

ENTREGABLE PROYECTOS— 2023

**INVESTIGACIÓN SOBRE LA VALIDACIÓN PARA EL TRANSPORTE SEGURO
DE BATERIAS ELECTRICAS (VIBRACIONES Y CHOQUES)
“BATTEST”**

Entregable: Guía de recomendaciones para un embalado y transporte seguro de baterías eléctricas

Número de proyecto: 22300009

Expediente: IMAMCA/2023/2

Duración: Del 01/01/2023 al 31/12/2023

Coordinado en AIDIMME por: BOSCA TARÍN, JAIME

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
CONSTRUCCIÓN CIVIL

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
1 OBJETO DEL MANUAL	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS A CUBRIR	1
1.2 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE.....	2
2 DESCRIPCIÓN DE LA BATERÍA ELÉCTRICA A TRANSPORTAR	8
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS	9
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS SEGÚN EL ADR. (38.3.2.3).....	11
3 RIESGOS DE LA BATERÍA.....	15
3.1 CAUSAS PRINCIPALES DE RIESGO EN LAS BATERÍAS	18
3.1.1 SOBRECARGA	18
3.1.2 DESCARGA PROFUNDA	19
3.1.3 TEMPERATURAS EXTREMAS.....	20
3.1.4 GOLPES O IMPACTOS	21
3.1.5 DETERIORO/DEGRADACIÓN	22
3.1.6 DEFECTOS DE FABRICACIÓN	22
4 RIEGOS DEL EMBALAJE.....	23
4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RIEGOS DURANTE EL CICLO DE DISTRIBUCIÓN.....	24
4.1.1 RIESGOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO:	26
4.1.2 RIESGOS DURANTE LA PREPARACIÓN DEL PEDIDO:.....	28
4.1.3 RIESGOS DURANTE EL TRANSPORTE:	29
4.1.4 RIESGOS DURANTE LA ENTREGA AL CLIENTE:	32
4.1.5 RIESGOS DURANTE EL FIN DE VIDA / RECICLAJE / SEGUNDA VIDA:.....	32
4.2 ANÁLISIS DE RIESGOS EN FUNCIÓN DE LOS CICLOS DE DISTRIBUCIÓN:.....	34
4.2.1 CICLO NACIONAL: ANÁLISIS DE RIESGOS.....	34
4.2.2 CICLO EXPORTACIÓN: ANÁLISIS DE RIESGOS.....	35
5 REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EMBALAJE:	36
5.1 FACTORES QUE DETERMINARÁN UN EMBALAJE:	36
5.1.1 EL ESTADO DE LA BATERÍA.....	36
5.1.2 EL PESO DE LA BATERÍA DE IONES DE LITIO	37
5.1.3 CÓMO SE TRANSPORTARÁ LA BATERÍA	38
5.2 REQUISITOS PARA UN BUEN DISEÑO DEL EMBALAJE:	39
5.2.1 EMBALAJES HOMOLOGADOS.....	42
5.2.2 ETIQUETAR ADECUADAMENTE	44
5.2.3 RESISTENCIA Y ESTABILIDAD	45
5.2.4 AMORTIGUACIÓN Y PROTECCIÓN INTERNA	46
5.2.5 SELLADO HERMÉTICO	46

5.2.6	VENTILACIÓN ADECUADA.....	46
5.2.7	DOCUMENTACIÓN COMPLETA	47
6	LIMITACIONES EN EL TRANSPORTE.....	48
6.1	TRANSPORTE AÉREO:.....	48
6.2	EXENCIÓN TOTAL A LA REGLAMENTACIÓN DE TRANSPORTE.	52
7	ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA.....	54

1 Objeto del Manual

1.1 Descripción de los objetivos a cubrir

El objetivo del proyecto es que AIDIMME sea un referente en la simulación del transporte seguro de las baterías eléctricas. Para ello, la investigación se va a centrar en los siguientes ámbitos:

- Establecer una clasificación de los requisitos para poder validar el transporte seguro de las baterías eléctricas para uso en vehículos.
- Establecer los requisitos a cumplir por parte de los embalajes de baterías eléctricas.
- Establecer las recomendaciones de embalaje y manipulación adecuados para baterías eléctricas.
- Inversiones en útiles para la simulación del transporte de baterías eléctricas.
- Adecuación de las instalaciones para la realización de la simulación de transporte de manera segura.
- Agentes implicados en la cadena de valor, desde la fabricación de componentes, integración en un producto (battery-pack), integración en un producto más complejo (vehículo), durante su vida útil, y gestión como residuo. Establecer las necesidades y oportunidades de colaboración.

1.2 Legislación y normativa aplicable

Las normas son, en principio, documentos voluntarios, redactados por organizaciones no gubernamentales como la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Sociedad Internacional de Ingenieros Automotrices (SAE) a nivel internacional y el Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) a nivel europeo.



Los reglamentos, por otro lado, son emitidos por las autoridades gubernamentales y tienen fuerza de ley. En el caso de los vehículos de carretera, la normativa más relevante es la normativa de homologación emitida por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE). Estos reglamentos definen prescripciones técnicas uniformes y establecen las condiciones para el reconocimiento recíproco de las homologaciones de tipo por parte de varios países. En los EE. UU., la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA) emite regulaciones a través de las Normas Federales de Seguridad de Vehículos Motorizados (FMVSS), que establecen requisitos mínimos de rendimiento de seguridad para vehículos motorizados o elementos de equipos de vehículos motorizados. Por otro lado, Durante el transporte de baterías de litio debe cumplirse la normativa correspondiente en función del método de transporte elegido:

Por carretera	Acuerdo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR)
Por ferrocarril	Transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril (RID)
Por aire	Instrucciones técnicas (TI) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para el transporte seguro de mercancías peligrosas por vía aérea y el Reglamento sobre mercancías peligrosas de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA)

Por mar	Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (Código IMDG)
Por vías navegables interiores	Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por vías navegables interiores (ADN). Esta reglamentación no es de aplicación en España

Las pilas y baterías de litio y de ion litio, en adelante baterías de litio cuando se habla de forma general, se han convertido en la fuente de energía preferida para alimentar una amplia gama de productos de consumo. Debido al incremento en la conciencia sobre seguridad, los reglamentos que regulan el transporte de las baterías de litio se han hecho más estrictos desde hace varios años. A diferencia de otras mercancías peligrosas, las baterías de litio presentan riesgos tanto químicos como eléctricos.

En estas situaciones (por ejemplo, sobrecarga, cortocircuito, deformación física en un choque de vehículos) se pueden desencadenar reacciones exotérmicas (por ejemplo, aumento de temperatura de cientos de grados en segundos) que conducen a una fuga térmica. Esto puede conducir al calentamiento de las células vecinas dentro de un módulo, lo que, si se genera suficiente calor, puede conducir a una reacción en cadena y propagación y, en el peor de los casos, convertirse en incendio y explosión

Para que las baterías de litio puedan ser transportadas deben pasar ciertos controles. Estos controles simulan diferentes condiciones, como por ejemplo, presión, temperatura, aplastamiento o el impacto que pueden sufrir durante el transporte.

El 1 de enero de 2020 entraron en vigor, para las baterías de litio, requisitos más estrictos que deben tenerse en cuenta previamente al transporte. A partir de esta fecha, los fabricantes y distribuidores son responsables de proporcionar un informe de prueba de acuerdo con el Manual de Pruebas y Criterios del objeto peligroso en su octava edición revisada (2023), y las Recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas de las Naciones Unidas aparte de lo indicado del objeto peligroso también del embalaje utilizado para el transporte su transporte.

En la sección 38.3 del Manual se describen las pruebas para los objetos peligrosos y en las Recomendaciones los requisitos que, al adoptarse por la Reglamentación Internacional según el modo de transporte, son de aplicación para todas las baterías de litio clasificadas, en los números ONU: UN 3090, UN 3091, UN 3480, UN 3481, y sus embalajes, así como para todos los vehículos que funcionan con baterías asignados al UN 3171.

Las pruebas y requisitos para el transporte de mercancías peligrosas son complejos y dependen del tipo de batería, del modo de transporte y de si son enviadas solas o integradas en el equipo.

Las baterías de litio se transportan en distintos contextos, cada uno de los cuales requiere una logística y presentación diferentes.

Éstas incluyen:

- a) Baterías nuevas y sin usar enviadas solas en embalajes exclusivos.
- b) Baterías nuevas enviadas como parte de equipos electrónicos empaquetados (por ejemplo, computadoras portátiles, teléfonos móviles o cámaras).
- c) Baterías usadas o reacondicionadas en buen estado de funcionamiento, ya sea solas o integradas en equipos o vehículos.
- d) Baterías enviadas como parte de vehículos eléctricos, ya sea en vehículos eléctricos nuevos o usados (incluso en vehículos eléctricos nuevos, las baterías han sido sometidas a al menos a operaciones de carga y descarga y, por lo tanto, son baterías técnicamente usadas).
- e) Baterías defectuosas enviadas para reacondicionamiento, reciclaje o eliminación.

En la reglamentación se establece una serie de instrucciones de embalaje de aplicación según el estado de la batería:

P903, aplica de forma general a los embalajes que transporten **baterías nuevas** de los números ONU 3090; 3091; 3480 y 3481.

P908, aplica a los embalajes a utilizar para las **baterías dañadas o defectuosas**, de los números ONU 3090, 3091, 3480 y 3481, incluido cuando estén instaladas en los equipos.

P909, aplica a los embalajes a utilizar para las **baterías** de litio de los números ONU 3090, 3091, 3480 y 3481 que se transporten **para su eliminación o reciclado**, mezcladas o no con pilas o baterías distintas a las de litio.

P910, aplica a los embalajes a utilizar para las **baterías** de litio procedentes de **series de producción compuestas de no más de 100** baterías de los números. ONU 3090; 3091; 3480 y 3481 y a los **prototipos de preproducción** de baterías, de esos números ONU, cuando estos prototipos se transporten **para ser probados y aprobados**.

P911, aplica a los embalajes a utilizar para las **baterías dañadas o defectuosas** de los n. os ONU 3090, 3091, 3480 y 3481 **que puedan desmontarse rápidamente, reaccionar peligrosamente, producir una llama o un desprendimiento peligroso de calor o una emisión peligrosa de gases o vapores tóxicos, corrosivos o inflamables, en condiciones normales de transporte.**

LP903, aplica de forma general a los grandes embalajes que transporten **baterías nuevas** de los números ONU 3090; 3091; 3480 y 3481.

LP904, aplica a los grandes embalajes a utilizar para las **baterías dañadas o defectuosas**, de los números ONU 3090, 3091, 3480 y 3481, incluido cuando estén instaladas en los equipos.

LP905, aplica a los grandes embalajes a utilizar para las **baterías** de litio procedentes **de series de producción compuestos de no más de 100** baterías de los números. ONU 3090; 3091; 3480 y 3481 y a los **prototipos de preproducción** de baterías, de esos números ONU, cuando estos prototipos se transporten **para ser probados y aprobados**.

LP906, aplica a los grandes embalajes a utilizar para las **baterías dañadas o defectuosas** de los n. os ONU 3090, 3091, 3480 y 3481 **que puedan desmontarse rápidamente, reaccionar peligrosamente, producir una llama o un desprendimiento peligroso de calor o una emisión peligrosa de gases o vapores tóxicos, corrosivos o inflamables, en condiciones normales de transporte**.

Donde embalaje y gran embalaje se definen como:

Embalaje: uno o varios recipientes y todos los demás elementos o materiales necesarios para permitir al recipiente cumplir con su función de retención y cualquier otra función de seguridad.

Gran embalaje: un contenedor que consiste en un embalaje exterior que contiene objetos o embalajes/envases interiores y que a) está diseñado para una manipulación mecánica; b) tiene una masa neta superior a 400 kg. o una capacidad superior a 450 litros, pero cuyo volumen no supera los 3 m³.

Para que estos embalajes y grandes embalajes se puedan utilizar para mercancías peligrosas además de cumplir las especificaciones indicadas en las instrucciones de embalaje mencionadas, deben pasar una serie de ensayos con un nivel de exigencia medio (***grupo de embalaje II***). Para los embalajes los ensayos serán de caída y apilamiento, y para los grandes embalajes además requerirán un ensayo de levantamiento por debajo y/o por arriba si dispone de dispositivos para estas operaciones.

Una vez pasadas las pruebas y los controles realizados por la autoridad competente se marcarán con el símbolo de Naciones Unidas además de una serie de códigos identificativos.

En cuanto a normativa para validar el buen funcionamiento de la batería existen estas normas internacionales, que bien no están relacionadas con el embalaje, pero si con la propia batería y sus requisitos para considerar que el producto/batería es seguro y por lo tanto comercializable.

- **UNE-EN IEC 62485-5:2021:** Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 5: Funcionamiento seguro de baterías estacionarias de iones de litio.
- **UNE-EN IEC 62485-6:2021:** Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 6: Funcionamiento seguro de las baterías de iones de litio en aplicaciones de tracción.
- **UNE-EN IEC 62281:2019/A1:2021:** Seguridad de las baterías, pilas y celdas de litio durante el transporte.
- **UNE-EN IEC 62984-1:2020:** Baterías de alta temperatura. Parte 1: Aspectos generales, definiciones y ensayos.
- **UNE-EN 62485-3:2015:** Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 3: Baterías de tracción.
- **UNE-EN IEC 63056:2020:** Elementos secundarios y baterías que contienen electrolitos alcalinos u otros electrolitos no ácidos. Requisitos de seguridad para baterías de litio para su uso en sistemas de almacenamiento de energía eléctrica.
- **UNE-EN IEC 62984-2:2020** Baterías de alta temperatura. Parte 2: Requisitos de seguridad y ensayos.
- **UNE-EN IEC 63057:2020:** Elementos secundarios y baterías que contienen electrolitos alcalinos u otros electrolitos no ácidos. Requisitos de seguridad para baterías de litio para su uso en vehículos de carretera no destinadas a la propulsión.
- **UNE-EN IEC 62902:2019:** Baterías: Símbolos de marcado para la identificación de su química.
- **UNE-EN IEC 62485-2:2019:** Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 2: Baterías estacionarias.
- **UNE-EN 50604-1:2016:** Baterías de litio para aplicaciones de vehículo eléctrico ligero. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo.
- **UNE-EN 61434:1997:** Pilas y baterías de tipo alcalino y otros acumuladores con electrolito no ácido. Guía para la designación de la corriente en las normas de pilas y baterías de tipo alcalino.
- **UNE-EN IEC 60086-4:2019/AC:2020-05:** Pilas eléctricas. Parte 4: Seguridad para las pilas de litio.

- **UNE-EN IEC 62281:2019:** Seguridad de las pilas y acumuladores de litio durante el transporte.
- **UNE-EN IEC 62660-1:2019:** Elementos secundarios de ión-litio para la propulsión de vehículos eléctricos de carretera. Parte 1: Ensayo de funcionamiento.
- **UNE-EN 60086-1:2015:** Pilas eléctricas. Parte 1: Generalidades
- **PNE-prEN IEC 63370:2021:** Baterías de iones de litio y sistemas de carga. Seguridad

Adicionalmente existen normas para evaluar los sistemas de embalaje y realizar la simulación de transporte, es decir, vibraciones, choques, caídas,...

A continuación, se muestra una relación de estas normas:

- **UNE-EN ISO 2234:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de apilamiento utilizando una carga estática.
- **UNE-EN 14149:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayo de choque por caída rotacional.
- **UNE-EN 22248:** Embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos. Ensayo de choque vertical por caída libre
- **UNE-EN ISO 12048:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos. Ensayos de compresión y apilamiento utilizando una máquina de ensayo de compresión.
- **UNE-EN 15552:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Esquemas de los ensayos de ejecución para cadenas comunes de distribución.
- **UNE-EN ISO 2244:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de impacto horizontal.
- **ISO 13194:** Envases y embalajes. Paletas tipo caja. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- **UNE-EN ISO 2247:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de vibración a baja frecuencia fija.
- **UNE-EN ISO 8318:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de vibración sinusoidal usando una frecuencia variable.
- **UNE-EN ISO 13355:** Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayo de vibración vertical aleatoria.

2 Descripción de la batería eléctrica a transportar

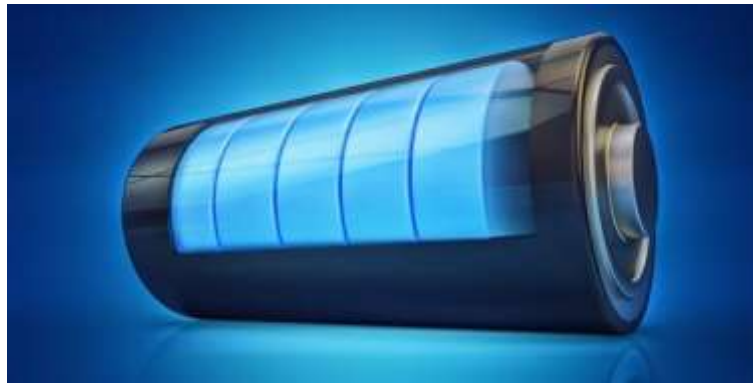
¿Qué es una batería?

Una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica.

Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo, un electrodo negativo, o cátodo, y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, permitiendo que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función.

Así, las baterías generan corriente continua y, de esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia.

Las baterías están plenamente incorporadas a nuestra vida cotidiana desde su invención en el siglo XIX y su comercialización masiva en el XX. El desarrollo de las baterías va de la mano con el avance tecnológico de la electrónica. Controles remotos, relojes, computadores de todo tipo, teléfonos celulares y un enorme grupo de artefactos contemporáneos utilizan pilas como fuente de alimentación eléctrica, por lo que se fabrican con diversas potencias.



Las baterías poseen una capacidad de carga determinada por la naturaleza de su composición y que se mide en amperios-hora (Ah), lo que significa que la pila puede dar un amperio de corriente a lo largo de una hora continua de tiempo. Mientras mayor sea su capacidad de carga, más corriente podrá almacenar en su interior.

Por último, el breve ciclo de vida de la mayoría de las baterías comerciales las ha convertido en un potente contaminante de aguas y suelos, dado que una vez cumplido su ciclo vital no pueden recargarse ni reusarse, y son desechadas. Tras oxidarse su cubierta metálica, las pilas vierten al medio ambiente su contenido químico y alteran su composición y su pH.

Fuente: <https://concepto.de/bateria/#ixzz8Dkjclo00>

2.1 Características de las baterías

El término batería se refiere a un almacenador de energía de carácter electroquímico, que reúne y descarga energía gracias a reacciones químicas reversibles que facilitan la carga de un equipo por medio de fuentes eléctricas. Una batería puede transformar la energía química en eléctrica, y mientras mayor sea su capacidad de carga, más corriente podrá almacenar.

El voltaje o tensión de las baterías se mide en voltios, mientras que su capacidad de carga, es decir, la cantidad de electricidad que pueden almacenar y, posteriormente, suministrar al tiempo que se descargan, se mide en amperios por hora.

La capacidad de carga de una batería va disminuyendo en función de su antigüedad y uso. También tiene el llamado efecto memoria, que ocurre cuando se carga una batería sin que se deje descargar completamente, con lo cual se ve afectada la capacidad de almacenamiento de energía.

¿Qué elementos componen una batería?

Toda batería cuenta con:

1. Celdas con dos polos, uno positivo, llamado cátodo, y otro negativo, llamado ánodo.
2. Un electrolito conductor.
3. Una cámara de aire.
4. Un contenedor para todos estos elementos.

¿Cómo funciona una batería?

Una batería funciona gracias a una reacción electroquímica de reducción y oxidación, que suele llamarse Redox. La reacción consiste en un intercambio de electrones entre los dos polos para la transferencia de energía, generando una oxidación de los materiales.

Dichos polos están sumergidos en una solución electrolítica y cada uno de ellos, al ser de cargas diferentes, reacciona de manera opuesta: mientras el ánodo reacciona oxidándose por la liberación de electrones, el cátodo reduce su oxidación debido a la ganancia de electrones.

La circulación de electrones de un polo a otro ocurre por medio del circuito eléctrico al que se conecte. Se entiende que los polos alcanzan su límite cuando el cátodo queda cargado de electrones y el ánodo los pierde y se oxida totalmente.

Cuando una batería se descarga es posible volverla a cargar alimentándola con corriente eléctrica. El proceso se completa cuando se restablece la diferencia química de sus celdas, quedando preparada para suministrar la energía almacenada.

¿Qué tipo de baterías existen?

Los tipos de baterías más comunes son:

Batería de plomo-ácido: se trata de un acumulador de energía no derramable muy común, sobre todo por ser económica y versátil, pues se utiliza en ámbitos que van desde el soporte eléctrico para industrias y hogares hasta para el arranque de coches. Destaca por su estabilidad, seguridad y buen funcionamiento, y es capaz de soportar sobrecargas y descargas.

Batería de níquel-cadmio: se trata de una batería galvánica de larga duración capaz de soportar bajas temperaturas y ser resistente a sobrecargas. Funciona a partir de la reacción entre el cadmio, el óxido de níquel y el agua, formando hidróxido de cadmio para generar fuerza electromotriz.

Batería níquel-hidruro metálico: es un tipo de batería que surgió para sustituir a la de níquel-cadmio por tener más capacidad; sin embargo, a diferencia de su antecesora, no funciona de forma óptima a temperaturas extremas, y tiene un ciclo de carga y descarga más corto, por lo que dura menos.

Batería de ion-litio: utiliza una sal de litio como electrolito. Tiene una alta eficiencia, un efecto memoria inferior respecto a otros tipos de baterías, es de bajo mantenimiento y sus desechos (de litio) son fáciles de reciclar. Sin embargo, no resiste temperaturas extremas y degenera rápidamente. Suele utilizarse en aparatos tales como smartphones, tabletas y ordenadores portátiles.

Batería de litio de fosfato de hierro: se fabrica a partir de electrodos de hierro, litio y fósforo, y su electrolito es de sal de litio; se posiciona como una de las opciones más seguras y económicas disponibles. Es ideal para la acumulación de energía solar, por tener mucha densidad energética. Además, gracias a su alta capacidad de oxidación, proporciona mayor tensión.

2.2 Clasificación de las baterías según el ADR. (38.3.2.3)

Para los distintos tipos de batería, el ADR clasifica éstas por su material constructivo y baterías aisladas o asociadas a un equipo:

UN 3090	BATERÍAS DE METAL LITIO (incluidas las baterías de aleación de litio)
UN 3091	BATERÍAS DE METAL LITIO INSTALADAS EN UN EQUIPO o BATERIAS DE METAL LITIO EMBALADAS CON UN EQUIPO (incluidas las baterías de aleación de litio)
UN 3480	BATERÍAS DE ION LITIO (incluidas las baterías poliméricas de ion litio)
UN 3481	BATERÍAS DE IÓN LITIO INSTALADAS EN UN EQUIPO o BATERÍAS DE IÓN LITIO EMBALADAS CON UN EQUIPO (incluidas las baterías poliméricas de ion litio)
UN 3171	VEHÍCULO ACCIONADO POR BATERÍA o APARATO ACCIONADO POR BATERÍA

Para clasificarlas en un número ONU u otro debemos recurrir al MANUAL DE PRUEBAS Y CRITERIOS apartado 38.3.2.3.

38.3.2.3 A efectos de clasificación, se entiende por:

Batería, dos o más pilas conectadas entre sí eléctricamente y equipadas con los dispositivos necesarios para su uso, por ejemplo, una envoltura, bornes, marcas o dispositivos de protección. Las unidades que tienen dos o más pilas se denominan normalmente “paquetes de baterías”, “módulos” o “conjuntos de batería” y cuya función principal es la de constituir una fuente de corriente para otro equipo.

Batería grande, una batería con una masa bruta superior a 12 Kg.

Batería pequeña, una batería con una masa bruta inferior o igual a 12 Kg.

Batería de una sola pila, es una pila equipada externamente con los dispositivos necesarios para su uso en un equipo o en otra batería a los que tiene la finalidad de alimentar, por ejemplo, dispositivos de protección.

Capacidad nominal, la capacidad en amperios-hora de una pila o batería, medida en las condiciones de carga, temperatura y tensión de corte especificadas por el fabricante.

Ciclo, una secuencia de cargas y descargas completas de una pila o batería recargable.

Completamente cargada, el estado de una pila o batería que se ha cargado eléctricamente hasta su capacidad nominal.

Completamente descargada: el estado de una pila o batería primaria que se ha descargado eléctricamente hasta la pérdida del 100% de su capacidad nominal; o el estado de una pila o batería recargable que se ha descargado eléctricamente hasta la tensión final que especifica el fabricante.

Contenido de litio, concepto que se aplica a las pilas y baterías de metal de litio y aleación de litio; en el caso de una pila de metal de litio o de aleación de litio significa la masa de litio contenida en el ánodo, que en el caso de una pila primaria se mide cuando la pila está en un estado no descargado y en una pila recargable se mide cuando la pila está completamente cargada. El contenido de litio de una batería es igual a la suma, en gramos, de la cantidad de litio que contienen las pilas que constituyen la batería.

Contenido total de litio, la suma de los gramos de litio contenidos en las pilas que constituyen una batería.

Cortocircuito, la conexión directa de los bornes positivo y negativo de una pila o batería por un camino conductor de resistencia prácticamente nula.

Dispositivos de protección, son dispositivos como los fusibles, los diodos y los limitadores de corriente que interrumpen la corriente, la detienen en un sentido o la limitan en un circuito eléctrico.

Efluente, un líquido o gas que escapa cuando una pila o batería se descarga o tiene una fuga.

Energía nominal o capacidad nominal en vatios-hora, el valor de la energía que puede suministrar la pila o la batería en condiciones específicas y declarado por el fabricante. La energía nominal se calcula multiplicando el voltaje nominal por la capacidad nominal en amperios hora.

Estallido, una rotura de la caja que contiene la pila o batería a través de la cual se eyectan componentes sólidos.

Evacuación de gas, una descarga de la sobrepresión interna de una pila o batería tal y como se ha previsto en el diseño para evitar la ruptura o el estallido.

Fuga, el derrame o escape visible del electrolito u otro material de una pila o batería, o la pérdida de material (excepto la cubierta de la batería, los dispositivos de manipulación o las etiquetas) de una pila o batería de modo que la pérdida de masa supere los valores del cuadro 38.3.1.

Incendio, las llamas emitidas por la pila o batería sometida a prueba.

No descargada, el estado de una pila o batería primaria que no se ha descargado completa o parcialmente.

Pérdida de masa, una pérdida de masa que supera los valores del cuadro 38.3.1. La pérdida de masa se calcula a partir de la fórmula siguiente:

$$\text{Pérdida de masa (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100$$

donde M1 es la masa antes de la prueba y M2 es la masa después de la prueba. Cuando la pérdida de masa no supera los valores del cuadro 1 se considerará "sin pérdida de masa".

En caso de dudas al determinar la clasificación correspondiente a una batería de litio, se debe consultar esta información en la sección 14 de la Ficha de Datos de Seguridad de la batería.

Pila, una unidad electroquímica contenida en una envoltura (con un electrodo positivo y otro negativo) que presenta una diferencia de tensión entre sus dos bornes y puede contener dispositivos de protección.

Pila o batería de ion litio, una pila o batería electroquímica recargable en la que los electrodos positivos y negativos están formados por compuestos de intercalación (el litio intercalado está presente en una forma iónica o casi atómica en el retículo del material del electrodo) y está construida sin litio metálico en ninguno de los electrodos. Una pila o batería de polímero de litio que utiliza las propiedades químicas del ion-litio está reglamentada como una pila o batería de ion-litio.

Pila o batería de ion sodio, una pila o batería electroquímica recargable en la que los electrodos positivo o negativo están formados por compuestos de intercalación o de inserción (el sodio intercalado está presente en una oferta iónica o casi atómica en el retículo del material del electrodo) y está construida sin sodio metálico (ni aleación de sodio) en ninguno de los electrodos y con un compuesto orgánico no acuoso como electrolito.

Pila o batería primaria, una pila o batería que no está diseñada para ser cargada o recargada eléctricamente.

Pila o batería prismática, una pila o batería cuyos extremos están constituidos por superficies idénticas, paralelas o planas y cuyos lados son paralelogramos.

Pila o batería recargable, una pila o batería diseñada para ser recargada eléctricamente.

Pila o batería de tipo botón, una pequeña pila o batería redonda cuya altura total es inferior a su diámetro.

Pila componente, una pila contenida en una batería. Una pila componente no debe considerarse como una batería de una sola pila.

Pila grande, una pila con una masa bruta superior a 500 g.

Pila pequeña, una pila con una masa bruta no superior a 500 g.

Primer ciclo, el ciclo inicial que sigue a la finalización de todos los procesos de fabricación.

Rotura, un fallo mecánico de la caja que contiene la pila o del envase de la batería, inducido por una causa interna o externa que provoca la exposición o el derrame pero no la expulsión de materiales sólidos.

Tensión en circuito abierto, la diferencia de tensión entre los bornes de una pila o batería cuando no existe flujo de corriente exterior.

Tipo, un modelo de pila o batería con determinadas características electroquímicas y físicas.

Voltaje nominal, el valor aproximado del voltaje utilizado para designar o identificar una pila o batería.

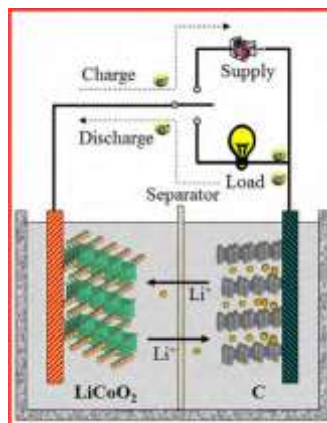
3 Riesgos de la batería

La tecnología de baterías de iones de litio (Li-ion) es la más popular del mundo y se emplea en numerosas aplicaciones, desde teléfonos móviles a vehículos eléctricos y plantas de almacenamiento de energía eléctrica a gran escala.

El principal riesgo inherente en las baterías de litio, independiente de su tamaño, es la cantidad de energía que albergan. En casos extremos, generalmente provocados por usos inadecuados o factores externos, se pueden provocar cortocircuitos e incluso llegar a la combustión. Al liberar oxígeno, se pueden producir fugas térmicas, lo que significa que el fuego generado se produce a través de una reacción en cadena.

La probabilidad de la frecuencia de estos accidentes es directamente proporcional al incremento del número de baterías de litio en el mercado y la ausencia de buenas prácticas. Las baterías son seguras en condiciones integras, pero hay muchos factores que las pueden desestabilizar. La tasa de fallo actualmente está del orden de 1 por millón/10 millones.

Para comprender los riesgos inherentes a las baterías de iones de litio es importante entender primero la tecnología de las baterías. El corazón del sistema de baterías son las celdas electroquímicas. Cada célula de iones de litio consta de dos electrodos, el ánodo (electrodo negativo) y el cátodo (electrodo positivo). Estos electrodos están formados por un colector y un material activo aplicado en él. Entre los electrodos se encuentra el electrolito conductor de iones (normalmente inflamable). Se trata de una mezcla de sales de litio disueltas en disolventes orgánicos con diversos aditivos que actúa como mediador de los procesos de intercambio de iones dentro de la célula. Por último, un separador que asegura la separación eléctrica de los electrodos al tiempo que facilita un intercambio iónico eficaz.



Estructura de las baterías de iones de litio.

Lithium batteries whitepaper Brookes Bell. TT Club y UK P&I. [Energy Science and Engineering, 2015, 3, 385]

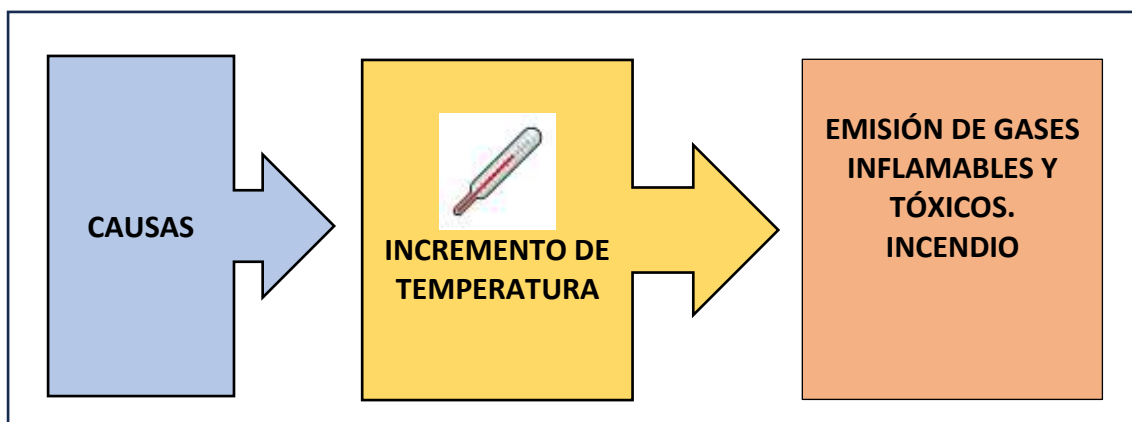
Dado que las baterías de iones de litio combinan materiales de alta energía con electrolitos a menudo inflamables, ya que utilizan disolventes orgánicos, como el carbonato de etilo mezclado con carbonatos lineales de mayor volatilidad, cualquier daño en el separador (causado mecánicamente o por altas temperaturas) provocará un cortocircuito interno con una alta probabilidad de desbordamiento térmico. Las situaciones críticas de seguridad son casi inevitables. La reacción runaway o desbordamiento térmico ocurre cuando la ratio de generación de calor en la celda supera a la posibilidad de evacuación del mismo. La energía almacenada puede liberarse de forma no controlada, liberando gases tóxicos y/o inflamables e incluso el incendio de la batería.









Reacción runaway en una batería de iones de litio.

Revista RECUPERA Nº: 121 de octubre de 2021 (Gremi de Recuperació de Catalunya)

Son variadas las causas que pueden provocar una situación indeseada en una batería de iones de litio, causas de tipo ambiental, mecánico, eléctrico, etc. En el siguiente apartado analizamos con detalle las causas principales que pueden derivar a que la batería llegue a incendiarse.



REACCIÓN RUNAWAY EN UNA CELDA DE IONES DE LITIO

Fases	Temperatura					
	60°C	70°C	130°C	150°C	250°C	>260°C
Generación de calor						
Reacción entre litio y electrólito						
Reacción descomposición separador, generación de gases						
Descomposición cátodo, liberación O2, acumulación de gases						
Reacción exotérmica						
Desbordamiento térmico						

La gravedad de las consecuencias de una reacción runaway dependerá de:

- El estado de carga de la batería (cantidad de energía eléctrica tenga almacenada).
- La temperatura ambiente.
- El diseño electroquímico de la celda de la batería.
- El diseño mecánico de la celda (tamaño, volumen, etc.)
- Tamaño de la batería

La reacción runaway será más severa cuando la batería está al 100% de carga o se encuentra sobre cargada.

En el caso de incendio de una batería, se produce al mismo tiempo una liberación de sustancias tóxicas como ácido fluorhídrico, fluoruro de hidrógeno gaseoso, pentafluoruro de fósforo (PF5) y fluoruro de fosforilo3). La cantidad de fluoruro de hidrógeno que se forma durante la combustión de las baterías es enorme. La extinción del incendio de una batería es muy dificultosa, pudiendo resultar un suceso incontrolable. Por una parte, el litio es una sustancia muy reactiva e inflamable y potencialmente explosiva en presencia de aire y agua. En el incendio se ven expuesto muchos elementos inflamables: metálicos, plásticos, químicos, etc., produciendo una liberación de energía y oxígeno al entorno que conlleva su retroalimentación.

3.1 Causas principales de riesgo en las baterías

Las baterías de iones de litio se componen de docenas de capas de láminas de metal recubiertas. Las capas de carga positiva y negativa sólo están separadas entre sí por una muy fina capa protectora (separador). Si alguna de estas capas protectoras se agrieta, la energía almacenada puede liberarse de forma incontrolable y provocar un incendio.

Las principales causas que pueden provocar una situación indeseada con una batería de ion-litio, con el consiguiente riesgo de sobrecalentamiento y/o autoignición, puede deberse a una o varias de las siguientes causas:

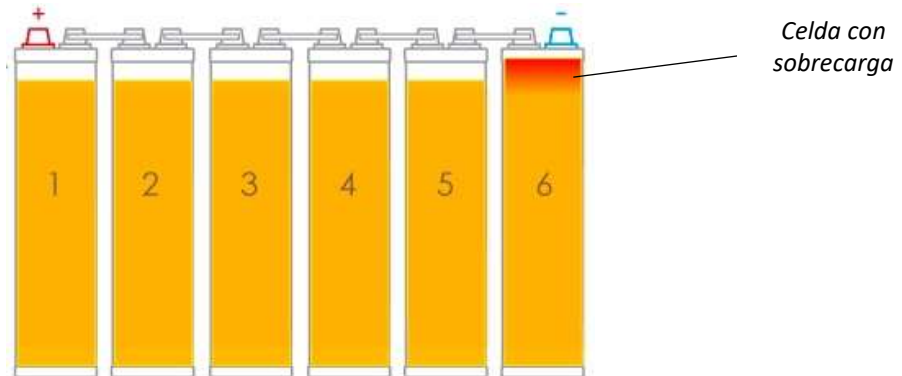
- Sobrecarga
- Descarga profunda
- Temperaturas extremas
- Golpes o impactos
- Deterioro/degradación
- Defectos de fabricación

3.1.1 Sobrecarga

El proceso de carga de una batería, sobre todo cuando se realiza sin vigilancia o sin unas condiciones controladas, puede convertirse en una operación con ciertos riesgos. Cuando una batería se sobrecarga, es decir que se realiza una carga por encima de los voltios permitidos en el diseño de la batería, como resultado, en casos extremos, la batería podría incluso llegar a encenderse espontáneamente.

Las celdas con sobrecarga son debidas a las imperfecciones intrínsecas de los materiales, a las pequeñas desviaciones en el proceso de fabricación, a gradientes de temperatura y a los efectos de envejecimiento. Así pues, durante las operaciones de carga y descarga de la batería las celdas tendrán voltajes diferentes, y por lo tanto diferentes estados de Carga (SOC, del inglés States of Charge). Algunas celdas estarán continuamente sometidas a sobrecargas (overcharge),

Cuando una batería se sobrecarga, las celdas se vuelven inestables y su composición química puede cambiar drásticamente. Esta inestabilidad puede provocar daños irreversibles en los componentes de la celda, provocando una disminución del rendimiento de la batería o incluso su completa destrucción. Es importante tener en cuenta que todas las baterías están diseñadas de manera diferente, por lo que es fundamental consultar las instrucciones del fabricante, si existen, al momento de utilizarlas.

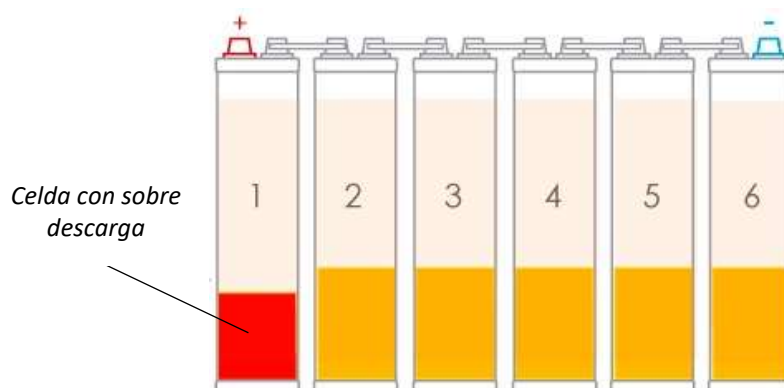


Artículo técnico: ¿Por qué son necesarias las equalizaciones en las baterías solares?
(MONSOLAR.COM – Octubre/2023)

Actualmente, para evitar esto, estas baterías incorporan unidades de control (BMS, del inglés Battery Management System) encargadas de evitar sobrecargas. También existen en el mercado dispositivos de protección como los armarios de seguridad que minimizan los riesgos y evitan siniestros.

3.1.2 Descarga profunda

Cuando las baterías de litio se descargan más allá del voltaje mínimo permitido por el diseño de la batería, hablamos de descarga profunda, el cual dañaría la batería. De este modo, el BMS también es el encargado de evitar esta situación de descarga profunda para minimizar riesgos.



Artículo técnico: ¿Por qué son necesarias las equalizaciones en las baterías solares?
(MONSOLAR.COM – Octubre/2023)

3.1.3 Temperaturas extremas

Tanto las altas temperaturas como lo contrario, las bajas temperaturas, pueden afectar de manera adversa en las baterías de iones de litio. Este fenómeno ocurre cuando las temperaturas se vuelven demasiado frías o demasiado altas, por debajo del punto de congelación (0°C) o por encima de 45°C, respectivamente.

La exposición a una temperatura superior a 60°C podría causar una combustión espontánea en la batería de litio. Ahora bien, también podría dañarse en el caso opuesto, con temperaturas bajo cero, una batería se convierte en un sistema en inestable.

El problema más común asociado con el cambio de temperatura en las baterías de iones de litio es la reducción de la capacidad o la producción de energía. Las baterías de litio deberán mantenerse a una temperatura media. A medida que aumenta la resistencia interna debido a temperaturas más frías, el flujo de corriente disminuye y, por lo tanto, reduce la capacidad general de almacenamiento de carga; de manera similar, para temperaturas de funcionamiento superiores a las normales, donde el calor excesivo provoca un envejecimiento acelerado, lo que resulta en una disminución de la capacidad/potencia de salida con el tiempo. Por lo tanto, resulta esencial garantizar que las baterías de litio funcionen dentro de límites de temperatura seguros si se desea un nivel de rendimiento óptimo.



3.1.4 Golpes o impactos

Cualquier golpe o impacto que experimente la batería de litio, por ejemplo, por una caída, puede provocar daños en el separador de la batería, aumentando el riesgo de inestabilidad de la misma:

- Caídas
- Golpes
- Impactos
- Vibraciones
- Perforaciones



Este tipo de daños de una batería de litio a menudo se pueden observar visualmente. Los daños físicos se pueden dar durante el ensamblaje en productos acabados, el envío, la manipulación, la eliminación de residuos o durante el uso; ya sean accidentales o malintencionados.

Este tipo de daño puede causar un cortocircuito interno en la celda y exponer sus componentes al ambiente externo. En algunos casos, también puede producir continuidad eléctrica entre dos terminales de una celda dañada si se hace contacto con otros objetos o conductores metálicos. Esto podría provocar una fuga térmica y una falla catastrófica de todo el paquete de baterías debido a una acumulación excesiva de calor.

Un golpe también podría dañar el BMS, la unidad que controla la batería y que gestiona su uso en condiciones seguras y óptimo rendimiento. Es por este motivo que es especialmente importante que un técnico especializado verifique el estado de la batería tras un choque importante.

Para evitar que se produzcan tales daños, los usuarios de baterías de litio deben tomar ciertas medidas. Se deben seguir prácticas cuidadosas de manipulación y almacenamiento en todo momento para evitar impactos externos. Además, se deben utilizar cubiertas protectoras y materiales aislantes al transportar o almacenar células y módulos durante largos períodos de tiempo. Por último, siempre se deben implementar protocolos de seguridad adecuados al instalar paquetes en dispositivos que puedan ponerlos en riesgo de sufrir golpes mecánicos o vibraciones.

3.1.5 Deterioro/degradación

Las causas del envejecimiento de las baterías se pueden dividir principalmente en dos grupos bien diferenciados:

-Envejecimiento natural

Este tipo de envejecimiento se produce simplemente por el paso del tiempo y ocurre incluso cuando la batería no está siendo utilizada. Se produce principalmente por la formación de una interfase sólida entre el electrodo y el electrolito. Este envejecimiento, está relacionado con la temperatura y el estado de carga de la batería. Aunque este proceso no es significativo a corto plazo, cobra importancia cuanto más largo sea la vida de la batería.

-Envejecimiento de ciclado

Este tipo de envejecimiento se produce en la batería como consecuencia de su ciclado, es decir, de su uso. Además de depender de la temperatura y el estado de carga a la que se encuentre la batería, este tipo de envejecimiento también se verá fuertemente relacionado con la tasa de descarga de la batería, es decir, la corriente a la cual se cargue y se descargue. Cuanto más agresiva sea la carga/descarga, es decir, mayor corriente pase por la batería, se observará un envejecimiento más acelerado de la misma.

3.1.6 Defectos de fabricación

Los tipos más comunes de defectos de fabricación incluyen un ensamblaje deficiente, tamaño o forma incorrectos de los componentes y aislamiento inadecuado alrededor de las conexiones eléctricas. Se estima, de manera aproximada, que hasta el 15% de fallos en baterías de litio se deben a defectos de fabricación o defectos de diseño.

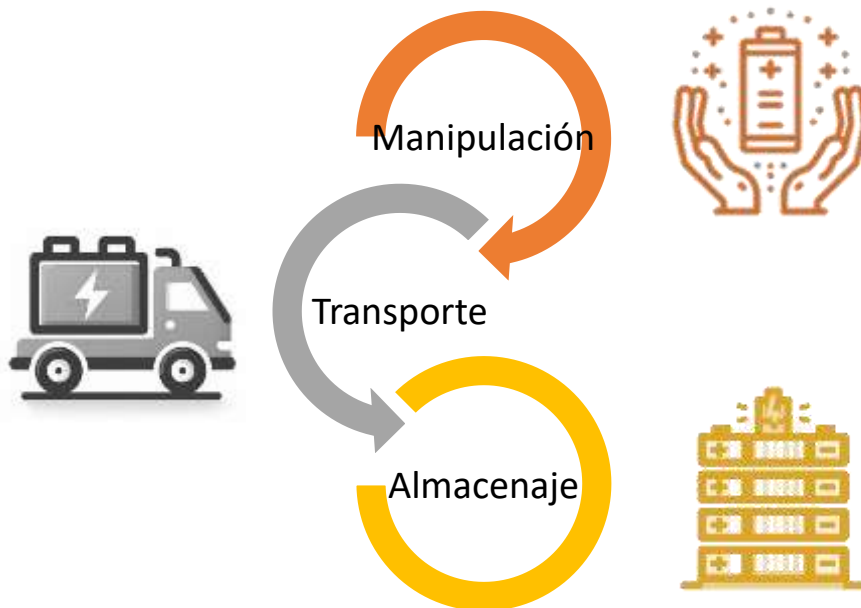
El primer paso para prevenir estos problemas es mantener un alto nivel de limpieza en todas las etapas de producción. Aparte de esto, también es importante utilizar materiales de calidad superior al fabricar celdas y otras piezas asociadas con un sistema de batería. Además, los fabricantes deben tener especial cuidado al proporcionar un aislamiento adecuado alrededor de los cables o terminales expuestos para evitar cortocircuitos o fugas de corriente. Además, cada componente utilizado durante la producción debe probarse minuciosamente antes de integrarse en el producto final. Siguiendo estas pautas básicas, los fabricantes pueden minimizar el riesgo de que productos defectuosos lleguen a los usuarios finales.



4 Riesgos del embalaje

El transporte seguro de baterías eléctricas es un aspecto crucial en la cadena logística de estos dispositivos, dada su sensibilidad a factores como vibraciones y choques que pueden comprometer su integridad y funcionamiento. En este contexto, la validación de métodos y tecnologías para garantizar un embalaje adecuado se convierte en un desafío fundamental para asegurar la seguridad tanto de las personas involucradas en el proceso como del entorno circundante. Los riesgos asociados con un embalaje inadecuado de baterías eléctricas son diversos y van desde cortocircuitos hasta fugas de sustancias corrosivas, con potenciales consecuencias negativas para la salud y el medio ambiente. Por tanto, es imperativo abordar estos riesgos mediante investigaciones rigurosas que permitan establecer protocolos efectivos para el transporte seguro de baterías eléctricas.

De forma genérica, la distribución de mercancías comprende desde el punto de origen (fabricante) hasta el usuario final. Las empresas tienen que hacer llegar sus productos a los consumidores, los cuales pueden estar localizados en áreas muy separadas unas de otras, incluso a miles de kilómetros del centro de producción. Esto hace necesario una distribución física de las mercancías, siendo el punto clave en el sistema logístico del fabricante. La logística toma cada vez más importancia, a medida que los mercados crecen y se expansionan. La logística de la distribución, en su forma más simple, es una combinación de 3 actividades relacionadas:



Fuente: AIDIMME

Los embalajes de baterías de litio pueden presentar diversos riesgos si no se diseñan y manipulan adecuadamente. A continuación, se detallan los posibles riesgos asociados con el embalaje de baterías de litio:

- **Riesgo de cortocircuito**: Si las baterías no están correctamente protegidas dentro del embalaje y entran en contacto con objetos conductores, existe el riesgo de cortocircuitos que podrían provocar incendios o explosiones.
- **Riesgo de daño físico**: Un embalaje inadecuado o deficiente podría resultar en daños físicos en las baterías durante el transporte, lo que aumenta la posibilidad de fugas, rupturas o activación involuntaria.
- **Riesgo de sobrecalentamiento**: La falta de ventilación adecuada en el embalaje podría causar un aumento de temperatura en las baterías durante el transporte, lo que podría desencadenar reacciones químicas peligrosas.
- **Riesgo de vibraciones y choques**: Un embalaje inadecuado no proporcionaría la protección necesaria contra vibraciones y choques durante el transporte, lo que podría dañar las baterías y comprometer su integridad.
- **Riesgo de contaminación ambiental**: En caso de que se produjeran fugas o derrames de líquido electrolítico desde las baterías, un embalaje deficiente podría permitir la contaminación del entorno circundante.

4.1 Clasificación de los Riesgos durante el Ciclo de distribución

A continuación se hace una clasificación de los distintos tipos de riesgos durante el proceso logístico de un producto hasta llegar al consumidor final:

1. Riesgos durante el almacenamiento:

- Daños por una manipulación inadecuada: Golpes, caídas o aplastamientos que pueden afectar la integridad del producto.
- Condiciones ambientales desfavorables: Exposición a temperaturas extremas, humedad o luz que pueden deteriorar el producto.

2. Riesgos durante la preparación del pedido:

- Errores en la identificación y empaquetado: Confusión en la selección de productos o embalajes incorrectos que pueden generar envíos erróneos.
- Daños por manipulación manual: Posibles golpes o caídas durante el proceso de preparación del pedido.

3. Riesgos durante el transporte:

- Vibraciones y choques: Movimientos bruscos que pueden dañar el producto, especialmente si es frágil o sensible.
- Robo o pérdida: Posibilidad de sustracción del producto durante el transporte, lo que afectaría a la entrega al consumidor final.

4. Riesgos durante la entrega al cliente:

- Retrasos en la entrega: Incumplimiento de los plazos acordados que puede generar insatisfacción en el cliente.
- Daños durante la descarga: Manipulación inadecuada al recibir el producto, provocando posibles roturas o desperfectos.

5. Riesgos durante el fin de vida:

- Riesgo de contaminación ambiental.
- Riesgo de incendio.
- Riesgo para la salud humana.
- Riesgo económico.

Identificar y mitigar estos riesgos en cada etapa del proceso logístico es fundamental para garantizar una entrega exitosa y satisfactoria al consumidor final, asegurando la integridad y calidad del producto hasta su destino final.



Fuente: AIDIMME

A continuación se amplía la información correspondiente a cada uno de estos riesgos centrándonos de una forma más concreta y detallada en cómo pueden llegar a afectar cada uno de estos riesgos a las baterías.

4.1.1 Riesgos durante el almacenamiento:

- **Daños por manipulación inadecuada:** Las baterías eléctricas son sensibles a golpes y caídas, ya que pueden afectar su estructura interna y provocar fugas o cortocircuitos. Es importante almacenarlas en lugares seguros y protegidas adecuadamente.



Al manipular baterías durante su transporte, es importante tener en cuenta los siguientes riesgos:

1. **Cortes y pinchazos:** Las baterías pueden tener bordes afilados o partes salientes que pueden causar cortes o pinchazos si no se manejan con cuidado.
2. **Explosión o incendio:** Las baterías contienen sustancias químicas inflamables y pueden explotar o incendiarse si se dañan durante el transporte.
3. **Fugas de líquidos corrosivos:** Algunas baterías contienen líquidos corrosivos que pueden filtrarse si se dañan, causando daños a la piel, ojos u otros materiales cercanos.
4. **Sobrecalentamiento:** Las baterías pueden sobrecalentarse durante el transporte si se exponen a temperaturas extremas o se dañan de alguna manera, lo que puede provocar un incendio.

Para minimizar estos riesgos, es importante seguir las instrucciones de manipulación y transporte proporcionadas por el fabricante de las baterías, utilizar equipos de protección personal adecuados, asegurarse de que las baterías estén correctamente embaladas y protegidas durante el transporte, y evitar exponerlas a condiciones extremas de temperatura o humedad. Además, es importante capacitar al personal encargado de la manipulación y transporte de baterías para que puedan identificar y manejar adecuadamente cualquier situación de riesgo que pueda surgir.

Las baterías de litio, por ejemplo, pueden ser propensas a sobrecalentarse y causar incendios si no se manipulan correctamente. Es importante asegurarse de que las baterías estén correctamente embaladas y etiquetadas de acuerdo con las regulaciones de transporte de materiales peligrosos. Además, es crucial seguir las pautas de seguridad recomendadas por los fabricantes y las autoridades competentes para minimizar cualquier riesgo durante el transporte

- **Condiciones ambientales desfavorables:** Las baterías eléctricas pueden deteriorarse si se exponen a temperaturas extremas o humedad. Es crucial mantenerlas en un ambiente controlado para preservar su integridad y rendimiento.



Durante el transporte de baterías, los riesgos climáticos pueden afectar su rendimiento y seguridad. Las baterías de litio, por ejemplo, son sensibles a temperaturas extremas, ya que el calor excesivo puede provocar un aumento en la presión interna y, en casos extremos, un incendio. Por otro lado, el frío extremo puede reducir la capacidad de la batería y afectar su rendimiento. Es importante proteger las baterías de las condiciones climáticas adversas durante el transporte, ya sea utilizando contenedores aislados, manteniendo una temperatura adecuada en el vehículo o evitando la exposición directa a la luz solar. Además, es fundamental seguir las recomendaciones del fabricante para el almacenamiento y transporte de las baterías en condiciones climáticas seguras.

El almacenamiento y apilado estático de baterías es un proceso importante para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de estas. Algunas consideraciones a tener en cuenta son:

1. **Ubicación:** Las baterías deben almacenarse en un área limpia, seca y bien ventilada, lejos de fuentes de calor o llamas abiertas. También es importante mantenerlas alejadas de materiales inflamables.
2. **Apilado:** Las baterías deben apilarse de manera estable y segura, evitando que se caigan o se dañen durante el almacenamiento. Se recomienda utilizar estantes o soportes diseñados específicamente para el almacenamiento de baterías.
3. **Separación:** Es importante mantener una distancia adecuada entre las baterías apiladas para evitar cortocircuitos o daños por contacto directo entre ellas.
4. **Etiquetado:** Todas las baterías deben estar claramente etiquetadas con información sobre su tipo, capacidad, fecha de fabricación y cualquier otra información relevante para su correcta identificación y manejo.
5. **Inspección regular:** Es recomendable realizar inspecciones periódicas de las baterías almacenadas para detectar posibles signos de daño, corrosión o fugas, y tomar medidas correctivas si es necesario.
6. **Manipulación segura:** Al mover o apilar las baterías, es importante hacerlo con cuidado y utilizando equipos adecuados para evitar lesiones personales o daños a las baterías.

Siguiendo estas recomendaciones, se puede garantizar un almacenamiento seguro y adecuado de las baterías, lo que contribuirá a prolongar su vida útil y minimizar los riesgos asociados con su manipulación y uso.

4.1.2 Riesgos durante la preparación del pedido:

- **Diseño inadecuado del embalaje:** Si el embalaje que protege a las baterías no tiene un diseño adecuado, se pueden presentar diversos riesgos durante su transporte y manipulación. Algunos de los posibles riesgos asociados a un embalaje mal diseñado para baterías son:
 - *Riesgo de daño físico: Un embalaje inadecuado podría no proporcionar la protección necesaria contra impactos, vibraciones o choques durante el transporte, lo que aumenta la posibilidad de daños en las baterías y potenciales fugas o cortocircuitos.*
 - *Riesgo de sobrecalentamiento: La falta de ventilación adecuada en el embalaje podría provocar un aumento de temperatura en las baterías durante el transporte, lo que aumenta el riesgo de activación involuntaria, incendios o explosiones.*
 - *Riesgo de contaminación ambiental: Si las baterías sufren daños debido a un embalaje deficiente, existe el riesgo de fugas de líquidos corrosivos o tóxicos que podrían contaminar el entorno circundante y representar un peligro para la salud y el medio ambiente.*
- **Errores en la identificación y empaquetado:** La confusión en la selección de baterías o embalajes incorrectos puede resultar en envíos erróneos, lo que afecta la satisfacción del cliente y genera costos adicionales. Es fundamental verificar cuidadosamente cada pedido antes de ser enviado.
- **Daños por manipulación manual:** Durante el proceso de preparación del pedido, es crucial manipular las baterías con cuidado para evitar golpes o caídas que puedan dañar su integridad. Se deben seguir protocolos de manejo seguro para garantizar una correcta entrega.



4.1.3 Riesgos durante el transporte:

- **Vibraciones y choques:** Los movimientos bruscos durante el transporte pueden generar vibraciones y choques que afecten la estabilidad interna de las baterías, comprometiendo su funcionamiento óptimo. Es importante asegurar un embalaje adecuado y un transporte seguro.



Los principales riesgos a los que se enfrentan las baterías eléctricas durante el transporte son:

1. Vibraciones durante el transporte:

Las vibraciones pueden causar desplazamientos internos en la estructura de la batería, lo que podría provocar daños en sus componentes sensibles.

Las vibraciones excesivas pueden afectar la integridad de las conexiones internas de la batería, aumentando el riesgo de cortocircuitos.

La exposición prolongada a vibraciones intensas puede reducir la vida útil de la batería al desgastar prematuramente sus materiales internos.



Embalaje cedido por: ALTOPLAST para hacer ensayos de Vibraciones y Choques
– Fuente: AIDIMME



Ensayos de Vibraciones Verticales – Fuente: AIDIMME



Ensayos de Vibraciones Horizontales – Fuente: AIDIMME

2. Choques mecánicos durante el transporte:

Los choques mecánicos, como golpes o caídas bruscas, pueden ocasionar daños físicos en la carcasa externa de la batería, comprometiendo su protección y seguridad.

Un impacto fuerte puede generar deformaciones en la estructura interna de la batería, lo que afectaría su funcionamiento y rendimiento.

Los choques repentinos pueden provocar fugas de líquido electrolítico dentro de la batería, lo que representa un riesgo para la seguridad y el medio ambiente.

3. Inestabilidad durante el transporte:

Una mala sujeción o un embalaje inadecuado pueden resultar en movimientos incontrolados de la batería dentro del contenedor, aumentando el riesgo de daños por vibraciones y choques.

La falta de amortiguación adecuada en el embalaje puede hacer que la batería esté expuesta directamente a impactos externos, incrementando las posibilidades de averías.

4. Manipulación incorrecta durante el transporte:

Una carga o descarga inapropiada de las baterías puede generar situaciones donde estas se golpeen contra superficies duras o se apilen incorrectamente, aumentando el riesgo de daños por choques.

La falta de capacitación del personal encargado del manejo de las baterías puede resultar en una manipulación brusca o descuidada que ponga en peligro su integridad.

Para mitigar estos riesgos durante el transporte seguro de baterías eléctricas, es fundamental diseñar embalajes resistentes y amortiguadores que protejan eficazmente las baterías contra vibraciones y choques. Además, se deben seguir protocolos estrictos de manipulación y almacenamiento para garantizar su integridad hasta su destino final.

- **Robo o pérdida:** Existe el riesgo de sustracción del producto durante el transporte, lo que impacta en la entrega al cliente final y genera pérdidas económicas. Se deben implementar medidas de seguridad para prevenir este tipo de situaciones.



4.1.4 Riesgos durante la entrega al cliente:

- **Retrasos en la entrega:** Los retrasos en la entrega pueden causar inconvenientes al cliente, especialmente si depende del producto para sus actividades diarias. Es esencial cumplir con los plazos acordados para garantizar la satisfacción del cliente.
- **Daños durante la descarga:** Una manipulación inadecuada al recibir las baterías puede provocar roturas o desperfectos, afectando su funcionamiento y generando reclamaciones por parte del cliente. Se debe instruir al personal sobre cómo manejar correctamente las entregas.



4.1.5 Riesgos durante el fin de vida / reciclaje / segunda vida:

- **Riesgo de contaminación ambiental:** Si las baterías no se gestionan correctamente al final de su vida útil, existe el riesgo de liberación de sustancias tóxicas o peligrosas que podrían contaminar el suelo, el agua y el aire.
- **Riesgo de incendio:** Las baterías usadas pueden ser inflamables y representar un riesgo de incendio si no se almacenan, transportan o reciclan adecuadamente.
- **Riesgo para la salud humana:** La exposición a ciertos componentes químicos presentes en las baterías usadas puede representar un riesgo para la salud tanto de los usuarios como de los trabajadores encargados del reciclaje o gestión de residuos.
- **Riesgo económico:** La falta de un sistema eficiente y rentable para el reciclaje o reutilización de las baterías usadas podría conllevar unos costes adicionales en su gestión final.



Para gestionar de manera segura y eficiente las baterías eléctricas al final de su vida útil o si se están dañadas o defectuosas, es fundamental utilizar un embalaje adecuado que cumpla con los requisitos específicos para el transporte y almacenamiento de residuos peligrosos. Algunas consideraciones importantes a tener en cuenta al seleccionar el embalaje para gestionar baterías usadas incluyen:

- A. Contenedor resistente: Utilizar contenedores robustos y resistentes que puedan soportar el peso y la fragilidad de las baterías, así como protegerlas contra daños durante el transporte y manipulación.
- B. Aislamiento y protección interna: Incorporar materiales absorbentes, almohadillas o espumas dentro del embalaje para amortiguar posibles impactos y prevenir cortocircuitos o daños en las baterías durante el manejo.
- C. Etiquetado adecuado: Etiquetar claramente el embalaje con información sobre la presencia de residuos peligrosos (baterías usadas), instrucciones de manejo seguro, identificación del contenido y contacto en caso de emergencia.
- D. Cumplimiento normativo: Asegurarse de que el embalaje cumple con las regulaciones nacionales e internacionales aplicables al transporte de residuos peligrosos, incluidas las específicas para baterías eléctricas usadas.
- E. Sellado hermético: Garantizar que el embalaje esté sellado herméticamente para evitar fugas de líquidos o gases potencialmente peligrosos liberados por las baterías usadas.
- F. Ventilación controlada: En caso de baterías en mal estado que puedan generar calor o gases, es importante contar con una ventilación controlada en el embalaje para prevenir acumulaciones peligrosas.



Además, es recomendable considerar la posibilidad de utilizar embalajes reutilizables o reciclables para minimizar el impacto ambiental asociado con la gestión de residuos de baterías eléctricas. La elección del embalaje adecuado dependerá del tipo y cantidad de baterías a gestionar, así como de los requisitos específicos establecidos por las autoridades competentes y los centros de reciclaje.

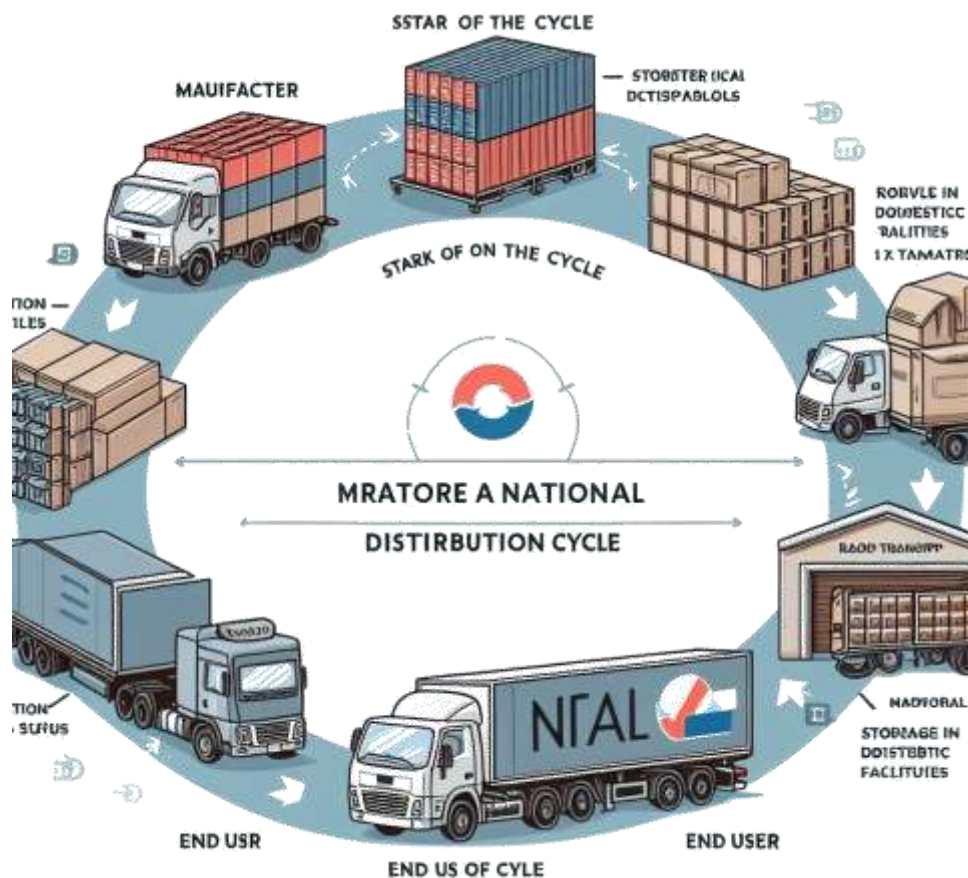
En resumen, al seleccionar un embalaje para gestionar baterías eléctricas al final de su vida útil o en mal estado, es fundamental priorizar la seguridad, protección del medio ambiente y cumplimiento normativo. Un diseño cuidadoso y una gestión responsable son clave para garantizar una correcta manipulación y disposición final de estos productos, contribuyendo así a una economía circular más sostenible y segura.

4.2 Análisis de riesgos en función de los ciclos de distribución:

A continuación se expone un ejemplo de los riesgos típicos inherentes a un ciclo de distribución nacional, comparado con un ciclo de distribución para exportación:

4.2.1 Ciclo nacional: análisis de riesgos

1. Riesgos Manipulación: Se estima un promedio de 5 cargas y descargas durante el ciclo de distribución nacional.
2. Riesgos Transporte: Según la norma ASTM D4169, se estima un nivel medio de vibraciones de 0.5 Grms durante el transporte por carretera.
3. Riesgos Almacenamiento: Se estima un tiempo medio de almacenamiento de 7 días en instalaciones nacionales antes de la entrega al cliente final.
4. Riesgos Climáticos: Posibles riesgos climáticos como cambios bruscos de temperatura, humedad o exposición a condiciones meteorológicas adversas durante el transporte por carretera.



Fuente: AIDIMME

4.2.2 Ciclo exportación: análisis de riesgos

1. Riesgos Manipulación: Se estima un promedio de 10 cargas y descargas durante el ciclo de distribución internacional.
2. Riesgos Transporte: Según la norma ASTM D4169, se estima un nivel medio de vibraciones de 1.0 Grms durante el transporte por carretera y 1.5 Grms durante el transporte marítimo.
3. Riesgos Almacenamiento: Se estima un tiempo medio total de almacenamiento de 30 días, incluyendo 15 días en instalaciones nacionales y 15 días en almacenes portuarios antes del envío marítimo.
4. Riesgos Climáticos: Posibles riesgos climáticos como exposición a condiciones extremas en alta mar, variaciones de temperatura y humedad durante el transporte terrestre y marítimo.



Fuente: AIDIMME

5 Requisitos que debe cumplir el embalaje:

5.1 Factores que determinarán un embalaje:

Antes de decidir qué embalaje puede ser el adecuado para una batería de litio será importante conocer varios factores que determinarán su embalaje:

5.1.1 El estado de la batería

La normativa relativa al envío de baterías define cuatro estados diferentes. Cada estado tiene sus propios requisitos de embalaje y protección. Los cuatro estados son los siguientes:

1. Batería Prototipo:

Si la batería de iones de litio está clasificada como prototipo, significa que no ha sido sometida a pruebas completas para garantizar que cumple el Manual de Pruebas y Criterios de la ONU, Parte III, Subsección 38.3. Esto significa que el fabricante debe declarar que su prototipo es seguro para ser enviado. **El embalaje debe ser más duro y resistente que en otros estados.** El estado de prototipo también se aplica a algunas series pequeñas de pilas que no han sido probadas.

2. Batería de serie

Una batería de serie es aquella que ha sido probada y aprobada para su envío y uso. Está totalmente desarrollada y es probable que se produzca en serie para su uso por los consumidores. Cumple todos los requisitos establecidos por el Manual de Pruebas y Criterios de la ONU.

3. Batería de desecho

Una batería de desecho es aquella que se encuentra al final de su ciclo de vida. Estas baterías se embalan para su eliminación o para su envío a un centro de reciclaje. Las pilas usadas no pueden ser enviadas por transporte aéreo sin la aprobación de la agencia correcta del país/estado de origen. **Deben enviarse en un embalaje específico.**

4. Batería dañada/defectuosa

Cuando una pila de iones de litio está dañada o defectuosa, **no puede transportarse por vía aérea.** No hay excepciones. Debe embalarse cuidadosamente para su transporte. Si no es posible determinar el estado de una batería de iones de litio, se considera defectuosa por razones de seguridad.



Prototipo



Se Serie



Fin de Vida



Dañada

5.1.2 El peso de la batería de iones de litio

Cuanto más pesada sea la batería, más embalaje protector tendrá que utilizar además de embalajes más robustos y resistentes para soportar su peso y protegerlas contra impactos durante el transporte. El peso también es el factor determinante a la hora de embalar varias baterías en el mismo paquete o caja. Con baterías más pesadas, eso no es posible.

Se puede utilizar un embalaje exterior para agrupar varios envases individuales correctamente preparados para su transporte pero es importante saber que no todos los tipos de baterías de litio se pueden agrupar en un mismo embalaje exterior. Para las baterías de iones de litio o de metal de litio que están embaladas o integradas en un equipo, los paquetes individuales que cumplan con los reglamentos (IATA, ADR...) se pueden agrupar en un mismo embalaje. Sin embargo, es preciso que los paquetes individuales cumplan con los requisitos necesarios (como las limitaciones de peso neto de la batería o la capacidad para resistir una prueba de caída de 1,2 metros). En el embalaje exterior se debe indicar la palabra «Overpack» (embalaje exterior) y debe llevar la etiqueta de baterías de litio apropiada.



Fuente: Imagen Documento “Cómo empaquetar y transportar baterías de forma segura” UPS.

5.1.3 Cómo se transportará la batería

Existen diferentes normativas de embalaje para cada uno de los diferentes modos de transporte, y será necesario que el embalaje de la batería cumpla estas normativas. Estas normativas regulan todo, desde el etiquetado y las marcas exteriores hasta el tipo de vehículo que se puede utilizar y las certificaciones del conductor.

Las baterías de iones de litio se pueden enviar por carretera, ferrocarril, mar o aire.

- **Envío por carretera**

Si la batería se va a cargar en un camión para su transporte en Europa, debe cumplir todos los requisitos que se indican en el manual ADR 2023. Este es el acuerdo europeo que regula el transporte por tierra de cualquier mercancía peligrosa.



- **Transporte por ferrocarril**

El envío de la batería por tren también requiere que cumpla las directrices específicas para el transporte de mercancías peligrosas. En este caso, las regulaciones apropiadas se describen en las directrices del Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID). Estas directrices y las directrices ADR utilizadas para el transporte por carretera se han redactado para exigir embalajes y protecciones similares.



- **Envío por mar**

Si la batería se va a enviar por barco, será necesario asegurarse de que su embalaje cumple el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG).



- **Transporte aéreo**

El último método de envío es el transporte aéreo, y es también el más complicado ya que los requisitos para las mercancías peligrosas son muy estrictos, debido a que los accidentes que ocurren en este tipo de transporte pueden ser mortales. Las baterías de iones de litio que explotan durante el transporte aéreo han provocado accidentes aéreos en el pasado, por lo que es vital que todo el mundo siga de cerca todas las normativas. Por eso, las baterías dañadas o las consideradas defectuosas nunca pueden transportarse por vía aérea.



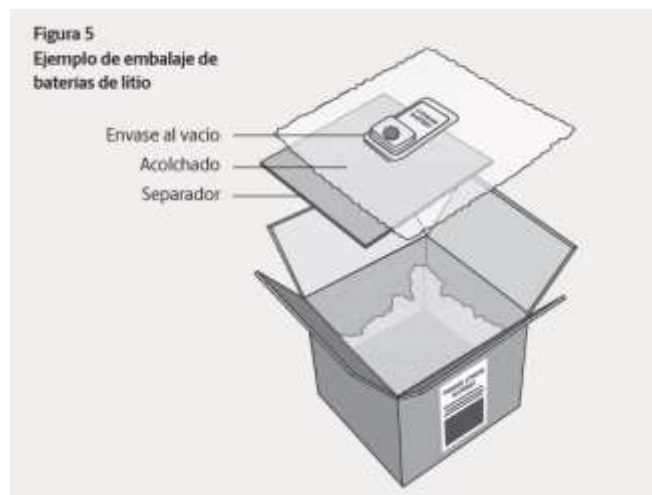
En el caso de transportar baterías de iones de litio en avión, se deben revisar y cumplir la Normativa sobre Mercancías Peligrosas (DGR). Estas normas están reguladas por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

5.2 Requisitos para un buen diseño del embalaje:

Para diseñar un correcto embalaje para baterías de litio y mitigar estos riesgos, se deben tener en cuenta una serie de aspectos que lograrán que consigamos una correcta protección de las baterías.

Sin embargo, previamente, será importante tener en cuenta, de forma general, que para el envío de casi cualquier batería es primordial proteger todos los terminales para evitar cortocircuitos que puedan llegar a provocar un incendio:

- Es importante **proteger los terminales** envolviéndolos totalmente con un material aislante, no conductor (por ejemplo, con tapones, con cinta aislante o metiendo cada batería por separado en una bolsa de plástico).
- Será importante también asegurarse de que las baterías **no entran en contacto con otras baterías**, con **superficies conductoras** o con **objetos metálicos** que puedan provocar cortocircuitos con los terminales de las baterías. Será importante
- Durante el transporte **no se deberá encender ningún dispositivo con baterías integradas**. Proteger los interruptores para que no se enciendan por accidente.



Fuente: Imagen Documento “Cómo empaquetar y transportar baterías de forma segura” UPS.

Una vez tengamos en cuenta estas consideraciones para el diseño correcto y adecuado de un embalaje para baterías es importante tener en cuenta y seguir las pautas y recomendaciones marcados por el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR). Algunas de estas recomendaciones son las siguientes:

- **Selección del material adecuado:** Utilizar materiales resistentes, duraderos y aislantes que protejan eficazmente las baterías contra impactos externos y condiciones ambientales adversas.
- **Diseño estructural robusto:** El embalaje debe ser diseñado con una estructura sólida que minimice la posibilidad de deformaciones, aplastamientos o movimientos internos que puedan dañar las baterías.
- **Utilizar embalajes homologados:** son aquellos que han superado unos ensayos obligatorios y están autorizados para uso con mercancía peligrosa



Fuente: NEFAB

- **Amortiguación y protección interna:** Incorporar sistemas de amortiguación interna, como espumas o materiales absorbentes, para reducir la transmisión de vibraciones y choques a las baterías.
- **Ventilación adecuada:** Garantizar una ventilación suficiente en el embalaje para evitar acumulaciones de calor y gases potencialmente peligrosos liberados por las baterías.
- **Utilizar embalajes homologados:** Para transportar mercancías peligrosas, como las baterías de litio, es imprescindible contar con embalajes certificados y homologados que cumplan con los estándares y especificaciones establecidos en el ADR.
- **Sellado hermético:** Es de vital importancia garantizar un sellado adecuado del embalaje para prevenir posibles fugas de líquidos o gases peligrosos liberados por las baterías.
- **Etiquetado y señalización:** Etiquetar claramente el embalaje con información sobre el contenido (baterías de litio), instrucciones de manejo seguro y contacto

en caso de emergencia, establecidas por el ADR. Esta medida permitirá identificar de forma precisa la presencia de mercancías peligrosas y proporcionará información sobre los riesgos vinculados.

- **Cumplimiento normativo:** Asegurarse de cumplir con todas las regulaciones nacionales e internacionales aplicables al transporte seguro de mercancías peligrosas, incluidas las específicas para baterías de litio.

Al considerar estos aspectos clave al diseñar un embalaje para baterías de litio, se puede reducir significativamente los riesgos asociados con su transporte y almacenamiento. Es fundamental seguir buenas prácticas en el diseño y manipulación del embalaje para garantizar la seguridad tanto del personal involucrado como del entorno circundante.

En conclusión, es imprescindible disponer de un embalaje resistente y seguro, con etiquetado adecuado y específicamente diseñado para proteger las baterías durante su transporte, a fin de cumplir con los requisitos establecidos por el ADR.

Si se respetan estas recomendaciones, se garantizará la seguridad tanto del personal implicado como del entorno circundante durante la manipulación y transporte de baterías eléctricas.

5.2.1 Embalajes Homologados

Se deberán utilizar embalajes certificados y homologados para el transporte de mercancías peligrosas que cumplan con los estándares y especificaciones establecidos en el ADR.

El cumplimiento normativo es fundamental al diseñar el embalaje de una batería como mercancía peligrosa. El ADR establece las disposiciones legales para el transporte seguro de mercancías peligrosas por carretera en Europa, incluyendo las baterías que contienen sustancias peligrosas. El embalaje debe cumplir con las regulaciones nacionales e internacionales aplicables a la clasificación, embalaje, etiquetado y transporte de mercancías peligrosas, como las establecidas por la ONU (Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas), la IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo) y la IMO (Organización Marítima Internacional).

Es importante clasificar correctamente la batería según su clase de peligro (por ejemplo, clase 9 para mercancías peligrosas diversas) y asignarle un número ONU específico que identifique el tipo de batería.

Además, el embalaje debe cumplir con los requisitos de embalaje y etiquetado establecidos en el ADR, como utilizar embalajes homologados y etiquetas de peligro adecuadas que indiquen la naturaleza peligrosa del contenido. También se deben seguir las instrucciones de manipulación y almacenamiento especificadas en el ADR para garantizar la seguridad durante todo el proceso logístico.

Las baterías pueden embalarse para su transporte dentro de:

- Bidones de acero, aluminio u otros metales; de plástico; de contrachapado o de cartón.
- Cajas de acero, aluminio u otros metales; de madera; de contrachapado, de cartón o de plástico.
- Jerricanes de acero, aluminio o plástico.

Los envases anteriores deben contar con un código de homologación que garantice los niveles de prueba del Grupo de Embalaje II.

Sin embargo, para el caso de baterías con una masa bruta igual o superior a 12 kg, no será necesario usar envases homologados en su transporte si cuentan con una envoltura exterior robusta y resistente a los golpes como:

- Embalajes exteriores robustos.
- Envolturas de protección como jaulas completamente cerradas.
- Palés u otros dispositivos de manipulación.

En estos casos, las baterías deben amarrarse de forma que se impidan desplazamientos accidentales y sus bornes no deben soportar el peso de otros elementos superpuestos.



Ensayo de Apilado – Fuente: AIDIMME



Ensayo de Levantamiento por debajo– Fuente: AIDIMME



Ensayo de caída – Fuente: AIDIMME

5.2.2 Etiquetar adecuadamente

El etiquetado adecuado es esencial para identificar claramente el embalaje como mercancía peligrosa y proporcionar información importante sobre su contenido y riesgos asociados. Según el ADR, se deben colocar etiquetas de peligro en el embalaje que indiquen la clase de peligro, grupo de embalaje y número ONU correspondiente a la batería. Además, se deben incluir señales visuales o pictogramas que alerten sobre los riesgos específicos asociados con la batería.

Es crucial seguir las pautas del ADR en cuanto al etiquetado de mercancías peligrosas para garantizar su correcta identificación y manipulación segura durante el transporte por carretera. Esto incluye colocar etiquetas en lugares visibles y asegurarse de que sean legibles y duraderas para evitar confusiones o malentendidos.



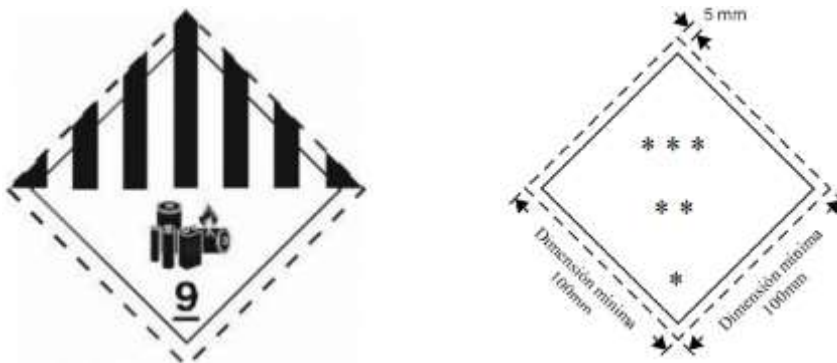
Marca para las pilas de litio

* Espacio para el número o los números ONU

Fuente: ADR 2023

Deberá aparecer el número ONU precedido de las letras UN, con un tamaño mínimo de letra de 12 mm.

Deberá aparecer la etiqueta de la clase 9ª, con unas dimensiones de al menos 100 mm de distancia entre vértices contiguos del rombo.



5.2.3 Resistencia y estabilidad

La resistencia y estabilidad del embalaje son aspectos clave para proteger la batería contra impactos, vibraciones y condiciones climáticas adversas durante el transporte. Según el ADR, se deben utilizar materiales resistentes y duraderos que cumplan con los requisitos de resistencia a la compresión, flexión y torsión especificados en la normativa.

Además, se debe diseñar el embalaje con una estructura robusta que distribuya uniformemente la carga y evite puntos débiles que puedan comprometer la integridad de la batería. Es importante realizar pruebas de resistencia y estabilidad del embalaje según las normativas del ADR para verificar su capacidad para soportar condiciones adversas durante el transporte por carretera.

5.2.4 Amortiguación y Protección interna

El embalaje debe contar con sistemas de protección interna, como almohadillas absorbentes o espumas, para amortiguar posibles impactos y prevenir daños en las baterías durante el transporte.

La amortiguación y protección interna son fundamentales para absorber impactos y vibraciones durante el transporte y evitar daños en la batería. Según el ADR, se deben incorporar sistemas de amortiguación interna, como espumas acolchadas o divisores ajustados, que protejan la batería contra movimientos bruscos dentro del embalaje.

Es importante asegurarse de que la amortiguación interna sea efectiva para mantener la batería en una posición segura y estable durante todo el proceso logístico. Se pueden realizar pruebas de impacto y vibración según las directrices del ADR para evaluar la eficacia de la protección interna del embalaje.

5.2.5 Sellado hermético

El sellado hermético del embalaje es fundamental para prevenir fugas de las baterías y evitar la liberación de sustancias peligrosas durante el transporte. Es importante asegurarse de que el embalaje esté sellado de forma segura y efectiva para mantener la integridad del contenido y protegerlo contra posibles derrames o filtraciones.

Según el ADR, se deben utilizar materiales de sellado adecuados que sean resistentes a la corrosión, impermeables y capaces de soportar condiciones adversas durante el transporte por carretera. El sellado hermético del embalaje garantiza que las baterías permanezcan contenidas de manera segura y evita cualquier riesgo potencial para la salud humana o el medio ambiente.

5.2.6 Ventilación adecuada

La ventilación adecuada es crucial en el caso de baterías que puedan generar calor durante su funcionamiento o almacenamiento. Según el ADR, se deben incorporar sistemas de ventilación en el embalaje que permitan la circulación del aire y eviten acumulaciones de calor que puedan provocar riesgos de sobrecalentamiento.

Es importante diseñar aberturas o canales de ventilación en el embalaje que garanticen una circulación adecuada del aire alrededor de la batería. Se deben seguir las recomendaciones del ADR en cuanto a la ventilación segura de mercancías peligrosas para prevenir situaciones potencialmente peligrosas durante su transporte por carretera.

5.2.7 Documentación completa

Además del etiquetado externo del embalaje, se debe incluir documentación completa según lo establecido en el ADR para garantizar un transporte seguro y cumplir con los requisitos legales aplicables a las mercancías peligrosas. Esto puede incluir hojas de seguridad (MSDS) actualizadas, certificados de conformidad, documentos aduaneros e información adicional requerida por las autoridades competentes.

Es fundamental asegurarse de que toda la documentación necesaria esté presente dentro del embalaje o adjunta al mismo para facilitar su identificación e inspección durante los controles aduaneros o inspecciones regulatorias. La documentación completa es un requisito obligatorio según el ADR para garantizar un transporte seguro y legalmente conforme de mercancías peligrosas como las baterías.

6 Limitaciones en el transporte

Para transporte por vía marítima (IMDG), vía fluvial navegable (ADN), por vía terrestre: por carretera (ADR), ferrocarril (RID) no hay restricción de por masa o volumen para el transporte de baterías de litio. Como regla general el valor máximo era de 400 Kg netos, pero por modificación legislativa se eliminó ese límite.

6.1 TRANSPORTE AÉREO:



Los 10 envíos más habituales que contienen baterías de litio son:

1. Ordenadores portátiles y tabletas
2. iPhones y iPads
3. Teléfonos móviles
4. Equipos de medición
5. Dispositivos médicos
6. Monopatines eléctricos
7. Bicicletas eléctricas
8. Herramientas eléctricas
9. Desfibriladores externos automatizados
10. Drones

Es importante hacer notar que algunos de estos objetos se transportan como mercancías ocultas para evitar restricciones, habitualmente por desconocimiento, que pueden provocar incidentes que para este tipo de transporte es muy peligroso.

Transporte en avión de pasajeros (OACI-IATA):

Los pasajeros y/o la tripulación tienen permitido llevar dentro del avión, o como equipaje facturado o como equipaje de mano:

- **Baterías de litio:** Dispositivos electrónicos portátiles (PED) que contengan pilas o baterías de metal litio o ion litio, incluidos los dispositivos médicos tales como concentradores de oxígeno portátiles (POC) y dispositivos electrónicos tales como, cámaras, teléfonos celulares, computadoras portátiles y tabletas, cuando son transportados por los pasajeros o la tripulación para uso personal (ver [2.3.5.8](#)). Para las baterías de litio el contenido de metal de litio no debe exceder 2 g y para las baterías de ion litio la capacidad nominal en vatios hora no debe exceder 100 Wh. Los dispositivos en el equipaje facturado deben apagarse por completo y deben protegerse contra daños. El límite máximo por persona es de 15 PED. El equipaje equipado con una batería de litio, excepto baterías botón, la batería debe ser removible. Si se ofrece como equipaje facturado, la batería debe retirarse y transportarse en la cabina.
- **Baterías de repuesto/sueltas**, solo las puede llevar consigo o en el equipaje de mano.
- **Baterías de ion litio** contenidas en un equipo clasificadas en el número ONU 3481 se pueden transportar en avión de pasajero con un máximo de 5 kg de cantidad neta y hasta 35 Kg de cantidad neta en aviones sólo de carga, en embalajes exteriores resistentes.

Salvo lo indicado anteriormente para los pasajeros y/o la tripulación, el transporte aéreo (OACI-IATA) en **avión de pasajeros** está prohibido en cualquier cantidad, salvo si se cumple la siguiente disposición especial:

A201 y A334 En los casos en que es imposible utilizar otras formas de transporte (incluido el transporte en aviones de carga) son imposibles, las pilas o baterías de litio pueden transportarse como Clase 9 ([ONU 3480](#) u [ONU 3090](#)) en aviones de pasajeros, con la aprobación previa de la autoridad del [Estado de origen](#), del [Estado del operador](#) y del [Estado de destino](#), según las condiciones por escrito establecidas por dichas autoridades, siempre y cuando los tipos y cantidades se ajusten a lo siguiente:

(a) para las pilas o baterías de metal litio:

1. un máximo de 2 baterías con un contenido de litio superior a 0,3 g pero no más de 2 g por batería; o

2. un máximo de 8 pilas con un contenido de litio superior a 0,3 g pero no más de 1 g por pila; o
3. un máximo de 2,5 kg de pilas y/o baterías con un contenido de litio no superior a 0,3 g por pila o batería; o

(b) para las pilas o baterías de ion litio:

1. un máximo de 2 baterías con una capacidad nominal (Wh) superior a 2,7 Wh pero no superior a 100 Wh por batería; o
2. un máximo de 8 pilas con una capacidad nominal superior a 2,7 Wh pero no superior a 20 Wh por pila; o
3. un máximo de 2,5 kg de pilas y/o baterías con una capacidad nominal no superior a 2,7 Wh por pila o batería.

Transporte en avión de carga (OACI-IATA):

Se podrá transportar siempre y cuando se cumple la instrucción de embalaje 967, 968, 970 (según con las variantes indicadas por los estados) y las siguientes disposiciones especiales:

A88 Los prototipos de pre-producción de [baterías](#) o pilas de litio cuando estos prototipos se transportan para ser sometidos a pruebas o las baterías o pilas que se producen en pequeñas cantidades (es decir, producción anual máxima de 100 baterías o pilas de litio) que no se han sometido a pruebas de acuerdo con los requisitos de la Subsección 38.3 del Manual de pruebas y criterios de las Naciones Unidas, se pueden transportar a bordo de un avión de carga, si lo aprueba la autoridad competente del [Estado de origen](#) y del [Estado del operador](#), y se cumplan los requisitos de la instrucción de embalaje 910 del Suplemento de las Instrucciones Técnicas: ¶ Cuando las baterías de litio se envían con una aprobación según esta disposición especial, el número de la Instrucción de embalaje mostrada en la declaración del expedidor debe ser “910”. Esto también se aplica a prototipos de baterías de litio enviadas como parte del embalaje de equipos o contenidas en equipos. Una copia del documento de aprobación debe acompañar el envío. El transporte de acuerdo con esta disposición especial debe ser anotado en la declaración del expedidor.△ Independientemente del límite especificado en la Columna L de la [Tabla 4.2](#), la pila o batería preparada para el transporte puede tener una masa superior a 35 kg.

A99 Independiente de los límites de cantidad por bulto para avión de carga especificados en la Columna L de la Lista de mercancías peligrosas ([Subsección 4.2](#)) y en la Sección I de las Instrucciones de Embalaje [965](#), [966](#), [967](#), [968](#), [969](#) o [970](#), una pila o batería de litio (es decir, [ONU 3090](#) u [ONU 3480](#)) incluyendo aquella embalada con un equipo o instalada en un equipo (es decir, [ONU 3091](#) u [ONU 3481](#)), que satisface las demás condiciones de la Sección I de la instrucción

de embalaje aplicable, puede tener una masa superior a 35 kg, si así lo aprueba la autoridad que corresponda en el [Estado de origen](#) y el [Estado del operador](#), y se cumplen los requisitos de la Instrucción de embalaje 974 del documento Suplemento de las instrucciones técnicas. Cuando las baterías de litio se envían con una aprobación según esta disposición especial, el número de la instrucción de embalaje mostrada en la declaración del expedidor debe ser “974”. Una copia del documento de aprobación debe acompañar el envío. El transporte de acuerdo con esta disposición especial debe ser anotado en la declaración del expedidor.

A154 (≈376) Por seguridad, está prohibido transportar pilas y baterías, y pilas o baterías de metal litio que estén defectuosas o puedan generar peligro de calor, fuego o cortocircuito (p. ej., las que se devuelven al fabricante por motivos de seguridad, o las pilas o baterías que no pueden ser diagnosticadas como dañadas o defectuosas antes del transporte). Las pilas o baterías de ion litio y las pilas o baterías de metal litio que se identifiquen como dañadas, de forma que no se ajusten al tipo probado según las disposiciones aplicables del Manual de pruebas y criterios están prohibidas para el transporte. Para los propósitos de esta disposición especial, se incluyen, entre otros: (a) pilas o baterías que se hayan filtrado o ventilado; (b) pilas o baterías que no puedan diagnosticarse antes del transporte; o (c) pilas o baterías que hayan sufrido daños físicos o mecánicos. Para saber si una pila o batería está defectuosa o dañada, se debe realizar una evaluación con base en los criterios de seguridad del fabricante de la pila, la batería o el producto, o una valoración por parte de un experto técnico que conozca las características de seguridad de la pila o batería. Una evaluación o valoración puede incluir, entre otros, los siguientes criterios: (a) peligro agudo, como fugas de gas, fuego o electrolitos; (b) uso o mal uso de la pila o batería; (c) indicios de daño físico, como deformación o cambio de color del exterior de la pila o batería; (d) protección contra cortocircuitos externos e internos, tales como medidas de voltaje o aislamiento; (e) condición de la celda o características de seguridad de la batería; o (f) daños a los componentes de seguridad internos, como el sistema de gestión de la batería.

En el transporte aéreo (OACI-IATA) se debe cumplir las siguientes disposiciones especiales:

A164 Cualquier batería eléctrica o dispositivo, equipo o vehículo propulsado por una batería que tenga una potencial evolución peligrosa de calor debe estar preparado para su transporte, así como para impedir:

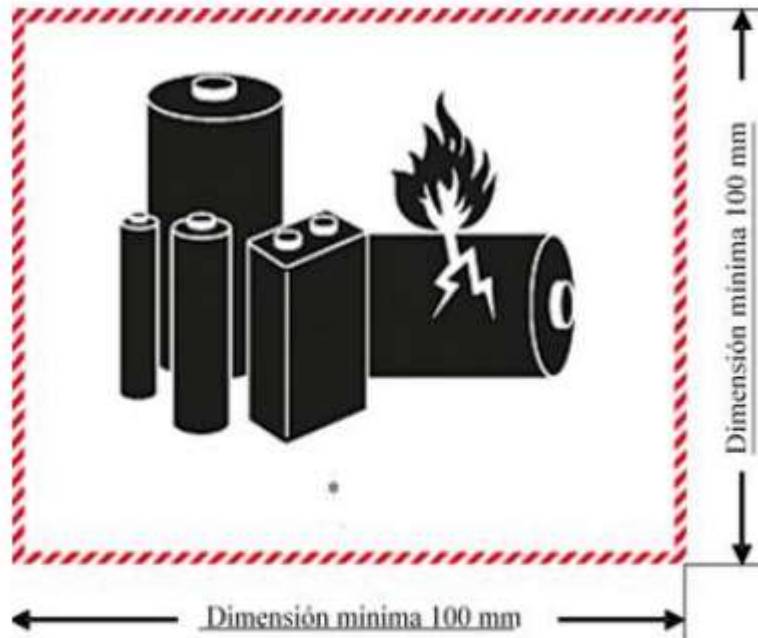
- (a) un cortocircuito (p. ej., en el caso de baterías, mediante el aislamiento efectivo de los terminales expuestos; o en el caso de equipos, mediante la desconexión de la batería y la protección de los terminales expuestos); y
- (b) la activación accidental.

A183 Se prohíbe el transporte por vía aérea de las baterías desechadas y las baterías que se transportan con fines de reciclaje o eliminación a menos que se haya aprobado por la autoridad nacional que corresponda del Estado de origen y el Estado del operador.

6.2 Exención total a la reglamentación de transporte.

No están sujetas al ADR, RID, ADN, IMDG, es decir, no deberán cumplir con lo expuesto anteriormente durante su transporte, las baterías de metal litio o ion litio que cumplan con las siguientes condiciones:

- En cada batería de metal litio o de aleación de litio, que el contenido total de litio no sea superior a 2 gramos.
- En cada batería de ion litio, que la capacidad nominal en vatios hora no supere los 100 Wh. Las baterías de ion litio sujetas a esta disposición llevarán impresa la capacidad nominal en vatios-hora en la envoltura exterior.
- Las baterías, salvo en el caso de que estén instaladas en equipos, deberán colocarse en embalajes/envases interiores que las contengan por completo y se protegerán para evitar cortocircuitos.
- Cada bulto deberá llevar la siguiente marca:



Marca para las pilas de litio

* Espacio para el número o los números ONU

El seguimiento de las indicaciones anteriores nos permite, por un lado, realizar los transportes de baterías de forma segura, minimizando los riesgos de un accidente y, por otro lado, dar cumplimiento a lo que la legislación establece, evitando así sanciones económicas.

7 Anexos y bibliografía

- **Lithium batteries whitepaper**
(Brookes Bell. TT Club y UK P&I.)
- **Artículo técnico: ¿Por qué son necesarias las equalizaciones en las baterías solares?**
(Monsolar.com – Octubre/2023)
- **Lithium battery guide for shippers September 2021**
(U.S. Department of Transportation)
- **Manufacturing scalability implications March 2021**
(Joule)
- **Lithium-ion battery risk bulletin August 2022**
(Allianz)
- **Best practices for the transport of electric vehicles onboard vessels June 2022**
(ABS)
- **Electric vehicles onboard passenger roll-on/roll-off (ro-ro) ferries July 2021**
(UK MCA - MGN 653 (M))
- **Lithium battery recycling safety advisory note May 2017**
(U.S. Department of Transportation)
- **Guidance on the carriage of Alternative Fuel Vehicles in ro-ro spaces May 2022**
(European Maritime Safety Agency)
- **Documento “Cómo empaquetar y transportar baterías de forma segura”** Fecha de entrada en vigor: Mayo 2019. UPS
- **ADR 2023:** Acuerdo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera. https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/mitma/docs/adr_2023__volumen_i_.pdf

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es