: Mitos y Leyendas



Transcribimos una serie de consultas leídas sobre baterías de Ion-Litio, de contenido muy interesante.

¿Es verdad que antes de usar por primera vez mi dispositivo debo cargarlo durante 10 a 12 horas?

NO.

Las baterías de Ion-Litio son mucho más eficientes que las basadas en Níquel, por lo que no requieren una carga inicial prolongada.

De hecho, ninguna batería Ion-Litio actual requiere cargas superiores a 8 horas, independientemente de las circunstancias.

¿Es verdad que la batería debe pasar varios ciclos de carga/descarga antes de alcanzar su máximo rendimiento?

NO.

Las baterías de Ion-Litio no requieren un periodo de “rodaje” debido a que su capacidad máxima está disponible desde el primer uso.

A una batería de Ion-Litio le es indiferente que una carga sea la número 1, 5 ó 50.

¿Es verdad que debo agotar por completo la batería antes de volver a cargarla para mejorar su desempeño?

Rotundamente, NO.

Esta es una de las confusiones más comunes legadas por el “efecto memoria” que sufrían las baterías de Níquel-Cadmio y, en menor medida, las Níquel-Metal-Hidruro.

La composición de las baterías de Ion-Litio hace preferibles las **descargas parciales** a una completa.

Peor aún, si son sometidas con frecuencia a pérdidas totales de energía, sus cir-



cuitos pueden interpretarlo como un fallo que disparará un mecanismo de bloqueo.

Un 80% a 90% de baterías consideradas 'defectuosas' llegan a servicios técnicos por este motivo.

Pero hay una excepción: Las baterías de dispositivos grandes, como los ordenadores portátiles, dotadas de válvulas de medición, pueden descalibrarse con el uso y dar lecturas equivocadas.

Por ello es recomendable agotarlas completamente una vez cada 30 ciclos, a fin de que sus niveles vuelvan a cero.

¿Es perjudicial mantener la batería conectada al cargador si ya ha completado la carga?

NO.

Contrariamente a las baterías de Ni-Cd cuya permanencia prolongada en el cargador puede dañarlas e incluso provocar un incendio, las baterías de Ion-Litio poseen un circuito que corta el paso de energía una vez que la carga se ha completado. Usualmente, esto se indica por una luz en el dispositivo.

Eso sí, siempre está la posibilidad de un fallo o sobrecarga en el transformador, por lo que tampoco se lo debe dejar conectado a la red eléctrica en **forma permanente**.

En el caso de mi PDA o mi teléfono móvil, ¿da igual cargarlos usando el cargador que el cable USB?

Según se informa en las instrucciones, debe **preferirse el uso del cargador** pues provee siempre el amperaje correcto.

El puerto USB de algunos ordenadores, en especial los portátiles, no siempre mantendrán los 500mA requeridos, por lo que se tardará hasta tres veces más en completar la carga.

No voy a usar mi dispositivo durante algunos meses, ¿cómo debo almacenar la batería?

Según estudios conducidos por BatteryUniversity, toda batería de Ion-Litio

resiste mejor el paso del tiempo con un **40% de su carga**.

Por ejemplo, una batería guardada a temperatura ambiente con un 40% de carga mantendrá un 96% de su capacidad total después de un año; mientras que una almacenada con el 100% de su carga sólo retendrá el 80%, en igual periodo.

Es por este motivo, que la mayoría de los dispositivos traen de fábrica una **pequeña carga inicial**: justo un 40%.

Lo que sí está claro es que una batería de Ion-Litio **nunca** debe almacenarse descargada. Esta circunstancia puede provocarle un daño irrecuperable.

¿Cuánto dura una batería de Ion-Litio?

Si hablamos de su vida útil, cada vez se introducen nuevas mejoras en la tecnología por lo que, bien cuidadas, pueden durar **entre 500 a 1000 ciclos** de carga-descarga, lo que se traduce en un promedio de **dos a tres años** (a partir de ese tiempo se produce desgaste químico).

Si hablamos de la duración de una carga, entonces dependerá de las características de cada batería y dispositivo, pero aquí tenemos siete medidas que nos ayudarán a maximizarla:

- **Alejarlas del calor:** Las baterías de Ion-Litio son sumamente susceptibles a las altas temperaturas, por lo que utilizarla en un ambiente fresco aumentará su funcionalidad.
- **Apagar las transmisiones inalámbricas:** Los infrarrojos (IrDA), Bluetooth y Wi-Fi son verdaderos vampiros de electricidad, siendo equivalentes a mantener un teléfono móvil en uso todo el tiempo. Debemos prescindir de estas funciones cuando no sean necesarias.
- **Evitar usar la unidad de CD o DVD:** El gasto no sólo corre por cuenta del láser, sino también del motor que hace girar el disco. Y mejor no hablar de los grabadores...
- **Reducir el brillo de la pantalla:** Algunos equipos lo hacen en forma automática

pues cuanto menos luz generen menos energía demandarán.

- Retirar las tarjetas de memoria o llaves USB: No permitir que sus dimensiones reducidas nos engañen, pues energizarlas requiere un flujo adicional de electricidad. Esto es especialmente válido para dispositivos pequeños, como teléfonos o PDAs.
- Evitar usar aplicaciones de audio: Aún con audífonos, la generación de sonido requiere un gasto constante de energía. Peor aún si se alimentan altavoces externos.



Transcribimos la serie de consultas sobre las otras baterías de contenido también muy interesante.

¿Qué es el efecto memoria?

El efecto memoria es una pérdida en la capacidad de la batería debido a repetidas cargas y descargas que se efectúan en la batería sin haberla descargado por completo previamente.

Este efecto era un problema con las primeras baterías recargables de Níquel Cadmio (Ni-Cd) que hacía que perdieran su duración útil mientras más se usaban, sin embargo, ya no es un problema en las baterías de Níquel metal hidruro (NI-Mh).

¿Realmente cuál es la diferencia entre baterías Ni-Cd y Ni-Mh?

Los dos tipos de batería son recargables, sin embargo la tecnología Ni-Cd es una tecnología antigua, que no soporta cargas y descargas bruscas.

Por otro lado, la tecnología Ni-Mh brinda una mayor capacidad de carga y duración, no posee el indeseado efecto memoria y afecta en menor grado el medio ambiente.

¿Cuántas veces se puede recargar una batería de Ni-Mh?

Las baterías recargables están diseñadas para cargarse hasta 1000 veces en condiciones adecuadas.

Sin embargo, recordemos que el ciclo de vida completo de una batería se altera debido las temperaturas de almacenamiento, rapidez de carga y descarga, método de control de carga, exposición a sobrecarga, y condiciones varias.

Con un uso normal, las baterías Ni-Mh deberían durar años, antes que el ciclo de vida comience a deteriorarse.

¿Qué es un cargador inteligente?

Un cargador inteligente es aquel que utiliza un microprocesador para monitorear el estado de la carga de la batería.

Esta información es utilizada por el cargador para determinar el momento más oportuno para terminar de cargar.

Con un buen control de carga, los cargadores inteligentes pueden cargar la batería más rápido sin consecuencias negativas.

El problema de sobrecarga se minimiza y por ende se alarga la vida de la batería.

Luego presentamos uno.

¿Puedo cargar pilas alcalinas en mi nuevo cargador?

No.

Las baterías alcalinas no pueden ni deben ser cargadas en ningún cargador.

El compuesto químico que las conforma no está diseñado para recibir ninguna carga de corriente, sus componentes se funden al inyectar corriente entre sus polos en sentido inverso, por lo que la batería podría explotar dentro del cargador causando daños severos al mismo y al entorno.

¿Puedo usar mis antiguas baterías NI-Cd en mi nuevo cargador?

Las baterías NI-Cd más antiguas no fueron diseñadas para las altas capacidades

de hoy en día, por lo que es probable que el cargador no las cargue a su máxima capacidad o las recaliente en demasía.

¿Por qué las baterías se calientan cuando las cargo?

Es normal que las baterías se calienten durante el ciclo de carga.

Esto es causado por la energía que el cargador inyecta en la batería.

En general mientras más rápido se cargue la batería, más calor desprenderán.

Los cargadores inteligentes miden y regulan este calentamiento mediante un sensor que controla la temperatura.

Cargador universal inteligente MW5798/N para pilas Ni-Cd y Ni-Mh



• Descripción

Cargador descargador universal inteligente controlado por microprocesador.

Para pilas Ni-Cd / Ni-Mh tamaños: AA, AAA, C, D y 9 V.

• Especificaciones

Cargador, descargador universal inteligente controlado por microprocesador.

El microprocesador controla el voltaje en los extremos de la pila a cargar, acelerando el proceso hasta la totalidad de la carga

Detecta y analiza el nivel de voltaje durante todo el proceso de carga.

Puede cargar pilas y Baterías Ni-Cd o Ni-Mh de todas las capacidades disponibles (dentro de los tamaños AA, AAA, C, D y baterías 9Volts).

Dispone de dos compartimentos separados para una optimización de la energía logrando una carga más eficiente y ultrarrápida.

Modo de descarga presionando el botón amarillo. Cambia a modo de carga en forma totalmente automática una vez completa la descarga.

Corta automáticamente una vez que la pila se cargue al máximo de su capacidad.

Para baterías 9V (8,4V Ni-Cd ó Ni-Mh) la carga es estándar sin corte.

Modo de acondicionamiento profundo para rescatar baterías dañadas por el efecto de la memoria.

Incluye transformador 230 V.

• Display con indicador de funciones:

LED Indication		
Status	Charge / Ready	Discharge
Power On	Off	Off
Fast Charging	Red	Off
Trickle Charging	Green	Off
Discharge	Off	Yellow

• Especificaciones Técnicas

Modelo	MW5798/N
Corriente de carga AA	800mA
Corriente de carga AAA	300mA
Corriente de carga 9V	20mA (carga estándar sin corte)
Corriente de carga por goteo AA	80mA
Corriente de carga por goteo AAA	30mA
Supervisión de carga	
Dimensiones	203x148x75.5mm

Un problema, la baja capacidad

La cantidad de carga almacenada por una batería decrece gradualmente con el uso, el desgaste, con algunas reacciones químicas, y por falta de mantenimiento.

Las baterías deben entregar el 100% de su capacidad cuando son nuevas, pero eventualmente necesitan ser reemplazadas cuando la capacidad cae a un nivel del 70% o 60%.

Normalmente, el 80% se usa como umbral de garantía.

El almacenamiento de energía de los acumuladores puede ser dividido en tres secciones imaginarias: la energía disponible, la zona vacía que puede ser rellenada, y la formación cristalina que no puede usarse.

La figura muestra estas tres secciones en un elemento.

En los acumuladores de Ni-Cd, la formación cristalina es también conocida como "efecto memoria".

La pérdida de aceptación de carga de baterías de litio-Ion se debe a la oxidación de celdas y a la corrosión que ocurre naturalmente durante el uso y como parte del desgaste.

La disminución del rendimiento en las baterías de plomo es causada comúnmente por la sulfatación, es decir una pequeña capa que se forma en las placas de las celdas y que inhibe el flujo de corriente.

En las baterías de plomo reguladas por válvulas, el tema de la permeabilidad del agua y la pérdida de electrolito también entran en juego.



Restaurando la capacidad de las baterías

La capacidad de las baterías de níquel cadmio puede ser restaurada con una regeneración profunda.

Después de una descarga normal a un voltio por celda (punto límite considerado fin de descarga), la batería se descarga lentamente a una corriente mucho más reducida, hasta prácticamente cero voltios.

Conocido como "reacondicionamiento", este método disuelve la formación cristalina, restablece la estructura química de la celda y restaura efectivamente las baterías de níquel.

Sin embargo, debe advertirse que alguna de estas baterías puede demostrar alta auto-descarga porque la formación cristalina ha dañado la estructura.

Este problema es común en las baterías más viejas.

Las baterías de litio-Ion no pueden regenerarse.

La pérdida de capacidad es permanente porque los metales usados en las celdas están elegidos para operar solamente durante un período de tiempo específico, y se consumen durante la vida útil especificada.

Esto es así, en parte, por razones ambientales, ya que algunos de los productos químicos utilizados para maximizar la capacidad son altamente tóxicos.

En el momento de la deposición, el nivel de toxicidad disminuye a un nivel razonablemente bajo.

No hay información suficiente sobre el ciclo de vida y proceso de desgaste de la nueva batería de polímero de litio.

Las baterías de plomo se sulfatan si se almacenan en condiciones de descarga o si se dejan con baja tensión de flotación.

La recarga es difícil o casi imposible, especialmente si la batería ha estado en esa situación durante mucho tiempo.

A las baterías almacenadas se les debe aplicar una carga de nivelación cada seis meses o cuando la tensión de celda abierta cae a 2,10 voltios.

¿Cómo funciona el comprobador de pilas?

El comprobador de carga que incluyen algunos fabricantes en los envases de sus pilas se compone de una resistencia eléctrica y de un tubo capilar que contiene una tinta termocrómica de color negro. Para medir la carga de la pila, unimos sus polos positivo y negativo, conectándolos entre sí por medio de la resistencia. Ésta, como todo material conductor, tiene la propiedad de aumentar su temperatura en función de la cantidad de corriente que la atraviesa. Así, **cuando por la resistencia circula corriente eléctrica, incrementa su temperatura de forma que calienta la tinta termocrómica, variando ésta su color del negro al amarillo.** Dependiendo de la carga de la pila, la corriente que atraviesa la resistencia es de mayor o menor magnitud y por tanto es mayor o menor su capacidad para calentar la tinta, proporcionando sobre la columna de medición del comprobador una indicación bastante aproximada del nivel de carga.



Comprobadores universales de la carga de las pilas



Sirven para verificar el grado de carga de pilas o de acumuladores. Tienen una utilidad evidente pues permiten aprovechar al máximo la energía disponible.

EL OSCILOSCOPIO



No podemos evitar admirarlo.

¿Qué se pretende al describir el funcionamiento de este equipo auxiliar de medida?

Figura en todo taller y laboratorio de electrónica que se precie.

No está de más hablar de cómo funciona, aunque no tengamos nunca un equipo de este porte en nuestras manos, pero lo que se describe a continuación nos ayudará a fijar ideas.

Sólo con leerlo, despacio, será suficiente para entender cómo está hecho y cómo funciona, no hará falta más si no vamos a dedicarnos a manejarlo.

Aún así nos planteará un mar de dudas que tal vez nos animen a seguir insistiendo en su conocimiento.

Si persiste ese interés, aconsejamos leer detenidamente las instrucciones de cualquier aparato (alguien conocido que lo tenga nos las puede dejar para echar un vistazo).

No existe mejor texto que las instrucciones del fabricante, si están bien traducidas, claro.

¿Qué es un osciloscopio?

El osciloscopio es básicamente un dispositivo de visualización gráfica que muestra señales eléctricas variables en el tiempo.

Se trata del instrumento que ha producido mayor impacto, en la historia de las mediciones eléctricas y electrónicas, debido a que sirve no solamente para medir algunas variables de los fenómenos eléctricos (voltaje, corriente, frecuencia, período,

etc.), mediciones que son posible realizar con otro tipo de instrumentos, sino que también permite observar el desarrollo en el tiempo de dichos fenómenos eléctricos, con lo cual se pueden conocer y estudiar en forma más detallada.

Debido a esto, el osciloscopio sigue siendo uno de los instrumentos de mayor aplicación en el trabajo diario.

Fundamento teórico

Las partes fundamentales de un osciloscopio son:

- El tubo de rayos catódicos (TRC)
- El amplificador vertical
- La base de tiempo
- El circuito de disparo (Trigger)
- El amplificador horizontal
- El amplificador de control de intensidad (Gate amplifier)
- La línea de retardo

La figura presenta el Diagrama de Bloques de un osciloscopio básico.

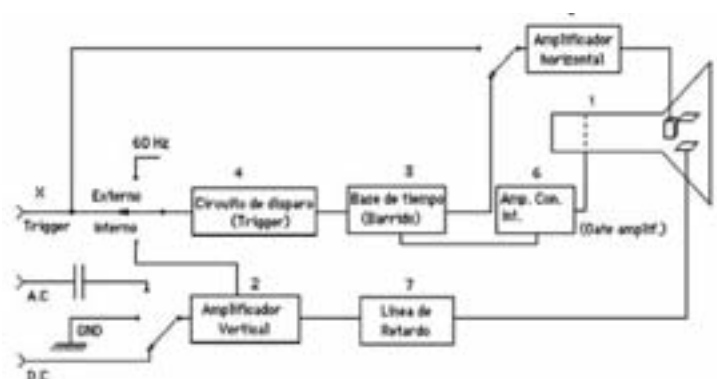


Diagrama en bloques del osciloscopio.

El eje vertical, a partir de ahora denominado Y, representa el voltaje; mientras que el eje horizontal, denominado X, representa el tiempo.

¿Qué podemos hacer con un osciloscopio?

Básicamente esto:

- Determinar directamente el periodo y el voltaje de una señal.
- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- Determinar qué parte de la señal es DC y cual AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir la fase entre dos señales.
- Determinar qué parte de la señal es ruido y cómo varía éste en el tiempo.

Los osciloscopios son de los instrumentos más versátiles que existen y lo utilizan desde técnicos de reparación de televisores a médicos.

Un osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, provisto del transductor adecuado (elemento que convierte una magnitud física en señal eléctrica) será capaz de darnos el valor de una presión, ritmo cardíaco, potencia de sonido, nivel de vibraciones en un coche, etc.

¿Qué tipos de osciloscopios existen?

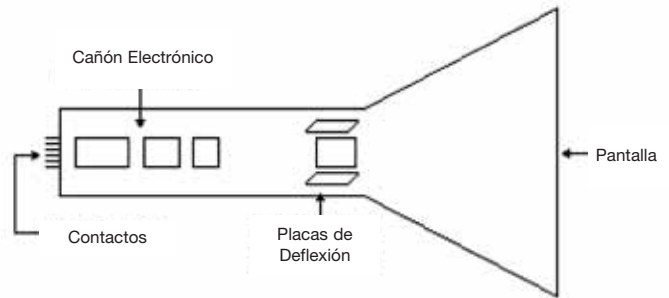
Los equipos electrónicos se dividen en dos tipos: **Analógicos** y **Digitales**.

Los primeros trabajan con variables continuas mientras que los segundos lo hacen con variables discretas.

Por ejemplo un tocadiscos es un equipo analógico y un Compact Disc es un equipo digital.

Los Osciloscopios también pueden ser analógicos ó digitales.

Los primeros trabajan directamente con la señal aplicada, ésta una vez amplificada desvía un haz de electrones en sentido vertical proporcionalmente a su valor.



Contrariamente, los osciloscopios digitales utilizan previamente un convertor analógico-digital (A/D) para almacenar digitalmente la señal de entrada, reconstruyendo posteriormente esta información en la pantalla.

Ambos tipos tienen sus ventajas e inconvenientes.

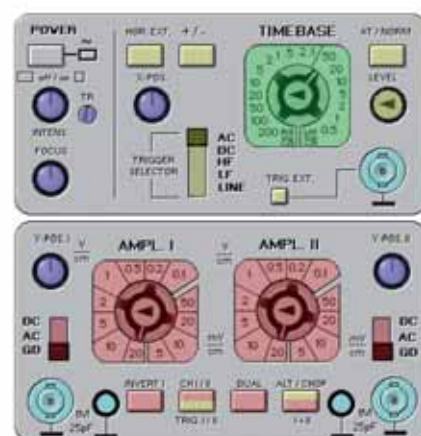
Los analógicos son preferibles cuando es prioritario visualizar variaciones rápidas de la señal de entrada en tiempo real.

Los osciloscopios digitales se utilizan cuando se desea visualizar y estudiar eventos no repetitivos (picos de tensión que se producen aleatoriamente).

¿Qué controles posee un osciloscopio típico?

A primera vista un osciloscopio se parece a un pequeño televisor portátil, salvo una rejilla que ocupa la pantalla y el mayor número de controles que posee.

En la siguiente figura se representan estos controles distribuidos en cinco secciones: Vertical. Horizontal. Disparo. Control de la visualización. Conectores.

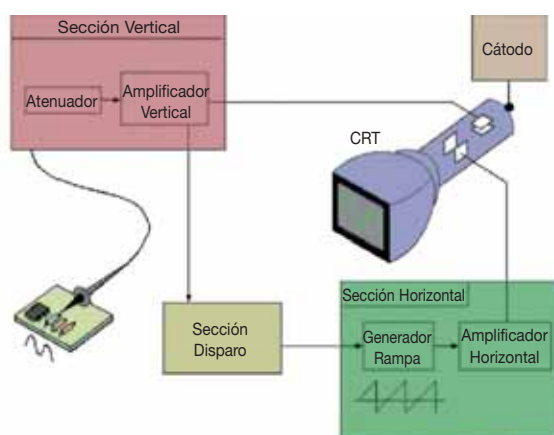


¿Como funciona un osciloscopio?

Para entender el funcionamiento de los controles que posee un osciloscopio es necesario analizar los procesos internos llevados a cabo por este aparato.

Empezaremos por el tipo analógico ya que es el más sencillo.

Osciloscopios analógicos



Cuando se conecta la sonda a un circuito, la señal se dirige a la sección vertical.

Dependiendo de donde situemos el mando del amplificador vertical atenuaremos la señal ó la amplificaremos.

En la salida de este bloque ya se dispone de la suficiente señal para atacar las placas de deflexión verticales (que naturalmente están en posición horizontal) y que son las encargadas de desviar el haz de electrones, que surge del cátodo e impacta en la capa fluorescente del interior de la pantalla, en sentido vertical.

Hacia arriba si la tensión es positiva con respecto al punto de referencia (GND) ó hacia abajo si es negativa.

La señal también atraviesa la sección de disparo para de esta forma iniciar el barrido horizontal (este es el encargado de mover el haz de electrones desde la parte izquierda de la pantalla a la parte derecha en un determinado tiempo).

El trazado (recorrido de izquierda a derecha) se consigue aplicando la parte ascen-

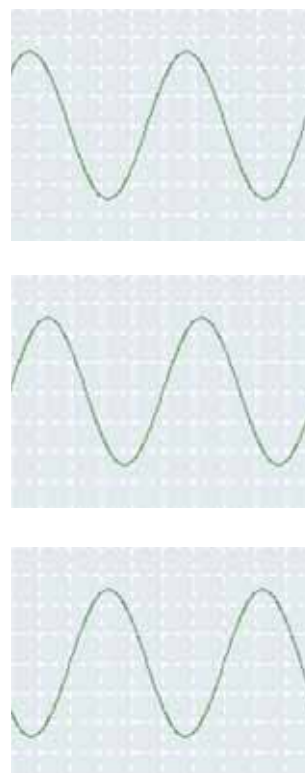
dente de un diente de sierra a las placas de deflexión horizontal (las que están en posición vertical), y puede ser regulable en tiempo actuando sobre el mando TIME-BASE.

El retrazado (recorrido de derecha a izquierda) se realiza de forma mucho más rápida con la parte descendente del mismo diente de sierra.

De esta forma la acción combinada del trazado horizontal y de la deflexión vertical traza la gráfica de la señal en la pantalla.

La sección de disparo es necesaria para estabilizar las señales repetitivas (se asegura que el trazado comience en el mismo punto de la señal repetitiva).

En la siguiente figura puede observarse la misma señal en tres ajustes de disparo diferentes: en el primero disparada en flanco ascendente, en el segundo sin disparo y en el tercero disparada en flanco descendente.



Para utilizar de forma correcta un osciloscopio analógico necesitamos realizar tres ajustes básicos:

- La atenuación ó amplificación que necesita la señal.

Utilizar el mando AMPL. para ajustar la amplitud de la señal antes de que sea aplicada a las placas de deflexión vertical. Conviene que la señal ocupe una parte importante de la pantalla sin llegar a sobrepasar los límites.

- La base de tiempos.

Utilizar el mando TIMEBASE para ajustar lo que representa en tiempo una división en horizontal de la pantalla.

Para señales repetitivas es conveniente que en la pantalla se puedan observar aproximadamente un par de ciclos.

- Disparo de la señal.

Utilizar los mandos TRIGGER LEVEL (nivel de disparo) y TRIGGER SELECTOR (tipo de disparo) para estabilizar lo mejor posible señales repetitivas.

Por supuesto, también deben ajustarse los controles que afectan a la visualización: FOCUS (enfoque), INTENS. (Intensidad) nunca excesiva, Y-POS (posición vertical del haz) y X-POS (posición horizontal del haz).

Osciloscopios digitales

Los osciloscopios digitales poseen además de las secciones explicadas anteriormente un sistema adicional de proceso de

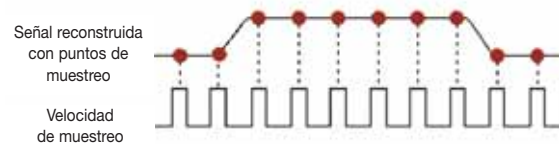
datos que permite almacenar y visualizar la señal.

Cuando se conecta la sonda de un osciloscopio digital a un circuito, la sección vertical ajusta la amplitud de la señal de la misma forma que lo hacía el osciloscopio analógico.

El conversor analógico-digital del sistema de adquisición de datos muestrea la señal a intervalos de tiempo determinados y convierte la señal de voltaje continua en una serie de valores digitales llamados **muestras**.

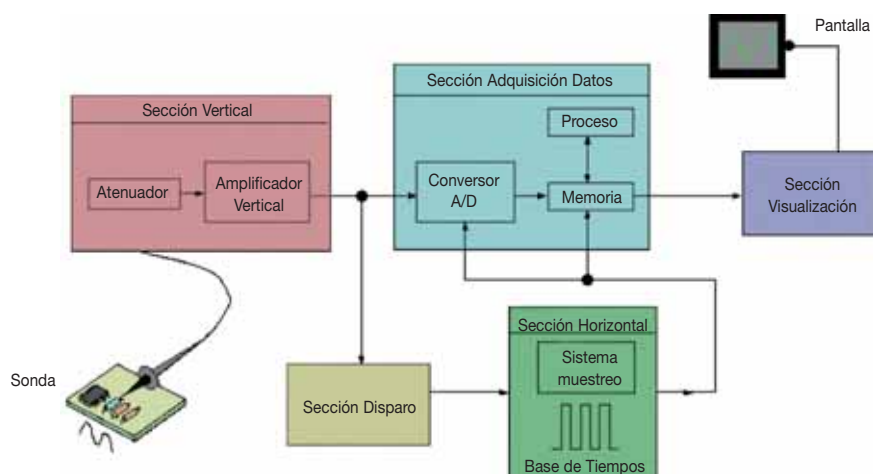
En la sección horizontal una señal de reloj determina cuando el conversor A/D toma una muestra.

La velocidad de este reloj se denomina velocidad de muestreo y se mide en muestras por segundo.



Los valores digitales muestreados se almacenan en una memoria como puntos de señal. El número de los puntos de señal utilizados para reconstruir la señal en pantalla se denomina registro.

La sección de disparo determina el comienzo y el final de los puntos de señal en el registro.



La sección de visualización recibe estos puntos del registro, una vez almacenados en la memoria, para presentar en pantalla la señal.

Dependiendo de las capacidades del osciloscopio se pueden tener procesos adicionales sobre los puntos muestreados, incluso se puede disponer de un predisparo, para observar procesos que tengan lugar antes del disparo.

Fundamentalmente, un osciloscopio digital se maneja de una forma similar a uno analógico, para poder tomar las medidas se necesita ajustar el mando AMPL., el mando TIMEBASE así como los mandos que intervienen en el disparo.

Métodos de muestreo

Se trata de explicar como se las arreglan los osciloscopios digitales para reunir los puntos de muestreo.

Para señales de lenta variación, los osciloscopios digitales pueden perfectamente reunir más puntos de los necesarios para reconstruir posteriormente la señal en la pantalla.

No obstante, para señales rápidas (la rapidez dependerá de la máxima velocidad de muestreo de nuestro aparato) el osciloscopio no puede recoger muestras suficientes y debe recurrir a una de estas dos técnicas:

- Interpolación, es decir, estimar un punto intermedio de la señal basándose en el punto anterior y posterior.
- Muestreo en tiempo equivalente. Si la señal es repetitiva es posible muestrear durante unos cuantos ciclos en diferentes partes de la señal para después reconstruir la señal completa.

Muestreo en tiempo real con interpolación.

El método Standard de muestreo en los osciloscopios digitales es el muestreo en tiempo real: el osciloscopio reúne los suficientes puntos como para reconstruir la señal.

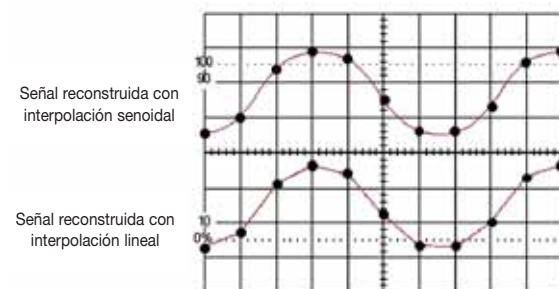
Para señales no repetitivas ó la parte transitoria de una señal es el único método válido de muestreo.

Los osciloscopios utilizan la interpolación para poder visualizar señales que son más rápidas que su velocidad de muestreo.

Existen básicamente dos tipos de interpolación:

- Lineal: Simplemente conecta los puntos muestreados con líneas.
- Senoidal: Conecta los puntos muestreados con curvas según un proceso matemático, de esta forma los puntos intermedios se calculan para rellenar los espacios entre puntos reales de muestreo.

Usando este proceso es posible visualizar señales con gran precisión disponiendo de relativamente pocos puntos de muestreo.



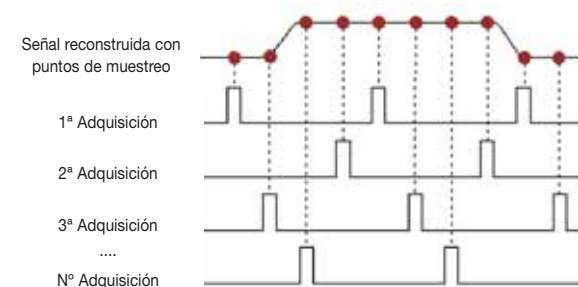
Muestreo en tiempo equivalente

Algunos osciloscopios digitales utilizan este tipo de muestreo.

Se trata de reconstruir una señal repetitiva capturando una pequeña parte de la señal en cada ciclo.

Existen dos tipos básicos:

- Muestreo secuencial: Los puntos aparecen de izquierda a derecha en secuencia para conformar la señal.



- Muestreo aleatorio: Los puntos aparecen aleatoriamente para formar la señal.

Términos utilizados al medir

Existe un término general para describir un patrón que se repite en el tiempo: **onda**. Existen ondas de sonido, ondas oceánicas, ondas cerebrales y por supuesto, ondas de tensión.

Un osciloscopio mide estas últimas.

Un **ciclo** es la mínima parte de la onda que se repite en el tiempo.

Una **forma de onda** es la representación gráfica de una onda.

Una forma de onda de tensión siempre se presentará con el tiempo en el eje horizontal (X) y la amplitud en el eje vertical (Y).

La forma de onda nos proporciona una valiosa información sobre la señal.

En cualquier momento podemos visualizar la altura que alcanza y, por lo tanto, saber si el voltaje ha cambiado en el tiempo (si observamos, por ejemplo, una línea horizontal podremos concluir que en ese intervalo de tiempo la señal es constante).

Con la pendiente de las líneas diagonales, tanto en flanco de subida como en flanco de bajada, podremos conocer la velocidad en el paso de un nivel a otro, pueden observarse también cambios repentinos de la señal (ángulos muy agudos) generalmente debidos a procesos transitorios.

Tipos de ondas

Se pueden clasificar las ondas en los cuatro tipos siguientes:

- Ondas senoidales
- Ondas cuadradas y rectangulares
- Ondas triangulares y en diente de sierra.
- Pulsos y flancos ó escalones.

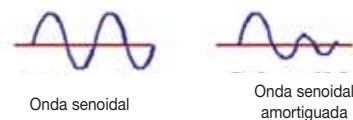
Ondas senoidales

Son las ondas fundamentales y eso por varias razones:

Poseen unas propiedades matemáticas muy interesantes (por ejemplo con combi-

naciones de señales senoidales de diferente amplitud y frecuencia se puede reconstruir cualquier forma de onda), la señal que se obtiene de las tomas de corriente de cualquier casa tienen esta forma, las señales de test producidas por los circuitos osciladores de un generador de señal son también senoidales, la mayoría de las fuentes de potencia en AC (corriente alterna) producen señales senoidales.

La señal senoidal amortiguada es un caso especial de este tipo de ondas y se producen en fenómenos de oscilación, pero que no se mantienen en el tiempo.



Ondas cuadradas y rectangulares

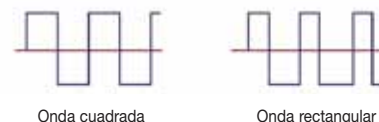
Las ondas cuadradas son básicamente ondas que pasan de un estado a otro de tensión, a intervalos regulares, en un tiempo muy reducido.

Son utilizadas usualmente para probar amplificadores (esto es debido a que este tipo de señales contienen en si mismas todas las frecuencias).

La televisión, la radio y los ordenadores utilizan mucho este tipo de señales, fundamentalmente como relojes y temporizadores.

Las ondas rectangulares se diferencian de las cuadradas en no tener iguales los intervalos en los que la tensión permanece a nivel alto y bajo.

Son particularmente importantes para analizar circuitos digitales.



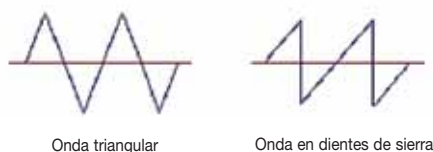
Ondas triangulares y en diente de sierra

Se producen en circuitos diseñados para controlar voltajes linealmente, como pueden ser, por ejemplo, el barrido horizontal de un osciloscopio analógico ó el barrido tanto horizontal como vertical de una televisión.

Las transiciones entre el nivel mínimo y máximo de la señal cambian a un ritmo constante.

Estas transiciones se denominan **rampas**.

La onda en diente de sierra es un caso especial de señal triangular con una rampa descendente de mucha más pendiente que la rampa ascendente.



Pulsos y flancos ó escalones

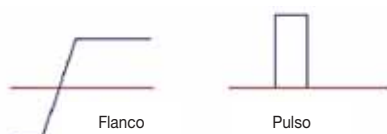
Señales, como los flancos y los pulsos, que sólo se presentan una sola vez, se denominan señales **transitorias**.

Un flanco ó escalón indica un cambio repentino en el voltaje, por ejemplo cuando se conecta un interruptor de alimentación.

El pulso indicaría, en este mismo ejemplo, que se ha conectado el interruptor y en un determinado tiempo se ha desconectado.

Generalmente el pulso representa un BIT de información atravesando un circuito de un ordenador digital ó también un pequeño defecto en un circuito (por ejemplo un falso contacto momentáneo).

Es común encontrar señales de este tipo en ordenadores, equipos de rayos X y de comunicaciones.



Medidas en las formas de onda

Ahora describimos las medidas más corrientes para describir una forma de onda.

• Periodo y Frecuencia

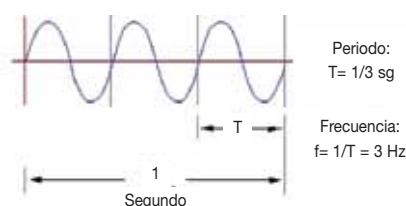
Si una señal se repite en el tiempo, posee una frecuencia (f).

La frecuencia se mide en hercios (Hz) y es igual al número de veces que la señal se repite en un segundo, es decir, 1Hz equivale a 1 ciclo por segundo.

Una señal repetitiva también posee otro parámetro:

El periodo, definiéndose como el tiempo que tarda la señal en completar un ciclo.

Periodo y frecuencia son recíprocos el uno del otro:



• Voltaje

Voltaje es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito. Normalmente uno de esos puntos suele ser masa (GND, 0_V), pero no siempre, por ejemplo se puede medir el voltaje pico a pico de una señal (V_{pp}) como la diferencia entre el valor máximo y mínimo de esta.

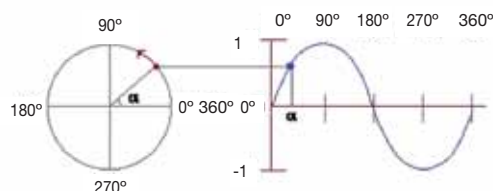
La palabra **amplitud** significa generalmente la diferencia entre el valor máximo de una señal y masa.

• Fase

La fase se puede explicar mucho mejor si consideramos la forma de onda senoidal.

La onda senoidal se puede extraer de la circulación de un punto sobre un círculo de 360° .

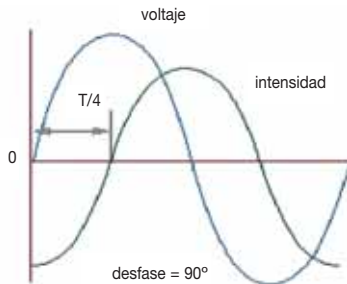
Un ciclo de la señal senoidal abarca los 360° .



Cuando se comparan dos señales senoidales de la misma frecuencia puede ocurrir que ambas no estén en fase, o sea, que no

coincidan en el tiempo los pasos por puntos equivalentes de ambas señales.

En este caso se dice que ambas señales están desfasadas, pudiéndose medir el desfase con una simple regla de tres:



Siendo t el tiempo de retraso entre una señal y otra.

¿Qué parámetros influyen en la calidad de un osciloscopio?

Los términos que se definan a continuación nos permitirán comparar diferentes modelos de osciloscopio disponibles en el mercado.

Ancho de Banda

Especifica el rango de frecuencias en las que el osciloscopio puede medir con precisión. Por convenio el ancho de banda se calcula desde 0Hz (continua) hasta la frecuencia a la cual una señal de tipo senoidal se visualiza a un 70,7% del valor aplicado a la entrada (lo que corresponde a una atenuación de 3dB).

Tiempo de subida

Es otro de los parámetros que nos dará, junto con el anterior, la máxima frecuencia de utilización del osciloscopio.

Es un parámetro muy importante si se desea medir con fiabilidad pulsos y flancos (recordar que este tipo de señales poseen transiciones entre niveles de tensión muy rápidas).

Un osciloscopio no puede visualizar pulsos con tiempos de subida más rápidos que el suyo propio.

Sensibilidad vertical

Indica la facilidad del osciloscopio para amplificar señales débiles.

Se suele proporcionar en mV por división vertical, normalmente es del orden de 5 mV/div (llegando hasta 2 mV/div).

Velocidad

Para osciloscopios analógicos esta especificación indica la velocidad máxima del barrido horizontal, lo que nos permitirá observar sucesos más rápidos.

Suele ser del orden de nanosegundos por división horizontal.

Exactitud en la ganancia

Indica la precisión con la cual el sistema vertical del osciloscopio amplifica ó atenúa la señal.

Se proporciona normalmente en porcentaje máximo de error.

Exactitud de la base de tiempos

Indica la precisión en la base de tiempos del sistema horizontal del osciloscopio para visualizar el tiempo.

También se suele dar en porcentaje de error máximo.

Velocidad de muestreo

En los osciloscopios digitales indica cuantas muestras por segundo es capaz de tomar el sistema de adquisición de datos (específicamente el convertor A/D).

En los osciloscopios de calidad se llega a velocidades de muestreo de Mega-muestras/sg. Una velocidad de muestreo grande es importante para poder visualizar pequeños periodos de tiempo.

En el otro extremo de la escala, también se necesita velocidades de muestreo bajas para poder observar señales de variación lenta.

Generalmente la velocidad de muestreo cambia al actuar sobre el mando TIMEBASE para mantener constante el número de puntos que se almacenaran para representar la forma de onda.

Resolución vertical

Se mide en bits y es un parámetro que nos da la resolución del convertor A/D del osciloscopio digital.

Nos indica con que precisión se convierten las señales de entrada en valores digitales almacenados en la memoria.

Técnicas de cálculo pueden aumentar la resolución efectiva del osciloscopio.

Longitud del registro

Indica cuantos puntos se memorizan en un registro para la reconstrucción de la forma de onda.

Algunos osciloscopios permiten variar, dentro de ciertos límites, este parámetro.

La máxima longitud del registro depende del tamaño de la memoria de que disponga el osciloscopio.

Una longitud del registro grande permite realizar zooms sobre detalles en la forma de onda de forma muy rápida (los datos ya han sido almacenados), sin embargo esta ventaja es a costa de consumir más tiempo en muestrear la señal completa.

Puesta en funcionamiento

Este capítulo describe los primeros pasos para el correcto manejo del osciloscopio.

Poner a tierra

Una buena conexión a tierra es muy importante para realizar medidas con un osciloscopio.

Colocar a tierra el Osciloscopio

Por seguridad es obligatorio colocar a tierra el osciloscopio.

Si se produce un contacto entre un alto voltaje y la carcasa de un osciloscopio no puesto a tierra, cualquier parte de la carcasa, incluidos los mandos, puede producir un peligroso shock.

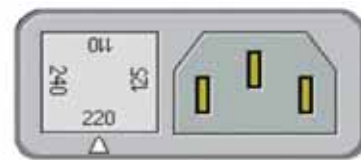
Mientras que un osciloscopio bien colocado a tierra, la corriente, que en el anterior caso nos atravesaría, se desvía a la conexión de tierra.

Para conectar a tierra un osciloscopio se necesita unir el chasis del osciloscopio con el punto de referencia neutro de tensión (comúnmente llamado tierra).

Esto se consigue empleando cables de alimentación con tres conductores (dos para la alimentación y uno para la toma de tierra).

El osciloscopio necesita, por otra parte, compartir la misma masa con todos los circuitos bajo prueba a los que se conecta.

Algunos osciloscopios pueden funcionar a diferentes tensiones de red y es muy importante asegurarse que esta ajustado a la misma de la que disponemos en las tomas de tensión.

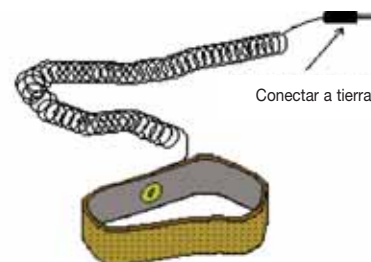


Ponerse a tierra uno mismo

Si se trabaja en circuitos integrados (CI), especialmente del tipo CMOS, es necesario colocarse a tierra uno mismo.

Esto es debido a que ciertas partes de estos circuitos integrados son susceptibles de estropearse con la tensión estática que almacena nuestro propio cuerpo.

Para resolver este problema se puede emplear una correa conductora que se conectará debidamente a tierra, descargando la electricidad estática que posea su cuerpo.



Ajuste inicial de los controles

Después de conectar el osciloscopio a la toma de red y de alimentarlo pulsando en el interruptor de encendido:



Es necesario familiarizarse con el panel frontal del osciloscopio.

Todos los osciloscopios disponen de tres secciones básicas que llamaremos: **Vertical**, **Horizontal**, y **Disparo**.

Dependiendo del tipo de osciloscopio empleado en particular, podemos disponer de otras secciones.

Existen unos conectores BNC, donde se colocan las sondas de medida.



La mayoría de los osciloscopios actuales disponen de dos canales etiquetados normalmente como I y II (ó A y B).

El disponer de dos canales nos permite comparar señales de forma muy cómoda.

Algunos osciloscopios avanzados poseen un interruptor etiquetado como AUTO-SET ó PRESET que ajustan los controles en un solo paso para acomodar perfectamente la señal a la pantalla.

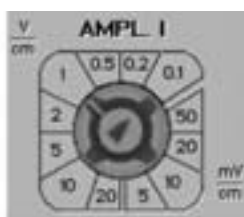
Si un osciloscopio no posee esta característica, es importante ajustar los diferentes controles del aparato a su posición estándar antes de proceder a medir.

Estos son los pasos más recomendables:

- Ajustar el osciloscopio para visualizar el canal I. (al mismo tiempo se colocará como canal de disparo el I).



- Ajustar a una posición intermedia la escala voltios/división del canal I (por ejemplo 1v/cm).



- Colocar en posición calibrada el mando variable de voltios/división (potenciómetro central).



- Desactivar cualquier tipo de multiplicadores verticales.
- Colocar el conmutador de entrada para el canal I en acoplamiento DC.



- Colocar el modo de disparo en automático.



- Desactivar el disparo retardado al mínimo ó desactivado.
- Situar el control de intensidad al mínimo que permita apreciar el trazo en la pantalla, y el trazo de focus ajustado para una visualización lo más nítida posible (generalmente los mandos quedarán con la señalización cercana a la posición vertical).



Sondas de medida

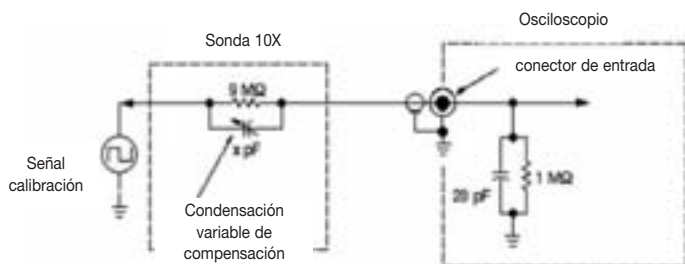
Con los pasos detallados anteriormente, ya se está en condiciones de conectar la sonda de medida al conector de entrada del canal I.

Es muy importante utilizar las sondas diseñadas para trabajar específicamente con el osciloscopio.

Una sonda no es, ni mucho menos, un cable con una pinza, sino que es un conector específicamente diseñado para evitar ruidos que puedan perturbar la medida.

Además, las sondas se construyen para que tengan un efecto mínimo sobre el circuito de medida.

Esta facultad de las sondas recibe el nombre de efecto de carga, para minimizarla se utiliza un atenuador pasivo, generalmente de x10.



Este tipo de sonda se proporciona generalmente con el osciloscopio y es una excelente sonda de utilización general.

Para otros tipos de medidas se utilizan sondas especiales, como pueden ser las sondas de corriente ó las activas.

Sondas pasivas

La mayoría de las sondas pasivas están marcadas con un factor de atenuación, normalmente 10X ó 100X.

Por convenio los factores de atenuación aparecen con el signo X detrás del factor de división.

En contraste los factores de amplificación aparecen con el signo X delante (X10 ó X100).

La sonda más utilizada posiblemente sea la 10X, reduciendo la amplitud de la señal en un factor de 10.

Su utilización se extiende a partir de frecuencias superiores a 5 kHz y con niveles de señal superiores a 10 mV.

La sonda 1X es similar a la anterior pero introduce más carga en el circuito de prueba, pero puede medir señales con menor nivel.

Por comodidad de uso se han introducido sondas especiales con un conmutador que permite una utilización 1X ó 10X.

Cuando se utilicen este tipo de sondas hay que asegurarse de la posición de este conmutador antes de realizar una medida.



Compensación de la sonda

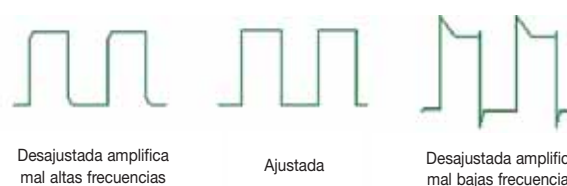
Antes de utilizar una sonda atenuadora 10X es necesario realizar un ajuste en frecuencia para el osciloscopio en particular sobre el que se vaya a trabajar.

Este ajuste se denomina compensación de la sonda y consta de los siguientes pasos.

- Conectar la sonda a la entrada del canal I.
- Conectar la punta de la sonda al punto de señal de compensación (La mayoría de los osciloscopios disponen de una toma para ajustar las sondas, en caso contrario será necesario utilizar un generador de onda cuadrada).



- Conectar la pinza de cocodrilo de la sonda a masa.
- Observar la señal cuadrada de referencia en la pantalla.
- Con el destornillador de ajuste, actuar sobre el condensador de ajuste hasta observar una señal cuadrada perfecta.



Sondas activas

Proporcionan una amplificación antes de aplicar la señal a la entrada del osciloscopio. Pueden ser necesarias en circuitos con una señal de salida muy baja.

Este tipo de sondas necesitan para operar una fuente de alimentación.

Sondas de corriente

Posibilitan la medida directa de las corrientes en un circuito.

Las hay para medida de corriente alterna y continua.

Poseen una pinza que abraza el cable a través del cual se desea medir la corriente.

Al no situarse en serie con el circuito causan muy poca interferencia en él.

Sistemas de visualización

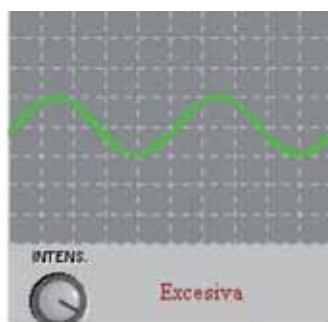
Potenciómetro de intensidad de brillo

Se trata de un potenciómetro que ajusta el brillo de la señal en la pantalla.

Este mando actúa sobre la rejilla más cercana al cátodo del CRT (G1), controlando el número de electrones emitidos por éste.

En un osciloscopio analógico si se aumenta la velocidad de barrido es necesario aumentar el nivel de intensidad.

Por otra parte, si se desconecta el barrido horizontal es necesario reducir la intensidad del haz al mínimo (para evitar que el bombardeo concentrado de electrones sobre la parte interior de la pantalla deteriore la capa fluorescente que la recubre).



Potenciómetro de enfoque

Se trata de un potenciómetro que ajusta la nitidez del haz sobre la pantalla.

Este mando actúa sobre las rejillas intermedias del CRT (G2 y G4) controlando la finura del haz de electrones.

Se retocará dicho mando para una visualización lo más precisa posible.

Los osciloscopios digitales no necesitan este control.



Resistencia de rotación del haz

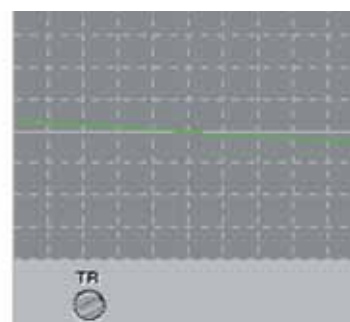
Resistencia ajustable actuando sobre una bobina y que nos permite alinear el haz con el eje horizontal de la pantalla.

Campos magnéticos intensos cercanos al osciloscopio pueden afectar a la orientación del haz.

La posición del osciloscopio con respecto al campo magnético terrestre también puede afectar.

Los osciloscopios digitales no necesitan este control.

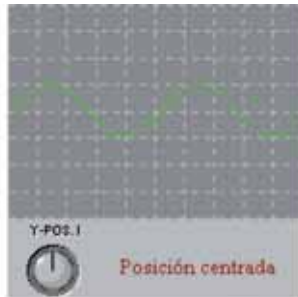
Se ajustará dicha resistencia, con el mando de acoplamiento de la señal de entrada en posición GND, hasta conseguir que el haz esté perfectamente horizontal.



Potenciómetro de posición vertical de la forma de onda

Este control consta de un potenciómetro que permite mover verticalmente la forma de onda hasta el punto exacto que se desee.

Cuando se está trabajando con una sola señal el punto normalmente elegido suele ser el centro de la pantalla.



Conmutador del factor de escala del sistema vertical

Se trata de un conmutador con un gran número de posiciones, cada una de las cuales, representa el factor de escala empleado por el sistema vertical.

Por ejemplo si el mando esta en la posición 2 voltios/div significa que cada una de las divisiones verticales de la pantalla (aproximadamente de un 1 cm.) representan 2 voltios.

Las divisiones más pequeñas representaran una quinta parte de este valor, o sea, 0.4 voltios.

La máxima tensión que se puede visualizar con el osciloscopio presentado y con una sonda de 10X será entonces: 10 (factor de división de la sonda) x 20 voltios/div (máxima escala) x 8 divisiones verticales = 1600 voltios.

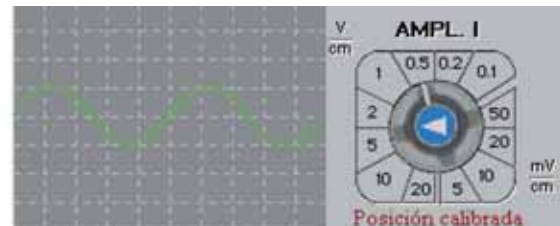
En la pantalla se representa una señal de 1Vpp tal como la veríamos en diferentes posiciones del conmutador.



Potenciómetro de mando variable

Se trata de un potenciómetro situado de forma concéntrica al conmutador del amplificador vertical y podemos considerarlo como una especie de lupa del sistema vertical.

Para realizar medidas es necesario colocarlo en su posición calibrada.



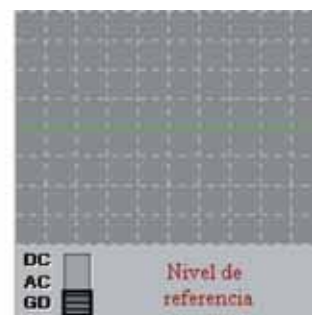
Conmutador de acoplamiento de la señal exterior a la entrada

Se trata de un conmutador de tres posiciones que conecta eléctricamente a la entrada del osciloscopio la señal exterior.

El acoplamiento **DC** deja pasar la señal tal como viene del circuito exterior (es la señal real).

El acoplamiento **AC** bloquea mediante un condensador la componente continua que posea la señal exterior.

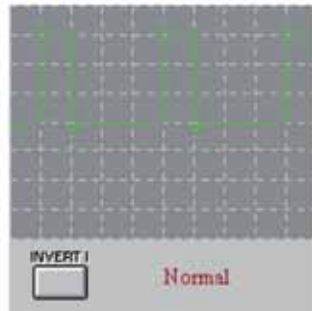
El acoplamiento **GND** desconecta la señal de entrada del sistema vertical y lo conecta a masa, permitiéndonos situar el punto de referencia en cualquier parte de la pantalla (generalmente el centro de la pantalla cuando se trabaja con una sola señal).



Conmutador de inversión de la señal de entrada

Es un conmutador de dos posiciones en forma de botón que permite en una de sus

posiciones invertir la señal de entrada en el canal I (existen otros osciloscopios que invierten el canal II).



Conmutador de modo de trazado alternado / chopeado

Es un conmutador de dos posiciones, en forma de botón, que permite, cuando nos encontramos en modo DUAL, seleccionar el modo de trazado de las señales en pantalla.

En el modo **alternado** se traza completamente la señal del canal I y después la del canal II y así sucesivamente.

Se utiliza para señales de media y alta frecuencia (generalmente cuando el mando TIMEBASE está situado en una escala de 0.5 msg. ó inferior).

En el modo **chopeado** el osciloscopio traza una pequeña parte del canal I después otra pequeña parte del canal II, hasta completar un trazado completo y empezar de nuevo.

Se utiliza para señales de baja frecuencia (con el mando TIMEBASE en posición de 1 msg. ó superior).



Modos de funcionamiento: simple / dual / suma

Es un control formado por tres conmutadores de dos posiciones, en forma de botón, que permite seleccionar entre tres modos de funcionamiento: simple, dual y suma.

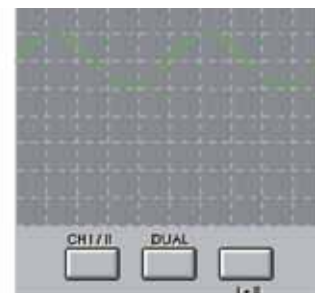
En el modo **simple** actuamos sólo sobre el conmutador etiquetado como CH I/II.

Si no está pulsado visualizaremos la señal que entra por el canal I y si lo está la señal del canal II.

El modo **dual** se selecciona con el conmutador etiquetado DUAL.

Si no está pulsado visualizaremos un solo canal (esto dependerá del estado del conmutador CH I/II) y si lo está visualizaremos simultáneamente ambos canales.

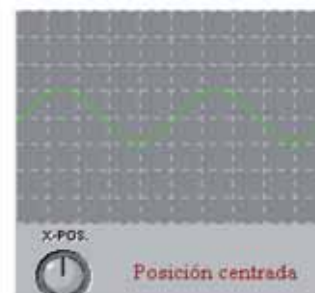
El modo **suma** se selecciona pulsando el conmutador etiquetado I + II (si también lo está el etiquetado como DUAL) y nos permite visualizar la suma de ambas señales en pantalla.



Potenciómetro de posición horizontal

Este control consta de un potenciómetro que permite mover horizontalmente la forma de onda hasta el punto exacto que se desee.

Cuando se está trabajando con una sola señal el punto normalmente elegido suele ser el centro de la pantalla. (Para observar



mejor el punto de disparo se suele mover el trazo un poco hacia la derecha).

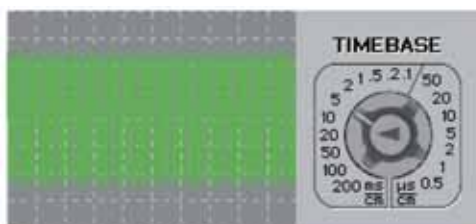
Conmutador de factor de escala en barrido horizontal

Se trata de un conmutador con un gran número de posiciones, cada una de las cuales, representa el factor de escala empleado por el sistema de barrido horizontal.

Por ejemplo si el mando esta en la posición 1 msg/div significa que cada una de las divisiones horizontales de la pantalla (aproximadamente de un 1 cm.) representan 1 milisegundo.

Las divisiones más pequeñas representaran una quinta parte de este valor, o sea, 200 μ sg.

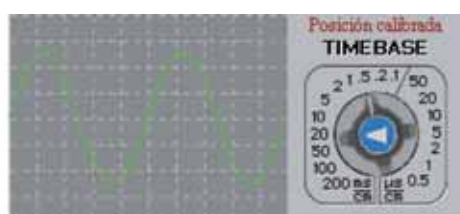
El osciloscopio presentado puede visualizar un máximo de 2 sg en pantalla (200 msg x 10 divisiones) y un mínimo de 100 nsg por división, si empleamos la Amplificación (0.5 μ sg / 5).



Potenciómetro de mando variable del sistema horizontal (lupa)

Se trata de un potenciómetro situado de forma concéntrica al conmutador de la base de tiempos y podemos considerarlo como una especie de lupa del sistema horizontal.

Para realizar medidas es necesario colocarlo en su posición calibrada.

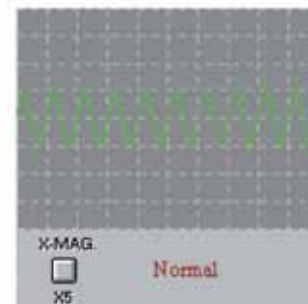


Conmutador amplificador del sistema horizontal

Este control consta de un pequeño conmutador en forma de botón que permite amplificar la señal en horizontal por un factor constante (normalmente x5 ó x10).

Se utiliza para visualizar señales de muy alta frecuencia (cuando el conmutador TIMEBASE no permite hacerlo).

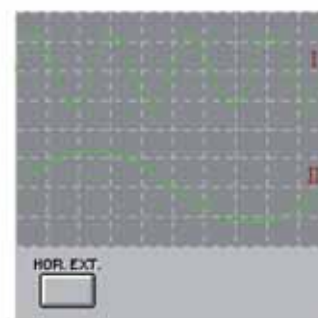
Hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar medidas cuantitativas (habrá que dividir la medida realizada en pantalla por el factor indicado).



Sistema horizontal: XY

Este control consta de un pequeño conmutador en forma de botón que permite desconectar el sistema de barrido interno del osciloscopio, haciendo estas funciones uno de los canales verticales (generalmente el canal II).

Como veremos en el capítulo dedicado a las medidas esto nos permite visualizar curvas de respuesta ó las famosas figuras de Lissajous, útiles tanto para la medida de fase como de frecuencia.

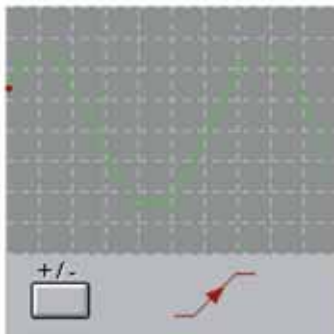


Conmutador para la inversión del sentido del disparo

Este control consta de un conmutador en forma de botón que permite invertir el sentido del disparo.

Si está sin pulsar la señal se dispara subiendo (flanco positivo +) y si lo pulsamos se disparará bajando (flanco negativo -).

Es conveniente disparar la señal en el flanco de transición más rápida.



Potenciómetro de ajuste del nivel de señal en modo manual

Se trata de un potenciómetro que permite en el modo de disparo manual, ajustar el nivel de señal a partir del cual, el sistema de barrido empieza a actuar.

Este ajuste no es operativo en modo de disparo automático.



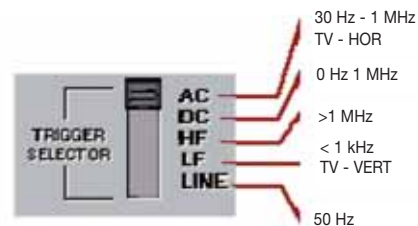
Sistema de disparo: Acoplamiento

Debido a las muy diferentes señales que se pueden presentar en electrónica, el osciloscopio presenta un conmutador con el que podemos conseguir el disparo estable de la señal en diferentes situaciones.

La gama de frecuencias ó tipos de señales que abarca cada posición del conmutador depende del tipo de osciloscopio (es posible incluso que el osciloscopio tenga otras posiciones, especialmente para tratar las señales de televisión).

En la siguiente figura se especifica los datos para un osciloscopio en particular.

Si se trata de otro modelo se deberá consultar la información suministrada por el fabricante, para actualizar esta tabla.



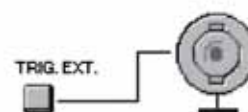
Sistema de disparo exterior

La situación normal es que sea el osciloscopio quien internamente dispare la señal de entrada.

Esto permite sincronizar casi todas las señales periódicas siempre que la altura de la imagen supere un cierto valor (generalmente muy pequeño, del orden de media división).

Para algunas señales complicadas, es necesario dispararlas con otra señal procedente del mismo circuito de prueba.

Esto puede hacerse introduciendo esta última señal por el conector etiquetado TRIG. EXT. y pulsando también el botón que le acompaña.



Otros controles: Holdoff

Podría traducirse como mantener (**hold**) desconectado (**off**).

Este control no está incluido en los osciloscopios de nivel bajo ó medio.

Se utiliza cuando deseamos sincronizar en la pantalla del osciloscopio señales formadas por trenes de impulsos espaciados en el tiempo.

Se pretende que el osciloscopio se dispare cuando el primer impulso del que consta el tren alcance el nivel de tensión fijado para el disparo, pero que exista una zona de sombra para el disparo que cubra los impulsos siguientes, el osciloscopio no debe dispararse hasta que llegue el primer impulso del siguiente tren.

Consta generalmente de un mando asociado con un interruptor, este último pone en funcionamiento el sistema holdoff y el mando variable ajusta el tiempo de sombra para el disparo.

En la siguiente figura se observará mejor el funcionamiento.

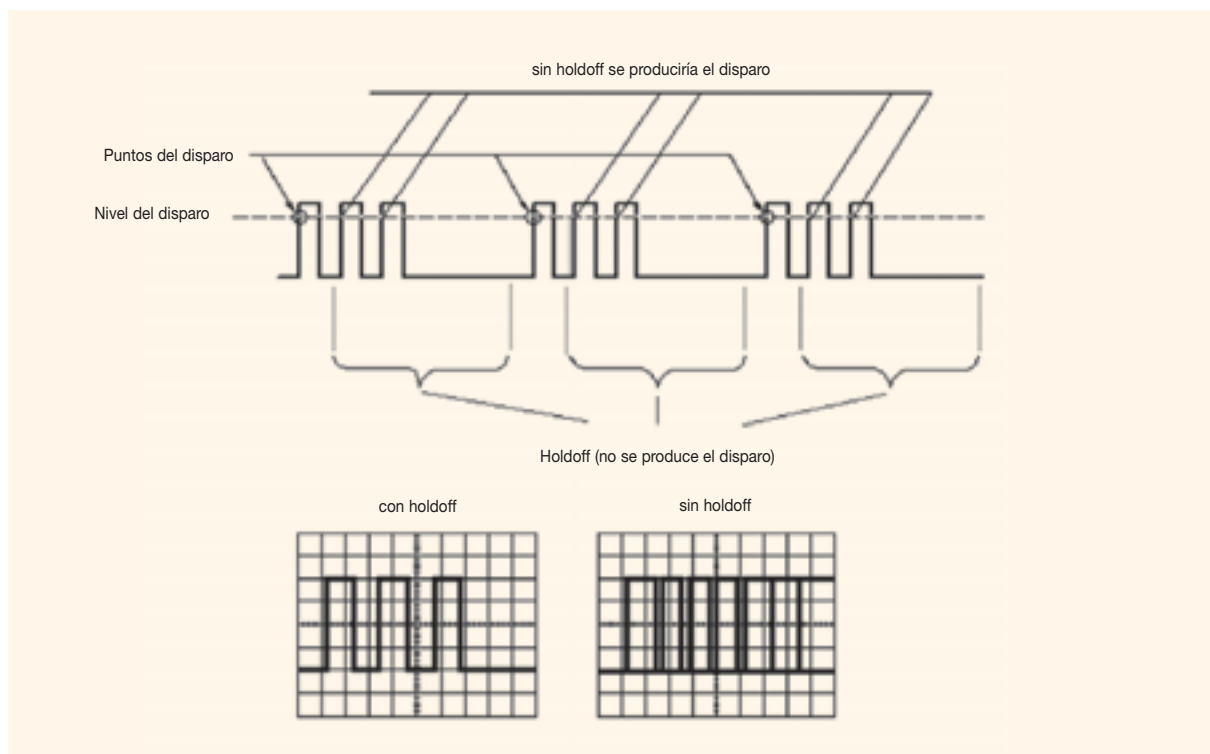
Otros mandos: Línea de retardo

Tampoco es habitual encontrar dicho mando en los osciloscopios de gama media, baja. Sin embargo cuando deseamos amplificar un detalle que no se encuentra cercano al momento del disparo, necesitamos de alguna manera retardar este último un determinado tiempo para con el **mando de la base de tiempos** poderlo amplificar.

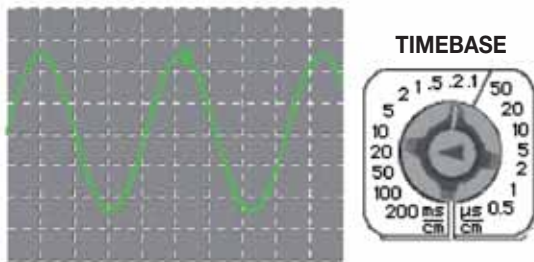
Esto es precisamente lo que realiza este mando.

Consta de un conmutador de varias posiciones que nos proporciona el tiempo que el osciloscopio retarda la presentación desde el momento que la señal se dispara, este tiempo puede variar, dependiendo del osciloscopio, desde algunas fracciones de μs a algunos centenares de ms ; posee también, y generalmente concéntrico con el anterior, un mando variable para ajustar de forma más precisa el tiempo anterior.

Y por último, un conmutador que en una posición etiquetada como **search** indica al osciloscopio que busque el punto a partir



del cual deseamos que se presente la señal y otra posición etiquetada como **delay** que fija la anterior posición y permite el uso de la base de tiempos para amplificar el detalle deseado.



En este ejemplo si deseáramos amplificar el pequeño impulso que aparece en el segundo semiciclo positivo deberíamos ajustar el tiempo de retardo a: $2 \times 5 = 1 \text{ ms}$

Técnicas de medida

Las dos medidas básicas que se pueden realizar con un osciloscopio son el voltaje y el tiempo, al ser medidas directas.

Algunos osciloscopios digitales poseen un software interno que permite realizar las medidas de forma automática.

Sin embargo, si aprendemos a realizar medidas de forma manual, estaremos también capacitados para chequear las medidas automáticas que realiza un osciloscopio digital.

La pantalla

Fijémonos en la siguiente figura que representa la pantalla de un osciloscopio.

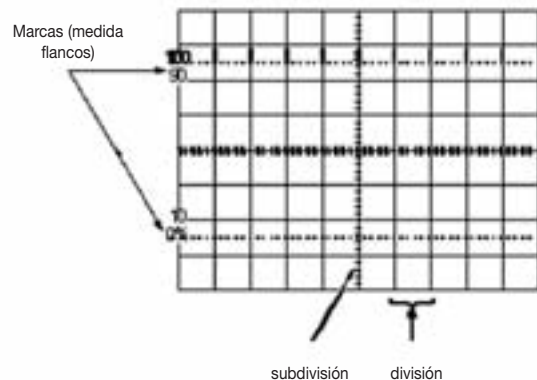
Deberemos notar que existen unas marcas en la pantalla que la dividen tanto en vertical como en horizontal, forman lo que se denomina retícula ó rejilla.

La separación entre dos líneas consecutivas de la rejilla constituye lo que se denomina una división.

Normalmente la rejilla posee 10 divisiones horizontales por 8 verticales del mismo

tamaño (cercano al cm), lo que forma una pantalla más ancha que alta.

En las líneas centrales, tanto en horizontal como en vertical, cada división ó cuadro posee unas marcas que la dividen en 5 partes iguales (utilizadas como veremos más tarde para afinar las medidas)



Algunos osciloscopios poseen marcas horizontales de 0%, 10%, 90% y 100% para facilitar la medida de tiempos de subida y bajada en los flancos (se mide entre el 10% y el 90% de la amplitud de pico a pico).

Otros osciloscopios también visualizan en su pantalla cuantos voltios representa cada división vertical y cuantos segundos representa cada división horizontal.

Medida de voltajes

Generalmente cuando hablamos de voltaje queremos realmente expresar la diferencia de potencial eléctrico, expresado en voltios, entre dos puntos de un circuito.

Pero normalmente uno de los puntos esta conectado a masa (0 voltios) y entonces simplificamos hablando del voltaje en el punto A (cuando en realidad es la diferencia de potencial entre el punto A y GND).

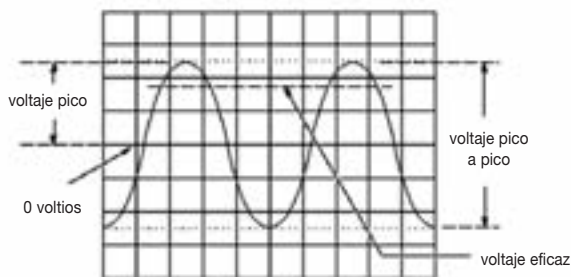
Los voltajes pueden también medirse de pico a pico (entre el valor máximo y mínimo de la señal).

Es muy importante que especifiquemos al realizar una medida que tipo de voltaje estamos midiendo.

El osciloscopio es un dispositivo para medir el voltaje de forma directa.

Otras medidas se pueden realizar a partir de esta por simple cálculo (por ejemplo, la de la intensidad ó la potencia).

Los cálculos para señales CA pueden ser complicados, pero siempre el primer paso para medir otras magnitudes es empezar por el voltaje.

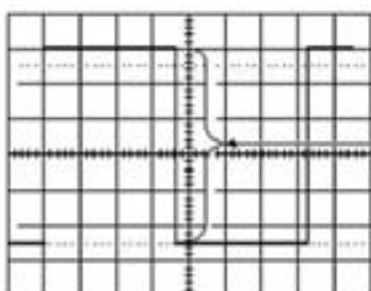


En la figura anterior se ha señalado el valor de pico V_p , el valor de pico a pico V_{pp} , normalmente el doble de V_p y el valor eficaz V_{ef} ó V_{RMS} (Root-Mean-Square, es decir la raíz cuadrada de la media de los valores instantáneos elevados al cuadrado) utilizada para calcular la potencia de la señal CA.

Realizar la medida de voltajes con un osciloscopio es fácil, simplemente se trata de contar el número de divisiones verticales que ocupa la señal en la pantalla.

Ajustando la señal con el mando de **posicionamiento horizontal** podemos utilizar las subdivisiones de la rejilla para realizar una medida más precisa. (recordar que una subdivisión equivale generalmente a 1/5 de lo que represente una división completa).

Es importante que la señal ocupe el máximo espacio de la pantalla para realizar medidas fiables, para ello actuaremos sobre el **conmutador del amplificador vertical**.



Utiliza la línea vertical central para obtener precisión

Algunos osciloscopios poseen en la pantalla un cursor que permite tomar las medidas de tensión sin contar el número de divisiones que ocupa la señal.

Básicamente el cursor son dos líneas horizontales para la medida de voltajes y dos líneas verticales para la medida de tiempos que podemos desplazar individualmente por la pantalla.

La medida se visualiza de forma automática en la pantalla del osciloscopio.

Medida de tiempo y frecuencia

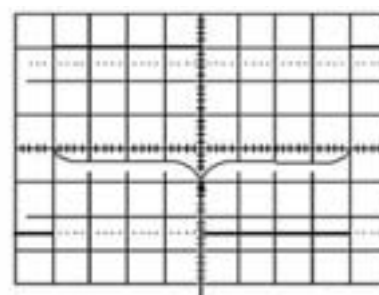
Para realizar medidas de tiempo se utiliza la escala horizontal del osciloscopio.

Esto incluye la medida de periodos, anchura de impulsos y tiempo de subida y bajada de impulsos.

La frecuencia es una medida indirecta y se realiza calculando la inversa del periodo.

Al igual que ocurría con los voltajes, la medida de tiempos será más precisa si el tiempo objeto de medida ocupa la mayor parte de la pantalla, para ello actuaremos sobre el **conmutador de la base de tiempos**.

Si centramos la señal utilizando el mando de **posicionamiento vertical** podemos utilizar las subdivisiones para realizar una medida más precisa.



Utiliza la línea horizontal central para obtener precisión

Medida de tiempos de subida y bajada en los flancos

En muchas aplicaciones es importante conocer los detalles de un pulso, en particular los tiempos de subida ó bajada de éstos.

Las medidas estándar en un pulso son su anchura y los tiempos de subida y bajada.

El tiempo de subida de un pulso es la transición del nivel bajo al nivel alto de voltaje. Por convenio, se mide el tiempo entre el momento que el pulso alcanza el 10% de la tensión total hasta que llega al 90%.

Así se eliminan las irregularidades en las bordes del impulso.

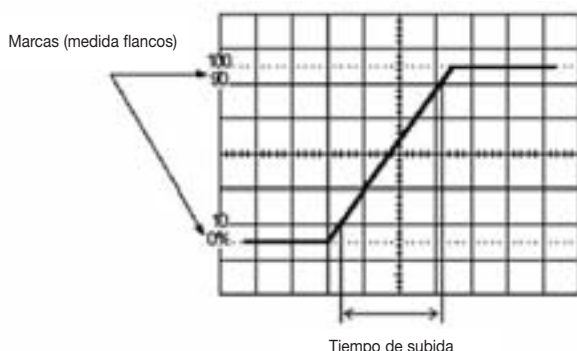
Esto explica las marcas que se observan en algunos osciloscopios (algunas veces simplemente unas líneas punteadas).

La medida en los pulsos requiere un fino ajuste en los mandos de disparo.

Para convertirse en un experto en la captura de pulsos es importante conocer el uso de los mandos de disparo que posea nuestro osciloscopio.

Una vez capturado el pulso, el proceso de medida es el siguiente: se ajusta actuando sobre el **conmutador del amplificador vertical** y el **mando variable** asociado hasta que la amplitud pico a pico del pulso coincida con las líneas punteadas (ó las señaladas como 0% y 100%).

Se mide el intervalo de tiempo que existe entre que el impulso corta a la línea señalada como 10% y el 90%, ajustando el **conmutador de la base de tiempos** para que dicho tiempo ocupe el máximo de la pantalla del osciloscopio.



Medida del desfase entre señales

La sección horizontal del osciloscopio posee un control etiquetado como **X-Y**, que nos va a introducir en una de las técnicas de medida de desfase (la única que podemos utilizar cuando solo disponemos de un canal vertical en nuestro osciloscopio).

El periodo de una señal se corresponde con una fase de 360°.

El desfase indica el ángulo de atraso ó adelanto que posee una señal con respecto a otra (tomada como referencia) si poseen ambas el mismo periodo.

Ya que el osciloscopio sólo puede medir directamente los tiempos, la medida del desfase será indirecta.

Uno de los métodos para medir el desfase es utilizar el modo X-Y.

Esto implica introducir una señal por el canal vertical (generalmente el I) y la otra por el canal horizontal (el II). (Este método solo funciona de forma correcta si ambas señales son senoidales).

La forma de onda resultante en pantalla se denomina figura de Lissajous (debido al físico francés denominado Jules Antoine Lissajous).

Se puede deducir la fase entre las dos señales, así como su relación de frecuencias observando la siguiente figura.

