



ZEPI®
ZONA ELÉCTRICA
PROTEGIDA
INCENDIOS

Guía ZEPI-VE

Guía para la protección contra incendios de las áreas de carga de Vehículos Eléctricos en aparcamientos cerrados

ashes·fire
Global Fire & Safety Engineers

Segunda Edición - 2.02

Segunda Edición en castellano desarrollada por el equipo de **Ashes Fire Consulting S.A.** 2025

Director de edición: Justo Adámez Gallego

Compositor: Lina María Borrás Santiago

Este personal se considera plenamente cualificado, para desarrollar este tipo de guía técnica.

Todos los derechos reservados.

2025

// Disclaimer //

La diversidad tipológica de las áreas de aparcamiento destinadas a la recarga de vehículos eléctricos puede requerir, en determinados casos o ante exigencias específicas propias o de terceros, la adopción de soluciones distintas a las propuestas en la presente Guía. Para la evaluación y selección de las soluciones descritas en la Guía ZEPIVE, se han considerado múltiples factores de riesgo asociados a un entorno de aparcamiento con vehículos eléctricos, bajo condiciones representativas de un escenario calificado como estándar.

El cumplimiento estricto de los códigos o reglamentos administrativos vigentes a la fecha de edición de esta Guía, aplicables a aparcamientos en general, no garantiza por sí solo la consecución de un nivel consistente de protección frente a incendios en presencia de vehículos eléctricos, ni asegura la solvencia técnica requerida o deseada por los titulares de la actividad.

La introducción de vehículos eléctricos en los aparcamientos supone un incremento significativo en la categoría de riesgo, lo que hace necesaria una revisión y adaptación de las condiciones de protección contra incendios conforme a las nuevas circunstancias. En este contexto, las recomendaciones recogidas en la Guía ZEPIVE pretenden servir como referencia técnica y guía de buenas prácticas para proyectistas, usuarios finales, gestores de activos, aseguradoras y administraciones públicas, orientando el diseño y la implementación de las soluciones más eficaces y adaptadas al nuevo perfil de riesgo.

Contenido

Introducción	6
1. Evaluación del Riesgo de Incendio de VE en aparcamientos cerrados	12
Causas de fallo de las baterías de iones de litio	13
1.1 Conceptos para la evaluación del Riesgo de Incendio	14
1.2 Combustibles	16
1.3 Focos de ignición	16
1.4 Consecuencias	18
1.5 Riesgos Medioambientales	19
2. Sistemas de Protección contra incendios en áreas de carga de VE en aparcamientos cerrados	20
2.1 Objetivos de la Protección	20
2.2 Sistema de detección y alarma de incendio	21
2.3 Medios manuales de Protección Activa	22
2.4 Sistemas automáticos de Protección Activa	24
2.4.1 Generalidades de los sistemas de agua nebulizada	26
2.4.2 Tipos de sistemas de agua nebulizada: Alta Presión vs. Baja Presión	27
2.5 Medidas de protección pasiva	29
2.6 Otras Medidas de seguridad y protección ante incendio	31
2.6.1 Condiciones y señalización de evacuación	31
2.6.2 Alumbrado de emergencia	31
2.6.3 Ventilación forzada	32
2.6.4 PCM – Panel de Control Multifunción	32
2.6.5 Medidas complementarias de ayuda a Bomberos	33
3. Modelo de reducción del Riesgo de Incendio en aparcamiento con VE	35
3.1. Estudio de Viabilidad – DCAF	36
1.- Datos de partida	37
2.- (PML) Escenario de incendio probable. Hipótesis del siniestro	37
3.- Estimación de daños	38
3.1.- Pérdida directa más probable (PML):	38
3.2.- Pérdidas directas asociadas:	38
3.1.- Pérdida Máxima (MPL): 3.500.000 €	38
4.- Estudio DCAF de viabilidad	39
5.- Conclusiones	40
4. Aplicación Guía ZEPI-VE	41
4.1. Aplicación bajo Ordenamiento Normativo	41
4.2. Solución ZEPI - ¿Qué es?	43
4.3. Etiqueta de Cumplimiento	43
4.4. Procedimiento para obtener la Etiqueta de Cumplimiento	44
4.5. Comité Técnico	47
5. Resumen Ejecutivo	48
5.1. Objetivos	48
5.2. Sistemas de protección de la Zona ZEPI	49



ASHES FIRE CONSULTING, S.A.

c/ Playa de las Américas, 2
 28290. Las Rozas de Madrid (Madrid)

www.ashesfire.com



Ashes-fire es una firma de consultoría especializada en soluciones de ingeniería en protección contra incendios pionera en España hace 25 años, y hoy es reconocida por su capacidad técnica, su presencia internacional y su participación colaborativa en comités europeos.

Especializados en proyectos con alta exigencia técnica y normativa, y en el desarrollo de respuestas innovadoras y adaptadas a los nuevos retos de la seguridad contra incendios, con una visión de aportar valor, conjugando en los proyectos la eficacia operativa con la eficiencia económica.

Ashes-fire mantiene como valores el ser los consultores, redactores, calculistas y diseñadores de los sistemas proyectados, no derivando, a fabricantes, ni empresas instaladoras, el diseño de los trabajos contratados. Es por ello, que el equipo de ingenieros de diseño cuenta con un conocimiento profundo y global de los sistemas, de las tecnologías y tendencias en el mercado, apoyados en el uso de las herramientas de diseño y cálculo más avanzadas disponibles internacionalmente.

Nuestra firma viene colaborando activamente desde hace años con las principales organizaciones, asociaciones e instituciones de seguridad contra incendios: CEN (Europa) NFPA (USA), IFSS (Europa), EFSN (Europa), AGERS (España), PESI (España), APTB (España), AERME (España), OPRA (España), AMRACI (México), ANRACI (Colombia), etc.

Nos enorgullece haber sido reconocidos en distintos foros como una empresa comprometida con el progreso de las compañías a las que asesoramos, contribuyendo activamente a la protección de sus negocios, promoviendo una cultura sólida de seguridad contra incendios y gestionando los riesgos con profesionalismo, rigor técnico e independencia.

Nuestros clientes siempre han valorado el espíritu innovador que nos impulsa a repensar conceptos, perfeccionar procedimientos y anticiparnos a las necesidades del sector. Su confianza es el mayor reconocimiento que podemos recibir, y ese es el reconocimiento que más nos importa y por el que seguimos motivados.

Justo Adámez // CEO Corporativo

Autor: Justo Adámez Gallego

- Ingeniero Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid.
- Director Ejecutivo de ASHES FIRE CONSULTING, S.A., firma de ingeniería y consultoría especializada en protección contra incendios desde el año 2.000
- Ingeniero consultor Especialista Certificado en Protección Contra Incendios por la NFPA (USA) desde el año 2002
- Miembro del cuerpo de Consultores contra incendios del Método FRSave® e Instructor del método
- ECA – Evaluador de Campo Acreditado, Nº de Certificado: 23.1201



Reserva de Derechos

Reservados todos los derechos de propiedad intelectual. La reproducción, copia, difusión o uso, requiere la aprobación explícita y por escrito del Autor.
jadamez@ashesfire.com

La Guía ZEPI-VE concreta una estrategia de protección eficaz basada en un análisis detallado del riesgo, investigaciones mediante simulaciones CFD y el estudio de referencias internacionales desarrolladas por laboratorios e instituciones de prestigio.

Centrada en los riesgos asociados a baterías de iones de litio en vehículos eléctricos 100 % (BEV) e híbridos enchufables (PHEV), esta guía ofrece una estrategia práctica y efectiva para proteger zonas de carga y estacionamiento, adaptada a la operativa real de cada instalación.

Introducción

Según las proyecciones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se espera un crecimiento sostenido en las ventas de vehículos eléctricos (VE) a nivel mundial. Para 2025, se estima que los VE representarán aproximadamente una cuarta parte del total de ventas de automóviles. De cara al futuro, se prevé que esta participación aumente al 40% en 2030 y alcance hasta un 55% en 2035 dentro del segmento de vehículos ligeros.

China lidera actualmente esta transición, con una penetración de vehículos eléctricos cercana al 50% de las ventas nacionales en 2024. En contraste, Europa y Estados Unidos muestran cifras más moderadas, condicionadas por la eliminación progresiva de incentivos económicos, así como por la necesidad de fortalecer la infraestructura de recarga y mejorar la asequibilidad de estos vehículos.

Estas proyecciones refuerzan la necesidad de políticas públicas eficaces y estrategias de mercado orientadas a facilitar una transición acelerada hacia una movilidad más limpia, eficiente y sostenible.

Ante este escenario de futuro, es importante tener en cuenta que, aunque los vehículos eléctricos presentan hoy una menor tasa de incendios, los incendios que involucran baterías requieren técnicas de extinción especializadas y presentan desafíos únicos, también para los servicios de emergencia.

a) Fundamentos por riesgo de incendio

AutoinsuranceEZ, una aseguradora norteamericana, ha realizado estudios sobre la siniestralidad de incendios en vehículos, incluyendo coches eléctricos, híbridos y de combustión. Los resultados revelan que los coches 100% eléctricos presentan un bajo riesgo de incendio, según estudios basados en estadísticas de accidentes en EEUU, con un 0,3% de riesgo. En cambio, los vehículos eléctricos híbridos enchufables tienen un índice de incendios destacado por encima de los de combustión.



Aunque las estadísticas actuales no indican que el riesgo de incendio en Vehículos Eléctricos (VE) sea claramente superior al de los Vehículos de Combustión Interna (VCI), es importante considerar que estos datos podrían variar conforme el parque de VE aumente y envejezca. Al igual que sucede con los vehículos de combustión, cabe prever que el riesgo de incendio en los eléctricos también se incremente progresivamente con la antigüedad y desgaste de los sistemas eléctricos y baterías.

Los registros actuales también podrían ser diferentes si la comparación se realiza en el escenario de aparcamiento. Aquí el vehículo de combustión tiene un riesgo de incendio prácticamente despreciable, en cambio el VE en carga en el aparcamiento agrega unos factores de riesgo añadidos al estar conectado a la red eléctrica para la carga de la batería, interviniendo factores de riesgo peculiares.

Los vehículos modernos en general presentan hoy un mayor riesgo de incendio que los vehículos antiguos al tener una mayor carga de fuego derivada del mayor contenido de plásticos y electrónica. Con la proliferación de vehículos eléctricos (VE) se plantea un reto significativo al sector de la protección contra incendios, porque, aunque no sea habitual, el riesgo de incendio en estos vehículos está presente y con connotaciones extraordinarias cuando salen ardiendo las baterías de iones de litio.

El crecimiento proyectado en el número de VE implica la necesidad de adaptar y reforzar las medidas de seguridad contra incendios, especialmente en entornos como aparcamientos con puntos de carga, donde el riesgo puede ser más significativo debido a la concentración de vehículos y equipos eléctricos. Es fundamental que las infraestructuras y normativas evolucionen para garantizar la seguridad en la era de la movilidad eléctrica.

En esta transición hacia una movilidad sostenible y eléctrica, la seguridad contra incendios no parece haber formado parte de la ecuación cuando las Autoridades Europeas elaboraron esas políticas, generándose un nuevo escenario de riesgo que en la práctica cambiará la forma de equipar y construir los aparcamientos para acoger a este nuevo parque de vehículos sostenibles.

La presente Guía es el resultado de un proceso riguroso de análisis que combina estudios e investigaciones propias, la experiencia acumulada en análisis de riesgos de incendio y la evaluación crítica de estudios, informes e investigaciones internacionales en el ámbito de los aparcamientos con VE y VCI

b) Objetivo de la Guía y del diseño de protección

El objetivo es establecer una estrategia de seguridad contra incendios técnicamente rigurosa, eficiente y proporcional al riesgo existente, cumpliendo con los criterios normativos de diseño que permitan la legalización de la instalación y la cobertura de responsabilidades. Esto adquiere especial relevancia ante la actual ausencia de normativas o estándares específicos, tanto a nivel nacional como internacional, aplicables a este tipo de instalaciones existentes.

El propósito es definir una estrategia de protección eficaz a partir de un análisis detallado del riesgo. Esta estrategia debe garantizar que, en caso de incendio, se mantengan condiciones controladas en el área afectada, limitando la propagación de calor y humo y sus efectos nocivos. De este modo, se minimizan los daños a vehículos adyacentes, instalaciones, equipamientos y, sobre todo, se protege la integridad de las personas presentes en la zona.

El objetivo no es solo contener el incendio, sino también asegurar que, hasta la llegada de los servicios de Bomberos, las condiciones se mantengan lo suficientemente estables como para permitir una intervención segura y efectiva por parte de los Bomberos.

El contenido ofrece una visión estructurada de los riesgos específicos de incendio asociados a vehículos eléctricos equipados con baterías de iones de litio, en sus configuraciones BEV (Battery Electric Vehicle) y PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), por ser estos los tipos de vehículos que requieren conexión a sistemas de recarga en el área objeto de protección.

c) Antecedentes

Desde mediados de 2023, ASHES·FIRE está desarrollando un proyecto interno de investigación centrado en la aplicación de la ingeniería prestacional (diseño basado en prestaciones) como respuesta al creciente riesgo de incendio asociado a vehículos eléctricos en zonas de aparcamiento. Este enfoque se plantea ante la complejidad que presentan dichos incendios en su control y extinción, los peligros específicos que implican en espacios cerrados, y la ausencia actual de una normativa que permita mitigar adecuadamente estos riesgos emergentes a los que se enfrenta la sociedad y los Bomberos.

Los trabajos de investigación se iniciaron con la modelización mediante software de dinámica de fluidos CFD (Computational Fluid Dynamics) escenarios de incendio en aparcamientos con más de 15 vehículos, para entender el comportamiento del incendio en este entorno y obtener unos primeros registros relevantes de cara a establecer una futura estrategia de protección contra incendios.

La primera fase de la investigación consistió además en recopilar información de estudios e investigaciones internacionales¹ y mediante las modelizaciones de incendio obtener datos de la curva de desarrollo de un incendio en un VE, obteniendo registros de temperaturas en función del tiempo y duración del incendio, velocidad de propagación a vehículos anexos, grado de afectación a elementos y forjado del aparcamiento, y los efectos de la liberación de electrolitos inflamables y de gases tóxicos.

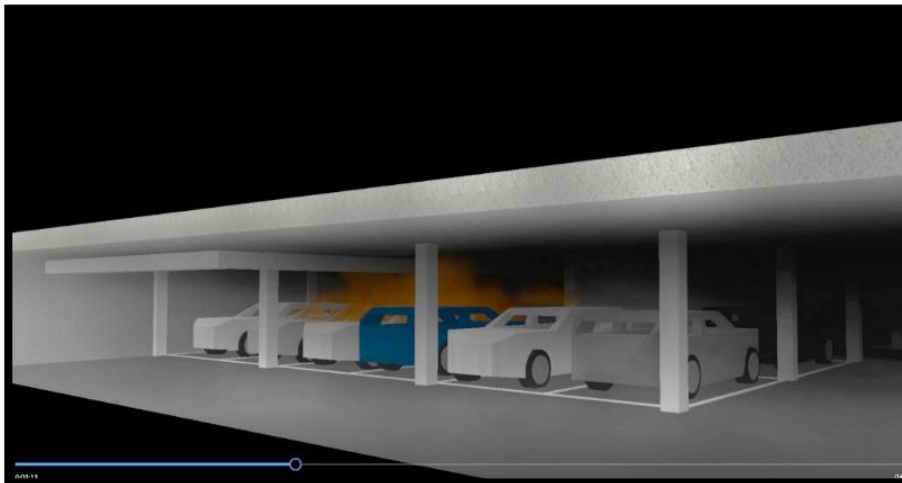


Ilustración 1 Simulación computacional de incendio de VE en aparcamiento sin medidas de protección contra incendios

¹ Consultados más de 12 estudios, ensayos a escala real, investigaciones y guías provisionales de normas, cuya relación está a disposición del interesado.

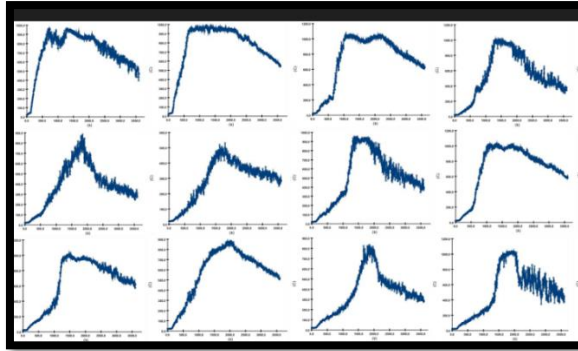


Ilustración 2 Gráficas de registro de la evolución de la temperatura del incendio de VE.

La presente Guía se enmarca en la segunda fase del proyecto de investigación, cuyo objetivo ha sido definir una estrategia de seguridad contra incendios aplicable a las áreas de recarga de vehículos eléctricos en aparcamientos, orientada a garantizar un nivel de protección adecuado que permita los objetivos indicados manteniendo el incendio bajo control hasta la llegada de los servicios de extinción.

Desde el enfoque de la ingeniería de protección contra incendios, se ha llevado a cabo un análisis detallado de los riesgos inherentes a este tipo de instalaciones, complementado con:

- a) Resultados de estudios y publicaciones técnicas realizadas por organismos internacionales.
- b) Investigaciones propias respaldadas por simulaciones CFD (dinámica de fluidos computacional).
- c) Aplicación del método avanzado de análisis prestacional FRSave®, desarrollado específicamente para evaluar escenarios complejos de incendio en este tipo de entornos.

Las disposiciones de seguridad contra incendios de los aparcamientos en general requieren una actualización, ya que la proliferación de los VE en los aparcamientos no es lo único que se debe tener en cuenta al analizar cómo diseñar y proteger adecuadamente estas infraestructuras de estacionamiento. El cambio en las características de los vehículos modernos con más variedad de plásticos, mayor tamaño, mayor carga de fuego y otros elementos propensos al fuego, ya han provocado modificaciones en normas de diseño como la NFPA 13 en 2022, aumentando la clasificación de riesgo de Riesgo Ordinario Grupo 1 a Riesgo Ordinario Grupo 2., lo que se traduce en un aumento del 33% en la densidad de diseño del sistema de supresión. Desde enero de 2021, FM Global también aumentó la categoría de peligro de los aparcamientos abiertos y cerrados, que pasaron de una categoría de peligro 2 a una de nivel 3.

La Guía ZEPI-VE ha sido desarrollada teniendo en cuenta las últimas actualizaciones normativas y tendencias tecnológicas del sector, y está específicamente orientada a abordar el área de riesgo especial bajo la que se cataloga esa zona asociada al estacionamiento y recarga de vehículos eléctricos.

Su aplicación resulta adecuada en cualquier nivel del aparcamiento —incluidos los niveles subterráneos— y es altamente eficiente para zonas que cuenten con más de seis (6) plazas consecutivas destinadas a VE.

Esta guía proporciona criterios técnicos y estrategias de protección que permiten mejorar la seguridad frente a incendios en estos nuevos entornos, caracterizados por riesgos emergentes no contemplados aún de forma específica en la normativa vigente.

d) Otras Guías para protección de aparcamientos con VE

En el caso de aparcamientos cerrados sin áreas de recarga delimitadas para vehículos eléctricos, donde las estaciones de carga y la ocupación por VE se distribuyen de forma aleatoria por el aparcamiento, se aplican directrices específicas recogidas en la **Guía Técnica FR-VEA**.

Para aparcamientos existentes que cuenten con una instalación aprobada de rociadores, se están desarrollando unos lineamientos específicos, que estarán recogidos en la **Guía Técnica FR-VER**.

Para aparcamientos de nueva construcción, se están desarrollando lineamientos que estarán recogidos en la **Guía Técnica FR-VEN** que incluyen medidas preventivas adicionales, tales como incrementar el tamaño de las plazas de aparcamiento para VE, ubicación estratégica de los puntos de carga en áreas de mayor ventilación y/o próximos a las entradas de aparcamiento y salidas de emergencia, sistema de control de aguas residuales, etc..

e) Aplicación de la Guía

Para garantizar al Usuario Final la correcta aplicación de los criterios establecidos en la Guía ZEPI^{VE}, como en el resto de las situaciones en las que es necesaria una actualización de las medidas de protección ante el incremento del riesgo, el procedimiento a seguir, sujeto al cumplimiento de la legislación vigente, es el siguiente:

- 1) Elaboración del proyecto de adecuación y mejora de las condiciones de seguridad contra incendios del aparcamiento, firmado por Técnico Titulado Competente, que acredite:
 - a. Solvencia profesional en el ámbito de la seguridad y prevención de incendios.
 - b. Póliza RC Profesional específica para la actividad de ingeniería contra incendios
 - c. Declaración jurada de ausencia de conflicto de intereses como técnico titulado competente, sin vinculación profesional con la empresa que ejecutará la instalación proyectada.
- 2) Solicitud de Licencia de Obra ante el Ayuntamiento (según casos)
- 3) Ejecución de la obra por empresa instaladora contra incendios habilitada conforme al RIPCI (RD 513/2017), que a la finalización de las pruebas de aceptación entregará el Certificado de la Instalación a la Dirección Facultativa.
- 4) Dirección Facultativa, que asistirá a las pruebas finales de aceptación, emitirá el Certificado Final de Obra (CFO) y llevará a cabo las gestiones y trámites necesarios ante la comunidad autónoma para el registro y legalización de la instalación de protección contra incendios, conforme a los requerimientos del organismo competente dependiente de la Dirección General de Industria.
- 5) Firma de contrato de Mantenimiento a empresa habilitada conforme al RIPCI (RD 513/2017) y actualización del Plan de Emergencia y Autoprotección

f) Sobre el Método FRSave®

El método aplicado en esta Guía se basa en el uso del Método FRSave®, un sistema de calificación del riesgo de incendio desarrollado específicamente para evaluar la solvencia de un establecimiento en materia de seguridad contra incendios. Esta metodología permite representar dicha solvencia a través de una Etiqueta de Calificación de Eficiencia en Seguridad contra Incendios, acompañada de un Informe de Evaluación que analiza los ámbitos críticos para garantizar la protección integral del establecimiento. Esta información constituye una herramienta clave para el desarrollo de estrategias eficaces y eficientes en la reducción del riesgo de incendio.

Originalmente diseñado para calificar la eficiencia en seguridad contra incendios de establecimientos existentes por parte de Agencias Calificadoras acreditadas, el método ha demostrado su aplicabilidad en el contexto del diseño prestacional, permitiendo resolver soluciones técnicas adaptadas y eficientes en todo tipo de edificios e instalaciones. Esto resulta especialmente relevante en aquellos casos donde la normativa no es suficiente para garantizar el nivel de protección exigido o deseado por los titulares de la actividad.

Como metodología transversal, el Método FRSave® integra un conjunto estructurado de medidas técnicas, procedimientos y enfoques que abordan múltiples riesgos y áreas funcionales dentro de una organización, aportando una visión global y estratégica de la seguridad contra incendios.

El Método FRSave® utiliza un sistema de análisis de tres pasos:

Paso 1. Análisis del Riesgo de Incendio:

- Identificación de los Focos de activación, así como su estado de conservación, operación y mantenimiento, carga de fuego, situación condicional con respecto a otros combustibles, etc..
- Análisis de Probabilidad.
- Análisis de Consecuencias.

Paso 2. Evaluación de las medidas de Protección Activa, Protección Pasiva y condiciones de Evacuación:

- Evaluación Cualitativa del nivel La **madurez por etapa**, se evalúa en 3 dimensiones:
 - 1) diseño,
 - 2) instalación, y
 - 3) mantenimiento,
- Evaluación Cualitativa del nivel a **madurez por medidas**, se evalúa en 6 puntos de reflexión:
 - a) identificación de la amenaza,
 - b) cumplimiento normativo,
 - c) detección y alarma,
 - d) protección pasiva,
 - e) protección activa, y
 - f) condiciones de evacuación

Paso 3. Gestión local del Riesgo de incendio:

- Políticas internas de gestión del riesgo.
- Estructura local operativa, definición de labores de supervisión y registro, compromiso y cultura del proceso de toma de decisiones para cada punto de reflexión.
- Implementación de planes de prevención de incendios y de contingencia,
- Formación de equipos de respuesta a emergencias, la colaboración con autoridades locales y otros actores relevantes, y la revisión y mejora continua de las estrategias y medidas implementadas

1

1. Evaluación del Riesgo de Incendio de VE en aparcamientos cerrados

El **riesgo de incendio** es una estimación de la probabilidad de que se inicie un incendio debido a los peligros identificados, multiplicada por las posibles consecuencias. Es esencialmente una medida del "potencial de daño".

El incendio es un peligro debido a su potencial de causar daño y se convierte en riesgo cuando existe la posibilidad de que este daño realmente ocurra.

$$RI = \text{Probabilidad de inicio de incendio} \times \text{Consecuencias}$$

La gestión de los peligros y riesgos de incendio entraña implementar medidas de prevención y protección, disponer de protocolos de respuesta y estar preparado para responder de manera efectiva en cualquier momento.

Así pues, para gestionar los riesgos de incendio, será fundamental reducir la probabilidad de activación y sus consecuencias en la actividad.

A. Probabilidad de activación de incendio

La Probabilidad de inicio de un incendio puede venir dada por el fallo en un dispositivo o por la escasez de medidas de prevención que propicia el contacto de materiales combustibles con un foco caliente.

Si bien los mecanismos del fuego son conocidos y en ocasiones predecibles, la ocurrencia de un incendio es de naturaleza probabilística. En el caso particular de incendios de vehículos eléctricos existen diversos factores, muchos de los cuales se producen de forma impredecible.

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 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, 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 detectado 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, como 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.*

Así pues, la probabilidad de que ocurra un incendio sostenido en un VE aumenta durante el proceso de carga y depende de diversos factores, algunos interrelacionados, cada uno con su probabilidad, pudiéndose indicar como factores relevantes:

- Antigüedad del vehículo
- Kilómetros recorridos
- Condiciones de uso del vehículo
- Estado de mantenimiento y conservación del vehículo
- Temperatura de la batería
- Estado de carga de la batería
- Estado del cable de carga
- Calidad de fabricación del vehículo
- Calidad de fabricación de la batería
- Calidad y protecciones de la estación de carga
- Temperatura ambiente
- Fugas de líquidos que entren en contacto con partes calientes
- Fallos de sensores o de la electrónica interna, etc.

B. Consecuencias

Las consecuencias de un incendio vienen determinadas por su extensión, la velocidad de propagación y la consecuente generación de daños materiales en el aparcamiento, al edificio, a los ocupantes, así como su impacto en la interrupción de la continuidad de la actividad.

Para determinar la magnitud de las consecuencias se hace referencia al impacto de un evento, que vendrá determinado por:

1) Alcance:

- Local.
- Sector de incendio / planta de aparcamiento.
- Aparcamiento completo.
- Extensión fuera del aparcamiento.

2) Duración:

- Corto plazo: Consecuencias inmediatas o que se manifiestan en un periodo breve.
- Mediano plazo: Efectos que se desarrollan en uno o varios días.
- Largo plazo: Impactos que pueden durar varias semanas o incluso más.

3) Intensidad:

- Leve: Consecuencias menores que no causan cambios significativos.
- Moderada: Efectos notables que requieren atención, pero no son devastadores.
- Severa: Consecuencias graves que pueden causar daño considerable o requerir una intervención significativa.

La magnitud de las consecuencias de un incendio podrá ser atenuada mediante la adopción de medidas eficaces de protección contra incendios.

Las medidas de protección destinadas a limitar las consecuencias de un incendio se estructuran en tres categorías complementarias: soluciones de protección pasiva, sistemas de protección activa y disposiciones organizativas para la evacuación en situaciones de emergencia.

Las **medidas de protección pasiva** son aquellas cuya eficacia depende de su mera presencia; participando de la siguiente manera:

- Dificultando, o imposibilitando, la propagación del incendio, gases calientes (tóxicos/explosivos) y el humo
- Evitando el colapso de las estructuras y forjados
- Facilitando la evacuación de los ocupantes
- Permitiendo en condiciones de seguridad las labores de intervención y rescate por los Bomberos.

Las medidas de protección pasiva han de estar complementadas con **medidas y sistemas de protección activa** cuya eficacia ya no depende de su mera presencia.

La **protección activa** la forman los sistemas que permiten la detección, control y extinción del incendio, ya sea mediante medios manuales o automáticos, por lo que requiere disponer de una organización para la gestión y el mantenimiento, así como de adiestramiento del personal para la gestión de la evacuación y facilitar la intervención de Bomberos.

1.1 Conceptos para la evaluación del Riesgo de Incendio

Para la evaluación del riesgo de incendio se sigue un proceso de estimación y evaluación de las amenazas que puedan derivar en incendios que afecten al edificio, sus ocupantes, sus instalaciones o la continuidad de la actividad.

La presente guía considera la evaluación de los siguientes dos escenarios de incendio en aparcamientos:

Aparcamientos cerrados en los cuales las estaciones de carga para VE se encuentran **concentradas** en una zona específica claramente definida y señalizada, a partir de 5 plazas de aparcamiento con estaciones de carga

El riesgo de incendio asociado es específico para cada aparcamiento, y se podrá calcular a partir de:

Parámetros tomados como constante:

- Identificación de Escenario más desfavorable: Incendio de vehículo eléctrico conectado a proceso de carga
- Frecuencia o probabilidad con la que se espera que ocurra: Escasa (> 99%)
- Identificación de las consecuencias sin medidas de protección adecuadas: Moderado (20%), Peligroso (50%) y Catastrófico (30%)

Parámetros variables de cada aparcamiento:

- Condiciones constructivas del aparcamiento: superficie, tipo de construcción y estructuras, ubicación, plantas bajo rasante, distancia al parque de bomberos más próximo, etc.
- Sistemas de Protección activa contra incendios disponibles
- Medidas de Protección Pasiva contra incendios existentes
- Número y disposición de los elementos de evacuación
- Estructura funcional local y plan de gestión del riesgo

En el estudio para determinar las probabilidades se ha empleado el Software FRSave®, que trata la combinación entre las probabilidades conocidas (estadísticas) con las condiciones particulares de las fuentes de activación propias en cada edificio, para estimar las probabilidades desconocidas.

a) Tolerancia al Riesgo

El desarrollo de la evaluación del riesgo debe realizarse teniendo presente el criterio de riesgo aceptable o tolerable para la compañía (tolerancia al riesgo), con lo que se evita que al carecer de un criterio de aceptabilidad del riesgo se dispongan de medidas de seguridad contra incendios desequilibradas, siendo uno de los objetivos de la evaluación del riesgo el valorar como alcanzar la correlación y proporcionalidad de las medidas para alcanzar el objetivo de tolerabilidad del riesgo.

En función de los objetivos específicos del estudio, puede haber varias formas de evaluar el riesgo de incendio, así, por ejemplo:

- Si el objetivo es la seguridad de los ocupantes y existe preocupación por los daños y pérdidas humanas en el edificio, el riesgo podría medirse en términos de personas afectadas.
- Si el objetivo se centra en la protección de la propiedad, el riesgo debe medirse en función del valor financiero potencial de las pérdidas.

Para el área de VE, ante la diversidad de configuraciones y los riesgos inherentes, se establece de manera genérica del lado de la seguridad una TOLERANCIA CONSERVADORA AL RIESGO

b) Utilidad

La evaluación del riesgo de incendio tiene como finalidad:

- Identificar los focos de ignición que requieren la adopción de medidas de mitigación, con el objetivo de alcanzar un nivel de riesgo aceptable (en este caso, una Tolerancia Conservadora), ya sea mediante la reducción de la probabilidad de ocurrencia o de sus consecuencias.
- Seleccionar los sistemas de mitigación más adecuados, considerando tanto la aceptabilidad del riesgo residual asociado al incendio como la viabilidad económica de su implementación.
- Definir planes de gestión del riesgo de incendio, incluyendo procedimientos específicos de prevención, respuesta e intervención, adaptados al perfil de riesgo de la instalación.

1.2 Combustibles

La peligrosidad de los combustibles depende de su estado físico (sólido, líquido o gas) y de sus propiedades físico-químicas, temperatura de ignición, grado de división o fragmentación, proximidad, etc.

Los factores peculiares a considerar como elementos combustibles son:

- **Cantidad de combustibles y tipo (carga de fuego)**
 - Capacidad total de vehículos en el área
 - Disposición y tipo de las bandejas de cableado, conductos de ventilación y otras instalaciones electromecánicas.

- **Condiciones particulares de estacionamiento.**
 - Dimensiones de las plazas de aparcamiento para VE
 - Distribución de las plazas de aparcamiento VE del área en relación al resto del aparcamiento
 - Ubicación del área con respecto al acceso rodado y acceso desde acceso/escaleras de emergencia
 - Niveles en los que se ubican las plazas de aparcamiento VE
 - Espacio libre disponible de accesibilidad al vehículo
 - Dimensiones de los viales de circulación
 - Características y ubicación de los cargadores y los cuadros eléctricos de suministro
 - Condiciones de ventilación

Si bien los incendios de VE son comparables a los de vehículos de combustión modernos en cuanto a carga de fuego, intensidad y producción de humo, debido a las características de las baterías tienen una velocidad de combustión más rápida, son más difíciles de extinguir y pueden reavivarse inesperadamente, por lo que generalmente la duración del incendio será mayor, y así se considera.

1.3 Focos de ignición

Los focos de ignición son aquellos que aportan la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción desencadenante en incendio, pudiendo ser de origen térmico, mecánico, eléctrico y químico.

Los focos peculiares que se dan en los aparcamientos con VE son los siguientes:

- Vehículos con baterías de iones de Litio
- Estaciones de carga
- Infraestructuras eléctricas de soporte

a) Incendios de vehículos eléctricos

Las baterías de los vehículos eléctricos pueden convertirse en focos de incendio cuando presentan daños estructurales derivados de colisiones o impactos severos, defectos de fabricación —particularmente en el separador interno de las celdas—, o procesos de degradación asociados al envejecimiento, como la pérdida de capacidad y el incremento de la resistencia interna.

Estos factores pueden desencadenar cortocircuitos internos, generando un aumento progresivo de la temperatura. A partir de unos 70 °C, el electrolito líquido, altamente inflamable, comienza a evaporarse, incrementando la presión dentro de la celda. Este proceso, conocido como desgasificación, puede culminar en la ruptura de la envolvente de la celda. Si el separador falla, se produce una fuga térmica —una reacción en cadena de calentamiento descontrolado— que puede derivar en explosión y posterior incendio.

Aunque los vehículos eléctricos están equipados con sistemas de gestión térmica y protección integrados para evitar estos escenarios, la pérdida de efectividad por cualquier circunstancia o el fallo de dichas medidas de seguridad puede permitir que la batería entre en ignición, generando un incendio difícil de controlar..



Ilustración 3. Incendio de VE.

b) Estaciones de carga

Las estaciones de carga deben gestionar altos niveles de energía eléctrica y esto las convierte en posibles focos de incendio.

El riesgo de activación de incendios en estaciones de carga para vehículos eléctricos es actualmente bajo, con un número limitado de incidentes reportados. No obstante, este escenario podría evolucionar negativamente a medida que aumente el número de infraestructuras de recarga, se comercialicen equipos con estándares de calidad y protección cuestionables, se realicen instalaciones sin seguir los protocolos técnicos establecidos, o se relajen las labores de mantenimiento periódico, o ante sabotajes. Además, el envejecimiento en servicio de estos sistemas incrementará su vulnerabilidad con el tiempo.

Las estaciones de carga pueden convertirse en focos de ignición debido a múltiples factores, entre ellos: fallos eléctricos, cortocircuitos, cables deteriorados, equipos de carga defectuosos, sobretensiones, sobrecalentamiento (especialmente en procesos de carga rápida), uso inadecuado del sistema o incluso fenómenos externos como la caída de rayos.

Las estaciones de carga deben estar protegidas ante impacto accidental por los vehículos



Ilustración 4 Estaciones de carga de VE.

c) Otras infraestructuras eléctricas

La infraestructura de carga de un VE incluye equipos eléctricos de servicio como: transformadores de potencia, cables de alimentación, etc., que en sí suponen un riesgo potencial de incendio, en particular derivado de un mal estado del cable de carga del vehículo o dimensionamiento y mantenimiento de la instalación.

Se han registrado incidentes en los cables de carga derivados principalmente del mal estado de los pines de los conectores, a consecuencia de golpes y tensiones (estiramiento), que resultan en desperfectos en el conexionado interno.



Ilustración 5 Cable de carga de VE con desperfecto.

Otras opciones de riesgo de activación que también deben considerarse, aunque no son peculiares de aparcamientos de VE, son derivadas de actuaciones negligentes o intencionalidad, que se han de valorar considerando la particularidad de cada aparcamiento, la ausencia de procedimientos operacionales para trabajos especiales (trabajos en caliente, mantenimientos, reformas, etc.), calificándose como “Probabilidad de activación de incendio por negligencia”

1.4 Consecuencias

El tener correctamente identificados los focos de ignición es la base que posibilita seguir una estrategia de protección contra incendios para reducir las consecuencias basada en “líneas de control”, permitiendo alcanzar el objetivo de tolerancia del riesgo.

La técnica de “líneas de control”, ampliamente utilizada en muy diversos campos como la: seguridad, ciberseguridad, control de calidad, etc. incluso a lo largo de la historia en las estrategias militares, está en auge en los últimos años en el campo de la ingeniería contra incendios, al igual que los estudios prestacionales, ante su

elevada eficacia y la necesidad de dar soluciones de protección solvente a actividades existentes para las que no está desarrollado un estándar reglamentario aprobado, como es el caso hoy en día para la protección de aparcamientos cerrados con VE y VHe.

Las peores consecuencias serán fruto de incendios multi vehículo, que dan lugar a temperaturas muy elevadas que podrían provocar el fallo de los elementos estructurales y el colapso de forjados.

Para el área de aparcamiento de VE las medidas y sistemas contra incendios deben dimensionarse para alcanzar los siguientes objetivos:

Alcance máximo:

- Área delimitada de carga de VE.

Duración máxima:

- Mediano plazo: Los efectos del incendio sobre las instalaciones del aparcamiento deben quedar resueltos en menos de 48 horas.

Intensidad máxima:

- Moderada: La intensidad del incendio en el área no debe involucrar a más de un vehículo.

1.5 Riesgos Medioambientales

Los incendios de baterías de Ión-Litio liberan metales pesados en forma de polvo fino, como: cobalto, manganeso, níquel y litio, que junto con el humo de la quema de plásticos, puede causar graves daños a la salud humana si se inhalan, ya que en estos incendios las concentraciones de metales pesados pueden superar fácilmente los límites de seguridad por un factor > 4.000 veces superior a lo tolerable.

Los metales pesados liberados en forma de polvo fino y los productos químicos electrolíticos se combinan con el agua de extinción formando una mezcla tóxica que podría contaminar las aguas subterráneas locales, que se suma a la contaminación tóxica que ya producen los materiales plásticos de cualquier vehículo.

La estrategia de protección contra incendios debe incluir la gestión de las aguas residuales utilizadas durante la extinción para evitar daños medioambientales.

El proyecto debe indicar las operaciones del sistema de gestión de aguas residuales y capacidad de drenaje.

2

2. Sistemas de Protección contra incendios en áreas de carga de VE en aparcamientos cerrados

2.1 Objetivos de la Protección

Los objetivos primarios orientados a limitar las consecuencias del incendio dentro de márgenes tolerables se definen a partir del análisis de riesgo y comprenden los siguientes aspectos clave:

- **Control térmico del incendio**, mediante sistemas automáticos capaces de limitar las temperaturas en el área a valores por **debajo de los 150 °C** y evitar radiación térmica que pueda generar daños fuera del área.
- **Prevención de la propagación a vehículos adyacentes**, evitando el desarrollo de incendios de múltiples vehículos.
- **Gestión de humos y gases del incendio**, con el fin de proteger a los ocupantes del aparcamiento y facilitar un entorno seguro para la intervención de Bomberos.
- **Reducción de la exposición térmica de la estructura** y de las instalaciones eléctricas y ventilación del aparcamiento.
- **Minimizar el impacto ambiental**, reduciendo emisiones tóxicas y los residuos derivados del incendio al alcantarillado, mediante el consumo mínimo de agua y, cuando sea posible, tratamiento de recogida de las aguas del aparcamiento.
- **Facilitar medios locales de apoyo**, que contribuyan a optimizar las labores de extinción por parte del cuerpo de Bomberos.

El principal objetivo como estrategia es controlar de forma efectiva la temperatura del incendio a valores por debajo de los 150°C para evitar que el fuego se extienda a los vehículos cercanos – evitar incendio multi vehículo -, y reducir en el área la gran cantidad de humo tóxico que liberan estos vehículos al incendiarse.

2.2 Sistema de detección y alarma de incendio

En aplicaciones que implican baterías de iones de litio, es fundamental contar con sistemas de detección extremadamente rápidos y fiables que permitan identificar celdas o baterías que presenten comportamientos anómalos antes de que se produzca un desbordamiento térmico (thermal runaway). Por ello, la detección temprana y precisa de conatos de incendio se convierte en un elemento crítico en el diseño de sistemas de protección contra incendios para este tipo de baterías.

El proceso de ignición en baterías de iones de litio suele iniciarse con la liberación de gases y partículas, como resultado de la degradación térmica interna. En etapas posteriores, el fuego evoluciona con la aparición de humo visible y, finalmente, con la formación de llamas abiertas.

Existen diversas tecnologías disponibles para detectar incendios en desarrollo durante las distintas fases del proceso de ignición en baterías de iones de litio. No obstante, antes de seleccionar un sistema de detección, es fundamental tener en cuenta algunos principios básicos:

- La detección temprana debe estar orientada a identificar los primeros indicios del evento térmico, como la liberación de gases, el aumento de temperatura o la presencia inicial de humo, inmediatamente después del venteo de una celda comprometida.
- Dado que las tecnologías y tipos de detectores presentan características y sensibilidades distintas, la elección del sistema debe adaptarse específicamente a las condiciones del entorno. En estos entornos, la solución seleccionada debe no solo garantizar una detección precoz y eficaz, sino también minimizar el riesgo de falsas alarmas y ser económicamente viable para su implantación a gran escala.

En aplicaciones específicas como los aparcamientos, ciertas tecnologías de detección precoz basadas en la captación de gases pueden resultar ineficaces debido a la alta probabilidad de existencia de corrientes de aire que diluyen los gases emitidos, dificultando su acumulación y, por tanto, su detección en fases iniciales. Como consecuencia, la detección se confía a sistemas de detección de humo y temperatura, los cuales generalmente se activan una vez iniciado el desbordamiento térmico de la batería.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes sistemas de detección de incendio y su ratio de: **eficacia, aplicabilidad y coste**, para la detección temprana de incendios de VE.

Sistema de detección	Tipo de detector	Área de Carga de VE
Detección de Gases y partículas	H ₂ ,	X X X X X
	CO	X X X X X
	CO ₂	X X X X X
Detección de Humo	Detectores de humo puntuales	X X X X X
	Detectores puntuales multisensor (humo+temperatura)	X X X X X
	Detectores de humos por haz de luz (detectores lineales)	X X X X X
	Det. humos por aspiración (ASD)	X X X X X
Detección de Calor	Detectores térmicos puntuales	X X X X X
	Detectores térmicos lineales	X X X X X

	Cámaras termográficas (*)	X X X X X
Detección de Llamas	Ultravioleta,	X X X X X
	Infrarrojo	X X X X X
	UV+IR	X X X X X
Detección por Video	VFD	X X X X X

(*) Aunque los sistemas de detección mediante cámaras termográficas representan una solución técnicamente avanzada y eficaz, su grado de aplicabilidad es limitado debido a su alto coste en comparación con otros sistemas, así como a la diferencia en los tiempos de activación de alarma, que no siempre justifican la inversión en determinados entornos o escalas de proyecto.

• **Criterios de eficacia del sistema de detección y alarma.**

- Sistema independiente con capacidad de detección temprana y sin falsas alarmas
- Posibilidad de transmitir alarmas acústica y óptica.
- Cobertura: un punto de muestreo por plaza de VE
- Trasmisión local de alarma óptico-acústica y remota a central de incendios del aparcamiento y a central receptora de alarmas 24/365.
- Control y supervisión general del resto de sistemas de protección del área: control de ventilación de humos, extinción automática, compartimentación, etc.

• **Criterios de cumplimiento.**

- Diseño y proyecto constructivo conforme a UNE 23.007:14
- Dispositivos y componentes certificados
- Instalación y cableado conforme a UNE 23.007:14 y recomendaciones del fabricante
- Programación de la matriz causa-efecto probada
- Acta de pruebas de aceptación y certificado de la instalación emitido por la empresa instaladora
- Mantenimiento conforme a Plan de Mantenimiento que integre requerimientos de: UNE 23.007:14, recomendaciones del fabricante y RD 513/2017
- Sistema con registro de legalización ante la Autoridad Competente

2.3 Medios manuales de Protección Activa

En la siguiente tabla se muestran los diferentes sistemas manuales de protección activa y su ratio eficacia/aplicabilidad/coste para el área de aparcamiento de VE:

Medios Manuales	Sistema	Área de Carga de VE
Extintores Manuales	Polvo químico	X X X X X
	F500	X X X X X
	EcoFire	X X X X X
	CO ₂	X X X X X
BIES	BIES 25 mm + Racor 45 mm	X X X X X
Hidrantes	Hidrantes exteriores	X X X X X
Columna seca	Columna seca	X X X X X

Nota: Las lanzas extintoras para aplicación de agua+aditivos en los bajos del vehículo han resultado eficaces en numerosos ensayos, y no se han considerado al ser un equipamiento para uso exclusivo de bomberos y no una instalación fija del aparcamiento.

- **Criterios de eficacia para Extintores.**
 - Agente extintor de la eficacia adecuada al tipo de riesgo. En esta aplicación agente F500 o agente encapsulador de eficacia equivalente o EcoFire
 - Cantidad de agente extintor acorde a la disponibilidad de recursos locales para una primera intervención
 - Cobertura en la totalidad del área
 - Indicador de presión en zona de operación
 - Ubicación y señalización
 - Buen estado general de todos sus componentes

- **Criterios de eficacia para BIE's.**
 - Accesibilidad y manejabilidad acorde a los recursos de emergencia disponibles y entrenados, manguera rígida de 25 mm y 20 m. de longitud con toma adicional con racor de 45 mm.
 - Mangueras sin desperfectos y dentro de periodo de vida útil (máximo 20 años)
 - Condiciones de presión y caudal
 - Cobertura en la totalidad de áreas y espacios
 - Ubicaciones próximas a salidas y señalización
 - Buen estado general de operación de todos sus componentes

- **Criterios de eficacia para Hidrantes exteriores.**
 - Ubicación en vía pública a menos de 100 m. de fachada del aparcamiento
 - Señalización.
 - Buen estado general de operación de todos sus componentes

- **Criterios de eficacia para Columna Seca.**
 - Toma de fachada. Ubicación, señalización, anchura mínima de operación de al menos 5 metros y distancia máxima a entrada del aparcamiento de 20 metros.
 - Tomas interiores ubicaciones de vestíbulos
 - Buen estado general de operación de todos sus componentes

- **Criterios de Cumplimiento.**
 - Diseño y proyecto constructivo conforme a norma UNE de aplicación a cada sistema
 - Instalación conforme a norma UNE de aplicación y recomendaciones del fabricante
 - Acta de pruebas de aceptación y certificado de la instalación emitido por la empresa instaladora
 - Mantenimiento conforme a Plan de Mantenimiento que integre requerimientos de la norma UNE de aplicación, recomendaciones del fabricante y RD 513/2017
 - Sistemas con registro de legalización ante la Autoridad Competente

2.4 Sistemas automáticos de Protección Activa

Los agentes extintores utilizados como sistemas automáticos de Protección Activa pueden ser líquidos (agua), bifásicos (espuma), sólidos (polvo), gaseosos (gases) o aerosoles.

Dependiendo del agente extintor el principio de extinción es diferente:

- 1) **Refrigeración o enfriamiento:** el agente extintor se encarga de absorber el calor de la combustión, de modo que el descenso de la energía calórica se ralentiza y, en última instancia, detiene el fuego.
- 2) **Sofocación:** se logra eliminando o reduciendo el oxígeno que alimenta la combustión.
- 3) **Inhibición de la reacción en cadena:** mediante la neutralización de los radicales libres que actúan en ella.

No sólo el diseño en base a normas reconocidas, cálculo y la distribución de un sistema es clave, sino también el uso de sistemas aprobados, la correcta instalación, verificación de la operativa y el mantenimiento constante por parte de personal debidamente formado y certificado.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes sistemas automáticos fijos de protección activa y su ratio de eficacia, aplicabilidad y coste para aparcamientos de incendios de VE:

Sistemas Automáticos	Tecnología	Área de Carga de VE
Sistemas en base a agua	Rociadores automáticos (sprinklers)	X X X X X
	Agua Pulverizada	X X X X X
	Agua Nebulizada Alta Presión	X X X X X
	Agua Nebulizada Baja Presión	X X X X X
Sistemas en base a agentes gaseosos	Gases Inertes	X X X X X
	Gases Halocarbonados	X X X X X
	Dióxido de Carbono	X X X X X
Sistemas de Espuma	Espumas Clase B	X X X X X
	Espumas Clase A	X X X X X
Sistema de Polvo	Polvo seco	X X X X X
Aerosoles	Aerosol condensado	X X X X X
Reducción de Oxígeno	Reducción de Oxígeno	X X X X X

- **Criterios de eficacia del sistema automático de mitigación.**
 - Máxima capacidad de enfriamiento y capacidad de sofocación
 - Compatibilidad con entornos con presencia de equipos eléctricos y tensión.
- **Criterios de cumplimiento.**
 - Diseño y proyecto constructivo conforme a Norma UNE-EN 14972 y ensayos certificados del fabricante
 - Dispositivos y componentes certificados
 - Mantenimiento conforme a Plan de Mantenimiento que integre requerimientos y recomendaciones del fabricante y RD 513/2017
 - Sistema con registro de legalización ante la Autoridad Competente

El agua se ha utilizado durante siglos para combatir los incendios, siendo el sistema de rociadores automáticos uno de los medios de extinción más antiguos y eficaces, y que más han evolucionado adaptándose a las necesidades actuales. El agua nebulizada, a alta o baja presión, representa una evolución sustancial del rociador convencional, al utilizar el mismo principio, pero con el efecto añadido de convertir el agua en una fina niebla o neblina, con un campo de aplicaciones menos global que el rociador convencional, sin embargo, más ventajosa para aparcamientos con VE al tener una mayor capacidad de mitigación del incendio por enfriamiento y sofocación.

La aplicación de los rociadores convencionales en aparcamientos con vehículos de combustión ha demostrado ser eficaz y está respaldada por la experiencia acumulada. Sin embargo, las particularidades asociadas a los incendios de vehículos eléctricos —como la elevada carga térmica, la posible reactivación por fuga térmica y la dificultad de extinción—, junto con las habituales limitaciones en los sistemas de drenaje de estos espacios, exigen unas prestaciones que los rociadores convencionales no están diseñados para ofrecer de forma efectiva.

Las técnicas de lucha contra incendios demuestran que alrededor de las dos terceras partes del agua que se aplica a un incendio de un vehículo, tienen generalmente poco o ningún efecto térmico (refrigeración). Por lo tanto, para poder aprovechar todo el potencial como agente extintor que tiene el agua, el calor debe ser eficientemente transferido desde el fuego hasta el agua.

Los parámetros principales del sistema extintor con base a agua ha de seleccionarse evaluando los parámetros que influyen más directamente en la capacidad de refrigeración por gramo de agua, que son:

- Tamaño de la gota de agua
- Velocidad de la gota

Los sistemas de rociadores automáticos convencionales descargan gotas grandes, lo que supone una mayor capacidad de atenuación directa y una mayor energía cinética (la gota tiene mayor alcance); por otro lado, descargar gotas pequeñas (nebulizadas) supone mayor rapidez y mayor capacidad de refrigeración al evaporar más rápido, pero con menor alcance, por tener menor energía cinética.

Las finísimas gotas de agua descargadas por el sistema de agua nebulizada crean una niebla que entra en contacto con las llamas. Las pequeñas gotas se evaporan rápidamente, al tiempo que se expanden, enfriando así el fuego como un rociador tradicional y además desplazando el oxígeno del incendio, como un sistema de extinción basado en gas. El vapor de agua generado crea un efecto de pantalla contra la radiación produciendo un efecto de sofocación, eliminando el oxígeno, con lo que la sofocación del incendio es más rápida y retarda la propagación del incendio.

Las gotas finas del agua nebulizada son más adecuadas para introducirse en un incendio. El agua nebulizada alcanza el fuego y las llamas debido a las finas gotas, que siguen el movimiento del aire generado por el fuego, atrapando además humos y gases. El agua nebulizada enfría el fuego más que el rociador convencional debido a que las gotas micrométricas absorben más energía de las llamas en el proceso de evaporación.

Teniendo en consideración los principios de extinción y control de incendios con sistemas a base de agua para su aplicación en un aparcamiento cerrado con presencia de vehículos eléctricos, el sistema de protección contra incendios que reúne los mejores requisitos de eficacia y que se ha mostrado como el más adecuado y eficaz en ensayos a escala real en vehículos eléctricos y en baterías de litio es el sistema de extinción automática de incendios mediante **agua nebulizada**.

Esto viene corroborado por las investigaciones llevadas a cabo por parte del “*DBI - The Danish Institute of Fire and Security Technology*” validando tras ensayos reales como la solución más eficaz de supresión para aparcamientos subterráneos y de varias plantas.

Los ensayos realizados muestran que esta tecnología de agua nebulizada puede evitar la propagación del incendio de un vehículo eléctrico a los vehículos estacionados al lado durante al menos 30 minutos.

El DBI tiene más de 40 años de experiencia realizando investigaciones de incendios y cada año investiga cientos de incendios en edificios, vehículos y barcos en Dinamarca y Noruega, siendo una autoridad con el máximo reconocimiento.

En conclusión, el sistema de agua nebulizada se presenta como una solución clave para la protección de este tipo de entornos, cumpliendo con los objetivos establecidos para el escenario de incendio en aparcamientos con vehículos eléctricos, según lo definido en el apartado 2.1 “Objetivos de la Protección”.

Entre las prestaciones más destacadas que ofrece esta tecnología, cabe señalar las siguientes:

- Gran capacidad de enfriamiento del área de incendio, que retrasa la propagación del incendio a otros vehículos y evita las altas temperaturas en forjado y elementos estructurales que pudieran comprometer su estabilidad al fuego.
- Suficiencia para cubrir con la niebla de la descarga el vehículo en su totalidad, alcanzando la niebla los bajos del vehículo donde se ubican las baterías.
- Competencia para depurar los humos y gases tóxicos, mejorando el rendimiento del sistema de control de humos, mejorando las condiciones de seguridad en la evacuación de los ocupantes y para la intervención de bomberos.
- El agua nebulizada no conductor de la electricidad
- Limita los daños por agua. Poca cantidad de agua descargada, que evita inundaciones del aparcamiento y facilita la recogida y evacuación de las aguas contaminadas utilizadas durante la extinción.
- Requerimiento de espacio reducido para el grupo de impulsión de reserva de agua.
- Ecológico. No perjudica al medio ambiente
- Eficaz para fuegos de líquidos inflamables
- Inocuidad para los equipos protegidos y para las personas, con mantenimiento del nivel de oxígeno.

2.4.1 Generalidades de los sistemas de agua nebulizada

El sistema de agua nebulizada fue desarrollado por el fabricante finlandés Marioff a principios de los años 90. Desde entonces las referencias internacionales son numerosas, existiendo en la actualidad un destacado número de fabricantes de tecnología de agua nebulizada, desarrollados tomando como referencia ese primer sistema.

Para los sistemas de agua nebulizada no existe un código de diseño específico que establezca los criterios generales del diseño (ubicación de boquillas, caudales mínimos, ...) para los diferentes riesgos, al tratarse de sistemas con parámetros de diseño propio de cada fabricante por tipo de riesgo a proteger. La normalización desarrollada en los últimos años ha ido guiada hacia la verificación de la efectividad de la solución y criterios de cada fabricante, mediante la realización de ensayos de incendio a escala real.

Los sistemas de nebulización de agua funcionan de forma similar a los sistemas de rociadores, ya sea activados por un sistema de alarma contra incendios externo (boquillas abiertas) o por caída de presión en el sistema de tuberías (boquillas cerradas), con boquillas que tienen diferentes diseños para crear patrones de pulverización específicos, con el fin de proporcionar una protección personalizada del área.

La referencia internacional para estos sistemas es la *NFPA 750 Norma sobre Sistemas de Protección contra Incendios de Agua Nebulizada*, siendo su equivalente europeo la norma *UNE-EN 14972*, que establece los métodos de verificación y ensayo que se deben emplear para validar la fiabilidad de estos sistemas, en función del riesgo a proteger y prestación objetivo para el que se diseña el sistema: control de incendio, supresión del incendio o extinción del incendio.

Los diseños y cálculos hidráulicos del sistema de agua nebulizada para el área de aparcamiento para VE deben ser realizados por una firma de ingeniería legitimada por el fabricante, que disponga de los criterios de diseño ensayados y validados para el riesgo específico en que se aplica.

Los sistemas de agua nebulizada se clasifican en esencia en dos tipos:

- 1) **Alta presión:** Los equipos están diseñados para presiones de trabajo de 500 PSI (34,5 bar) o superiores.
- 2) **Baja presión:** Presiones inferiores o iguales a 175 PSI (12,1 bar).

2.4.2 Tipos de sistemas de agua nebulizada: Alta Presión vs. Baja Presión

Sistema de Alta Presión

Este tipo de sistemas emplean como agente extintor agua desmineralizada, a presiones de trabajo entre los 35 y los 210 bar.

Son sistemas con cuyo coste resulta elevado para aplicaciones como aparcamientos, ya que al hecho del coste por boquilla y de los grupos de bombeo para proporcionar presiones estacionarias de hasta 150 bar, toda la instalación se debe realizar con tubería en acero inoxidable y suportación especial en aluminio (tipo STAUFF).



Ilustración 6 Sistema de tubería de acero inox. y boquilla cerrada de sistema de agua nebulizada de alta presión

Sistema de Baja Presión

Durante los últimos años se han desarrollado otros sistemas de extinción mediante agua nebulizada con menores presiones de trabajo. El objetivo de estos desarrollos no era tanto el conseguir un mejor sistema de extinción, sino el conseguir uno de prestaciones y fiabilidad equivalente, a un menor coste de instalación que los sistemas de alta presión y mayor versatilidad de usos y aplicaciones.



Ilustración 7. Opciones de grupos contra incendios para sistema de agua nebulizada de baja presión (derecha) según capacidad de autonomía requerida.

Las boquillas nebulizadoras para estos sistemas de baja presión son parecidas a los rociadores convencionales; ya que no es necesario romper la gota en partículas tan pequeñas, lo que simplifica mucho su diseño y fabricación, y reduce su coste.

En nuestras simulaciones CFD para incendios de VE en aparcamiento, observamos que el efecto de las corrientes convectivas ascendentes retrasaba la capacidad de refrigeración del sistema de Alta Presión, mostrando un mejor rendimiento de mitigación del incendio el sistema de Baja Presión.



Ilustración 8. Tipos de boquillas de sistema de agua nebulizada de baja presión

Una de las ventajas más destacables del sistema de agua nebulizada de baja presión para esta aplicación es su menor coste de instalación, derivado de una infraestructura más sencilla y menos exigente en cuanto a materiales, equipos y requisitos de presión.

Tras evaluar de forma integral los requisitos técnicos para su aplicación en áreas de aparcamiento, la selección del sistema de agua nebulizada de baja presión como solución de supresión automática para zonas con vehículos eléctricos se fundamenta esencialmente en los siguientes criterios:

- Elevada eficacia operativa, demostrada en su capacidad para controlar y contener escenarios de incendio complejos como el que representa el incendio de baterías de litio.
- Eficacia contrastada y respaldada por marca de conformidad FM Approved.
- Menor coste de implantación y mantenimiento en comparación con otras soluciones de prestaciones equivalentes, gracias a una infraestructura más sencilla y a menores exigencias técnicas asociadas.

2.5 Medidas de protección pasiva

La protección pasiva contra incendios no persigue extinguir el fuego, sino que se diseñan para prevenir o minimizar la propagación del fuego. Los sistemas pasivos funcionan de varias maneras para reducir los daños por incendio, dividiendo los edificios en sectores de incendio para limitar el paso de las llamas y el humo (también conocido como compartimentación) y reforzando los elementos estructurales que soportan cargas (columnas, tabiques y vigas) para que puedan resistir el embiste del fuego durante un período prolongado, lo que abre una ventana de tiempo vital para que un edificio sea evacuado de forma segura y los servicios de bomberos puedan intervenir en condiciones de seguridad.

Un sistema integral de protección pasiva contra incendios se puede dividir en cuatro áreas principales, todas trabajando juntas para prevenir o minimizar la propagación del fuego. Estas cuatro áreas incluyen protección estructural contra incendios, compartimentación, protección de aberturas y materiales cortafuegos. Si bien existen muchos sistemas de protección pasiva contra incendios, estos son algunos de los que tienen aplicaciones para aparcamientos.

- Puertas de fuego
- Compuertas cortafuegos y humos en sistemas de ventilación
- Paramentos cortafuegos de compartimentación, fijos o móviles, incluyendo dispositivos de sellado de penetraciones como collarines y otros elementos intumescentes.
- Materiales y revestimientos ignífugos cortafuegos, para aplicaciones en protección estructural, bandejas de cableado, etc.



Ilustración 10. Ignifugación de bandejas de cableado sobre las plazas de aparcamiento



Ilustración 11. Cortinas cortafuego de aislamiento del área de aparcamiento con VE

Las medidas de protección pasiva previstas para el área se adaptarán a los criterios exigidos por la normativa local vigente, considerando además las particularidades constructivas y funcionales de cada caso. Como mínimo, se implementarán las siguientes actuaciones:

- 1.- Delimitar el área de cargadores para VE como un área de incendio o sector de incendio, según el caso, mediante elementos compartimentadores móviles (Cortinas Corta Fuegos) en combinación con paneles resistentes al fuego o cortinas resistentes al fuego fijas.
 - 2.- Sellado de todos los pasos de instalaciones y conductos con materiales resistentes al fuego
 - 3.- Ignifugación de las bandejas de cableado e instalaciones eléctricas que discurran por encima de las plazas de aparcamiento
- **Criterios de eficacia de las medidas de protección pasiva.**
 - Ejecución de la obra conforme a los criterios del proyecto
 - Verificar que los materiales utilizados cumplen con las prestaciones del proyecto aprobado
 - Acreditación de la empresa instaladora, con evidencias del adiestramiento y formación del personal aplicador/instalador para los productos aplicados.
 - Productos con informe de Clasificación y hoja técnica de características técnicas y procedimiento apropiado de aplicación/ instalación/ verificación.
 - **Criterios de cumplimiento.**
 - Marcado CE de los productos
 - Certificado de la empresa instaladora
 - Mantenimiento conforme a Plan de Mantenimiento que integre recomendaciones del fabricante

2.6 Otras Medidas de seguridad y protección ante incendio

Las condiciones de alumbrado de emergencia, señalización de salidas y recorridos de evacuación se ajustarán a los criterios establecidos por la normativa local vigente, así como a las correspondientes normas aplicables al ámbito de los aparcamientos.

Adicionalmente, se recogen una serie de medidas específicas para las áreas de recarga de vehículos eléctricos, que complementan los requisitos generales exigidos para uso de aparcamiento, entre las cuales se recomiendan:

2.6.1 Condiciones y señalización de evacuación

En función de las condiciones particulares del aparcamiento y según el criterio del ingeniero responsable del proyecto, se dispondrá de una señalización fotoluminiscente en el pavimento que delimite claramente:

- El recorrido de evacuación desde el área de recarga de vehículos eléctricos (VE) hasta las salidas de emergencia más próximas.
- El trayecto operativo para intervención, desde el acceso previsto para los bomberos hasta el área de recarga de VE, facilitando así una orientación rápida y segura en condiciones de baja visibilidad.

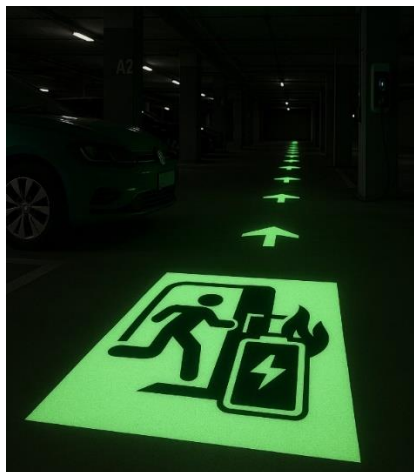


Ilustración 12. Señalización fotoluminiscente en suelo

2.6.2 Alumbrado de emergencia

En función de las condiciones existentes de alumbrado de emergencia en el área de recarga de vehículos eléctricos, y conforme al criterio del ingeniero responsable del proyecto, se contemplará la instalación de un refuerzo específico del alumbrado de emergencia en dicha zona. Esta medida tiene como objetivo garantizar la visibilidad necesaria para las labores de intervención de los equipos de extinción, considerando el previsible corte del suministro eléctrico en caso de incendio.



Ilustración 13. Alumbrado de emergencia de refuerzo

2.6.3 Ventilación forzada

En áreas clasificadas como de riesgo alto debido a la presencia VE, la instalación de un sistema de extracción forzada de humos y gases calientes es una medida crítica para garantizar la seguridad de las personas, facilitar la intervención de los Bomberos y proteger la integridad estructural del edificio.

Para la zona de VE se requiere un sistema de ventilación de emergencia independiente del que disponga el aparcamiento y certificado para extracción de humos en condiciones extremas, destacando por:

- Equipos certificados conforme a EN 12101-3, garantizando funcionamiento a altas temperaturas (F400 o F600 durante 120 min).
- Caudales adaptables a grandes volúmenes de humo generados por baterías de litio, asegurando la renovación eficaz del aire y visibilidad para evacuación e intervención.
- Diseño robusto y fiable, con componentes resistentes a la corrosión, la temperatura y la saturación química del humo generado.
- Compatibilidad con sistemas de control inteligente, que permiten activar el sistema por la detección automática, mejorando el tiempo de respuesta.



Ilustración 14. Sistema de extracción de humos

2.6.4 PCM – Panel de Control Multifunción

El PCM integra los elementos de gestión, supervisión y mando de los 4 sistemas, integrando las tarjetas de control de las cortinas, tarjeta de control del sistema de control de humos, central de detección de incendio y control de periféricos, display de monitorización de temperatura en la zona y pulsadores tipo seta para operación por Bomberos para control manual de activación y paro de los sistemas.



2.6.5 Medidas complementarias de ayuda a Bomberos

Los incendios de VE son muy difíciles de extinguir, lo que entraña mayor dificultad para los equipos de emergencia, siendo intervenciones que requieren un alto consumo de recursos (gran cantidad de agua, tiempos prolongados de extinción, equipos de protección más exigentes), por lo que contar con medidas complementarias, ofrece a los servicios de bomberos herramientas más eficaces, rápidas y seguras para el control de incendios en VE, especialmente en entornos confinados como aparcamientos cerrados

A continuación se listan medidas útiles, que si bien no sustituyen a los sistemas de protección fija, pueden aportar un refuerzo operativo en fase de intervención manual.

Mantas ignífugas de alta resistencia

Permiten limitar la expansión del fuego, evitando la afectación a vehículos adyacentes en los primeros minutos críticos.

Reducen la emisión de llamas abiertas y contribuyen a controlar los gases combustibles.



Cubeto desmontable para inmersión

La inmersión parcial del vehículo permite enfriar y estabilizar las baterías en caso de thermal runaway persistente.

Reduce significativamente el riesgo de reignición, minimizando tiempos de intervención.



Patines de desplazamiento para ruedas

Facilitan el traslado seguro del vehículo incendiado o inestable, permitiendo reubicar el vehículo en zonas de menor riesgo para terminar la intervención de forma más segura.



Lanzas de agua nebulizada para ataque inferior

El agua nebulizada aplicada por los bajos del vehículo actúa directamente sobre el foco térmico de la batería.

Mejora la eficiencia del enfriamiento, reduce la generación de vapor, disminuye el riesgo de reignición y protege al interviniente.

Productos para la extinción manual por bomberos

En la actualidad no existe ningún sistema ni producto de extinción para incendios en baterías de litio que esté específicamente certificado.

En el mercado español han comenzado a aparecer distintos productos que, como aditivos al agua, incrementan la eficacia del agua. Sin embargo, no existe evidencia científica acreditada ni certificada que avale su efectividad como agente extintor para fuegos de baterías de litio, más allá de la simulación en escenarios de diagnóstico, que como ensayos preliminares son realizados habitualmente por los propios fabricantes en laboratorios.

Entre los productos evaluados en aplicación manual para uso por servicios de extinción, uno de los que ha mostrado mejores resultados en pruebas de diagnóstico es EcoFire. Este producto no se presenta como un aditivo al agua, sino como un agente extintor completo, de origen natural y con una baja proporción de agua en su composición, lo que contribuye a reducir el riesgo de explosión en las baterías. En los escenarios de ensayo del fabricante, realizados sobre baterías de litio, en colaboración con la firma Iberdrola, EcoFire ha demostrado resultados favorables de extinción.

No obstante, al igual que ocurre con el resto de productos que actualmente se comercializan para incendios de baterías de litio, EcoFire no cuenta con certificaciones oficiales, dado que no existe todavía un protocolo de ensayo normalizado para la extinción de incendios en baterías de litio.

3

3. Modelo de reducción del Riesgo de Incendio en aparcamiento con VE

La introducción del vehículo eléctrico, junto con el incremento de la carga de fuego de los vehículos modernos, ha transformado significativamente el nivel de riesgo en los aparcamientos. En este contexto, el cumplimiento de la normativa vigente resulta insuficiente, ya que dicha normativa se encuentra desfasada, al establecer unas medidas de protección basada en los valores de carga de fuego de vehículos de los años 80, estimados en torno a 3-4 MJ.

Actualmente, los vehículos modernos presentan cargas de fuego del orden de 6-7 MJ, y en el caso de los vehículos eléctricos, estas cifras pueden llegar a alcanzar hasta 10 MJ. Esta realidad obliga a superar el marco normativo actual y avanzar hacia modelos de prevención realistas, específicos y adaptados al nuevo escenario de riesgo que plantean los aparcamientos contemporáneos.

El diseño de un modelo de reducción del riesgo de incendio implica una planificación detallada. Cada aparcamiento es único dependiendo de su tamaño, forma, número de plantas, antigüedad, edificios adyacentes, estructura, fachadas, distancia del parque de bomberos, presencia de hidrantes en la vía pública, disponibilidad de reserva de agua local, grado de aprovechamiento de las instalaciones contra incendios existentes u otros riesgos específicos del sitio. Una estrategia de incendio dada no se puede aplicar de manera similar, incluso en edificios idénticos.

Un aparcamiento que obtiene la Calificación ZEPI (Zona Eléctrica Protegida de Incendios) es una infraestructura dotada de medios técnicos de contención de incendios de vehículos eléctricos (VE) conforme a un estándar validado, desarrollado y registrado por ashes·fire como Modelo de Utilidad ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

Un aparcamiento con Calificación ZEPI es sinónimo de:

- Contención significativa de los efectos del incendio de VE,
- Garantía de cumplimiento de las normativas vigentes (CTE-DB/SI), uso de códigos de diseño estándar: EN-UNE, y productos certificados con marcado CE.
- Reducción de exposición jurídica, facilita el respaldo asegurador y agiliza la continuidad de la actividad

Cuando el área ZEPI se ejecuta conforme a los requisitos normativos establecidos por la regulación vigente y recogidos en la Guía ZEPI, dicho aparcamiento queda señalizado mediante la correspondiente Etiqueta de Cumplimiento, que certifica su calidad y adecuación a los estándares exigidos y buenas prácticas.

3.1. Estudio de Viabilidad – DCAF

3.1.1. ¿Qué es un Estudio DCAF (Direct Cost Avoid Fatality)?

Un **Estudio DCAF** (Coste Directo de Evitar la Fatalidad) es un modelo de análisis de viabilidad en protección contra incendios que permite **cuantificar el impacto económico de un incendio en la actividad** y estimar **la reducción de pérdidas** que se lograría mediante la implantación de determinadas **medidas de protección**.

Este enfoque tiene por objeto facilitar a la compañía el desarrollo de un programa de reducción del riesgo y mejora del rendimiento de las instalaciones de protección, al vincular directamente las inversiones en seguridad con el coste de las consecuencias evitadas, tanto en términos de daños personales y materiales, como de interrupción operativa y afectación reputacional.

3.1.2. Aplicaciones prácticas del DCAF

- **Definir** el nivel de protección deseado y objetivo, alineado con la **tolerancia al riesgo** de la compañía.
- **Diseñar** una **estrategia de inversión** en seguridad orientada a objetivos, **priorizada por impacto/coste**.
- **Disponer** de información **económico-técnica clave** (CAPEX/OPEX, pérdidas evitadas) para gestionar activos y responsabilidades.
- **Mejorar** las **condiciones del seguro** y la percepción de **solvencia técnica del riesgo**, **cuantificando** la reducción esperada de pérdidas (daños materiales, interrupción de negocio, pérdida de stock), lo que **facilita reducciones de prima y/o mejoras de cobertura**.
- **Aportar soporte documental** para defender decisiones técnicas ante **inspecciones, OCAs, aseguradoras** y eventuales siniestros.

3.1.3. Alcance de un Estudio DCAF

Un estudio DCAF incluye:

1. **Análisis del escenario base (con las medidas actuales o con los mínimos normativos):**
 - Riesgo estimado y consecuencias de un incendio.
 - Costes económicos asociados a pérdidas materiales y paradas.
 - Costes por daños a las personas
2. **Valoración de medidas de protección propuestas:**
 - Relación de medidas técnicas y coste económico de alternativas (rociadores, detección temprana, sectorización, etc.).
 - Cálculo de la reducción de riesgo asociada a cada medida.
3. **Estimación del retorno de inversión (ROI) en seguridad:**
 - Valor del daño evitado (Cost Avoidance).
 - Coste de implementación.

Una evaluación de los límites de las consecuencias toleradas permitirá ayudar a la compañía el alcance de la inversión que más le conviene. El análisis de costes realizado en el Estudio DCAF incluye:

a) Análisis de Costes de Implantación

- Costes de ingeniería, supervisión, inspección y pruebas
- Costes de equipamiento de PCI e instalación
- Costes de funcionamiento y mantenimiento
- Costes de licencias y legalización.

b) Evaluación de Costes de Pérdidas

- Nivel de daños al edificio
- Nivel de daños al equipamiento
- Nivel de daños en las existencias
- Paradas de producción y lucro cesante
- Coste de recuperación (reparación, limpieza, soluciones temporales...)
- Nivel de exposición de seguridad vital (lesiones o muertes)
- Otros niveles de exposición y costes indirectos (medioambientales, defensa legal,...)

A continuación, se muestra un ejemplo realizado para un aparcamiento completo como **Caso de Estudio**.

CASO DE ESTUDIO

1.- Datos de partida

Parámetros	Datos
Superficie total del aparcamiento	9.000 m ²
Nivel de protección	Mínimos CTE (detección, BIEs, extintores y ventilación forzada)
Nº de vehículos eléctricos	8 (repartidos, sin compartimentación especial)
Nº total de vehículos	Aprox. 270 (ratio 1 plaza/33 m ² netos)
Valor medio por vehículo	25.000 € combustión / 45.000 € eléctricos
Sistema de extinción automático	No obligatorio ni exigido por CTE

2.- (PML) Escenario de incendio probable. Hipótesis del siniestro

- Un vehículo eléctrico conectado a estación de carga entra en combustión.
- Se activa señal de alarma local en la central de incendio transcurridos varios minutos desde el inicio del incendio. Se dispone de sistema de detección convencional (no detección precoz).
- El incendio se propaga a 5-7 vehículos cercanos antes de la llegada de bomberos al área de incendio en el interior del aparcamiento. Tiempo de aviso a bomberos desde confirmación de alarma + tiempo de llegada de bomberos al edificio + tiempo de despliegue de medios para intervención: 15 a 20 min (peor escenario)
- Dificultad de intervención en espacio cerrado con alta carga térmica, visibilidad reducida y gases tóxicos.
- Propagación significativa de humo a otras zonas del aparcamiento, afectando más vehículos, instalaciones eléctricas y al sistema de conductos de ventilación del aparcamiento.
- Carencias relevantes:
 - Ausencia de sistemas de extinción automáticos (como rociadores o nebulizadores).

Estadísticas sectoriales	
Probabilidad de ocurrencia	BAJO - 2
Magnitud potencial del daño	ALTO - 5

3.- Estimación de daños

3.1.- Pérdida directa más probable (PML):

Concepto	Estimación
Vehículos siniestro total (15 uds.)	4 eléctricos x 45.000 € + 11 combustión x 25.000 € = 455.000 €
Daños por humo a otros 50 vehículos	50 x 5.000 € (parcial) = 250.000 €
Daños al equipamiento e instalaciones del aparcamiento	380.000 € aprox.
Daños estructurales al edificio	180.000 € aprox.

3.2.- Pérdidas directas asociadas:

Concepto	Estimación
Lucro cesante	45.000 € aprox.
Coste de recuperación	560.000 € aprox.
Exposición legal	190.000 € aprox.

3.1.- Pérdida Máxima (MPL): 3.500.000 €

En caso de fallo del sistema de ventilación y confinamiento de calor y gases, con posible propagación estructural:

- Vehículos afectados: hasta 70-100 (aproximadamente un 30% - 1 planta)
- Daños estructurales parciales

4.- Estudio DCAF de viabilidad



Estudio Viabilidad DCAF

Caso de Estudio: Aparcamiento híbrido: BEV+PHEV+HEV+ICE

Aparcamiento 9.000 m ² 270 vehículos con 8 BEV y 32 PHEV	SPR - Standard Protection Risk Mínimos Normativos	EPR - Efficient Protection Risk Grado Eficiente	HPR - Highly Protection Risk Alta Protección
Coste Probable del Incendio			
Nivel de daños al edificio	180.000 €	- €	- €
Nivel de daños al equipamiento	380.000 €	42.000 €	20.000 €
Nivel de daños a las existencias	705.000 €	90.000 €	45.000 €
Lucro cesante	45.000 €	10.000 €	6.000 €
Coste de recuperación	560.000 €	98.000 €	40.000 €
Nivel de exposición seguridad vital	90.000 €	- €	- €
Exposición legal	100.000 €	18.000 €	6.000 €
Total	2.060.000 €	258.000 €	117.000 €
Coste medidas de reducción del riesgo			
Costes de ingeniería, dirección y pruebas	5.500 €	15.000 €	16.000 €
Costes de equipamiento e instalación	85.000 €	392.000 €	480.000 €
Costes de licencia y legalización	2.500 €	4.000 €	4.500 €
Total	93.000 €	411.000 €	500.500 €
Medidas de reducción del riesgo			
Sistema de detección de incendio	✓	✓+	✓+
Extinción por medios manuales	✓	✓	✓
Extinción automática	-	✓	✓
Sectorización	-	-	✓
Extracción de humos	✓	✓+	✓+

Resumen Análisis Económico

Aparcamiento con VE: 9.000 m ²	SPR - Standard Protection Risk Mínimos Normativos	EPR - Efficient Protection Risk Grado Eficiente	HPR - Highly Protection Risk Alta Protección
CI - Coste de Inversión (anualizado) Periodo = 20 años	20.581 €	90.956 €	110.763 €
CDE - Valor de daños	2.060.000 €	258.000 €	117.000 €
DCAF - Índice de reducción de fatalidad	41%	93%	97%

5.- Conclusiones

Si el aparcamiento mantiene solo la protección de mínimos del **CTE-DB SI**, al no disponer de sistemas de extinción automáticos (rociadores o nebulizadores) ni sectorización, tiene un **riesgo en caso de incendio significativamente alto** (riesgo=consecuencias), especialmente en presencia de **vehículos eléctricos** cuya energía almacenada y forma de combustión, hace que sean extremadamente peligrosos para los bomberos y difíciles de extinguir en un tiempo adecuado, por lo que son incendios que generan muchos daños colaterales.

Se comparan tres escenarios de protección (SPR, EPR y HPR) en términos de **reducción de pérdidas frente a la Pérdida Máxima y coste de inversión anualizado** (horizonte 20 años). Los resultados evidencian el salto de eficacia que aporta la **extinción automática** (agua nebulizada o rociadores) y, en su caso, la **sectorización avanzada**, para **alinear la protección con la tolerancia al riesgo** y optimizar la decisión de inversión.

Nivel SPR (protección reglamentaria estándar): la siniestralidad potencial sigue siendo elevada; la reducción de daños no supera el 41 % respecto a la Pérdida Máxima.

Nivel EPR (protección eficiente):

- Agua nebulizada de baja presión: ≈ 93 % de reducción de pérdidas y daños.
- Rociadores automáticos: ≈ 82 % de reducción.
- Inversión (CAPEX anualizado, horizonte 20 años): ≈ 7.580 €/mes.

Nivel HPR (alta protección): incorporando sectorización y medidas adicionales se alcanza ≈ 97 % de reducción de pérdidas y daños.

- Inversión (CAPEX anualizado, horizonte 20 años): ≈ 9.230 €/mes.

En síntesis, el salto de SPR → EPR proporciona una mejora sustancial de control del riesgo; el paso a HPR es la opción para contextos con tolerancia al riesgo mínima (actividades críticas sobre el aparcamiento, ya sean por criterios de seguridad humana: hospitales u hoteles, como servicios: telecomunicaciones, CPD´s, etc.).

Pese a que parte del sector asegurador no ha fijado posición, la falta de un estándar de protección suficiente hace previsible que, en el corto/medio plazo, a los aparcamientos con una protección de mínimos basada en la normativa actual se aplique:

- Prima técnica elevada.
- Franquicia ampliada.
- Exclusiones o recargos por presencia de vehículos eléctricos.

----- FIN CASO DE ESTUDIO -----

4

4. Aplicación Guía ZEPI-VE

4.1. Aplicación bajo Ordenamiento Normativo

Los vehículos eléctricos presentan una carga de fuego elevada debido a la importante cantidad de energía acumulada en sus baterías, que puede representar entre el 20 y el 30% de la carga de fuego total del vehículo. Además, estos valores tienden a incrementarse progresivamente como consecuencia del aumento del tamaño y la capacidad de las baterías en los nuevos modelos.

- Carga de fuego VCI (Vehículo Combustión Interna): .3.500 MJ
- Carga de fuego VE (Vehículo Eléctrico):7.000 MJ

Fuente: Estudios del RISE (Swedish Research Institute), NFPA, Fire Protection Research Foundation y DBI danés, tomando los valores referenciales medios

Así pues, un vehículo eléctrico, en particular en el caso de los híbridos enchufables, puede alcanzar una carga de fuego muy superior a la de un vehículo de combustión interna, ya que además de la carga del combustible se suma la carga de las baterías de litio, así como al empleo habitual de materiales más ligeros y compuestos sintéticos con elevado poder calorífico.

Este incremento de carga de fuego —y, en consecuencia, del riesgo de incendio— afecta a infraestructuras como los aparcamientos que no fueron concebidas ni dimensionadas originalmente para gestionar estos riesgos específicos.

En este contexto, la regulación vigente en España, dentro del ordenamiento normativo aplicable a esta situación, encuentra su principal fundamento en la aplicación bajo la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995) que establece la obligación de evaluar y controlar los riesgos emergentes:

“La empresa tiene la obligación legal de identificar y evaluar los riesgos derivados de este nuevo escenario de incremento de riesgo conforme al artículo 16 de la LPRL y al RD 39/1997.

Una vez realizada la evaluación, está obligada a implantar las medidas preventivas necesarias para controlar o minimizar dichos riesgos mediante una estrategia eficaz, tal como establecen los artículos 14 a 17 de la LPRL.”

Otro aspecto relevante a considerar es el ámbito asegurador y las condiciones establecidas en la **póliza de seguro** contratada.

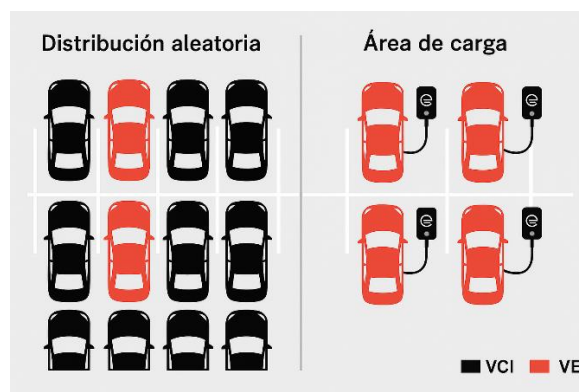
Es necesario evitar cualquier desajuste entre las coberturas contratadas y las condiciones reales de protección existentes, para no incurrir en un posible incumplimiento del acuerdo suscrito con la compañía de seguros, que podría afectar a la validez de la cobertura en caso de siniestro.

Ante la obligación legal de adecuar los aparcamientos al incremento del riesgo —o, al menos, las áreas delimitadas de carga de vehículos eléctricos (VE)—, dicha adecuación debe realizarse bajo criterios técnicos y normativos que garanticen tanto el cumplimiento de la legislación vigente como la eficacia real de las medidas implantadas.

En el caso concreto de los aparcamientos, el marco normativo aplicable en España queda regulado principalmente a través del Código Técnico de la Edificación (CTE).

En los aparcamientos con presencia de vehículos eléctricos pueden plantearse dos escenarios habituales:

- uno en el que los VE están distribuidos aleatoriamente entre vehículos de combustión interna (VCI),
- y otro, cada vez más frecuente, en el que los VE están concentrados en áreas específicas de carga.



El análisis desarrollado en la Guía ZEPI-VE se centra en este segundo escenario, al ser el más representativo en la actualidad y el que suscita un mayor número de consultas e inquietudes tanto a nivel técnico como de gestión.

Dentro del marco del CTE, las zonas de carga de VE no disponen todavía de una clasificación específica de riesgo, ya que la normativa vigente no recoge expresamente los riesgos particulares derivados de la conexión de estos vehículos a sistemas de carga ni de la presencia de baterías de litio.

No obstante, el propio CTE permite su consideración como local de riesgo especial en base a los criterios técnicos y la carga térmica asociada. Así lo establece el Documento Básico DB-SI 1, apartado 3.3.2, al indicar que debe considerarse local de riesgo especial aquel que:

“...por la naturaleza del proceso que en él se realiza, por la carga de fuego que contiene o por las características del riesgo que presenta, pueda suponer un incremento significativo del riesgo de incendio...”

Por tanto, las zonas de carga de VE pueden y deberían clasificarse como áreas de riesgo especial, aplicando los criterios generales ya establecidos en el CTE. Esta interpretación resulta plenamente coherente tanto con la evolución de los usos de los aparcamientos como con el enfoque prestacional que permite el propio CTE, facilitando la adopción de soluciones de protección adaptadas al riesgo real.

4.2. Solución ZEPI - ¿Qué es?

Una zona con Calificación ZEPI (Zona Eléctrica Protegida de Incendios) es una zona técnica de contención de incendios de vehículos eléctricos (VE), desarrollada y registrada por ashes·fire como Modelo de Utilidad ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

La solución de protección es modular y se basa en un kit integrado por cuatro subsistemas optimizados específicamente para este tipo de riesgo: detección temprana, sectorización móvil, control de humos y mitigación mediante agua nebulizada de baja presión. Todos ellos se gestionan de forma centralizada a través de un único panel de control, lo que permite una respuesta coordinada, rápida y eficaz ante una emergencia.

La Calificación ZEPI garantiza una respuesta eficaz y especializada frente a los riesgos derivados de incendios en VE, especialmente en entornos cerrados como aparcamientos.

Componentes del *Kit ZEPIVE*:

- Sistema de detección rápida multietapa
- Sectorización móvil ignífuga
- Control inteligente de los humos
- Sistema de mitigación con agua nebulizada de baja presión
- Panel de control Multifunción - PCM.

Cuando el área ZEPI se ejecuta conforme a los requisitos normativos establecidos por la regulación vigente y recogidos en la Guía ZEPI-VE, dicha zona queda señalizada mediante la correspondiente Etiqueta de Cumplimiento, que certifica su adecuación a los estándares exigidos y buenas prácticas.

4.3. Etiqueta de Cumplimiento

En un contexto donde la normativa vigente aún no recoge soluciones específicas frente a nuevos riesgos tecnológicos o emergentes (como el incendio de VE o sistemas BESS con baterías de litio), la adopción de un estándar técnico respaldado por una guía y validado mediante una Etiqueta de Cumplimiento permite a las organizaciones anticiparse a futuras exigencias normativas, posicionarse como referentes en prevención y generar valor añadido en términos de seguridad, sostenibilidad y reputación.

La Etiqueta de Cumplimiento —registrada como marca—, está basada en los criterios expuestos en la Guía ZEPI-VE, y constituye una garantía que aporta valor añadido en términos de seguridad, transparencia y trazabilidad.

Esta etiqueta acredita que el diseño, materiales, ejecución y operación del área se realiza conforme al estándar técnico de la Guía ZEPI, adecuadamente adaptado al riesgo de incendio en el área, validado y legalizado.



Ilustración 14. Etiqueta de Cumplimiento para señalar el área

A diferencia del mero cumplimiento reglamentario, conseguir la Etiqueta de Cumplimiento es resultado de una protección conforme a un estándar técnico voluntario de excelencia —aunque alineado con la normativa vigente— que permite ventajas significativas:

1.- Reconocimiento de solvencia técnica

La Etiqueta certifica que el área ha sido diseñada y equipada conforme a un estándar técnico validado, con criterios de seguridad contra incendios específicos y contrastados, lo que representa una evidencia objetiva de la adecuación del diseño al nivel de riesgo.

2.- Confianza para terceros (Administraciones, aseguradoras, inversores)

Sirve como elemento de respaldo ante inspecciones, auditorías o valoraciones externas, facilitando la aceptación por parte de organismos competentes, entidades aseguradoras y servicios de emergencia.

3.- Reducción del riesgo de responsabilidad

Al operar bajo un marco documentado y conforme con buenas prácticas reconocidas, se refuerza la defensa técnica y legal ante posibles incidentes, protegiendo tanto al titular de la actividad como a los proyectistas o instaladores.

4.- Fomento de la mejora continua

La existencia de un estándar técnico asociado a una guía específica favorece la actualización periódica de criterios conforme a la evolución del riesgo (tecnología, normativas, lecciones aprendidas), asegurando una adaptación continua de los requisitos de protección.

4.4. Procedimiento para obtener la Etiqueta de Cumplimiento

El Procedimiento para la Obtención de la Etiqueta de Cumplimiento ZEPI define los pasos necesarios para el diseño, suministro, ejecución y validación final de la protección contra incendio del área de carga para vehículos eléctricos (VE) en aparcamientos cerrados, conforme a los criterios técnicos establecidos en la Guía ZEPI-VE.

La etiqueta acredita que en el área protegida se han seguido estándares de calidad y eficiencia, que los productos y que los servicios de ingeniería, instalación y mantenimiento cumplen con los más altos estándares de legalidad aplicables.

El procedimiento ha sido diseñado y perfeccionado no solo con el objetivo de agilizar y acelerar todo el proceso, sino también de optimizarlo desde una perspectiva integral que contempla la eficiencia en el diseño, la reducción de los costes de implantación y la minimización de errores a lo largo de la cadena de suministro, facilitando la implantación a la empresa instaladora y al cliente final.

Procedimiento:

1. Toma de datos en campo // Agente colaborador acreditado: Fire Basics

Visita técnica de toma de datos al aparcamiento, o entrega de formulario cumplimentado con datos mediante el checklist aprobado:

- Distribución y geometría del espacio.
- Número de plazas, tamaño y planta de ubicación.
- Características constructivas (altura libre, tamaño del aparcamiento, uso sobre el aparcamiento, etc.).
- Infraestructura eléctrica instalada.
- Condiciones de evacuación de humos del aparcamiento, señalización y alumbrado.

- Ubicación relativa del área con respecto a salidas de emergencia y acceso de Bomberos
- Instalaciones de protección contra incendios del aparcamiento.

2. Desarrollo del proyecto técnico y diseño de soluciones // Agente colaborador acreditado: Fire Basics

Redacción del Proyecto Técnico de Protección contra Incendios, incluyendo: memoria, planos, cálculos y pliego de prescripciones, adjuntando:

- Evaluación del riesgo según metodología FRSave© o equivalente.
- Justificación de las medidas de protección activa y pasiva conforme a la Guía ZEPI^{VE}.
- Especificaciones del diseño y cálculo de la ventilación, detección, supresión, compartimentación, medidas de protección pasiva, evacuación y señalización.
- Planos de la instalación.

3. Tramitación de permisos y autorizaciones // Agente colaborador acreditado: Fire Basics

- Presentación del proyecto ante el Ayuntamiento para solicitud de licencia de obras y obtención de los informes previos o licencias que correspondan.

4. Suministro de equipamiento en formato kit ZEPIVE // Agente colaborador acreditado: Broker·PCI

Envío del Kit ZEPIVE a la empresa instaladora que ejecutará la obra, que incluirá:

- Proyecto completo
- Instrucciones de montaje y de puesta en marcha.
- Productos del KIT ZEPIVE y sus certificados de conformidad, calibrados conforme al proyecto.
 - Detector de humos por aspiración (ASD), central de incendio, pulsador y sirena óptico-acústica
 - Extractor de humos 400 °C / 2h. y rejillas de aporte de aire
 - Cortinas resistentes al fuego
 - Boquillas y sistema de impulsión de agua nebulizada
 - Panel de control de maniobras y dispositivos de paro/control de sistemas del Kit ZEPIVE
- Guía de mantenimiento preventivo.

5. Ejecución y montaje conforme a proyecto // Empresa instaladora contra incendios

- Instalación de los sistemas de protección activa y pasiva por empresa instaladora acreditada.

Nota 1: La empresa instaladora deberá acreditar haber recibido formación técnica específica por parte de los fabricantes de los equipos o sistemas a instalar.

Nota 2: La empresa instaladora deberá completar la protección del área incorporando, según se especifique o requiera en el proyecto, los siguientes productos no incluidos en el Kit ZEPIVE:

- *Extintor con agente: F500 o EcoFire*
- *Balizamiento en suelo hasta las salidas de emergencia y desde el acceso de Bomberos*
- *Luminaria de emergencia de refuerzo del sistema de alumbrado de emergencia para el área*
- *Protección pasiva de las bandejas de cableado sobre las plazas, caso de existir*
- *Construcción de pared lateral resistente al fuego de 120 minutos con puerta cortafuegos de 60 minutos de resistencia al fuego*

6. Pruebas finales de aceptación y legalización de la instalación // Agente colaborador acreditado: Fire Basics

- Ejecución de pruebas funcionales finales de aceptación de los sistemas instalados, de manera individual e integrada.
- Emisión del Certificado Final de Obra (CFO) por la Dirección Facultativa.
- Entrega de la Etiqueta de Cumplimiento, con su código de identificación.
- Verificación documental y técnica final por el Organismo de Evaluación ZEPI.
- Presentación de documentación técnica final ante la administración autonómica para registro de la instalación de protección contra incendios conforme al procedimiento legal vigente.

Aviso: El procedimiento descrito ha sido desarrollado conforme a la normativa y práctica vigentes en España. Para su aplicación en otros países, podrían ser necesarias adaptaciones específicas en función de los requisitos normativos o regulatorios locales. Se recomienda consultar previamente para su correcta implantación.

4.5. Comité Técnico

La Guía ZEPI-VE ha sido desarrollada gracias al trabajo de un Comité Técnico multidisciplinar, formado por consultores expertos en protección contra incendios, ingenierías especializadas y fabricantes de reconocido prestigio internacional. Su participación ha sido clave para definir una solución operativa basada en los principios de transparencia, consenso técnico y equilibrio funcional, garantizando tanto la viabilidad técnica como la aceptación por parte de autoridades y agentes del sector.

Compañías participantes en el Comité Técnico:



Entidad colaboradora para operaciones de financiación por renting del Kit ZEPIVE:



Dada la naturaleza del reto abordado, la elaboración de esta Guía exigía un enfoque multidisciplinar que garantizara no solo la viabilidad técnica de las soluciones propuestas, sino también su eficacia funcional en escenarios reales de riesgo. En este contexto, la participación de los fabricantes de equipos ha resultado esencial para incorporar criterios ajustados a la realidad tecnológica actual, facilitar un diseño y cálculo optimizado de las instalaciones, y asegurar el cumplimiento de los estándares normativos requeridos para su legalización, tanto a nivel nacional como internacional.

La participación de los fabricantes en el diseño de normas contra incendios no solo enriquece el proceso de diseño de la Guía desde el punto de vista técnico, sino que también avala un compromiso por la eficacia, aplicabilidad y sostenibilidad de las medidas de seguridad resultantes.

Si bien no ha existido una representación formal de los cuerpos de Bomberos en el desarrollo de esta Guía —actores clave e imprescindibles en el establecimiento de estándares en protección contra incendios—, se han mantenido conversaciones técnicas y encuentros con Bomberos y con representantes de la APTB (Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos). Estas colaboraciones han permitido integrar su experiencia operativa y sus requisitos funcionales con el objetivo de garantizarles las mejores condiciones de seguridad para la intervención y extinción.

Dado que, en última instancia, únicamente los Bomberos están capacitados para acometer con eficacia la extinción de un incendio originado en un vehículo eléctrico en el interior de un aparcamiento, queremos expresar nuestro agradecimiento por su colaboración en esta Guía ZEPI. Su conocimiento experto ha sido, una vez más, fundamental para la definición de criterios realistas y orientados a la dotación de medios técnicos que favorezcan una intervención operativa segura y eficaz, en beneficio de la protección de las personas y de la sociedad en su conjunto.

5

5. Resumen Ejecutivo

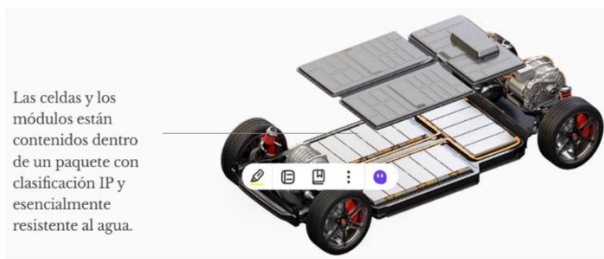
5.1. Objetivos

Los aspectos que posibilitan limitar las consecuencias del incendio, dentro de márgenes tolerables, se definen a partir del análisis de riesgo y comprenden las siguientes dimensiones clave a considerar en el modelo de reducción del riesgo de incendio, enfocados específicamente para las áreas de carga de VE en aparcamientos existentes en ellos que se ha introducido el nuevo riesgo:

- Control térmico del incendio, mediante sistema automático que sea capaz de limitar las temperaturas en el área a valores por debajo de los 275 °C en techo y de 70 °C en ambiente, para:
 - Evitar radiación térmica que pueda generar daños fuera del área.
 - Reducir la exposición térmica de la estructura y forjados
 - Prevenir la propagación a vehículos adyacentes
 - Gestión eficiente de la evacuación de los humos y gases del incendio
- Minimizar el impacto medioambiental, minimizando el consumo de agua en contacto con sustancias tóxicas derivadas del incendio y simplificar su gestión de recogida.
- Facilitar las mejores condiciones para la intervención segura de los Bomberos

IMPORTANTE: La batería de un vehículo eléctrico está alojada en un paquete estanco con protección IP, lo que impide que el agente extintor penetre en el interior de las celdas. Por ello, los sistemas de rociadores convencionales no son eficaces para extinguir incendios electroquímicos en baterías de VE.

En aparcamientos con instalaciones de rociadores ya existentes, estos pueden contribuir a controlar la propagación del fuego y reducir la temperatura del entorno, pero su capacidad de actuación sobre la fuente del incendio es limitada, especialmente en comparación con sistemas de agua nebulizada, que ofrecen una mayor eficacia en este tipo de escenarios



Las celdas y los módulos están contenidos dentro de un paquete con clasificación IP y esencialmente resistente al agua.

No se debe usar agua descargada por rociadores para apagar incendios electroquímicos de VE, ya que es un conductor de electricidad y puede provocar derivaciones.

Se deben usar sistemas de agua nebulizada para enfriamiento y sofocación, efectivos para incendios que involucran equipos eléctricos, ya que las gotas de agua desionizada no conducen la electricidad.

5.2. Sistemas de protección de la Zona ZEPI

A continuación, se resumen las medidas de protección contra incendios establecidos en la Guía ZEPI-VE para un el área delimitada de plazas de aparcamiento con área de carga para VE.

Objetivo	Medida recomendada
1 Control automático de las temperaturas y de la radiación térmica del incendio	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema automático de supresión por Agua Nebulizada de Baja Presión.
2 Limitar la propagación del incendio al resto de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> • Detección temprana de humo por sistema de aspiración ASD. • Sistema automático de supresión por Agua Nebulizada de Baja Presión.
3 Control del humo y gases del incendio, para proteger a los ocupantes del aparcamiento durante el recorrido de evacuación y favorecer la intervención del servicio de bomberos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de supresión por Agua Nebulizada de Baja Presión para desestratificación de humos y reducción de temperatura de los estos. • Sistema de extracción forzada de humos. • Sectorización del área mediante cortinas desplegables resistentes al fuego.
4 Reducir la exposición del forjado y la estructura del aparcamiento a las temperaturas del incendio para no comprometer la integridad estructural del edificio	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de supresión por Agua Nebulizada de Baja Presión.
5 Facilitar recursos locales para las labores de extinción de los bomberos	<ul style="list-style-type: none"> • Señalización fotoluminiscente en pavimento de ruta de acceso de bomberos hasta zona ZEPI. • Potenciar alumbrado de emergencia en zona ZEPI. • Mantas Ignífugas (aplican restricciones de uso) • “Cubeto” desplegable entorno al vehículo
6 Minimizar el impacto medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de gestión de las aguas residuales tras incendio.
7 Minimizar el tiempo necesario para reanudar el funcionamiento normal del aparcamiento tras un incendio	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de las bandejas de cableado de la Zona ZEPI con pintura intumescente. • Plan local de Gestión del Riesgo de Incendio

