

09 | AGOSTO 2021



Ventajas Tecnológicas de utilizar **Baterías Níquel Cadmio**

AUTOR: Ing. Jhony Catari

ASESOR TÉCNICO: Ing. Orlando Pérez

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	2
2 CLASIFICACIÓN DE BATERÍAS SEGÚN SU FUNCIÓN	2
2.1. Batería Primaria	2
2.2. Batería Secundaria	2
3 COMPONENTES DE UNA BATERÍA	3
3.1. Electrodo	3
3.2. Electrolito	3
3.3. Separador	3
3.4. Contenedor	3
4 TECNOLOGÍA DE BATERÍAS	3
4.1. Batería de Plomo-Ácido	3
4.2. Batería de Níquel-Cadmio	4
5 CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA BATERÍA	5
6 DIFERENCIAS ENTRE BATERÍAS VRLA DE PLOMO-ÁCIDO Y NIQUEL-CADMIO	6
6.1. Recombinación de gases	6
6.2. Características constructivas	6
6.3. Avalancha térmica	7
6.4. Corrosión	7
6.5. Almacenamiento	8
6.6. Temperatura	8
6.7. Costos	9
7 CONCLUSIONES	10
8 BIBLIOGRAFÍA	11



1 INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica, principalmente se realiza a través de las redes eléctricas. Sin embargo la disposición de estas puede verse limitada por la cobertura o por el tipo de aplicación.

Las baterías son elementos fiables que almacenan energía eléctrica mediante un proceso de conversión bidireccional de energía química en energía eléctrica. De esta manera se consigue almacenar energía eléctrica en casos que falle el suministro desde la red eléctrica o simplemente cuando se requiera el suministro de energía para aplicaciones que deben funcionar de una manera independiente de la red.

2 CLASIFICACIÓN DE BATERÍAS SEGÚN SU FUNCIÓN

De acuerdo a la función de desempeño podemos definir dos tipos básicos de batería:

2.1. Batería Primaria: Este tipo de batería no permite ser recargada luego de ser utilizada debido a que la reacción química que se produce para la conversión de energía química a energía eléctrica es irreversible.

2.2. Batería Secundaria: Esta batería puede ser recargada luego de haber sido descargada, en este caso la reacción química que se produce para la conversión de energía química a energía eléctrica es reversible lo que permite a la batería acumular y entregar energía eléctrica en forma cíclica.

La Batería Secundaria se divide en dos grupos, de acuerdo al tipo de funcionamiento:

2.2.1. Batería con funcionamiento en régimen estacionario: Donde la carga de la batería se realiza desde una fuente primaria (red eléctrica) y la descarga se produce de forma ocasional, es decir, cuando la fuente de energía primaria no está disponible, como por ejemplo el caso de baterías de Sistemas de Energía Ininterrumpida.

2.2.2. Batería con funcionamiento en regímenes cíclicos de carga-descarga: En este caso la batería se descarga sobre un circuito eléctrico que necesita de una fuente de alimentación y luego se recarga desde una fuente de energía primaria (red eléctrica).

3 COMPONENTES DE UNA BATERÍA

Como se observa en la *Figura 1. Composición de una celda recargable*, una batería está constituida por un conjunto de celdas. La celda, como una unidad básica de la batería está conformada por 2 electrodos (el ÁNODO y el CÁTODO) inmersos en un electrolito donde se lleva a cabo el proceso de oxidación y la reducción.

3.1. Electrodos

- » **ÁNODO:** Es el elemento que se oxida durante la descarga de la celda y es donde se liberan electrones al circuito exterior. Para las baterías de Plomo-Ácido el ánodo es de Plomo y de Cadmio en baterías de Níquel-Cadmio.
- » **CÁTODO:** Es el elemento que se reduce durante la descarga de la celda y es donde se captan electrones del circuito exterior. Para las baterías de Plomo-Ácido el cátodo es de Dióxido de Plomo y de Níquel en baterías de Níquel-Cadmio.

Durante el *proceso de carga*, ocurren los mismos procesos electroquímicos debido a la reversibilidad de las reacciones de oxidación-reducción. En este caso, el electrodo negativo se comporta como cátodo y el electrodo positivo se comporta como ánodo [1].

3.2. Electrolito

El electrolito es un medio conductor iónico que hace posible la transferencia de electrones en el interior de la celda por medio del desplazamiento de iones entre el ánodo y el cátodo.

3.3. Separador

Es el elemento que proporciona el aislamiento eléctrico entre el *ánodo* y el *cátodo* que ayuda a evitar cortocircuitos entre estos electrodos que tienen polaridades distintas, permitiendo el libre paso de los iones a través del electrolito.

3.4. Contenedor

Es el recipiente que contiene todos los elementos de una celda. Siendo que una batería se compone de varias celdas, éstas se pueden interconectar en el interior del contenedor para llegar a una determinada capacidad o tensión.

4 TECNOLOGÍA DE BATERÍAS

Las tecnologías consideradas en el presente artículo comprenden:

4.1. Batería de Plomo-Ácido

La batería de plomo ácido es una de las más utilizadas en la actualidad debido a ser una tecnología madura, de bajo coste y de rápida disponibilidad. No obstante, tiene desventajas como la baja energía y potencia específica y un ciclo de vida relativamente corto.

Según la tecnología de fabricación, la batería de Plomo-Ácido se puede clasificar en dos grupos:

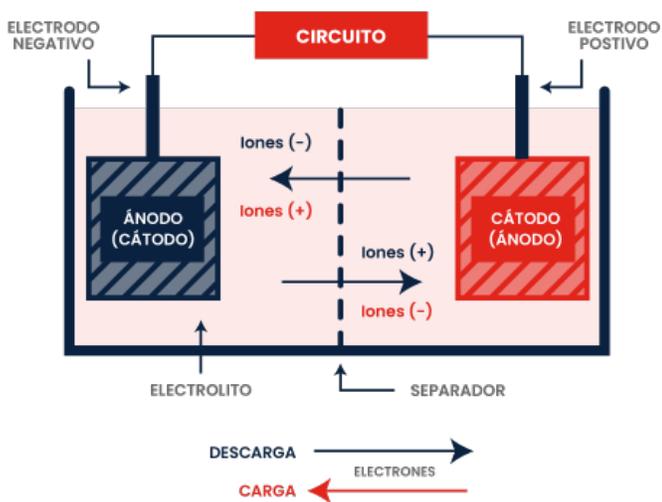


Figura 1. Composición de una celda recargable

Durante el *proceso de descarga*, el *ánodo* aporta electrones debido a la oxidación y también genera iones positivos. De igual forma, el *cátodo* genera iones negativos durante el proceso de aceptación de electrones [1].

4.1.1. Batería de Plomo-Ácido de electrolito líquido: Esta batería tiene tapones removibles mediante los cuales podemos acceder al interior de la batería para realizar mantenimientos periódicos verificando la densidad y el nivel del electrolito; así mismo se puede reponer la humedad añadiendo agua destilada. Estas baterías pueden presentar derrames de ácido y escapes de hidrógeno.

4.1.2. Batería de Plomo-Ácido sellada o regulada por válvula VRLA (Valve Regulated Lead Acid): Son baterías selladas en las que el electrolito se encuentra en modo de gel, con ello se tiene una mínima emisión de gases y se evita que se tengan fugas de electrolito. Además, al ser la batería sellada, ésta tiene bajo requerimiento de mantenimiento y de manera visual se puede observar el estado de la batería.

Dentro de la batería VRLA, se presentan dos tipos:

- » **A. Tipo AGM (Absorbed Glass Mat)** que mantienen el electrolito absorbido en un tejido de fibra de vidrio y destacan por aceptar corrientes elevadas y menores tiempos de carga.
- » **B. Tipo GEL** donde el electrolito se encuentra en forma de gel a base de sílica y aceptan descargas más profundas y con mayor ciclo de vida que las AGM.

En la batería Plomo-Ácido el electrolito es ácido sulfúrico (H_2SO_4) disuelto en agua (H_2O) y uno de los electrodos es de Plomo (Pb), mientras que el otro es Dióxido de Plomo (PbO_2).

La fórmula de la reacción electroquímica, para una batería Plomo-Ácido es la siguiente:



De la fórmula anterior, se observa que la molécula de H_2SO_4 sufre cambios y pierde sus propiedades a medida que se va cargando y descargando la batería. Esto conlleva a que en un mantenimiento preventivo, primero se debe medir la densidad del H_2SO_4 para ver cuán modificadas están sus propiedades y también se debe medir la resistencia interna de la batería que con el tiempo tiende a subir al tener como electrolito el H_2SO_4 que llega a corroer la placa de Plomo

(Ver Figura 2. Corrosión en placas de una celda de Plomo-Ácido), hasta un punto en el que el circuito se abre y pierde la conducción eléctrica entre el borne con la placa (Este fenómeno es llamado *muerte súbita* de la batería) ocasionando que la batería ya no funcione.



Figura 2. Corrosión en placas de una celda de Plomo-Ácido

Como una batería consta de celdas conectadas en serie, el hecho de tener una celda sin conducción entre el borne y la placa de plomo (circuito abierto) se pierde toda la batería. Ver Figura 3. Celda en circuito abierto en una batería de Plomo-Ácido.

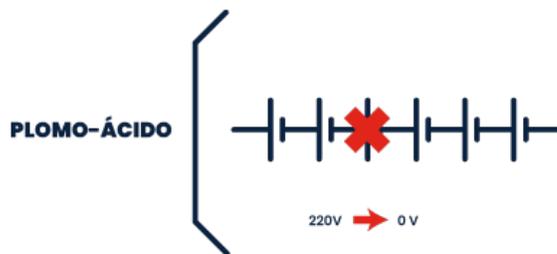


Figura 3. Celda en circuito abierto en una batería de Plomo-Ácido

4.2. Batería de Níquel-Cadmio

Se caracteriza por sus celdas selladas, por tener menos peso y por ser más tolerante a altas temperaturas que una batería de Plomo-Ácido convencional. Este tipo de batería tiene una tasa de auto descarga muy baja.

Para una batería de Níquel-Cadmio, la fórmula de la reacción electroquímica es la siguiente:



Para el caso del Níquel-Cadmio, el electrolito (Hidróxido de Potasio KOH) es completamente neutro y no forma parte de la reacción electroquímica, eso implica que las propiedades del electrolito no varían con el tiempo porque su función principal va a ser únicamente de conducción eléctrica (para que los iones puedan ir de una placa a la otra) y como disipador de calor, esto también ayuda a que la resistencia interna de la batería se mantenga constante durante todo el tiempo de vida útil de la batería porque **no existe corrosión ni desprendimiento de material en las placas** que son de acero inoxidable.

Bajo el peor escenario, en el caso de que una celda esté dañada, ésta se comporta como un corto circuito manteniendo la existencia de una corriente de conducción entre el borne y la placa. A diferencia de las baterías de Plomo-Ácido donde se perdía toda la batería, en el caso del Níquel-Cadmio solo se pierde la tensión de la celda dañada (1.2V). Como se observa

en la Figura 4. Celda en corto circuito en una batería de Níquel-Cadmio.

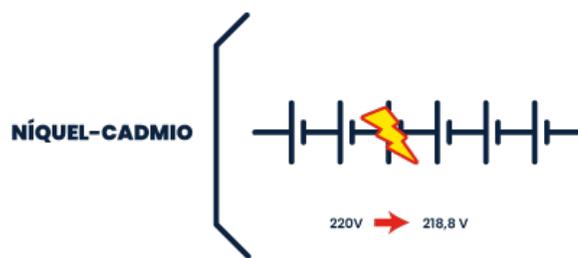


Figura 4. Celda en corto circuito en una batería de Níquel-Cadmio

Adicionalmente a la comparativa que se realizó en los anteriores apartados sobre las ventajas que tienen las baterías de Níquel-Cadmio en comparación con las de Plomo-Ácido vale la pena recalcar que uno de los beneficios que tiene esta tecnología es de soportar ambientes de trabajo a altas temperaturas alcanzando un tiempo de vida útil de 20 a 25 años.

5 CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA BATERÍA

Hay varios factores básicos que rigen el tamaño (número de celdas y capacidad nominal) de la batería, principalmente:

- La tensión máxima del sistema,
- la tensión mínima del sistema,
- los factores de corrección y
- el ciclo del trabajo

Como una batería está compuesta por un número de celdas idénticas conectadas en serie, la tensión de la batería es la tensión de una celda multiplicada por el número de celdas en serie. La capacidad en amperios-hora (Ah) de una batería es la misma que la capacidad en amperios-hora de una sola célula, que depende de las dimensiones y el número de placas. [2]

6 DIFERENCIAS ENTRE BATERÍAS VRLA DE PLOMO-ÁCIDO Y NÍQUEL-CADMIO

6.1. Recombinación de gases

El proceso de reacción electroquímica en una batería genera la emisión de moléculas de O_2 e H_2 que tienden a salir por las válvulas. Si bien con el O_2 no se tiene problema alguno, se debe tener sumo cuidado con el H_2 al ser éste un gas explosivo, si se manejan concentraciones superiores al 4%.

La batería de Níquel-Cadmio genera menor cantidad de H_2 en comparación con la batería de Plomo-Ácido, por lo cual es más eficiente. Sin embargo, se deben tomar las precauciones necesarias en la sala donde se instalarán las baterías donde se debe contar con una buena ventilación y sensores de detección de hidrógeno, entre otras.

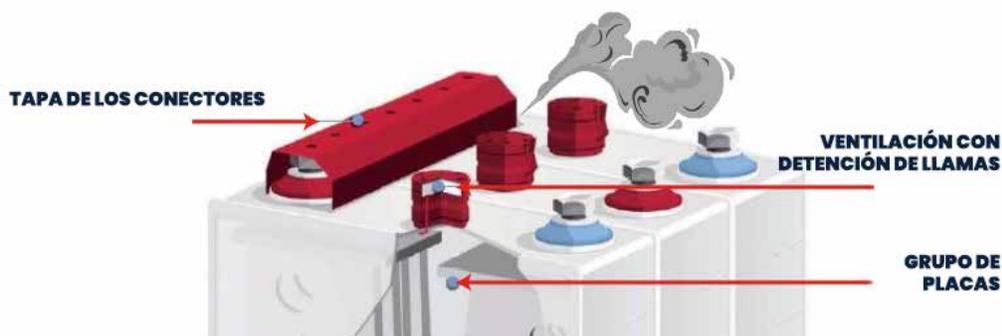


Figura 5. Emisión de gases en una batería.

La norma IEC 62259 que trata sobre la recombinación de gases exige que, del total de los gases generados, por lo menos un 70% llegue a ser recombinado [3]. Para el caso de las baterías de Níquel-Cadmio que **AMPER S.R.L.** representa, el nivel de recombinación puede llegar hasta un 90%, lo cual permite que el tiempo de vida de estas baterías sea superior a los 20 años [4].

6.2. Características constructivas

La norma IEC 60623, hace referencia a baterías y elementos con electrolito alcalino u otros electrolitos no ácidos. Elementos individuales prismáticos recargables abiertos de Níquel-Cadmio. Esta norma define las características constructivas de las baterías de Níquel-Cadmio, así como la capacidad nominal de una celda en los siguientes rangos [5]:

Voltaje nominal	: 1.2 V
Voltaje del electrodo negativo	: -0.8 V
Voltaje del electrodo positivo	: +0.4 V

6.3. Avalancha térmica

Una de las funciones del electrolito en las baterías VLRA disipar el calor, como en las baterías de Plomo-Ácido se tiene el material activo (Pb y PbO_2) en toda la placa se debe tener el *nivel de electrolito lo más alto posible* en el contenedor para refrigerar todo el material activo. En el caso de que se tenga un nivel de electrolito bajo el material activo que no tiene contacto con éste tiende a calentarse y aumenta la tasa de secado de la batería hasta un punto en el cual la temperatura interna de la batería es tan alta que puede llegar a explotar.



ACERO
INOXIDALBE

MATERIAL
ACTIVO

Figura 6. Placas de una Batería de Níquel-Cadmio

El diseño de la batería Níquel-Cadmio, donde la placa está conformada no solo por material activo sino también por acero inoxidable, implica una gran cantidad de electrolito libre, lo que significa una gran inercia térmica que ocasiona que el **efecto del incremento de la temperatura en la batería sea mínimo**. Ver Figura 6. Placas de una batería de Níquel-Cadmio.

6.4. Corrosión

En la Figura 7. *Vida útil de baterías*, se observa la expectativa de vida de una batería de Plomo-Ácido versus una de Níquel-Cadmio. Para el caso de las baterías de Plomo-Ácido al inicio del funcionamiento puede tener casi un 100% de su capacidad, en el transcurso del tiempo esta capacidad puede ser superior al 100%, pero como se

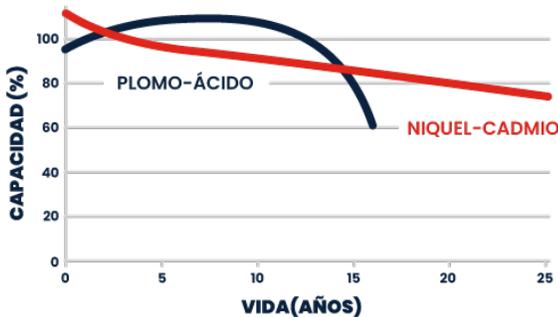


Figura 7. Vida útil de baterías

observa en la Figura 7. *Vida útil de baterías*, en un periodo cercano a la finalización de la vida útil de la batería, puede ocurrir un descenso drástico de su capacidad, esto es la llamada **"muerte súbita"**, fenómeno que se debe a la corrosión de las placas en la batería. Es por esta razón que se deben realizar mantenimientos periódicos para saber en qué parte de la curva se encuentra el estado de la batería.

En el caso del Níquel-Cadmio, debido a que el electrolito es alcalino, no reacciona con la estructura de soporte de acero de las baterías, su degradación es ligera y predecible en el tiempo. Como se observa en la Figura 7, a los 20 años (tiempo de vida útil que por lo general indican los fabricantes) se cuenta con un 80% de la capacidad de la batería; por encima de este tiempo, si bien la capacidad continúa disminuyendo no existe el fenómeno de **"muerte súbita"** como en el caso de las baterías de Plomo-Ácido. Al tener una degradación relativamente constante, los mantenimientos pueden ser en periodos más largos.

6.5. Almacenamiento

Para el caso de las baterías de VRLA de Plomo-Ácido el tiempo de almacenamiento máximo es de 6 meses a 20°C, esto debido a un fenómeno que se denomina “*Voltaje Mínimo de Descarga*” que, cuando se sobrepasa el valor de este voltaje, la batería se daña, deja de funcionar o pierde las características de autonomía. Es por ello, que es importante realizar una recarga de la batería antes de llegar al “*Voltaje Mínimo de Descarga*”.

En las baterías de Níquel-Cadmio el tiempo de almacenaje puede llegar a 24 meses debido a que no se tiene el fenómeno de “*Voltaje Mínimo de Descarga*”, la batería puede descargarse hasta un valor de cero voltios y luego puede ser recargada sin ningún problema.

6.6. Temperatura

El efecto de la temperatura en las baterías es un aspecto muy importante a considerar. Como se observa en la *Figura 8. Comportamiento las baterías por temperatura*, el incremento de la temperatura está relacionado con el tiempo de vida útil de la batería que indica el fabricante.

Por ejemplo, si las baterías de Plomo-Ácido tuvieran una temperatura de funcionamiento de 35°C, el tiempo de vida útil de las baterías disminuye en un 50% de lo que indica el fabricante. En el caso de las baterías de Níquel-Cadmio a esta misma temperatura de 35°C, la disminución del tiempo de vida útil de las baterías solo llega al 20% porque están optimizadas para un rendimiento excelente en un amplio rango de temperaturas.

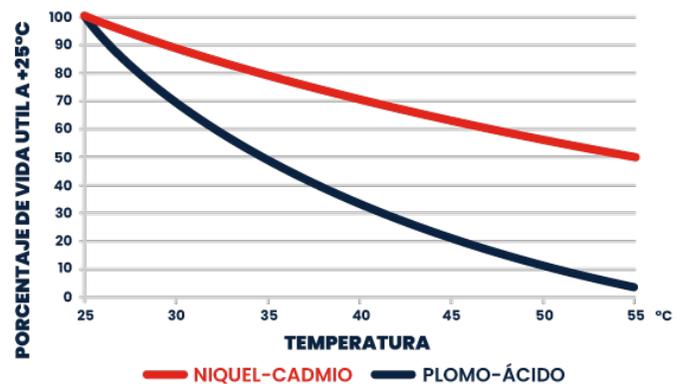


Figura 8. Comportamiento de las baterías por temperatura.

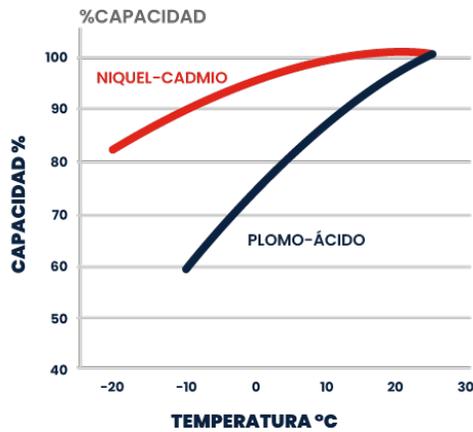


Figura 9. Comportamiento de las baterías a bajas temperaturas.

Considerando el comportamiento de baterías en temperaturas muy bajas, las de Níquel-Cadmio tienen mayor performance debido a que, al tener un electrolito neutro, se le puede añadir algún tipo de anticongelante para que funcione en bajas temperaturas. Sin embargo, en las baterías de Plomo-Ácido el ácido sulfúrico puede llegar a congelarse presentado mayor pérdida de capacidad en la batería. Ver Figura 9. Comportamiento de las baterías a bajas temperaturas.

6.7. Costos

Las baterías de Níquel-Cadmio tienen un nivel de inversión inicial de mayor costo que las baterías de Plomo-Ácido, Ver Figura 10. Costos durante el periodo de vida de las baterías, pero los costos asociados a la operación, mantenimiento, energía utilizada para la carga, costos de reposición, costos de paradas por fallas son más altos para las baterías de Plomo-Ácido y en ese largo plazo la tecnología Níquel-Cadmio llega a ser más económica.

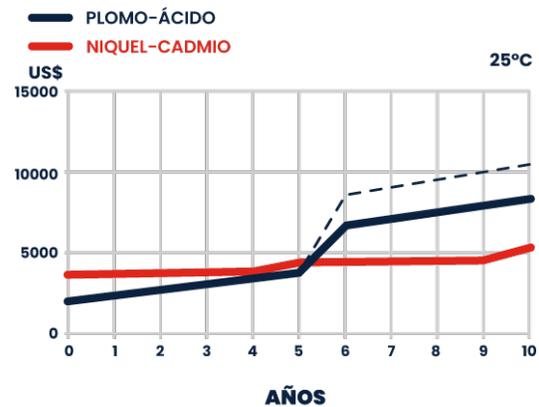


Figura 10. Costos durante el periodo de vida de las baterías



7 CONCLUSIONES

La batería de Níquel-Cadmio se puede someter a regímenes de descarga profunda total, sin que la batería sufra daño.

La batería de Níquel-Cadmio tiene una curva de carga similar a las baterías de Plomo-Ácido, por lo tanto, todo Cargador de baterías de Plomo-Ácido es totalmente compatible con baterías de Níquel-Cadmio y solo es necesario realizar unas modificaciones en los parámetros de las tensiones.

Una batería de Plomo-Ácido se derratea en una curva C10, vale decir que el tiempo de carga de la batería llega a ser de 10 horas. Mientras que la batería de Níquel-Cadmio se derratea en una curva C5 teniendo un tiempo de carga de 5 horas que lo hace más eficiente.

Al momento de dimensionar una batería, se toma en cuenta que la temperatura ($20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) tiene un efecto importante en su buen funcionamiento y en su vida útil. Las baterías de Níquel-Cadmio tienen un diseño que las hace menos susceptibles a los efectos de temperaturas altas o bajas en comparación que las baterías de Plomo-Ácido.

Si bien el importe inicial de inversión de una batería de Níquel - Cadmio es un 35% a 40% superior a la una batería de Plomo-Acido, la evaluación a lo largo de la vida útil demuestra la conveniencia de realizar la inversión en baterías de Níquel-Cadmio.

SOLUCIONES DE CALIDAD, RENDIMIENTO Y DURABILIDAD SUPERIOR, PARA LAS APLICACIONES MÁS EXIGENTES

8 BIBLIOGRAFÍA

- » O. A. Petri, B. B. Damaskín
“Fundamentos de la electroquímica teórica”
- » IEEE Std 1115-2000_Recommended Practice for Sizing Ni-CD Battery for Stationary Applications
- » IEC 62259:2003 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Nickel-cadmium prismatic secondary single cells with partial gas recombination
- » <https://www.saftbatteries.com> – Nickel-Cadmium Battery Specification Shhet with partial gas recombination (IEC 62259)
- » IEC 60623 specifies marking, designation, dimensions, tests and requirements for vented nickel-cadmium prismatic secondary single cells.

Todos los derechos reservados | © 2021 Amper SRL