

euralarm

Guía sobre

Soluciones integradas de protección contra incendios para baterías de iones de litio

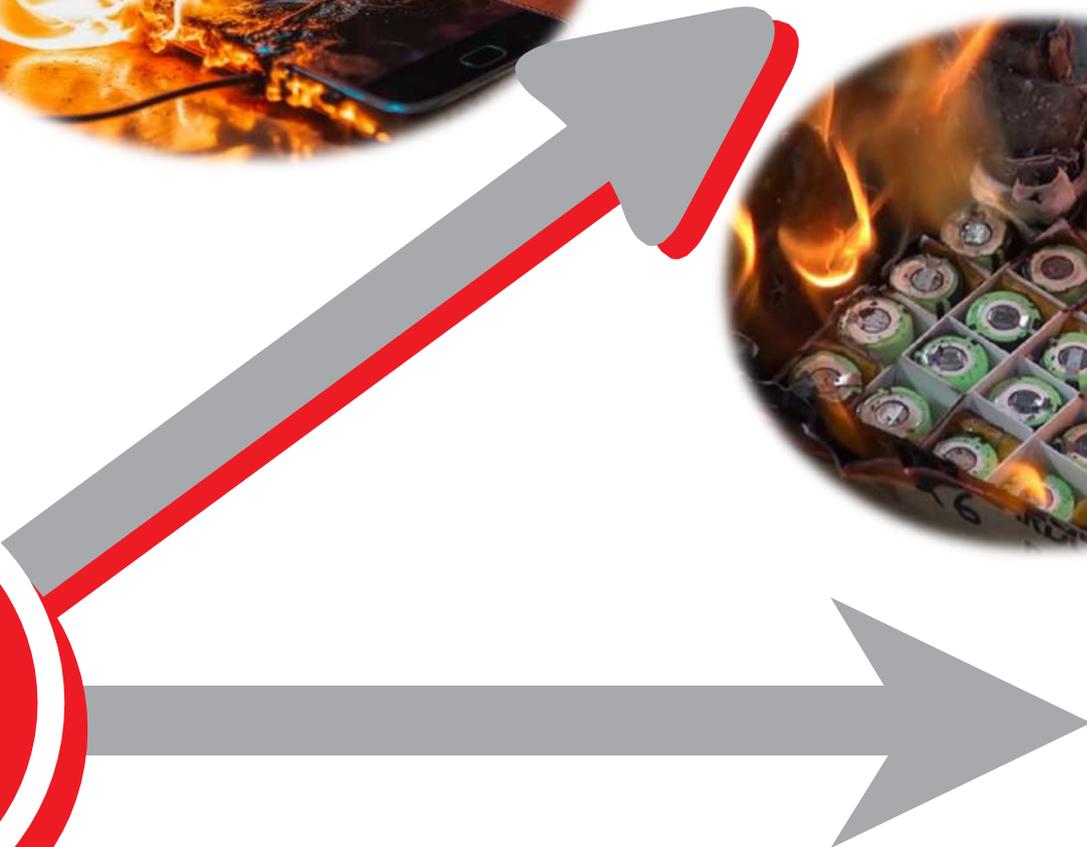


Tabla de control de cambios

Fecha	Nº Versión	Autor	Cambio
15.02.2022	V1.0-ES	Equipo	1ª versión final (idioma ES)

AVISO

El presente documento está destinado a interesados en relación con la protección de incendios de baterías de iones de litio. Aunque se ha hecho todo lo posible para asegurar su exactitud, los lectores no deben confiar en su integridad o corrección, ni en su interpretación legal. Euralarm no será responsable del suministro de cualquier información incorrecta o incompleta.

Nota: La versión en inglés de este documento es el documento de referencia aprobado por Euralarm.

Copyright Euralarm

© 2022, Zug, Switzerland

Euralarm • Gubelstrasse 11 • CH-6300 Zug • Switzerland

E: secretariat@euralarm.org

W: www.euralarm.org

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	4
2	RESUMEN DE GESTIÓN Y CONCLUSIONES.....	4
3	TECNOLOGÍA y APLICACIONES de las baterías de iones de litio	5
3.1	Aplicaciones de las baterías de iones de litio.....	6
4	RIESGOS DE INCENDIO Y PELIGROS de las baterías de iones de litio.....	8
4.1	Riesgos Inherentes a las Baterías de Iones de Litio	8
4.2	Causas de fallo de las baterías de iones de litio.....	9
4.3	Etapas de los fallos de las baterías de iones de litio.....	9
4.4	Riesgos	10
4.5	El desbordamiento térmico y sus peligros.....	10
5	OBJETIVOS y RETOS de la PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	12
6	PROTECCIÓN PASIVA / PREVENTIVA CONTRA INCENDIOS	13
6.1	Retardantes de llama añadidos para la estabilidad térmica de la batería	13
6.2	Medidas a prueba de fallos.....	13
6.3	Compartimentos (protegidos contra incendios) como alojamiento adicional para las baterías	13
6.4	Supervisión por un Sistema de Gestión de Baterías (BMS).....	13
7	Tecnologías de DETECCIÓN.....	14
7.1	Introducción.....	14
7.2	Detección de Gases y Partículas	14
7.3	Detección de Calor	15
7.4	Detección de Humo.....	16
7.5	Detección de Llamas.....	17
7.6	Detección de Humo e Incendios por Vídeo (VFD)	17
8	SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (SUPRESIÓN Y EXTINCIÓN)	18
8.1	Sistemas automáticos de agua.....	18
8.2	Sistemas de Extinción de Incendios por Gas	19
8.3	Sistemas basados en Agua y Espuma	21
8.4	Sistemas de Polvo	23
8.5	Sistemas de Aerosol Condensado	23
8.6	Sistemas de Reducción del Oxígeno	24
8.7	Extintores Portátiles.....	24
9	DISEÑO DE SOLUCIONES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN DIFERENTES APLICACIONES	25
9.1	Principios de Diseño.....	25
9.2	Aplicaciones (situaciones ambientales de las baterías de iones de litio)	25
10	CONCLUSIÓN.....	33
11	GESTIÓN POSTERIOR AL INCENDIO	33
11.1	Baterías	33
11.2	Productos.....	33
	ANEXOS.....	34
1	TÉRMINOS, ABREVIATURAS y DEFINICIONES utilizadas en este documento	34
2	Tipos de Fuegos / Clases de Fuegos.....	35
3	MATERIALES E INFORMACIÓN UTILIZADOS PARA ESTE DOCUMENTO	36

1 INTRODUCCIÓN

Esta guía de orientación de Euralarm proporciona información sobre las cuestiones relacionadas con el uso de las baterías de iones de litio, cómo se inician los incendios en las baterías y cómo se pueden detectar, controlar, suprimir y extinguir. También proporciona orientación sobre la gestión posterior al incendio. Se excluyen del ámbito de aplicación las cuestiones relacionadas con la explosión y la ventilación.

Este documento pretende ser una guía para todos los profesionales que se ocupan de la seguridad, la protección, la extinción y la supresión de incendios en relación con el uso, el almacenamiento o el transporte de baterías de iones de litio y sus riesgos de incendio. Los aspectos de los productos de consumo no están cubiertos en esta guía.

El documento pretende ser una orientación general y no sustituye el asesoramiento detallado en circunstancias específicas. Este documento representa el conocimiento actual del sector y se actualizará a medida que se disponga de más información.

2 RESUMEN DE GESTIÓN Y CONCLUSIONES

Las baterías de iones de litio se han convertido en la tecnología de baterías preferida en diversos ámbitos, como la generación de energía, las comunicaciones, la industria, los vehículos y muchas otras aplicaciones. El control activo de la energía almacenada y extraída de las baterías de iones de litio ha sido la base de su creciente popularidad. La frecuencia relativamente baja de incidentes importantes es testimonio del esfuerzo y el éxito del diseño aplicado al aspecto crítico de la utilización de estos productos de alta densidad de energía. Sin embargo, el control activo de la energía de la batería no es suficiente para evitar situaciones críticas para la seguridad y se necesitan múltiples líneas de defensa para minimizar las graves consecuencias de un fallo en una batería de iones de litio.

La mera presencia de baterías de iones de litio en una habitación representa un riesgo considerable de incendio, ya que las baterías de iones de litio combinan materiales de alta energía con electrolitos a menudo inflamables. Cualquier daño en el separador del interior de las baterías (causado por daños mecánicos o por altas temperaturas) puede provocar un cortocircuito interno con una alta probabilidad de que se produzca un desbordamiento térmico. Una vez que una célula ha experimentado un desbordamiento térmico, es muy probable que el calor se propague a las células adyacentes, provocando una reacción en cadena con consecuencias a menudo catastróficas.

Para limitar la probabilidad y las consecuencias de un incendio de baterías de iones de litio debe adoptarse siempre una estrategia integral que incluya la prevención de riesgos, la detección temprana, las acciones de intervención, la extinción activa y la separación física.

El creciente número de baterías de iones de litio y la cantidad cada vez mayor de energía almacenada en diferentes aplicaciones de almacenamiento de energía presentan un nuevo tipo de riesgo de incendio en el que la protección contra incendios supone un reto. Hay muchas tecnologías disponibles para detectar los incendios en desarrollo en las diferentes etapas, sin embargo, la detección muy temprana juega un papel clave, proporcionando una oportunidad temprana para detener la propagación del desbordamiento térmico y limita significativamente el daño global. La detección de los gases que se liberan durante las primeras etapas de abuso o fallo de la batería es un área de innovación y la aprobación de tales sistemas está empezando a surgir. Los sistemas de detección de humo y calor también son aplicables para la alarma de incendios y la activación de un sistema de protección contra incendios, en caso de que la intervención temprana no tenga éxito.

Los sistemas automáticos de protección contra incendios extinguen o previenen los incendios incipientes para proteger objetos, salas o edificios enteros de los incendios y sus consecuencias. Los agentes de extinción que se utilizan para este fin incluyen agentes que utilizan agua, espumas, polvos, aerosoles y gases. Sin embargo, las cuestiones clave de cualquier sistema de protección contra incendios son la selección del agente más apropiado para el peligro específico, el diseño del sistema, la descarga correcta del agente extintor, así como la instalación correcta, el uso de sistemas aprobados y el mantenimiento constante por parte de personal debidamente formado.

Cada aplicación de protección contra incendios requiere una solución específica, basada en el uso de sistemas homologados, ya que no existe un concepto de protección que se adapte por igual a todas las aplicaciones.

Antes de elegir el concepto óptimo, hay que considerar los objetivos de las medidas, el concepto de protección y los posibles efectos secundarios de las tecnologías utilizadas. Además de las opciones técnicas disponibles en el mercado, hay que tener en cuenta toda la situación medioambiental de la aplicación.

Por último, cuando se extingue un incendio de baterías, puede seguir existiendo un riesgo de incendio importante, ya que las baterías involucradas y afectadas por el incendio probablemente estén calientes y sigan teniendo el potencial de expulsar gases combustibles y tóxicos y de volver a encenderse. Por lo tanto, es necesario que las operaciones de gestión posterior al incendio comiencen tan pronto como sea posible por parte de personal adecuadamente equipado y formado.

3 TECNOLOGÍA y APLICACIONES de las baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio (también conocidas como Li-ion) están emergiendo rápidamente como fuentes de energía y se han convertido en las baterías más utilizadas en muchas aplicaciones, debido a su alta relación energía-peso.

Tecnología de baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio varían mucho, y siguen evolucionando, en cuanto a los materiales con los que están construidas, su química y su configuración. Son recargables (a diferencia de las baterías de litio, que no lo son) y contienen iones de litio en un electrolito inflamable. No contienen ningún metal de litio libre, sin embargo, en la mayoría de los casos las baterías de iones de litio combinan materiales de alta energía con electrolitos altamente inflamables.

Las carcasas de las celdas pueden ser típicamente metálicas o de polímero para configurar cilindros (rollo suizo), bolsas o polímeros (rollo suizo aplastado / libros / hojas) o prismas. Los cátodos son un óxido de litio recubierto, como el óxido de litio-cobalto, con un ánodo, como el grafito, en un electrolito con un separador de láminas.

Las baterías varían en tamaño y configuración en función de su uso y aplicación. Las baterías más grandes pueden encontrarse en sistemas de almacenamiento de energía (SAE) y en vehículos, mientras que las más pequeñas se utilizan en los ordenadores portátiles y en los teléfonos móviles, con multitud de aplicaciones intermedias.

Las baterías se colocan en serie para aumentar la tensión y en paralelo para aumentar la capacidad.

La figura siguiente muestra la evolución prevista de la química de las baterías. Se espera que las tecnologías de las baterías actuales aquí consideradas sigan siendo ampliamente utilizadas hasta mediados de la próxima década.

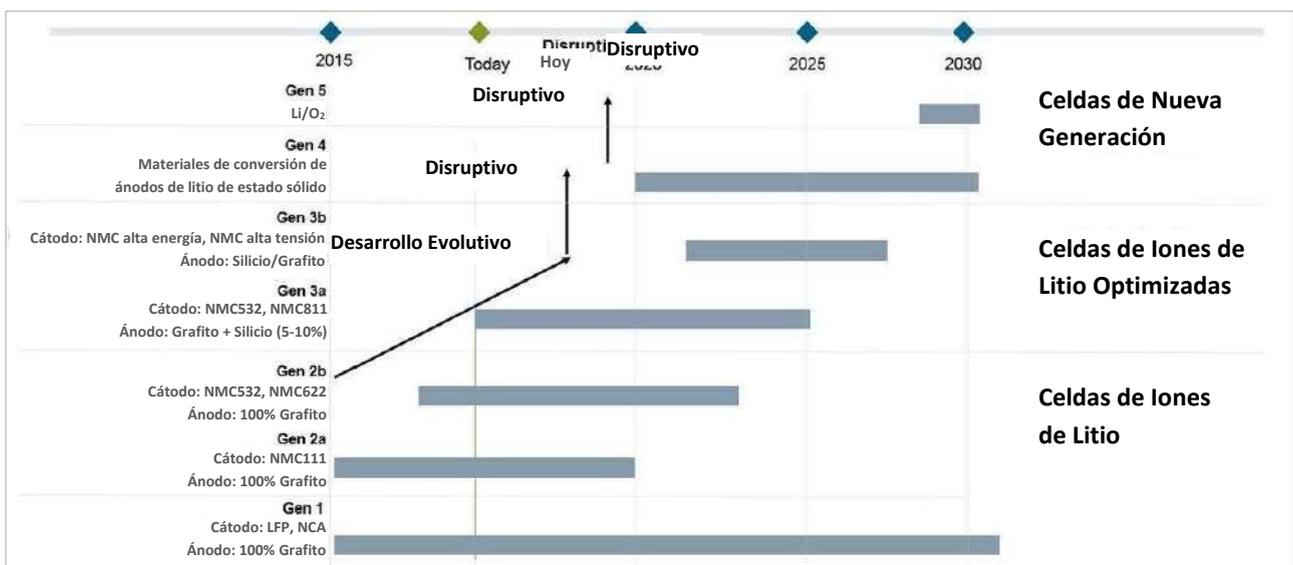


Figura 1: Desarrollo futuro de las baterías de iones de litio

(Fuente: Libro blanco de SIEMENS "Fire protection for Lithium-Ion battery energy storage systems" – May 2020)

3.1 Aplicaciones de las baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio ofrecen mayores niveles de capacidad combinados con un funcionamiento fiable en comparación con otras formas de tecnología de celdas y baterías, como las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y las de níquel-metal-hidruro (NiMH). Gracias a sus características, las baterías de iones de litio se han convertido en la tecnología de baterías preferida en diversos ámbitos, como la generación de energía, las comunicaciones, la industria, los vehículos y las aplicaciones militares y aeroespaciales, entre otras.

En los siguientes capítulos se describen brevemente los principales usos (las aplicaciones más populares) de las baterías recargables y las capacidades típicas de las mismas en esa aplicación. En este contexto, es importante señalar que, en caso de incendio, el calor de la combustión está directamente relacionado con la energía de la batería.

Sistemas de Gestión de Baterías

El componente electrónico más importante de muchas aplicaciones de baterías de iones de litio es el sistema de gestión de baterías (BMS) que, además de controlar y supervisar el estado de carga a nivel de celda y de sistema, también realiza la supervisión y gestión de la temperatura durante los ciclos de carga y descarga.

Un BMS eficiente mantendrá las celdas en el rango de funcionamiento seguro esperado, de modo que se evite la carga y la descarga excesivas.

3.1.1 Pequeños Dispositivos Individuales Recargables, Dispositivos Portátiles y otros productos electrónicos de uso común

El término genérico "dispositivos portátiles" abarca una gama muy amplia de aplicaciones para este tipo de baterías de uso particular y profesional. Incluye los teléfonos móviles, los smartphones, los ordenadores portátiles, las tabletas, los lectores electrónicos, las cámaras y muchos otros aparatos electrónicos alimentados por baterías recargables (por ejemplo, herramientas eléctricas, etc.). Estos productos suelen estar equipados con baterías de **capacidad entre 2 y 30 Wh** (ver tabla 1).

Dispositivo	Capacidad de la batería
Cámaras	2,5 - 9 Wh
Teléfonos móviles / Smartphones	7 - 10 Wh
Portátiles / Tabletas	15 - 27 Wh
Herramientas eléctricas	3,6 - 18 Wh

Tabla 1: Capacidad de las baterías de los dispositivos portátiles
(Fuente: cifras de varios fabricantes)

3.1.2 Micromovilidad eléctrica

La micromovilidad eléctrica comprende diferentes tipos de equipamiento / vehículos más pequeños que facilitan el movimiento de una o dos personas y que están equipados con un motor eléctrico además de la tracción humana. Éste obtiene su energía principalmente de baterías externas recargables. Las baterías de estos productos varían típicamente entre **50 y 1250 Wh** (ver tabla 2).

Equipo / vehículo	Capacidad de la Batería
Carritos eléctricos	50 - 500 Wh
Bicicletas eléctricas	500 - 1250 Wh

Tabla 2: Capacidad de las baterías en la micromovilidad eléctrica
(Fuente: cifras de varios fabricantes)

3.1.3 Sistema de alimentación de emergencia o SAI (sistema de alimentación ininterrumpida)

Un sistema de energía de emergencia es una fuente independiente de energía eléctrica que sirve de apoyo a los sistemas eléctricos importantes en caso de pérdida del suministro eléctrico normal. Un sistema de energía de reserva puede incluir un generador de reserva, baterías y otros aparatos. Los sistemas de energía de emergencia se instalan para proteger la vida y los bienes de las consecuencias de la pérdida del suministro eléctrico principal. Es un tipo de sistema de energía continua. Se utilizan en una gran variedad de entornos, desde hogares hasta hospitales, laboratorios científicos, centros de datos, equipos de telecomunicaciones y barcos. Las baterías de estos sistemas suelen variar entre **1 y 200 kWh** (ver tabla 3).

Capacidad de la Batería	
Pequeño	1 – 5 kWh
Mediano	50 – 100 kWh
Grande	100 – 200 kWh

Tabla 3: Capacidad de las baterías en SAI
(Fuente: cifras de varios fabricantes)

3.1.4 Movilidad Eléctrica y Automoción Eléctrica (Electrificación de Vehículos)

La movilidad eléctrica comprende todos los vehículos y embarcaciones que funcionan con un motor eléctrico y obtienen su energía principalmente de la red eléctrica, es decir, que pueden recargarse externamente. Esto incluye:

- vehículos completamente eléctricos (EV),
- vehículos con un motor eléctrico y un pequeño motor de combustión (Vehículos Eléctricos de Autonomía Extendida - REEV)
- vehículos híbridos que pueden recargarse a través de la red eléctrica (Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables - PHEV)
- autobuses eléctricos
- barcos eléctricos

Los coches eléctricos (VE) están actualmente disponibles en el mercado con capacidades de batería en un rango **que oscila entre 25 y 100 kWh**, mientras que otros vehículos pueden alcanzar los **2500 kWh** (ver tabla 4).

Modelo	Batería	
Fiat 500	24 – 42	kWh
Renault Zoe	41 – 52	kWh
Tesla Model 3	55 – 75	kWh
VW ID.4	62 – 82	kWh
Ford Mach-E	76 – 99	kWh
Porsche Taycan	79 – 93	kWh
Autobuses eléctricos	100 – 500	kWh
Embarcaciones eléctricas	20 – 200	kWh
Buques electricos	200 – 2500	kWh

Tabla 4: Capacidad de las baterías en vehículos electrificados (Fuentes: ADAC - Club Alemán General del Automóvil VE y Wikipedia)

3.1.5 Sistemas de Almacenamiento de Energía (SAE)

Los sistemas de almacenamiento de energía en baterías (SAE) abarcan una amplia gama de aplicaciones en el suministro de electricidad, desde la generación hasta el consumo. Ayudan a optimizar el rendimiento de los activos suavizando la demanda de energía en toda la red, estabilizando la frecuencia y la tensión y equilibrando las variaciones entre la oferta y la demanda en el suministro eléctrico industrial y doméstico.

Algunos ejemplos de aplicaciones de SAE:

- aplicaciones de suministro de electricidad para redes y microrredes
- suministro de electricidad para la industria
- integración de energías renovables

Actualmente existen en el mercado SAE con capacidades de batería **en un rango entre 5 y 500 kWh** y en aplicaciones muy grandes con una capacidad de varios miles de kWh (ver tabla 5). Debido a la gran energía almacenada, los sistemas de almacenamiento de energía con baterías de iones de litio son una aplicación con una clara necesidad de protección integral contra incendios.

Capacidad de baterías	
Residencial	5 – 50 kWh
Medio	200 - 500 kWh
Grande	➤ 4000 kWh

Tabla 5: Capacidad de las baterías en los SAE

4 RIESGOS DE INCENDIO Y PELIGROS de las baterías de iones de litio

El control activo de la energía almacenada y extraída de las baterías de iones de litio ha sido la base de su creciente popularidad. La frecuencia relativamente baja de incidentes importantes es testimonio del esfuerzo y el éxito del diseño aplicado a este aspecto crítico del uso de estos productos de alta densidad energética. Sin embargo, los incidentes ocurren y se necesitan múltiples niveles de defensa para minimizar las graves consecuencias de un fallo en una batería de iones de litio.

4.1 Riesgos Inherentes a las Baterías de Iones de Litio

Para comprender el riesgo de incendio inherente 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.

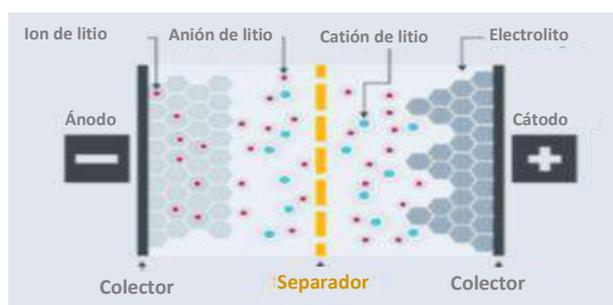


Figura 2: Estructura de las baterías de iones de litio

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 volatilidad¹), cualquier daño en el separador (causado mecánicamente o por altas temperaturas) provocará un cortocircuito interno con una alta probabilidad de **desbordamiento térmico** (ver capítulo 4.5.1). Las situaciones críticas de seguridad son casi inevitables.

NOTA:



Para ciertos sectores y aplicaciones, las celdas de las baterías están contenidas en paquetes de baterías sellados con clasificación IP. Esto puede hacer que sea difícil o imposible aplicar el agente de protección contra incendios a las celdas de la batería. La metodología de construcción influye en gran medida en el riesgo y en las estrategias de mitigación.

¹ Algunos ejemplos son el EMC (carbonato de etilo y metilo), el DEC (carbonato de dietilo) y el DMC (carbonato de dimetilo).

4.2 Causas de fallo de las baterías de iones de litio

El fallo de las baterías de iones de litio y el consiguiente riesgo de sobrecalentamiento y/o autoignición (ver "desbordamiento térmico") puede deberse a una o varias de las siguientes causas:

- Defectos internos de fabricación (defectos de material, contaminación, fallos de montaje/construcción)
- Daños físicos (durante el ensamblaje en productos acabados, el envío, la manipulación, la eliminación de residuos o durante el uso; ya sean accidentales o malintencionados)
- Defecto del separador por formación de dendritas (por envejecimiento no detectado² y posterior cortocircuito interno)
- Abuso mecánico (Aplastamiento / Penetración)
- Abuso térmico
 - la exposición a altas temperaturas (es decir, almacenamiento sin climatización)
 - exposición a llamas
 - calor de la(s) celdas(s) adyacente(s) o próximas(s)*
- Abuso eléctrico
 - sobrecarga o descarga excesiva,
 - cortocircuito

*) *Las baterías de iones de litio, por ejemplo, las utilizadas en los vehículos eléctricos, están formadas por cientos o incluso miles de celdas individuales. Si una sola celda se sobrecalienta, se incendia o incluso explota, la propagación del calor a las celdas adyacentes puede llevar rápidamente a una situación catastrófica.*

4.3 Etapas de los fallos de las baterías de iones de litio

Los fallos de las baterías de iones de litio tienen cuatro etapas distintas, que se muestran en la figura siguiente:

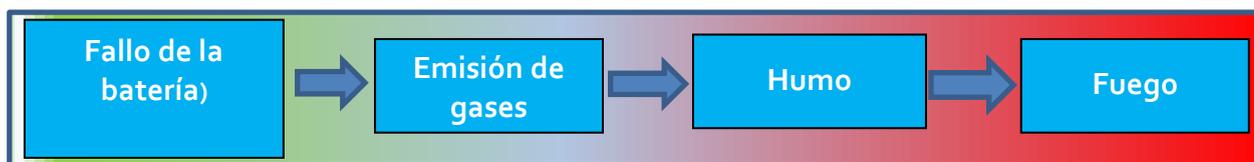


Figura 3: Etapas del fuego en baterías de iones de litio

4.3.1 Emisión de gases

La emisión de gases se produce antes del desbordamiento térmico, durante el venteo inicial de la celda de la batería, y aumenta cuando se produce el desbordamiento térmico y continúa después. Normalmente, las celdas cilíndricas y prismáticas tienen respiraderos de alivio de presión diseñados específicamente para liberar la sobrepresión. Las pilas de bolsa no suelen tener estos mecanismos de liberación de presión. En su lugar, la bolsa puede expandirse hasta cierto punto para dar cabida a cierto grado de desgasificación, pero está diseñada para reventar (a menudo a lo largo de una costura o punto débil deliberado) para que la sobrepresión se alivie de una manera o por una ubicación predecible. Esta desgasificación inicial ofrece una buena oportunidad para una intervención temprana, siempre que pueda detectarse.

4.3.2 Humo

Cuando la temperatura generada por una batería que falla empieza a superar los límites de diseño de los materiales de construcción, su descomposición producirá humo, formado específicamente por las partículas de descomposición que son transportadas por las corrientes térmicas de aire que acompañan a las altas temperaturas. En algunos casos, como cuando el fallo de la batería es instigado por calor externo, puede salir humo antes de que se produzca la emisión de gases. La detección temprana de humo en esta fase puede y debe utilizarse para iniciar las medidas de intervención. Por el contrario, cuando el calor se genera internamente debido a otros modos de fallo (por ejemplo, la sobrecarga), es más probable que se produzcan humo y altas temperaturas externas después de que se haya producido la emisión de gases (como se indica en la Figura 3).

² Ver estudio "Influence of Aging on the failing behavior of Automotive Lithium-Ion Batteries" publicado el 7 de abril de 2021 y disponible en - <https://www.mdpi.com/2313-0105/7/2/23>

4.3.3 Fuego

Con temperaturas elevadas, nubes de gases potencialmente inflamables y cantidades crecientes de humo, la transición a una situación de incendio y el desarrollo de llamas es casi inevitable, especialmente cuando el desbordamiento térmico no se controla y se propaga a las celdas adyacentes con un crecimiento exponencial de la temperatura.

4.4 Riesgos

Desde el momento en que se produce y desarrolla un incendio, la tarea a realizar pasa de la prevención a la supresión y contención del fuego. La mera presencia de baterías de iones de litio en una sala representa un riesgo considerable de incendio, tanto si están almacenadas como si están operativas. Por lo tanto, siempre hay que tomar medidas para limitar la propagación del fuego en caso de que se produzca. Así, la contención es una consideración fundamental en relación con la mitigación del riesgo y debe tener en cuenta las graves consecuencias de un incendio de baterías de iones de litio, entre las que se incluyen:

- liberación de gases tóxicos (HF, CO, CO₂, POF₃, etc.)
- liberación de calor
- combustión de materiales inflamables
- riesgo de explosión

4.5 El desbordamiento térmico y sus peligros

4.5.1 ¿Qué es un “desbordamiento térmico”?

El **desbordamiento térmico** de una batería de litio tiene lugar cuando una sola celda, o área dentro de la celda, alcanza temperaturas elevadas debido a un fallo térmico, fallo mecánico, cortocircuito interno o externo, descarga excesiva, sobrecarga o abuso electroquímico. Cuando la temperatura interna de la célula es lo suficientemente alta como para que se inflame el electrolito, que es un líquido orgánico, el material de óxido del cátodo se descompone y libera oxígeno. Por lo tanto, en la celda dañada hay ahora ingredientes de combustible (electrolito orgánico líquido) y oxígeno (de los óxidos en el cátodo) para un fuego que puede generar su propio oxígeno, haciéndolo extremadamente difícil de extinguir.

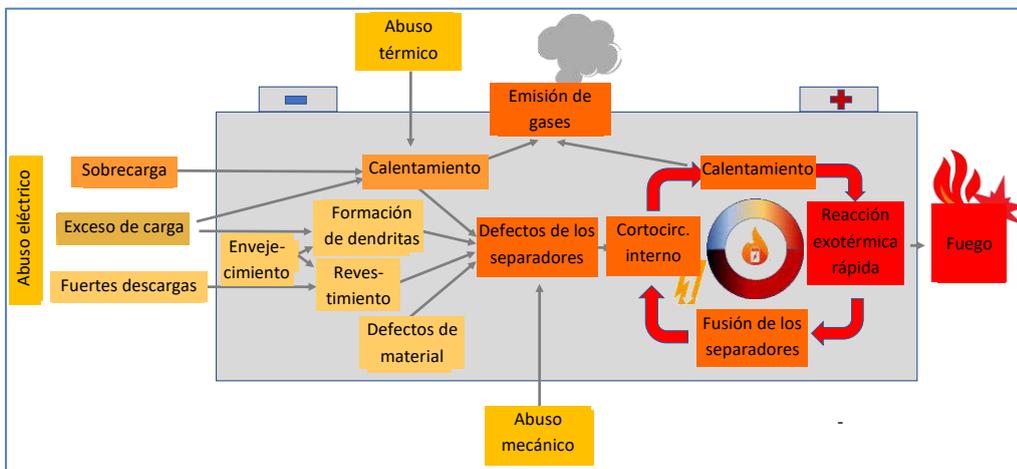


Figura 4: Relaciones causa-efecto que conducen al desbordamiento térmico de las celdas de iones de litio

A temperaturas elevadas (antes del desbordamiento térmico), comienza la descomposición exotérmica de los materiales de la celda. Como consecuencia, la presión interna dentro de la celda aumentará hasta que el vapor del electrolito se libere inicialmente a través de una válvula de alivio o por la fractura controlada de la carcasa. La detección temprana de los vapores liberados durante las fases iniciales de la desgasificación puede ofrecer una oportunidad para intervenir en los procesos que rodean a la batería, especialmente en los sistemas de carga y refrigeración que la sustentan. En esta fase, los gases dominantes son los disolventes de los electrolitos.

En algún momento, la velocidad de autocalentamiento de la célula se vuelve mayor que la velocidad a la que se puede disipar el calor a los alrededores, la temperatura de la célula aumenta exponencialmente, la estabilidad se pierde finalmente y se produce el desbordamiento térmico. En esta fase, los gases emitidos son indicativos de la descomposición térmica e incluyen CO, CO₂ y H₂. La pérdida de estabilidad también hace que toda la energía térmica y electroquímica restante se libere a los alrededores.

El **desbordamiento térmico** suele comenzar en una sola celda antes de que la propagación térmica cree un efecto dominó a través de las celdas adyacentes. En el caso de que se inicie dicho desbordamiento térmico:

- **no se ha demostrado que haya ninguna tecnología que detenga el desbordamiento térmico en una celda**
- no necesita oxígeno para desarrollarse
- inicialmente dura unos segundos sólo en una celda; dependiendo del número de celdas en un sistema de baterías y por efecto dominó puede durar desde horas hasta varios días en total.
- por lo tanto, conduce a una alta temperatura (más de 600°C) en los materiales, que puede durar muchas horas.

4.5.2 Causas del Desbordamiento Térmico

El diseño complejo e intrincado, la densidad energética cada vez mayor y el envejecimiento³ de la batería son las causas del peligro. Los defectos y los daños físicos también pueden crear cortocircuitos internos que provocan el fallo de las celdas. Otros sucesos que podrían provocar el fallo de las celdas surgen en el exterior de las mismas y, por tanto, pueden ser detectados. La fase de desbordamiento térmico presenta un aumento de la temperatura y de la liberación de calor, además del venteo / emisión de gases del electrolito inflamable y/o tóxico. Esto se acelera a medida que se acerca el fallo de la celda. Si no se toman medidas, se generará una mezcla explosiva de gas y aire: Si hay una fuente de ignición, puede producirse una explosión. Si no se detiene el calentamiento, se producirá un desbordamiento térmico.



Nota: *El potencial de desbordamiento térmico está influenciado por el estado de carga, las condiciones de funcionamiento, los materiales de los electrodos de la batería, el electrolito y el separador.*

³ Ver estudio "Influence of Aging on the Failing behavior of Automotive Lithium-Ion Batteries" publicado el 7 de abril de 2021 y disponible en <https://www.mdpi.com/2313-0105/7/2/23>

5 OBJETIVOS y RETOS de la PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El número creciente de baterías de iones de litio y la cantidad cada vez mayor de energía almacenada en las diferentes aplicaciones de almacenamiento de energía presentan un nuevo tipo de riesgo de incendio que no se comprende del todo en el mercado. La protección contra incendios es un reto a varios niveles, pero a efectos de este documento se divide en tres aspectos distintos:

- Prevención (protección pasiva / preventiva contra incendios):
 - Hay que aprovechar cualquier oportunidad para evitar que se produzca una situación que suponga una amenaza
 - La elección correcta de los materiales es esencial
 - Es necesario compartimentar y separar adecuadamente el equipamiento
 - La gestión precisa de la energía y el control de la alimentación durante la carga y la descarga de las baterías son esenciales.
 - Ver capítulo 6 para más detalles
- Detección de incendios:
 - La detección fiable de los primeros indicios de un suceso que suponga una amenaza puede dar tiempo a intervenir y evitar que la amenaza se agrave
 - Puede proporcionar una señal adecuada para la activación de un sistema de protección contra incendios si falla la intervención temprana
 - Ver el capítulo 7 para más detalles
- Protección contra incendios:
 - Extinguir las llamas externas, pero la extinción de las llamas por sí sola no es suficiente
 - El enfriamiento es esencial para reducir las altas temperaturas que se producen
 - Enfriamiento durante el proceso de desbordamiento térmico en el módulo inflamado (el diseño deberá garantizar que el enfriamiento sea posible durante un período lo suficientemente largo como para que el peligro disminuya)
 - Detener la propagación del desbordamiento térmico desde el módulo inflamado a otros módulos
 - Control de la liberación de la sobrepresión del módulo de la batería debido a la emisión de gases, es decir, evitar proyectiles, etc.
 - Ver el capítulo 8 para más detalles

En todas las etapas es importante tener en cuenta que hay diferentes fabricantes de baterías, numerosos tipos de baterías y de químicas en el mercado.

6 PROTECCIÓN PASIVA / PREVENTIVA CONTRA INCENDIOS

La protección pasiva y/o preventiva contra incendios se define como "la reducción del riesgo de incendios" o "la reducción de los daños en caso de incendio" mediante medidas preventivas. Esto puede realizarse hoy en día mediante:

6.1 Retardantes de llama añadidos para la estabilidad térmica de la batería

El término retardante de llama engloba un grupo diverso de sustancias químicas que se añaden a los materiales manufacturados, como plásticos y textiles, y a los acabados y revestimientos de superficies. Los retardantes de llama se activan ante la presencia de una fuente de ignición y están destinados a impedir o ralentizar el desarrollo de la ignición mediante una serie de métodos físicos y químicos diferentes.

6.2 Medidas a prueba de fallos

Medidas para detener y / o disminuir los daños causados por el desbordamiento térmico, incluyendo el apagado de la unidad y el venteo de la celda.

6.3 Compartimentos (protegidos contra incendios) como alojamiento adicional para las baterías

Un método para tratar los incendios en las baterías de iones de litio es confinar la batería y el fuego para evitar que se extienda a otras celdas o materiales. Esta puede ser una solución para los pequeños dispositivos portátiles alimentados por baterías. En este momento, por ejemplo, la mayoría de las aerolíneas comerciales entregan a las tripulaciones de los aviones una bolsa ignífuga que ha servido para confinar pequeños incendios de baterías en aviones.

A medida que aumenta el tamaño de la batería, la selección de los métodos de contención se vuelve más complicada. Por ejemplo, cuando se analizan los sistemas de los vehículos, el confinamiento añadirá peso al vehículo, lo que podría no ser la mejor solución, pero la protección del paquete de baterías de los daños mecánicos se utiliza como medida de compromiso.

En el caso de los sistemas de almacenamiento de energía de gran tamaño, el uso de muros cortafuegos entre los paquetes de celdas y su alojamiento en contenedores ISO separados puede mitigar la propagación del fuego de unos a otros. El uso de contenedores resistentes al fuego (normalmente de más de 90 minutos de resistencia al fuego) con alivio de explosión puede servir para sistemas grandes e incluso para vehículos después de un accidente. Estos contenedores también pueden estar equipados con un sistema de supresión o extinción.

6.4 Supervisión por un Sistema de Gestión de Baterías (BMS)

Un sistema de gestión de baterías (BMS), cuando se instala, puede proporcionar indicadores tempranos para la identificación de datos inusuales de funcionamiento de las baterías. Parámetros como la temperatura de la celda, el voltaje, la corriente, el estado de carga, etc., pueden ser monitorizados y controlados por el BMS y, en caso de datos anormales, se activa una alarma u otro control o acción.

Las acciones de mitigación pueden incluir:

- apagado parcial o total del sistema,
- aumento de la ventilación para reducir la posible acumulación de vapores explosivos,
- aumento de la refrigeración para extraer rápidamente todo el calor posible.

La desconexión y el aislamiento rápidos de los bancos de baterías individuales son esenciales para aprovechar las ventajas que ofrecen los sistemas de detección y extinción, que a su vez se activan cuando se producen eventos que escapan al control del BMS (o mal funcionamiento del propio BMS).

NOTA:



Un proyecto enmarcado en el Programa Horizon 2020 – "Electric Vehicle Enhanced Range, Lifetime and Safety Through INGenious battery management (EVERLASTING)" (Aumento del Alcance del Vehículo Eléctrico mediante la Gestión Ingeniosa de Baterías) - desarrollará tecnologías innovadoras para mejorar la fiabilidad, la vida útil y la seguridad de las baterías de iones de litio mediante el desarrollo de sistemas de control y gestión de baterías más precisos y estandarizados. Esto permite predecir el comportamiento de la batería en todas las circunstancias y a lo largo de toda su vida útil y posibilita una gestión proactiva y eficaz de las baterías, lo que redundará en una mayor fiabilidad y seguridad que permite prevenir los problemas en lugar de mitigarlos. Más detalles sobre este proyecto en <https://everlasting-project.eu/>

7 Tecnologías de DETECCIÓN

7.1 Introducción

En las aplicaciones y equipamiento con baterías de iones de litio se requiere una detección (muy) rápida de celdas o baterías que muestren signos anormales para evitar el desbordamiento térmico. Por ello, una detección temprana y fiable de incendios es una necesidad a la hora de diseñar sistemas de protección contra incendios para sistemas de baterías de iones de litio. Sin embargo, el entorno en el que se utilizan normalmente las baterías influye mucho en la idoneidad de las distintas soluciones, especialmente en usos móviles como una bicicleta o un coche, donde la mayoría de los sistemas de detección no se pueden instalar.

Además, cualquier incendio embrionario quizás iniciado en una zona adyacente debe extinguirse rápidamente mediante sistemas de extinción automatizados y específicos para evitar que un gran número de celdas, baterías o módulos de baterías sufran un desbordamiento térmico y se incendien ([ver siguientes capítulos](#)).

Cualquier incendio en las baterías de iones de litio comienza con la propagación de gas y partículas. Después de esto, en las siguientes etapas del desarrollo del fuego, el humo se hace visible con la subsiguiente formación de llamas.

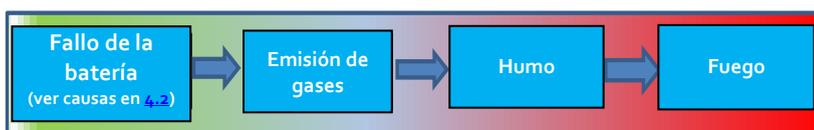


Figura 5: Etapas del incendio de una batería de iones de litio

Hay muchas tecnologías disponibles para detectar estos incendios en desarrollo en las diferentes etapas, pero antes de seleccionar un sistema de detección, hay que tener en cuenta algunos principios básicos:

- **Es posible una detección muy temprana del incendio basada en el gas o el humo tras comenzar el venteo inicial de una celda.** Después de un evento de venteo de este tipo, se puede realizar una detección fiable con diferentes tipos de tecnologías.
- **El sistema de detección desempeña un papel fundamental,** como una medida temprana para detener la propagación del desbordamiento térmico y limita significativamente el daño global.
- Dado que las diferentes tecnologías de detección y los tipos de detectores tienen características diferentes, **se debe seleccionar una solución adecuada caso por caso o según las aplicaciones / instalaciones.**

7.2 Detección de Gases y Partículas

Los productos y sistemas de alerta de gases detectan concentraciones moleculares de gases o vapores en el aire. Pueden ser sensibles a los productos típicos del desbordamiento térmico, como el hidrógeno (H₂), el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂), pero los sistemas sensibles a los disolventes orgánicos utilizados como electrolitos tienen el potencial de detectar los gases emitidos que, como se ha explicado anteriormente, pueden producirse antes de que se produzca el desbordamiento térmico.

En los cerramientos de las baterías, los detectores de gas sensibles al H₂, al CO o al CO₂ pueden proporcionar alertas y estar vinculados a los sistemas de gestión de baterías y de protección contra incendios. Los sensores de gas son capaces de detectar niveles tan bajos como 1 ppm, proporcionando una alerta temprana.

Los sistemas que pueden detectar los gases o las partículas que se desprenden durante la emisión de gases en bajas concentraciones pueden alertar con antelación de un desbordamiento térmico inminente y activar los sistemas de apagado para aislar eléctricamente la celda, el banco o el conjunto de celdas de la batería y evitar así que se produzca el desbordamiento térmico. Estos sistemas se basan generalmente en un grado de cerramiento alrededor de las baterías, como un contenedor SAE o una sala que albergue grandes bancos de baterías. Normalmente, se utilizan detectores de humo por aspiración de alta sensibilidad como detectores de partículas que responden a las nubes de vapor de los gases que se expulsan en lugar de a las moléculas aisladas de gas o HC.

Para una detección eficaz de los gases de emisión, hay que tener en cuenta los sistemas de ventilación. Sin embargo, a menudo se utiliza el movimiento del aire para mantener las baterías frías durante las operaciones normales de carga. Por lo tanto, los sensores de situaciones de emisión de gases deben estar colocados estratégicamente y ser lo suficientemente sensibles como para detectar los primeros signos de incidencias de emisión de gases antes de que se diluyan demasiado o, en el caso de los vapores, se hayan dispersado de nuevo al estado gaseoso.

Además, los sistemas de detección de incidencias de gases emitidos, colocados estratégicamente, pueden proporcionar un conocimiento de la situación del estado interior de una instalación; por ejemplo, proporcionando información sobre el lugar donde se inició la incidencia para ayudar al personal que responde ante ella, así como información más general sobre cualquier riesgo peligroso o tóxico que pueda indicar que no es apropiado entrar en la instalación.

En la actualidad, no existen normas europeas de producto específicas para los detectores de gases emitidos.

7.3 Detección de Calor

7.3.1 Detectores de Tipo Puntual

Los detectores de calor están equipados con un elemento sensible a la temperatura y funcionan como:

a) Detectores de Temperatura Fija

En estos detectores se define una temperatura máxima. Al superar esta temperatura, el detector pasa al estado de alarma. Estos detectores sólo reaccionan cuando se alcanza una determinada temperatura, independientemente de la densidad del humo y de otros valores característicos.

b) Detectores de tasa de incremento de la temperatura

En el caso de los detectores de tasa de incremento de temperatura, se define el aumento de temperatura por unidad de tiempo necesario para que se active una alarma (K/min). Si el aumento de temperatura medido por unidad de tiempo supera este umbral, se activa una alarma. Los detectores de temperatura por tasa de incremento suelen basarse en el principio de funcionamiento de un termistor.

7.3.2 Detectores Térmicos Lineales.

Los sistemas lineales de detección de calor constan de un sensor de tipo lineal y una unidad de evaluación. El sensor es un cable con conductores eléctricos u ópticos, un cable con varios sensores o un tubo. Estas unidades de evaluación pueden conectarse a sistemas de nivel superior, lo que permite la visualización de los valores medidos y el control / liberación de otras varias acciones (por ejemplo, la protección contra incendios).

7.3.3 Cámaras IR

Una cámara termográfica, también llamada cámara de infrarrojos (IR) o cámara de imagen térmica, es un dispositivo que crea una imagen utilizando la radiación infrarroja, similar a una cámara común que forma una imagen utilizando la luz visible. La práctica de capturar y analizar los datos que proporcionan se denomina termografía.

La teoría de su funcionamiento se basa en el hecho de que todos los objetos emiten una determinada cantidad de radiación en función de su temperatura. En general, cuanto más alta es la temperatura de un objeto, más radiación infrarroja se emite. Una cámara de infrarrojos puede detectar esta radiación de forma similar a como una cámara normal detecta la luz visible. Funciona incluso en la oscuridad total porque el nivel de luz ambiental no importa. Esto hace que sea útil para cualquier operación en aplicaciones sin luz y para su uso 24/7.

NOTA:



En la mayoría de los casos, la detección de calor no puede considerarse como una detección temprana, especialmente para la aplicación de este documento. Sin embargo, se menciona de todos modos para dar una visión general y en caso de que ningún otro principio de detección sea aplicable en una aplicación específica.

7.4 Detección de Humo

Las partículas transportadas por el aire muestran diferentes tipos y rangos de tamaño. La zona azul muestra una distribución de tamaño de partícula típica del humo de un incendio con un máximo de partículas en torno a 0,2 μm de tamaño de partícula. La zona roja muestra una distribución del tamaño de las partículas de polvo con un máximo de 90 μm .

Aunque la figura 2 indica que la mayoría de las partículas de humo tienen un tamaño inferior a 1 μm (área azul) y que los fenómenos engañosos, como las partículas de polvo, suelen ser mayores de 1 μm (área roja), la distinción no es tan clara, especialmente cuando las partículas de humo/vapor se

aglomeran o cuando el polvo es especialmente fino. Sin embargo, el principio puede ayudar a los detectores de humo muy sensibles a lograr cierto nivel de discriminación entre las partículas de humo y las posibles falsas alarmas.

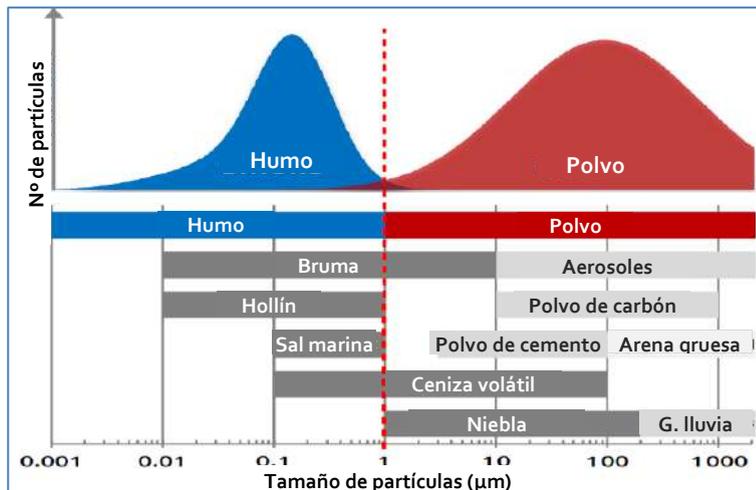


Figura 6: Tamaño de partículas de humo y polvo

7.4.1 Detectores de humo puntuales y multisensores

Son los detectores más comunes utilizados en los sistemas de seguridad contra incendios. Se utilizan en zonas en las que es de esperar que se produzcan incendios incipientes que generen humo y en las que se produzcan pocos o ningún fenómeno que provoquen falsas alarmas. Los más utilizados son los detectores de humo por reflexión de la luz. Funcionan ópticamente, detectando la luz dispersada por el humo, aunque históricamente utilizaban una cámara de ionización. Son especialmente adecuados para detectar pequeñas partículas de humo.

Cada vez son más comunes los detectores multisensoriales de tipo puntual que combinan la detección óptica de humo y la detección de calor (y en algunas variantes también de CO). Gracias a la interconexión inteligente de las señales de los sensores, estos detectores pueden ofrecer una detección más fiable.

7.4.2 Detectores de humo lineales (de haz)

Los detectores de humo lineales (de haz) funcionan midiendo la atenuación de la luz causada por el humo. Los sistemas que alojan el emisor y el receptor en la misma carcasa utilizan un reflector a distancia y tienen la ventaja de que sólo necesitan ser cableados en la línea de detectores en un punto, y su mantenimiento es más sencillo. En los sistemas sin reflector, el emisor y el receptor están separados. Sin embargo, ambos sistemas funcionan según el mismo principio de medición.

Los detectores de humo lineales (de haz) se utilizan en áreas en las que se espera que se genere humo y en las que no se pueden utilizar detectores de humo de tipo puntual. Las áreas de aplicación típicas de los detectores de humo lineales (de haz) son:

- salas muy altas (atrios, hangares)
- grandes naves en las que el mantenimiento de los detectores puntuales sería más difícil o más caro que el de los detectores de humo lineales
- edificios históricos en los que no se desea instalar detectores puntuales por razones estéticas

NOTA:



En la mayoría de los casos, la detección de humo lineal (de haz) no puede considerarse una tecnología de detección temprana, especialmente para la aplicación de este documento. Sin embargo, se menciona de todos modos para dar una visión general y en caso de que no sea aplicable ningún otro principio de detección en una aplicación específica.

7.4.3 Detectores de humo por aspiración

Los detectores de humo por aspiración (también conocidos como detectores de humo por muestreo de aire o ASD) funcionan aspirando muestras de aire de la zona supervisada a la cámara de detección a través de una red de tubos mediante un sistema de aspiración o ventilador adecuados.

Los ASD suelen incorporar filtros para eliminar partículas de polvo que pueden provocar una falsa alarma y también pueden incorporar una tecnología que les permita detectar y distinguir entre las partículas similares al humo ($\sim 0,2 \mu\text{m}$) y el polvo (tamaño de partícula $>1 \mu\text{m}$). Suelen utilizarse cuando es necesario detectar el humo lo antes posible y los detectores de tipo puntual son demasiado insensibles o no son lo suficientemente resistentes a la suciedad. Los detectores de humo por aspiración de alta sensibilidad son capaces de detectar incidencias de emisión de gases mediante la detección de la mezcla de gas y partículas en el gas emitido por las baterías de iones de litio mediante la detección de partículas como sensores de gas de alerta temprana.

7.5 Detección de Llamas

Los detectores de llamas convierten la radiación electromagnética emitida por las llamas en una señal eléctrica. Para descartar en la medida de lo posible los fallos y el efecto de la luz solar, la luz reflejada, las lámparas y otras fuentes de luz, el rango de detección de los detectores se desplaza del rango visible al invisible. Por ello, la mayoría de los detectores de llamas operan en el rango ultravioleta o infrarrojo y también controlan el parpadeo característico que producen las llamas.

Los detectores de llama se utilizan en zonas en las que pueden producirse incendios muy rápidamente y en las que deben controlarse grandes áreas abiertas.

7.6 Detección de Humo e Incendios por Vídeo (VFD)

La detección de incendios y humo por vídeo se basa en los vídeos de las cámaras, combinados con un análisis de vídeo inteligente. Se utiliza en muchas aplicaciones de seguridad y protección, especialmente en entornos difíciles y grandes áreas abiertas.

Los VFD tienen potencial para minimizar el tiempo de detección en comparación con las otras técnicas descritas anteriormente, tanto en aplicaciones de interior como de exterior, porque las cámaras pueden supervisar "volúmenes" y no tienen que esperar a que el humo llegue a ellas. Sin embargo, todavía son una tecnología emergente y se basan en complejos algoritmos para diferenciar situaciones parecidas a las del humo o llamas de una incidencia real de humo o fuego.

8 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (SUPRESIÓN Y EXTINCIÓN)

Los sistemas de extinción automática extinguen o previenen los incendios incipientes para proteger objetos, habitaciones o edificios enteros de los incendios y sus consecuencias.

Los agentes extintores utilizados para este fin son líquidos (agua), bifásicos (espuma), sólidos (polvo), gaseosos (gases) o aerosoles. Dependiendo del agente extintor, se desplaza el calor y/o el oxígeno del fuego, es decir, se separa del combustible. El efecto extintor o supresor comienza durante el tiempo de inundación y finaliza tras la expiración del tiempo de mantenimiento. La intervención y la activación del sistema de protección contra incendios deben armonizarse en consecuencia.

Una cuestión clave en cualquier sistema de protección contra incendios: La distribución de cada sistema y, sobre todo, la descarga correcta del agente extintor/supresor con una presión suficiente son decisivos para el correcto funcionamiento del sistema de extinción/supresión. Por supuesto, no sólo el diseño y la distribución de un sistema, sino también la instalación correcta, el uso de sistemas aprobados⁴ y el mantenimiento constante por parte de personal⁵ debidamente formado y certificado son cuestiones clave.

8.1 Sistemas automáticos de agua

El agua es el agente extintor más utilizado y más difundido. Se utiliza en diferentes sistemas de rociadores, así como en sistemas de agua pulverizada y agua nebulizada. Mientras que la activación de los sistemas de rociadores es, en su mayoría, sensible a la temperatura, otros sistemas requieren generalmente la activación por parte de detectores automáticos de incendios.

El objetivo principal de los sistemas basados en agua es la protección del edificio y de los espacios. Para la protección de los equipos eléctricos, se deben considerar los riesgos de daños en los equipos asociados a los sistemas basados en el agua.

El efecto de refrigeración de los sistemas automáticos de agua depende de la configuración de la batería y puede ser difícil llegar a la zona en llamas (*zonas de sombra de la aspersión*).

Efectividad: Gran efecto refrigerante, evita la propagación del fuego a otros objetos



NOTA: Los agentes basados en agua son conductores de la electricidad a menos que se utilice agua desionizada. El agua desionizada se convertirá en conductora de la electricidad en presencia de compuestos, como la sal, que pueden estar presentes en la zona de riesgo.

8.1.1 Sistemas de Rociadores

El sistema automático más utilizado que emplea agua es el sistema de rociadores. Estos sistemas se emplean en casi todos los campos de la industria, grandes empresas, grandes almacenes, garajes, lugares de reunión, escuelas, hospitales, hoteles, aeropuertos, etc. Constan de boquillas especiales, mantenidas cerradas por elementos frágiles sensibles al calor, montadas en tuberías de acero, a nivel del techo o del tejado, y conectadas a un suministro de agua específico mediante válvulas de control. El calor de un incendio hace que uno o varios rociadores se abran para descargar agua sobre el foco del incendio y los combustibles adyacentes. La cantidad de agua y el número de rociadores que se espera que se abran aumentarán a medida que la densidad de la carga de fuego y la tasa de crecimiento del incendio aumenten.

Los rociadores se activan automáticamente de forma individual cuando la temperatura en la cabeza del rociador supera un valor crítico. Como la activación activa automáticamente el suministro de agua, los sistemas de rociadores también sirven como sistemas de detección de incendios e inician una alarma.

Efectividad: Gran efecto refrigerante, evita la propagación del fuego a otros objetos

⁴ Ver "Guía sobre sistemas gaseosos: sistema aprobado versus componentes aprobados" disponible públicamente ver: <https://euralarm.org/euralarm-publications/public-guidelines/guidance-on-gaseous-systems-approved-systems-versus-approved-components>

⁵ Véase el documento de orientación de Euralarm sobre "Mantenimiento de sistemas /equipamiento de extinción" – publicado Q4/2021

8.1.2 Sistemas de Agua Pulverizada y de Diluvio

Los sistemas de diluvio (también llamados "Agua pulverizada") son, en términos de configuración, similares a los sistemas de rociadores. Las dos diferencias más significativas son que el sistema está provisto de cabezales o boquillas rociadoras abiertas; los cabezales de agua pulverizada no tienen elementos sensibles al calor y para activar las válvulas de alcance de agua pulverizada, se requiere un sistema de detección de incendios separado.

Los sistemas de agua pulverizada aplican el agua a través de muchos cabezales de pulverización. El sistema de diluvio se ha desarrollado para zonas con una carga de combustible especialmente alta, como las instalaciones de almacenamiento de combustible en las que cabe esperar un rápido crecimiento del fuego. En estos casos se necesita una detección de incendios más rápida que la proporcionada por los cabezales frágiles, de modo que el agua pueda aplicarse antes para atacar el fuego antes de que crezca hasta desbordar el sistema.

Debido a los grandes volúmenes de agua que se descargan, los sistemas de pulverización de agua requieren una gran capacidad de suministro de agua.

La detección electrónica permite una liberación de agua más rápida en comparación con los rociadores automáticos.

Efectividad: Gran efecto refrigerante, evita la propagación del fuego a otros objetos

8.1.3 Sistemas de Agua Nebulizada

Los sistemas de agua nebulizada utilizan pequeñas gotas de agua para enfriar las llamas y sofocar con vapor los incendios mediante la rápida evaporación del agua. Además, el agua nebulizada bloquea el calor radiante para proteger los alrededores.

A diferencia de la tecnología de aspersión convencional, estos sistemas intentan conseguir un espectro de gotas con los diámetros más pequeños posibles aplicando tecnologías de baja o alta presión (y boquillas especialmente diseñadas). Las gotas pequeñas tienen una mayor relación entre superficie y volumen de agua, lo que permite una evaporación más rápida y una refrigeración más eficaz. En comparación con los sistemas de rociadores, la tecnología de agua nebulizada pretende aplicar volúmenes de agua considerablemente menores, como han demostrado las pruebas y las homologaciones. Su base de diseño se determina siempre mediante pruebas de incendio a escala real. Por lo tanto, el agua nebulizada sólo debe utilizarse para la protección de las baterías de iones de litio cuando exista un protocolo de pruebas establecido.

La detección electrónica, cuando se emplea, permite una liberación de agua más rápida en comparación con los rociadores automáticos.

Efectividad: Gran efecto refrigerante, evita la propagación del fuego a otros objetos

8.2 Sistemas de Extinción de Incendios por Gas

Los sistemas de extinción por gas utilizan gases inertes, CO₂ o agentes extintores sintéticos. Los gases inertes y el CO₂ extinguen por desplazamiento de oxígeno, los agentes extintores sintéticos extinguen por absorción de calor. Están diseñados para extinguir un incendio en entornos sensibles en los que no se desea el uso de agua u otros agentes de extinción debido al riesgo de que se produzcan daños.

Los agentes extintores gaseosos son eléctricamente no conductores, volátiles y gaseosos cuando se utilizan como extintores, que no dejan residuos al evaporarse. Los sistemas de extinción gaseosos se utilizan a menudo cuando el agua como medio de extinción no es deseable o cuando las propiedades particulares de un gas son más apropiadas. Los sistemas de extinción por inundación total que utilizan agentes limpios se utilizan principalmente para proteger los riesgos que se encuentran en recintos cerrados (para preservar la concentración del agente). Como el gas es tridimensional, los agentes extintores gaseosos son muy eficaces para penetrar en cualquier hueco de la zona del peligro.

Los sistemas de extinción de incendios por gas son una forma muy eficaz de proteger riesgos críticos y bienes de gran valor, cuando es importante no tener daños colaterales causados por el extintor o los residuos. Para cualquier tipo de

riesgo eléctrico (centro de datos, salas de TI, salas de control, salas de conmutación, etc.) o bienes o materiales muy sensibles/valiosos (arte, antigüedades, libros raros, etc.), suelen ser la primera opción. Un factor adicional es la seguridad de las personas, ya que muchas de estas aplicaciones están ocupadas por personas, ya sea de forma permanente u ocasional. Son adecuados para la inundación total y consisten esencialmente en una fuente donde el gas se almacena a presión en contenedores, y un sistema de tuberías por el que se transporta desde la fuente hasta los puntos de descarga. En la actualidad, los sistemas de extinción gaseosa disponen de gases inertes y CO₂, asfixiantes del fuego, y agentes extintores sintéticos (halocarbonos).

Como la extinción es rápida, el equipo puede salvarse de daños innecesarios causados por el fuego y el humo (contiene productos de descomposición del combustible y potencialmente del agente extintor), se requiere muy poca limpieza después de la extinción. Como no son conductores de la electricidad, su uso es seguro en este sentido.

Para todos los agentes gaseosos, las fugas del recinto pueden compensarse utilizando una descarga extendida. Sin embargo, se requiere un volumen de recinto definido para cualquier sistema de inundación total y generalmente se prefiere un recinto bien sellado a cualquier forma de compensación de fugas.

NOTA:  *Para todos los agentes gaseosos, las fugas del recinto pueden compensarse utilizando una descarga extendida. Sin embargo, se requiere un volumen de recinto definido para cualquier sistema de inundación total y generalmente se prefiere un recinto bien sellado a cualquier forma de compensación de fugas.*

En los siguientes subcapítulos se describen más detalles sobre las características de los distintos agentes gaseosos.

8.2.1 Sistemas de Gas Inerte

Los sistemas de extinción de incendios por gas inerte utilizan gases inertes naturales como el nitrógeno, el argón o mezclas de gases inertes, incluida una mezcla que contiene CO₂. Extinguen el fuego reduciendo las concentraciones de oxígeno en el recinto, y son adecuados para ser utilizados en los riesgos de incendio de clase A, B y C.

Los gases inertes no dejan residuos ni subproductos cuando se exponen al fuego. Los gases inertes tienen un GWP (potencial de calentamiento global) nulo, un ODP (potencial de agotamiento de la capa de ozono) nulo y es seguro utilizarlos en zonas ocupadas.

Los agentes de gas inerte tienen una densidad similar a la del aire y son menos sensibles a las fugas del recinto protegido. Sin embargo, como se almacenan como gases presurizados, el número de contenedores utilizados en un sistema puede ser mayor que con los sistemas de agentes halocarbonados. El almacenamiento a alta presión es muy útil porque permite una distribución donde los contenedores se sitúen a una distancia considerable del recinto protegido.

Efectividad:

- Potencial para frenar el desbordamiento térmico mediante la extinción del electrolito
- Prevención de atmósferas explosivas en el recinto
- Distribución rápida del agente dentro de la zona del riesgo
- Capacidad para extinguir incendios en equipos eléctricos cercanos
- Capacidad de extinción de incendios con electrolitos
- Permite tiempos de retención más largos, cuando la caja está bien sellada
- Permite tiempos de retención más largos en recintos no herméticos, por descarga prolongada

8.2.2 Sistemas de Halocarbonados

Los sistemas de extinción de halocarbonados utilizan una gama de agentes extintores sintéticos. Extinguen el fuego predominantemente por medio de la absorción de calor. Son adecuados para riesgos de incendio de clase A, B y C.

La generación actual de gases halocarbonados puede usarse de forma segura en áreas ocupadas y tiene cero ODP (potencial de agotamiento del ozono). Los agentes halocarbonados de uso común tienen un GWP (potencial de calentamiento global) entre 1 y 3500.

Los agentes halocarbonados se almacenan como líquidos, usan concentraciones de extinción relativamente bajas y, como tales, necesitan una capacidad de almacenamiento de agente significativamente menor. En general, los contenedores deben ubicarse más cerca del área protegida que con los sistemas de gas inerte, pero los sistemas de mayor presión pueden solucionar algunas de estas limitaciones.

- Efectividad:
- Capacidad para ralentizar el desbordamiento térmico mediante la extinción del electrolito
 - Capacidad para extinguir rápidamente los incendios
 - Prevención de atmósferas explosivas en el recinto
 - Rápida distribución del agente dentro del área de riesgo (10s)
 - Capacidad para extinguir incendios en equipos eléctricos cercanos
 - Capacidad de extinción de incendios con electrolitos
 - Permite realizar descargas múltiples

8.2.3 Sistemas de Dióxido de Carbono

Los sistemas de extinción por dióxido de carbono utilizan dióxido de carbono (CO₂), que es un gas incoloro, inodoro y no conductor de la electricidad. Es muy eficaz como agente extintor de incendios, principalmente porque desplaza el oxígeno y contribuye en cierta medida al enfriamiento.

El gas dióxido de carbono tiene una tasa de expansión alta, lo que permite que los sistemas de extinción de incendios de CO₂ actúen rápidamente. Dado que el dióxido de carbono es un gas, no es necesario limpiar tras la descarga de un sistema de extinción de incendios con CO₂.

El CO₂ se almacena en forma líquida, como los halocarbonados, pero utiliza concentraciones de diseño significativamente más altas y, por lo tanto, no logra la misma eficiencia en su almacenamiento.

Aunque los sistemas de extinción de CO₂ son muy eficaces en la extinción de incendios, el agente de CO₂ también supone un **riesgo mortal** para las personas que se encuentren en la zona de exposición, a concentraciones muy inferiores a las necesarias para la extinción de incendios. Por esta razón, los sistemas de extinción de incendios con CO₂ sólo deben utilizarse en espacios no ocupados.

- Efectividad:
- Posibilidad de frenar el desbordamiento térmico mediante la extinción del electrolito
 - Prevención de atmósferas explosivas en el recinto
 - Capacidad para extinguir incendios en equipos eléctricos cercanos
 - Capacidad para extinguir el fuego de los electrolitos
 - Permite tiempos de permanencia más largos en recintos no herméticos, mediante una descarga prolongada

8.3 Sistemas basados en Agua y Espuma

Los medios basados en agua y espuma utilizan aditivos dosificados en una corriente de agua. Las espumas suelen estar formuladas para cubrir y sofocar incendios de líquidos inflamables.

Incluyen espumas estándar de clase B, espumas de clase A, agentes humectantes y dispersiones.



NOTA: *El uso de espumas ignífugas fluoradas se verá restringido en el futuro, por lo que se aconseja tenerlo en cuenta en la elección del agente.*

8.3.1 Espumas Estándar de Clase B

Las espumas de clase B se basan en productos químicos fluorados o sin flúor y se dividen en tres clases que se distinguen en función del volumen de aire:

⇒ **Sistemas de espuma de expansión baja (índice de expansión de la espuma < 20)**

La expansión baja se utiliza comúnmente en grandes incendios de hidrocarburos, como en el almacenamiento de tanques, refinerías, aeropuertos y barcos.

⇒ **Sistemas de espuma de expansión media (relación de expansión de la espuma ≥ 20 a < 200)**

Los sistemas de espuma de expansión media están destinados a proporcionar protección, tanto en interiores como en exteriores, contra los derrames de líquidos inflamables cuando la espuma puede aplicarse suavemente cerca del peligro, para acumularse rápidamente y proporcionar una buena supresión de vapores.

⇒ **Sistemas de espuma de expansión alta (relación de expansión de la espuma ≥ 200)**

Los sistemas de espuma de expansión alta dispensan espuma desde varios generadores de espuma de alta expansión para rellenar el volumen en el que pueden existir incendios (de clase A o de clase B) a varios niveles. Son adecuados para grandes volúmenes, túneles de cables, cámaras frigoríficas, sótanos, etc. Aunque es predominantemente adecuado para su uso en interiores, la espuma de alta expansión puede utilizarse en zonas exteriores, al abrigo de los efectos del viento.

8.3.2 Espumas de Clase A

Las espumas de clase A están específicamente formuladas para combatir los incendios que contienen materiales de clase A. Las aplicaciones típicas incluyen incendios forestales e incendios de residuos.

8.3.3 Agentes Humectantes / Dispersiones Acuosa

Los agentes humectantes reducen materialmente la tensión superficial del agua corriente y aumentan su capacidad de penetración y propagación. Al igual que las espumas de clase A, las aplicaciones típicas incluyen los incendios forestales y los incendios de residuos. La mayoría de los agentes humectantes utilizan materiales naturales de origen vegetal y no hay que tener en cuenta nada más que la consideración medioambiental de las espumas fluoradas al utilizar este sistema.

Las dispersiones acuosas pueden incluir una dispersión acuosa de vermiculita exfoliada químicamente que se aplica en forma de niebla. La vermiculita es el nombre dado a un grupo de silicatos laminares hidratados de aluminio-hierro-magnesio.

La exfoliación química de la vermiculita produce plaquetas individuales microscópicas que se suspenden libremente en el agua, lo que produce una dispersión acuosa estable de vermiculita. Las partículas de vermiculita se depositan en la superficie de la célula de combustión, creando una película sobre la superficie. La película se seca instantáneamente y las plaquetas de vermiculita se superponen entre sí y se unen. Esto forma una barrera física no inflamable al oxígeno entre la fuente de fuego y la atmósfera. Este proceso puede tener un efecto de enfriamiento en el fuego.

Los agentes humectantes / acuosa pueden utilizarse en instalaciones fijas, extintores portátiles, extintores móviles y en extintores de mochila.

Efectividad: Depende del método de aplicación y de los tipos de fuego

8.4 Sistemas de Polvo

Los sistemas de polvo son muy eficaces en la supresión de incendios. Cuando se descargan, el polvo actúa como un fluido bifásico, un sólido suspendido en un gas, lo que les permite ser muy eficaces en los lugares donde hay obstrucciones y no sufren un impacto significativo en su rendimiento por la sombra de pulverización, como ocurre con otros tipos de agentes. Los agentes en polvo pueden utilizarse tanto en espacios no cerrados como en recintos cerrados.

El principal mecanismo por el que la mayoría de los polvos suprimen los fuegos es la inhibición de la reacción química en cadena. Los agentes de polvo generalmente no son tóxicos.

Hay diferentes tipos de agentes en polvo, cada uno de los cuales proporciona diferentes niveles de capacidad de supresión.

- Efectividad:
- Distribución rápida del agente en la zona de riesgo
 - Los volúmenes protegidos no tienen que estar sellados para contener el agente
 - Capacidad de ralentizar la propagación del desbordamiento térmico a las celdas vecinas
 - Capacidad para extinguir incendios en equipos eléctricos cercanos
 - Capacidad para extinguir incendios rápidamente

8.5 Sistemas de Aerosol Condensado

Los sistemas de aerosol condensado utilizan equipos de control y supervisión similares a los de los sistemas de extinción de incendios por gas. También inundan la sala con el agente extintor, sin embargo, a diferencia de los sistemas de extinción de incendios por gas, los sistemas de aerosol condensado consisten en un compuesto sólido en bloque almacenado en un contenedor no presurizado (o generador), que se monta directamente en la zona protegida.

El aerosol está formado por partículas sólidas de tamaño micro o nano suspendidas en otra sustancia, como el gas, sin estar disueltas en él. El fuego se extingue inhibiendo la reacción química en cadena que supone un incendio.

Aunque los sistemas de aerosol condensado son muy eficaces en la extinción de incendios, el agente puede suponer un riesgo para la salud de las personas que se encuentren en la zona de exposición. Por lo tanto, en áreas ocupables, el diseño del sistema debe contemplar las precauciones de seguridad mencionadas en las normas. La determinación del uso de un agente en espacios normalmente ocupados, normalmente desocupados o desocupados se basará en una evaluación de los efectos adversos.

Dado que los sistemas de extinción por aerosol pueden diferir significativamente en su composición, su idoneidad para la extinción de incendios de baterías de iones de litio debe probarse y comprobarse caso por caso.

- Efectividad:
- Sin efecto de enfriamiento
 - Posibilidad de ralentizar el desbordamiento térmico mediante la extinción de un incendio que afecte al electrolito
 - Capacidad para extinguir rápidamente los incendios
 - Rápida distribución del agente dentro del riesgo
 - Capacidad de extinción de incendios con electrolitos
 - Capacidad para extinguir incendios en equipos eléctricos cercanos
 - Permite tiempos de retención más largos en recintos no herméticos
 - Prevención de atmósferas explosivas en el recinto

8.6 Sistemas de Reducción del Oxígeno

Los sistemas de reducción de oxígeno suelen estar diseñados para suministrar nitrógeno puro, o aire con una composición premezclada con mayor cantidad de nitrógeno, en un recinto protegido con el fin de mantener una concentración de oxígeno de entre el 13% y el 16%. Cuando la concentración de oxígeno se reduce a alrededor del 13%, las condiciones son similares a la atmósfera creada tras la descarga de gas nitrógeno por un sistema destinado a extinguir incendios de superficie.

Un entorno mantenido continuamente con el nivel adecuado de oxígeno impide el desarrollo de la combustión con llamas en los materiales que dan lugar a incendios de clase A. Podrían necesitarse concentraciones más bajas para algunos materiales, en particular si hay riesgo de combustión profunda (normalmente se requieren concentraciones considerablemente más bajas para extinguir tales incendios) y para los combustibles que dan lugar a incendios de clase B.

Aunque es probable que la combustión con llamas se suprima en estas circunstancias, la presencia de una fuente de calor sigue dando lugar a pirólisis. Hay que tener en cuenta la posibilidad de que se produzca combustión sin llama y/o generación de productos de combustión incompleta en condiciones de poco oxígeno.

El diseño de los sistemas de reducción de oxígeno debe determinarse mediante pruebas de fuego pero, hasta la fecha, no se han publicado datos de pruebas específicas en relación con los incendios de baterías de iones de litio. Los sistemas de reducción de oxígeno pueden evitar la formación de columnas de llama, pero esto puede dar lugar a un exceso de humos tóxicos e inflamables que salgan del recinto y que deban ser tratados. Por lo tanto, los sistemas de reducción de oxígeno sólo deben utilizarse para la protección de las baterías de iones de litio cuando se hayan realizado pruebas específicas.

Efectividad: Disminuye el riesgo de incendio debido a una atmósfera inflamable tras la liberación de gases

8.7 Extintores Portátiles

Los extintores portátiles sólo deben utilizarse en pequeños dispositivos individuales recargables y portátiles y en otros artículos electrónicos de uso común (como ordenadores portátiles, teléfonos móviles, cigarrillos electrónicos, herramientas eléctricas, etc.) que contengan baterías de iones de litio que hayan sido desconectadas de la red eléctrica. Puede que no sea posible la extinción completa, pero el uso de un extintor de agua o de base acuosa cercano debería evitar que el fuego se propague a otros materiales cercanos, mientras se da la alarma.

Hay varios tipos de agentes que se utilizan en los extintores portátiles (a base de agua, CO₂, polvo, etc.), pero los agentes a base de agua son los únicos aplicables a los incendios de baterías de iones de litio.

No utilice extintores portátiles para alta tensión o para baterías de mayor capacidad (como en los EV, PHEV o SAE).

9 DISEÑO DE SOLUCIONES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN DIFERENTES APLICACIONES

9.1 Principios de Diseño

Cada aplicación requiere una solución específica, basada en el uso de sistemas aprobados⁶, ya que no existe un concepto de protección que se adapte por igual a todas las aplicaciones.

Antes de seleccionar el concepto óptimo, hay que considerar los objetivos de las medidas, el concepto de protección y los posibles efectos secundarios de las tecnologías utilizadas. Además de las opciones técnicas disponibles en el mercado (ver los capítulos 6 y 7), hay que tener en cuenta la situación medioambiental completa de la aplicación.

El concepto debe proporcionar un enfoque holístico que debe incluir la consideración de:

- Evaluación de riesgos
- Objetivos y metas de protección
- Protección pasiva / preventiva contra incendios
- Evitar la propagación del fuego a las baterías y zonas adyacentes
- Sistema de gestión de baterías (detección de fallos en las baterías)
- Tipo de sistema de detección de incendios / humos
- Sistema de detección de emisiones de gases
- Sistema de inertización automática
- Sistema de extinción automática
- Efectos secundarios
- Ventilación / Extracción
- Sistema de liberación de sobrepresión
- Normas aplicables
- Normativa nacional o regional de los cuerpos de bomberos

9.2 Aplicaciones (situaciones ambientales de las baterías de iones de litio)

En el capítulo 3.1 de este documento se mencionan 5 tipos de aplicaciones de baterías de iones de litio:

- I. Dispositivos portátiles y otros artículos electrónicos de uso común
- II. Micromovilidad Eléctrica
- III. Sistema de alimentación de emergencia o SAI
- IV. Movilidad Eléctrica y Automoción Eléctrica
- V. Sistemas de Almacenamiento de Energía

Esta clasificación sólo se refiere a las respectivas capacidades de las baterías y, por tanto, a las distintas cargas de fuego. Sin embargo, para la información sobre la aplicabilidad de determinadas tecnologías de protección contra incendios, debe considerarse en qué entornos se encuentran estos productos o sistemas equipados con baterías de iones de litio. Esto significa que el producto o sistema respectivo debe ser considerado en su entorno respectivo para poder definir la solución óptima para la protección contra incendios.

A continuación, se describen una serie de situaciones ambientales actualmente conocidas con detalles del concepto de detección y extinción:

⁶ Ver "Guía sobre sistemas gaseosos: sistema aprobado versus componentes aprobados" disponible públicamente ver: <https://euralarm.org/euralarm-publications/public-guidelines/guidance-on-gaseous-systems-approved-systems-versus-approved-components>

9.2.1 Baterías en el Transporte Público

Se trata de casos de uso en los que los dispositivos portátiles y otros artículos electrónicos de uso común, así como los vehículos de micromovilidad eléctrica (patinetes eléctricos, etc.), equipados con baterías de iones de litio, se transportan en el transporte público (autobús, tren, avión, barco, etc.). También considera los vehículos de transporte público híbridos y totalmente eléctricos.

Cada vez son más los autobuses híbridos y totalmente eléctricos que se utilizan en el transporte público para cumplir los objetivos medioambientales. El reglamento UNECE R107, aunque establece un requisito para los sistemas de extinción de vehículos, no aborda específicamente los incendios de baterías. Además, las celdas de las baterías suelen estar encerradas en paquetes de baterías sellados, lo que puede hacer imposible aplicar el agente de supresión directamente a las celdas.

Del mismo modo, para cumplir los objetivos de la OMI en materia de emisiones, cada vez son más frecuentes los buques y embarcaciones de propulsión híbrida y totalmente eléctrica. En Japón se está construyendo un buque cisterna de 62 metros y 453 toneladas que funcionará totalmente con un SAE compuesto por 2 baterías de iones de litio de 1.740 kWh. En Escandinavia también hay varios transbordadores de pasajeros que funcionan con baterías, desde los de 20 metros con 70 pasajeros y 180-400 kWh de capacidad hasta los de más de 140 metros con 1000 kWh de capacidad. Con este paso a la energía eléctrica, en 2017, RISE, el instituto de pruebas sueco, publicó un informe sobre la propulsión por baterías en el mar⁷, que considera los desafíos de la protección contra incendios. Además de la propulsión, los buques también pueden tener su propio SAE para proporcionar energía eléctrica, lo que añade un riesgo adicional. En la aviación, Airbus, Boeing y otros están trabajando en proyectos de aviones totalmente eléctricos.

En todas las aplicaciones anteriores, la tripulación y los pasajeros también llevarán a bordo sus propios pequeños dispositivos alimentados por baterías.

Los retos de la protección contra incendios en estas aplicaciones son variados e incluyen la protección de la fuente de alimentación y también de los dispositivos subidos a bordo de los vehículos. Medidas a considerar por los proveedores / propietarios de transporte público, teniendo en cuenta todos los puntos mencionados en el capítulo 9.1.

La provisión de una compartimentación adecuada alrededor de los paquetes de baterías para limitar la propagación de cualquier incendio, es probablemente mucho más sencillo en las aplicaciones marinas. El uso de sistemas de gestión de baterías adecuados conectados a los sistemas de detección de incendios y gases para permitir una detección rápida que permita la activación de los sistemas de protección contra incendios y la evacuación de los pasajeros, si procede.

Las aplicaciones de inundación total, como los sistemas de extinción por gas y por agua, son una solución lógica en las aplicaciones marinas con la compartimentación en el sitio. En la mayoría de los autobuses y vehículos relacionados ya existen pequeños sistemas fijos, según el reglamento UNECE R107, aunque puede ser necesario revisar las densidades de diseño. Los sistemas para aviones tendrán que tener en cuenta las consideraciones de peso.

En el caso de los dispositivos pequeños, transportados a bordo por los pasajeros, se debe considerar la provisión de extintores portátiles y también el confinamiento. Además, algunas compañías aéreas limitan los dispositivos que se pueden llevar en la bodega y en la cabina, y todos los aviones llevan ahora una o más bolsas en las que colocar cualquier pequeño dispositivo que empiece a mostrar signos de desbordamiento térmico.

9.2.2 Aplicaciones Residenciales (SAE en conexión con energía fotovoltaica y Garajes con EV)

Los sistemas residenciales de almacenamiento de energía, también denominados Powerpacks, sirven principalmente como respaldo de energía cuando la red falla. También complementan los sistemas de energía renovable, como la solar, permitiendo el uso de energía cuando la fuente natural no está disponible. Al mismo tiempo, ofrecen una reducción de los picos de consumo y una nivelación de la carga de energía, lo que beneficia tanto a los usuarios finales como a las empresas de servicios públicos. El crecimiento de la generación de energía renovable y el aumento del número de vehículos eléctricos son factores que contribuyen a las tasas de crecimiento de dos dígitos del mercado de almacenamiento de energía residencial.

⁷ *Safe introduction of battery propulsion at sea - Petra Andersson, Johan Wikman, Magnus Arvidson, Fredrik Larsson, Ola Willstrand SP Rapport 2017:34*

Riesgo:

La pequeña escala de estos sistemas puede sugerir que el riesgo de desbordamiento térmico y, en definitiva, de incendio es menor. Sin embargo, hay registros disponibles públicamente sobre decenas de miles de sistemas de almacenamiento de energía residenciales que han sido retirados del mercado debido a posibles riesgos de incendio. Los registros se refieren a sistemas que se sobrecalientan, liberan humos y provocan incendios. Además, debido a su gran número y a su instalación en garajes y lugares donde la seguridad contra incendios a veces no es una prioridad, el riesgo de que un incendio se propague a la sala y al resto del edificio es considerable.

El riesgo está asociado a la generación y emisión de gases del electrolito de la batería. Se trata de un riesgo doble. Por un lado, los gases son altamente inflamables y, por otro, dependiendo de la química de las baterías, los gases emitidos pueden ser tóxicos, conteniendo, por ejemplo, fluoruro de hidrógeno que puede ser una amenaza para la vida y la salud incluso en pequeñas concentraciones.

Protección contra incendios:

El tamaño de esta aplicación (armarios de pequeño tamaño), el hecho de que no exista una normativa de seguridad que la regule y, por último, que sus usuarios sean hogares y personas sin formación en seguridad contra incendios, elevan el reto de gestionar los riesgos asociados.

Las buenas prácticas de prevención, como las siguientes, ayudan:

- evitar que haya materiales combustibles cerca del sistema de almacenamiento de energía
- colocar el sistema de almacenamiento de energía al aire libre o cerca de aberturas, para permitir la dispersión de los gases inflamables y/o tóxicos

Lo anterior puede ser objeto de comunicación por parte de las autoridades, las empresas de servicios públicos, las compañías de seguros y también los fabricantes y vendedores de los sistemas.

Las soluciones de protección contra incendios apropiadas para esta aplicación son las que son autónomas, se instalan dentro del sistema de almacenamiento de energía, se completan con la detección y la extinción, son resilientes y tienen requisitos mínimos de mantenimiento.

Por el contrario, las soluciones de ingeniería complejas y de mantenimiento intensivo, ya sea para la detección de gases de emisión, la detección de incendios o la extinción de incendios no son tan prácticas como para ser implementadas.

9.2.3 Movilidad Eléctrica

9.2.3.1 *Evaluación de Riesgos*

Los vehículos eléctricos se han convertido en una parte integral de nuestro paisaje urbano y también es necesario aparcarlos y cargarlos. Por lo tanto, la seguridad contra incendios de los aparcamientos interiores y subterráneos con capacidad para vehículos eléctricos, así como la seguridad de las estaciones de carga, es un tema de actualidad.

Ejemplo: Grave incendio y explosión de un coche eléctrico en una estación de carga - ver en Youtube: <https://insideevs.com/news/423581/severe-electric-car-fire-explosion-charging/>

Al evaluar los riesgos en las aplicaciones/infraestructuras con vehículos eléctricos hay que tener en cuenta;

- Los vehículos eléctricos son los que tienen un mayor riesgo de incendio durante el aparcamiento y la carga⁸ (ver resultados del proyecto ALBERO: > 50% de todos los incendios accidentales con coches eléctricos ocurrieron al cargarlos o aparcarlos)
- El riesgo de incendio de un vehículo eléctrico no es mayor que el de un vehículo de gasolina o diésel. De hecho, parece ser menor. Sin embargo, los incendios de las baterías son más difíciles de extinguir. De hecho, un incendio en vehículos eléctricos puede propagarse mucho más rápido y es mucho más difícil de controlar.

⁸ ALBERO (Transporte de vehículos de motor alternativo en transbordadores de carga rodada) – Proyecto coordinado por el Instituto de Tecnología de la Seguridad/Seguridad de los Buques - 18119 Rostock-Warnemünde, Alemania - patrocinado por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania - Detalles: <https://alberoprojekt.de>

- En caso de incendio de un coche eléctrico, no es posible extinguir el fuego rápidamente. Un suelo de hormigón armado puede soportar el calor durante cierto tiempo, pero si se aplica demasiado calor, el hormigón puede reventar y el hierro fundirse, lo que puede provocar un colapso.
- Debido a los materiales reactivos y a veces altamente tóxicos, los incendios de baterías en locales cerrados o infraestructuras subterráneas también presentan peligros químicos. Los contaminantes liberados pueden concentrarse en el aire debido a las limitadas opciones de ventilación y superar los valores umbrales críticos para las personas más rápidamente que al aire libre, donde los gases del humo están más diluidos. Las opciones de escape o rescate en tales espacios dificultan aún más la situación.

Los objetivos de la protección contra incendios que se desprenden de esta evaluación de riesgos se traducen finalmente en prioridades sobre la protección del edificio y la protección de las personas. La protección de un vehículo eléctrico en llamas tiene una prioridad menor mientras no haya medidas ya integradas en dicho coche.

Por último, la protección contra incendios tiene que concentrarse en evitar la propagación del fuego a las baterías y zonas adyacentes, y tiene que buscar medidas de protección contra incendios pasivas / preventivas.

9.2.3.2 *Protección pasiva / preventiva contra incendios: Evitar la propagación del fuego a las baterías y zonas adyacentes*

a) Medidas **arquitectónicas**:

- añadir protección adicional a la estructura del edificio cerca de las plazas de aparcamiento con cargadores.
- estaciones de recarga equipadas con protección contra colisiones, o lugares en los que no es posible que se produzcan colisiones.
- prestar atención a la forma de trasladar un vehículo eléctrico a una zona exterior tras la extinción de un incendio, por ejemplo, para enfriarlo en un depósito de agua.

b) Medidas de **instalación**:

- habilitar los medios para interrumpir la corriente de todos los cargadores mediante una única acción por parte de los presentes.
- considerar durante el proceso de diseño la ubicación de las plazas de aparcamiento para vehículos eléctricos y de las estaciones / instalaciones de carga en relación con las aberturas de ventilación y las vías de escape.
- el uso de ventilación por desplazamiento / eliminación de humo y calor puede ayudar a aumentar la probabilidad de éxito de la acción.
- los conductos de escape colocados para minimizar la probabilidad de que los productos de combustión que se escapen del aparcamiento interior causen daños al medio ambiente.

c) Medidas **organizativas**

- Lo ideal es que los coches eléctricos se aparquen en plazas individuales a prueba de incendios. En caso de incendio, estas zonas separadas podrían inundarse rápidamente y de forma selectiva con sistemas de inundación total.
- La separación estructural también ayudaría a minimizar el humo en el aparcamiento subterráneo en caso de incendio, ya que éste es un peligro importante para las personas, junto con el propio incendio.
- Instrucciones de uso del aparcamiento subterráneo y de sus instalaciones de carga (incluido el mantenimiento) e información a los conductores sobre qué hacer en caso de incendio y cómo actuar ante los mensajes de error del sistema de gestión de baterías (BMS).
- La opción de no cargar y/o aparcar ningún vehículo eléctrico en los aparcamientos interiores. Habría que debatir si tiene sentido ofrecer opciones de carga en garajes subterráneos.

9.2.3.3 *Sistema de detección de incendios y humos*

Ni que decir tiene que un incendio incipiente en un vehículo eléctrico sería muy probablemente detectado por los sistemas adecuados de supervisión / detección y notificación en el vehículo. Sin embargo, dado que esto todavía no se ha indicado por la ley hasta ahora, no se puede suponer que estén esencialmente disponibles.

Por lo tanto, los métodos de detección que se recomiendan aquí incluyen todos los métodos de detección de humo e incendios mencionados en los respectivos edificios por las normativas legales nacionales.

Por lo general, no hay sistemas de detección disponibles para los vehículos eléctricos estacionados al aire libre, a menos que algunos estén incorporados en las estaciones de carga, cajas de pared, etc.

9.2.3.4 *Sistemas de extinción / agentes*

En los aparcamientos subterráneos, el objetivo sería extinguir el fuego y limitar su propagación a otros vehículos y a la estructura del edificio. Actualmente no hay pruebas de que los sistemas fijos puedan tener un impacto en la refrigeración del paquete de baterías del vehículo.

El agente debe seleccionarse teniendo en cuenta el impacto de la compartimentación, el control del humo, la escorrentía del agente y la posible contaminación de los suministros locales de agua, así como el impacto en las personas que puedan o no estar presentes.

9.2.4 **Almacenaje (Almacenamiento de baterías o bienes equipados con baterías)**

El almacenamiento de baterías en almacenes puede darse en los 3 contextos siguientes:

1. Bienes almacenados que integran las baterías
2. Almacenamiento de baterías
3. Presencia de equipos que utilizan baterías, como las carretillas elevadoras

9.2.4.1 *Medidas de seguridad*

Hay que prestar especial atención a la seguridad de los empleados, ya que el fuego producirá una alta densidad de humo y se propagará debido al fuego de las emisiones de gas de las baterías. Se requiere una rápida evacuación.

Hay que concienciar a las personas que intervienen en el incendio sobre el riesgo de proyecciones.

9.2.4.2 *Bienes almacenados que integran las baterías*

Estos bienes pueden ser de muy diversos tipos y tamaños: ordenadores, teléfonos móviles, herramientas portátiles, bicicletas eléctricas, ...

En general, el nivel de carga de la batería del bien almacenado suele ser bajo (<50%), pero superior al 10% en cualquier caso. En consecuencia, existe el riesgo de que la batería se incendie. Además, el aparato está apagado en su caja por lo que el sistema BMS también lo está.

Las mercancías se almacenan generalmente dentro de un embalaje de cartón y plástico. A partir de un desbordamiento térmico de la batería, el desarrollo del fuego es comparable al de los incendios habituales de los almacenes, ya que se propagará a través del embalaje.

Las medidas para evitar la propagación de un incendio pueden ser de varios tipos:

- Solución pasiva: almacenar las mercancías con separaciones regulares entre las estanterías
- Soluciones preventivas: reducir el nivel de carga de la batería a su valor mínimo aceptable
- Sistema de detección de incendios: los sistemas de detección de humo son los más adecuados en este entorno
- Soluciones automáticas de extinción de incendios: se debe preferir una distribución derivada de las normas estándar de protección contra incendios en almacenes, especialmente mediante sistemas de rociadores. Sin embargo, el objetivo de la protección debe ser la no propagación, ya que la presencia de baterías dificulta la extinción completa del fuego.
- Los sistemas de ventilación/extracción deben diseñarse e instalarse siguiendo la normativa nacional.

9.2.4.3 *Almacenamiento de baterías*

Las baterías pueden ser de muy diferentes tipos y tamaños en función de sus aplicaciones.

En términos generales, el nivel de carga de la batería suele ser bajo (<50%), pero superior al 10% en cualquier caso. En consecuencia, existe el riesgo de que la batería se incendie. Además, no hay ningún sistema BMS en la propia batería. El nivel de riesgo depende del tamaño y la potencia de las baterías.

Además, el riesgo de propagación del fuego de la batería está directamente relacionado con la densidad de almacenamiento. Como no hay embalaje o sólo un embalaje ligero, las radiaciones térmicas pueden generar un rápido efecto dominó.

Las medidas para evitar la propagación de un incendio pueden ser de varios tipos:

- Solución pasiva: disminuir la densidad de almacenamiento y almacenar las baterías con separaciones regulares entre las estanterías
- Soluciones preventivas: reducir el nivel de carga de las baterías a su valor mínimo aceptable
- Sistema de detección de incendios: los sistemas de detección de humos y gases emitidos son los más adecuados en este entorno
- Soluciones automáticas contra incendios: el objetivo de protección debe ser la no propagación, utilizando sistemas de rociadores o de agua nebulizada.
- Los sistemas de ventilación/extracción deben diseñarse e instalarse de acuerdo con la normativa nacional.

9.2.4.4 *Presencia de equipos que utilizan baterías, como las carretillas elevadoras*

El incendio de una carretilla elevadora puede producirse en las siguientes situaciones:

- La carretilla está siendo utilizada por un empleado cuando se inicia el fuego: los conductores deben ser instruidos para aparcar la carretilla en una zona identificada donde el riesgo de propagación sea limitado. Entonces se puede realizar una intervención manual.
- La batería de la carretilla se está cargando en una estación de carga. Esta situación se produce especialmente fuera de las horas de trabajo, por lo que no hay nadie presente. Además, en los grandes almacenes, se cargan varias carretillas al mismo tiempo en la misma zona.

En ambos casos, el sistema BMS funciona y disminuye el riesgo. Sin embargo, esta segunda situación genera un riesgo mucho mayor y requiere sistemas automáticos de prevención y protección.

Entre las medidas para evitar la propagación de un incendio se pueden encontrar varios tipos:

- Solución pasiva: instalar separaciones físicas entre las estaciones de carga eléctrica de las carretillas o tener suficiente espacio entre las estaciones de carga
- Soluciones preventivas: no dejar las carretillas en estado de carga durante mucho tiempo, especialmente durante los fines de semana
- Sistema de detección de incendios: el sistema de detección de gases emitidos será la primera tecnología de detección en este entorno
- Soluciones automáticas de extinción de incendios: el objetivo de protección debe ser la no propagación de una carretilla a otra o de una a su entorno. Los sistemas de nebulización y los basados en agua que cubren las áreas de las estaciones de carga eléctrica son adecuados en este caso.
- Los sistemas de ventilación/extracción deben diseñarse e instalarse según la normativa nacional.

9.2.5 **Sistemas de Almacenamiento de Energía (SAE)**

9.2.5.1 Objetivos de protección

El punto de partida para el diseño de todo sistema de protección contra incendios es siempre el objetivo de protección que debe alcanzarse. Se deduce directamente: diferentes objetivos de protección conducen a diferentes conceptos de protección y, en última instancia, a diferentes soluciones.

En el marco del análisis de riesgos individual, deben definirse las medidas adecuadas para encontrar un concepto de protección apropiado. Las medidas para alcanzar los objetivos de protección de las personas y los bienes y de protección contra las interrupciones de la actividad pueden ser diferentes.

De forma simplificada, los objetivos de protección describen el alcance máximo de los daños que pueden producirse en caso de incendio. El objetivo mínimo de protección suele ser fijado por las autoridades responsables de la instalación y la explotación, y suele completarse con los objetivos de protección del operador de la red.

- Alcance aceptable de los daños;
- Protección de la propia instalación;
- Protección medioambiental;
- Garantizar el rápido retorno al funcionamiento.

En general, deben cumplirse los códigos y reglamentos de construcción pertinentes introducidos por la legislación en materia de construcción. Todas las instalaciones estructurales deben considerarse caso por caso.

En cualquier caso, debe respetarse el respectivo permiso de construcción, incluido el concepto / prueba de protección contra incendios. El propietario o explotador del edificio es responsable de garantizar el cumplimiento de las condiciones de la licencia de obras correspondiente.

Las medidas de protección personal, de disponibilidad, de protección de los bienes materiales y de protección del medio ambiente dependerán en función del nivel de riesgo determinado en cada caso.

Escenarios típicos y objetivos de nivel de protección:

Nivel 1: Incendio desde el exterior en el almacenamiento de baterías (incidente de incendio externo fuera del SAE).
Objetivo de protección: Garantizar que un incendio no pueda extenderse a la instalación de almacenamiento de baterías.

Posibles medidas: separación estructural con suficiente resistencia al fuego, separación espacial o sistemas de extinción.

Nivel 2: Incendio en la zona de la electrónica secundaria (electrónica de potencia, unidad de aire acondicionado...). El incendio se produce fuera de la sala de las baterías, pero cuenta con una barrera contra incendios adecuada para el almacenamiento de las baterías de iones de litio.

Objetivo de protección: En el caso de que el fuego se inicie cerca de la electrónica secundaria o de las baterías de iones de litio, reducir el efecto de tal manera que se impida la propagación del fuego a la otra sala. Los sistemas de baterías, los módulos y las celdas deben estar protegidos contra los incendios externos (eléctricos).

Posibles medidas: Sistema de alarma de incendios con sistema de extinción automático para riesgos eléctricos. El agente extintor debe garantizar un residuo cero para la protección de la instalación.

Nivel 3: Impacto del fuego en el almacenamiento de las baterías de iones de litio (el incidente de fuego tiene lugar dentro de la sala de baterías) y no se da una diferenciación fiable de si se trata de un incendio de las baterías de iones de litio o de la electrónica de potencia. En caso de incendio incipiente en las proximidades de las baterías (por ejemplo, incendio en la electrónica de potencia, etc.), reducir el impacto de manera que se impida la propagación del fuego a las baterías.

Posibles medidas: Sistema de alarma de incendios con sistema de extinción automático para riesgos eléctricos. El agente extintor debe garantizar un residuo cero para la protección de la instalación.

Nivel 4: Escenario: Incendio dentro del sistema de almacenamiento de baterías de iones de litio (incendio o reacción térmica a "nivel de celda").

Objetivo de protección: En caso de desbordamiento de una celda, evitar la propagación a las celdas vecinas o el desbordamiento de un módulo. Dependiendo de la configuración de la batería, los incendios de celdas deben limitarse a las celdas individuales o a los módulos afectados. Prevención de la propagación de desbordamientos térmicos más allá de los afectados y de incendios secundarios.

Posibles medidas: Sistema para la detección más temprana posible de incendios y emisión de gases en combinación con un sistema de extinción automático para la extinción sin residuos de incendios eléctricos y la supresión duradera de incendios.

9.2.5.2 Evaluación de Riesgos

Debido a las amplias regulaciones normativas y a las especificaciones de las pruebas que deben realizarse como parte de la certificación de las celdas de las baterías, se puede asumir que el sistema de almacenamiento en sí mismo puede ser clasificado como "relativamente" seguro. Por lo tanto, es necesario, en primer lugar, proteger los sistemas de almacenamiento ante una incidencia de fuego externo para evitar los procesos de descomposición de las celdas iniciados debido al calor de combustión externo.

Riesgo de incendio eléctrico

En primer lugar, todo almacenamiento de energía en baterías de iones de litio supone un riesgo de incendio eléctrico. Las estadísticas (GDV) muestran que, en alrededor del 25% de los casos, los incendios eléctricos son la causa de grandes pérdidas y la principal causa de incendios en las empresas industriales. Estos riesgos requieren por sí solos sistemas fiables de detección y extinción automática para un funcionamiento seguro. Los incendios eléctricos pueden

detectarse en una fase temprana y extinguirse de forma segura con sistemas automáticos de extinción por gas.

Riesgo de incendio por desbordamiento térmico

El diseño de filigrana, la densidad energética cada vez mayor y el envejecimiento de la batería son las causas del riesgo. Si se excluyen las fuerzas mecánicas externas, un incendio causado por las propias celdas de la batería se debe siempre a un daño relacionado con el envejecimiento del separador y a un posterior cortocircuito interno. El aumento de temperatura resultante hace que el electrolito (normalmente muy inflamable) comience a evaporarse. Como consecuencia, la presión interna dentro de la celda seguirá aumentando hasta que el vapor del electrolito se libere a través de una válvula de alivio o por la rotura de la carcasa. Si no se toman medidas, se generará una mezcla explosiva de gas y aire: sólo se necesita una fuente de ignición y el resultado será una explosión. Si no se detiene el calentamiento, se producirá un desbordamiento térmico.

9.2.5.3 Modelo de concepto de protección contra incendios - Concepto de protección para cumplir el nivel de seguridad 4

Un evento de desbordamiento térmico en desarrollo debe reconocerse lo antes posible mediante la detección de la emisión de gases y debe descargarse una concentración adecuada del agente extintor antes de que se rompa el separador de la primera celda de la batería. El sistema de gestión de la batería debe utilizar la información temprana sobre la emisión de gases de las celdas de la batería para llevar a cabo paradas de emergencia, que podrían detener el desarrollo de un desbordamiento por exceso de carga o sobrecarga.

Descarga temprana / inundación del agente extintor para:

- prevenir la formación de grandes cantidades de mezclas explosivas de electrolito y oxígeno
- reducir el alcance y la velocidad de reacción de un primer desbordamiento térmico,
- inhibir la propagación de tales fugas,
- evitar la reignición y los incendios secundarios y mediante una inertización de larga duración.

Detección de incendios y gases contaminantes:

Se necesitan detectores que puedan detectar de forma fiable tanto los incendios eléctricos como las emisiones de gases.

Extinción

Como los focos de incendio pueden estar ocultos o cubiertos, sólo serán eficaces los agentes de extinción por inundación total.

La selección del agente extintor debe tener en cuenta lo siguiente:

- no debe causar daños a los bienes
- si se utiliza en espacios ocupados debe ser seguro para los seres humanos

Combinación de detección de incendios, sistema de gestión de baterías y extinción

La clave para cumplir los objetivos de protección contra incendios formulados reside en la combinación de una detección de incendios lo más temprana posible con detectores de alto rendimiento y sistemas de extinción adecuados y la transmisión de la alarma al sistema de gestión de la batería.

9.2.5.4 Prueba de eficacia

La prueba de la eficacia debe ser proporcionada por pruebas prácticas de incendio y extinción y debería ser validada. La prueba de eficacia debe basarse en el objetivo de protección o en el escenario correspondiente y debe ser realizada por un organismo de pruebas independiente.

10 CONCLUSIÓN

Los incidentes en las baterías de iones de litio pueden convertirse en incendios por desbordamiento térmico importantes e imparables, por lo que es necesario adoptar medidas cuidadosamente estudiadas para abordar los peligros que suponen y las opciones disponibles para gestionar dichos riesgos.

El estado incipiente y previo al incendio en las baterías de iones de litio puede detectarse mediante la supervisión de varios fenómenos, como las emisiones de mezcla de partículas sólidas y líquidas en suspensión en un gas electrolítico y las temperaturas anormales.

La evidencia ha demostrado que la clave para el éxito de la protección contra incendios de las baterías de iones de litio es suprimir / extinguir el fuego, reducir la transferencia de calor de celda a celda y luego enfriar las celdas adyacentes que componen el paquete / módulo de baterías.

El riesgo de incendio puede permanecer tras el funcionamiento del sistema de protección contra incendios debido a los probables daños en las celdas adyacentes causados por el fallo original; por lo tanto, puede ser necesario adoptar medidas correctoras para evitar una nueva escalada.

El uso de baterías de iones de litio está muy extendido y en aplicaciones que utilizan diversas cantidades de celdas, tanto grandes como pequeñas. Por este motivo, la consideración de cualquier medida de protección contra incendios debe tener en cuenta las circunstancias particulares y la configuración del riesgo, así como la validación de cualquier medida de protección contra incendios para la aplicación concreta.

En todos los casos, es necesario realizar una evaluación de riesgos para determinar la naturaleza y el alcance de los problemas de incendios y las medidas de seguridad que deben aplicarse.

11 GESTIÓN POSTERIOR AL INCENDIO

11.1 Baterías

Cuando se extingue un incendio en una batería, puede seguir existiendo un riesgo de incendio importante: es probable que las baterías involucradas y afectadas por el incendio estén calientes y sigan teniendo la capacidad de expulsar gases combustibles y tóxicos, y también tienen el potencial de volver a inflamarse.

Por lo tanto, es necesario que las operaciones de gestión posterior al incendio comiencen tan pronto como sea posible con personal adecuadamente equipado y formado. Esto puede incluir:

- Ventilación
- Extracción
- Aislamiento
- Vigilancia contra incendios (por ejemplo, mediante el uso de cámaras térmicas para controlar la temperatura)
- Recuperación

El nivel de gestión posterior al incendio de la batería dependerá del tamaño de la misma en el caso de los dispositivos de una sola celda / bolsa, una vez que se haya extinguido el incendio y se haya minimizado el riesgo de nuevos incendios.

11.2 Productos

Los productos deben eliminarse mediante un método adecuado desde el punto de vista medioambiental. La norma de diseño e instalación de los distintos sistemas de extinción de incendios incluye información sobre las disposiciones posteriores a la descarga.

Los gases tóxicos amortiguados por los sistemas basados en agua pueden dar lugar a una descarga contaminada que deberá ser contenida.

ANEXOS

1 TÉRMINOS, ABREVIATURAS y DEFINICIONES utilizadas en este documento

Término / Abreviatura	Definición
Batería	un recipiente formado por una o varias celdas, en el que la energía química se convierte en electricidad y se utiliza como fuente de energía
BMS	Sistema de gestión de baterías - Sistema electrónico que gestiona una batería recargable
Iones de litio	Batería de iones de litio - batería recargable que utiliza iones de litio como componente principal de su electrolito
AE	Almacenamiento de Energía - la captación de la energía producida en un momento dado para utilizarla posteriormente
SAE	Sistema de Almacenamiento de Energía - colección de baterías utilizadas para almacenar energía
EV	Vehículo Eléctrico - vehículos con uno o varios motores eléctricos para la propulsión
GWP	Potencial de calentamiento global
IR	Infrarrojo
LOAEL	Nivel más bajo de Efecto Adverso Observado - La concentración más baja de una sustancia que provoca una alteración adversa de la morfología, la función, la capacidad, el crecimiento, el desarrollo o la duración de la vida de un organismo objetivo que se distingue de los organismos normales de la misma especie.
μm	Micrómetro
PHEV	Vehículos híbridos enchufables - Vehículos híbridos que se recargan a través de la red eléctrica
REEV	Vehículos eléctricos de autonomía extendida - Vehículos con una combinación de motor eléctrico y un pequeño motor de combustión
SEI	Interfaz de electrolito sólido - es una capa límite pasiva que forma en las baterías de iones de litio la interfaz entre el ánodo, que consiste en carbono, y el electrolito, que se forma al descomponerse el electrolito. La resistencia interna de la batería aumenta debido a la capa SEI.
SoC	Estado de Carga - Nivel de carga de una batería eléctrica en relación con su capacidad. Las unidades de SoC son puntos porcentuales (0% = vacío; 100% = lleno).
Desbordamiento Térmico	Reacción química exotérmica que genera más calor del que se disipa. Nota: <i>caracterizado por una tasa de autocalentamiento de 10°C/min. o superior.</i>
Propagación Térmica	En caso de que el desbordamiento térmico de una sola celda de la batería se extienda a las celdas vecinas, se denomina "Propagación Térmica".
Tetraedro del fuego	elementos necesarios para mantener un fuego: combustible, calor, oxígeno y una reacción química en cadena
Emisión de gases	venteo de vapores de electrolitos inflamables / tóxicos.
Wh	Vatios-hora
kWh	kilovatios-hora = 1.000 Vatios-hora

2 Tipos de Fuegos / Clases de Fuegos

La **clase de fuego** es un sistema de categorización del fuego en relación con el tipo de material y de combustible para la combustión. Se utiliza para determinar el tipo de agente extintor que puede utilizarse para esa clase de fuego.

A menudo se asignan letras de clase a los diferentes tipos de fuego, pero éstas difieren entre los territorios. Hay normas diferentes para [Europa](#), [Estados Unidos](#) y [Australia](#).

Imagen	Descripción	Europa (EN 2)	Estados Unidos	Australia
	Materiales inflamables (madera, papel, tejidos, residuos)	Clase A	Clase A	Clase A
	Líquidos inflamables	Clase B	Clase B	Clase B
	Gases inflamables	Clase C	Clase B	Clase C
	Metales inflamables	Clase D	Clase D	Clase D
	Fuego eléctrico	No clasificado (antes clase E)	Clase C	Clase E
	Aceites y grasas de cocina	Clase F	Clase K	Clase F

Tabla 6: Clases de fuego en Europa, Estados Unidos y Australia

3 MATERIALES E INFORMACIÓN UTILIZADOS PARA ESTE DOCUMENTO

Nº.	Documento
1.	Guidance on Li Ion Battery Fires prepared by the FIA Lithium-Ion battery SIG – published Jan 11th 2021 https://www.fia.uk.com/static/2a999c49-760b-47e3-b02f96a2ca89ecd9/Guidance-Documents-on-Li-Ion-Battery-Fires-12-20-v1.pdf
2.	Documento de la BVES (versión preliminar) sobre el ESS (actualmente no está traducido del alemán)
3.	Papers from SuVeRen project , concerns the adaptation of underground infrastructures (tunnels & car parks) to green vehicles.. https://www.suveren-nec.info/
4.	Lithium Batteries - Fire and Safety hazards – Efficient loss prevention and fire fighting - Paper from 2016 published by the companies "riskexperts" and "Batteryuniversity GmbH"
5.	SIEMENS White Paper "Fire protection for Lithium-Ion battery energy storage systems" Published May 2020 https://new.siemens.com/global/en/markets/data-centers/fire-safety/whitepaper-fire-protection-for-li-ion-battery-energy-storage-systems.html
6.	"Technical Reference for Lithium-Ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression" - Paper from DNV GL https://www.dnv.com/Publications/technical-reference-for-li-ion-battery-explosion-risk-and-fire-suppression-165062
7.	RISE-report2020:30: "Charging of electric cars in parking garages" Research Institutes of Sweden Are W. Brandt and Karin Glansberg Norway 2020 - ISBN:978-91-89167-12-4 https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2020/report-2020-30-charging-of-electric-cars-in-parking-garages.pdf
8.	SIEMENS Fire Safety Guide 2012 - Published by: Siemens Switzerland Ltd Infrastructure & Cities - Sector Building Technologies Division International https://sid.siemens.com/v/u/A6V10308640
9.	Research conducted by FM Global on sprinkler protection of storage of small batteries in warehouses and of large energy storage systems - https://www.fmglobal.com/insights-and-impacts/2020/energy-storage-systems
10.	Report from Dutch fire brigade on the need for sprinklers in car parks where electric vehicles are present. https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:eef3e542-c2f9-4e2a-ae21-eae8fff1732a/datastream/OBJ/download
11.	Report of a fire in an ESS in the US protected with Novec which resulted in an explosion https://www.utilitydive.com/news/aps-says-runaway-thermal-event-caused-2019-battery-explosion-outlines-4-st/582475/
12.	DNVGL joint development program issued Jan 7 th 2020 https://www.dnvgl.com/news/new-dnv-gl-joint-industry-report-offers-recommendations-for-enhanced-battery-safety-on-vessels--164738
13.	Dutch institute for fire safety (IFV) on fire safety in parking garages published in Dec 2020. 20201208-IFV-Brandveiligheid-parkeergarages-met-elektrisch-aangedreven-voertuigen.pdf
14.	Dutch institute for fire safety (IFV) guidelines for energy storage systems >20kWh (draft published Feb 2019) https://www.ifv.nl/nieuws/Paginas/Nieuw-handreikingen-buurtbatterijen-en-opslag-lithium-ion-accus.aspx
15.	Technical report on battery fires prepared by EFECTIS and on behalf of FIEP (Fire Information Exchange Platform) - published May 2020 https://eufiresafety.community/news/401160
16.	DNV-GL "Technical Reference for Lithium-Ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression" 2019 https://www.dnv.com/publications/technical-reference-for-li-ion-battery-explosion-risk-and-fire-suppression-165062
17.	UK Gov MARINE GUIDANCE NOTE on use of battery power for vessels: MGN 550 (M+F) - Electrical Installations - Guidance for Safe Design, Installation and Operation of Lithium-ion Batteries https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/882850/MGN_550_Electrical_Installations_-_Guidance_for_Safe_Design_Installatio....pdf
18.	US Gov Marine Safety Information Bulletin "Passenger vessel compliance and operational readiness" https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/sp/MSIB/2019/MSIB_008_19.pdf?ver=2019-09-10-115632-287
19.	Vorbeugender und abwehrender Brandschutz bei Lithium-Ionen Großspeichersystemen (1. Auflage) Bundesverband Energiespeicher Systeme e. V., Oranienburger Straße 15, 10178 Berlin https://www.bves.de/wp-content/uploads/2021/10/Brandschutz_Lithium_Ionen_Grossspeichersysteme_BVES.pdf
Otros documentos utilizados en la preparación de esta guía	
20.	12-28K_Hazards Containing Arrays of Lithium Ion _Li-Ion_ Batteries.pdf 32,5 KB
21.	140619_Gen2 Fire Suppression Report_V1 o.pdf 939,0 KB
22.	855_ESS_AAA_DraftDevminutes_01_17.pdf 16,1 MB

Nº.	Documento
23.	CEN Bo386 Lithium Proposal Italy 2018-06-01.pdf 616,0 KB
24.	Combustible Metal Extinguishing Reference Chart.pdf 241,0 KB
25.	DB27A7110892423EABB2FCB95D5AC1Bo.pdf 3,2 MB
26.	Fire risks associated with batteries (1).pdf 5,2 MB
27.	Fire Suppression System Powerstar.pdf 2,5 MB
28.	FI---Trust-Report-Mobility-Scooters-May-15.pdf 1,2 MB
29.	FM Global White-Paper-Increased-Use-of-LIBs.pdf 257,0 KB
30.	FPE Extra Issue 26, February 2018 - SFPE.pdf 1,2 MB
31.	FSH_2_18_0046_CEN_TC70_WG5_No386.pdf 602,0 KB
32.	Hill-0513-ExtinguishmentofLithiumBatteriesrev2.pdf 516,0 KB
33.	Lithium-Ion Battery Fluid Protection (2) 3M.pdf 490,0 KB
34.	lithium batteries.pdf 817,0 KB
35.	Lithium Ion (Li-Ion) Batteries_ A Fire_DC Journal.pdf 1,9 MB
36.	Lithium-Ion Batteries used in Electrified Vehicles - General Risk Assessment and Construction Guidelines from a Fire & Gas Release Perspective.pdf 543,0 KB
37.	Lithium-Ion Battery Hazards - SFPE.pdf 4,8 MB
38.	Lithium-Ion Battery Safety - Assessment by Abuse Testing, Fluoride Gas (1).pdf 19,8 MB
39.	Managing the lithium (ion) battery fire risk - Industrial Fire Journal - Fire & Rescue - Hemming Group Ltd.pdf 1
40.	NFPA li ion batteries.pdf 646,0 KB
41.	Risks associated with alternative fuels in road tunnels and underground garages (1).pdf 843,0 KB
42.	Samsung SDI MSDS_2013.pdf 243,0 KB
43.	Safe introduction of battery propulsion at Sea (2).pdf 651,0 KB
44.	Scanned from a Xerox Multifunction Device.pdf 845,0 KB
45.	SFPE_Q4-2012.pdf 910,0 KB
46.	sprapport_2012_66.pdf 5,2 MB
47.	Study of fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels (1).pdf 2,7 MB
48.	TR-Lithium-IonPhase3.pdf 4,4 MB
49.	White-Paper- Increased-Use-of-LIBs.pdf 240,0 KB

Fecha de publicación: 15-02-2022

euralarm

Euralarm
Gubelstrasse 22
CH-6301 Zug (Switzerland)

Número de registro comercial suizo: CHE-222.522.503

E secretariat@euralarm.org

W www.euralarm.org