



ZEPI®

ZONA ELÉCTRICA
PROTEGIDA
INCENDIOS

Guía ZEPI-VEA

para la protección contra incendios de
Aparcamientos cerrados con Vehículos Eléctricos

ashes·fire
Global Fire & Safety Engineers

Tercera Edición 3.01

Tercera Edición en castellano desarrollada por el equipo de **Ashes Fire Consulting S.A.** Junio 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

Contenido

Introducción.....	5
Sobre el Método FRSave®	11
1. Evaluación del Riesgo de Incendio en aparcamientos cerrados con VE	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	15
1.3 Focos de ignición	16
1.4 Consecuencias.....	18
1.5 Riesgos Medioambientales.....	19
2. Sistemas de Protección contra incendios en Aparcamientos cerrados con VE.....	21
2.1 Objetivos de la Protección	21
2.2 Sistema de detección y alarma de incendio	22
2.3 Medios manuales de Protección Activa	24
2.4 Sistemas automáticos de Protección Activa	26
2.4.1 Generalidades de los sistemas de agua nebulizada	29
2.4.2 Tipos de sistemas de agua nebulizada: Alta Presión vs. Baja Presión	29
2.5 Medidas de protección pasiva	32
2.6 Otras Medidas de seguridad y protección	33
2.6.1 Condiciones y señalización de evacuación	33
2.6.2 Alumbrado de emergencia.....	33
2.6.3 Ventilación forzada	34
2.6.4 Mantas ignífugas.....	34
2.6.5 Cubeto de inmersión para extinción de VE.....	35
2.6.6 Productos para la extinción manual por bomberos	35
2.7 Resumen de sistemas de protección para Aparcamiento VE	36
3. Modelo de reducción del Riesgo de Incendio en aparcamiento con VE	37
3.1. Estudio de Viabilidad – DCAF	38
1.- Datos de partida	39
2.- (PML) Escenario de incendio probable. Hipótesis del siniestro	39
3.- Estimación de daños.....	40
3.1.- Pérdida directa más probable (PML):.....	40
3.2.- Pérdidas directas asociadas:.....	40
3.1.- Pérdida Máxima (MPL): 3.500.000 €	40
4.- Estudio DCAF de viabilidad.....	41
5.- Conclusiones	42
3.2. Etiqueta de Cumplimiento	43
3.3. Procedimiento para obtener la Etiqueta de Cumplimiento	44

ashes·fire
Global Fire & Safety Engineers

ASHES FIRE CONSULTING, S.A.

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

www.ashesfire.com



PYME INNOVADORA



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 de alta exigencia técnica o normativa, y en el desarrollo de estudios prestaciones adaptados 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 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.

Tenemos el orgullo de haber sido reconocidos en diferentes foros como una empresa que busca hacer avanzar a las compañías para las que trabajamos, ayudando a la protección de su negocio, fomentando la cultura en protección y gestionando los riesgos con profesionalidad e independencia.

Nuestros Clientes siempre han sabido ponderar ese espíritu inquieto que nos lleva a innovar conceptos y procedimientos de forma continua, a marcar pautas. Nos lo han reconocido con su confianza 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, N° 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)

Introducción

A fecha de publicación de esta guía, el Parlamento Europeo ha aprobado la prohibición de vender coches y furgonetas nuevos con motores de combustión interna a partir de 2035. Esta medida forma parte del paquete legislativo "Fit for 55", que busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030 respecto a los niveles de 1990, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en Europa para 2050 .

A partir de esa fecha, todos los turismos y vehículos comerciales ligeros nuevos deberán ser de cero emisiones, lo que implica que serán eléctricos o impulsados por hidrógeno. Esta transición representa un cambio significativo en la movilidad y plantea nuevos retos en términos de infraestructura, seguridad y protección contra incendios, especialmente en instalaciones como aparcamientos y estaciones de recarga.

Según las proyecciones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se espera que para 2030 el número de vehículos eléctricos (VE) en Europa alcance aproximadamente los 56 millones.

Aunque se afirma desde diversos organismos que los VE presentan una menor tasa de incendios en comparación con los vehículos de combustión interna, sin embargo, la percepción social y la realidad están contando una historia muy distinta.

Este 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 y 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.

Los vehículos modernos en general presentan hoy un mayor riesgo de incendio que los vehículos antiguos al tener un más elevado contenido de plásticos. Con la proliferación de vehículos eléctricos (VE) se plantea un reto significativo al sector de 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.

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 de esta Guía 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 aparcamiento, 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 del vehículo, 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.

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

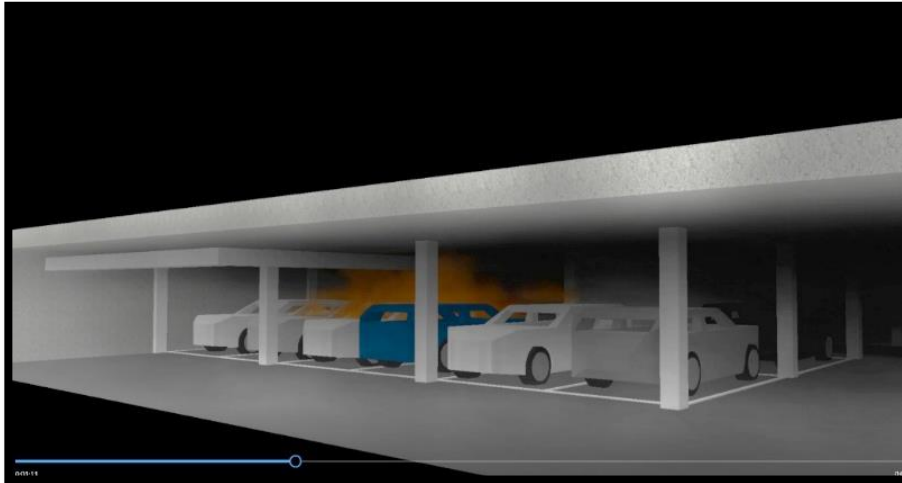


Ilustración 1 Simulación computacional de incendio de VE en aparcamiento sin medidas de protección contra incendios

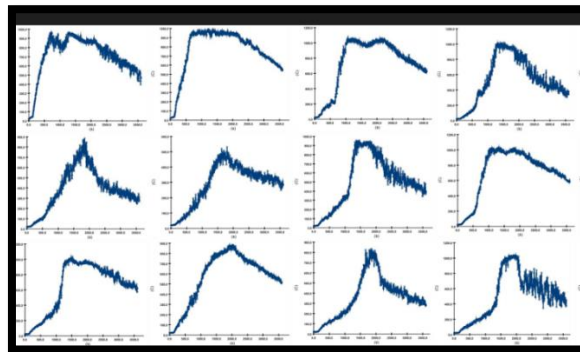


Ilustración 2 Gráficas de registro de la evolución de la temperatura del incendio de VE.

El presente documento es resultado del desarrollo de la segunda fase de la investigación, cuyo objeto era concluir en una estrategia de seguridad contra incendios en los aparcamientos con VE que permita un grado de solvencia y protección suficiente, ante la ausencia de normas y estándares de seguridad contra incendios nacionales.

Desde la ingeniería contra incendios es posible conocer bien los riesgos de incendio en los aparcamientos con VE, que hemos suplementado con:

- a) Los resultados de estudios e investigaciones llevados a cabo por organismos internacionales
- b) Nuestras propias investigaciones y análisis bajo simulaciones CFD
- c) Aplicación de un método avanzado de ingeniería de análisis, Método FRSave®

Con ello estamos en condiciones de poder elaborar una guía provisional bajo un formato de **Guía Técnica** para **Vehículos Eléctricos en Aparcamientos (Guía ZEPI-VEA)** con objetivos y conceptos de protección contra incendios adecuados para aparcamientos con VE bajo una distribución aleatoria de los mismos, cuyos términos exponemos en este documento.

La *Guía ZEPI-VEA* surge ante la necesidad de contar con un estándar equilibrado que permita a los consultores de ingeniería contra incendios establecer unos criterios de protección eficientes para aparcamientos con vehículos convencionales, a los que se están añadiendo poco a poco VE y estaciones de carga.

La *Guía ZEPI-VEA* se desarrolla orientada a esta tipología de **aparcamiento existente**, estando creada específicamente para aparcamientos cerrados con presencia de vehículos de combustión, vehículos eléctricos puros y vehículos híbridos enchufables, en una superficie total de aparcamiento **mayor de 2.000 m²**, distribuidos en una o varias plantas, hasta un nivel de sótano -3 y con una distribución aleatoria de los puntos de carga para VE.

Para aparcamientos existentes que cuenten con un área de carga para vehículos eléctricos delimitada, se han desarrollado unos alineamientos específicos que estarán recogidos en la *Guía ZEPI-VE*.

Para aparcamientos de nueva construcción y para garajes de viviendas unifamiliares, están en fase de desarrollo las guías ZEPI-NEW y ZEPI-DOM respectivamente. En la Guía ZEPI-NEW se 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 próximos a las entradas de aparcamiento y salidas de emergencia, sistema de control de aguas residuales, incremento de las renovaciones de aire para para el sistema de extracción de humos, etc..

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 estructuras para 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 (HC2) a una de nivel 3 (HC3).

Cada proyecto de adecuación de un aparcamiento existente ha de ser evaluado individualmente teniendo en cuenta sus particularidades, para ello es necesario tener en cuenta una importante cantidad de factores agregados a los propios requerimientos arquitectónicos, tales como: los códigos aplicables y requisitos de las autoridades locales, requerimientos del seguro o terceros, los riesgos adicionales a proteger, las prestaciones de los sistemas contra incendios ya disponibles, responsabilidades y obligaciones de las distintas figuras involucradas en el proceso, integración de la seguridad contra incendios en otras áreas de seguridad y el propio proceso de la actividad, pruebas finales de aceptación, documentación, etc.

En proyectos singulares y ante nuevos riesgos, la simple aplicación de normas administrativas, códigos o reglamentos vigentes no garantiza necesariamente la obtención de un nivel aceptable y consistente de protección contra incendios.

Por ello, este tipo de proyectos requiere soluciones específicas desarrolladas a medida, involucrando desde la fase inicial del diseño a consultores expertos en Seguridad contra Incendios. Asimismo, es imprescindible contar con la validación expresa de la Autoridad Competente y, particularmente en aparcamientos con presencia de vehículos eléctricos (VE), con la aprobación directa del Cuerpo de Bomberos.

La presente Guía es el resultado de un proceso riguroso 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 (Vehículos de Combustión Interna)

Su objetivo es constituir una herramienta de apoyo para definir una estrategia de seguridad contra incendios técnicamente sólida, eficiente y proporcional al riesgo, especialmente ante la ausencia actual de normas o estándares nacionales específicos para la protección contra incendios en este tipo de instalaciones existentes. Esta guía aspira a convertirse en un estándar equilibrado que permita a los Evaluadores de Campo Acreditados (ECA), consultores especializados, ingenierías e instaladores contra incendios establecer criterios claros y efectivos, sirviendo además como referencia técnica y punto de partida para el desarrollo de futuras normativas.

El contenido proporciona una visión estructurada sobre los riesgos específicos de incendio asociados a vehículos con baterías de iones de litio, abordando tanto los mecanismos de activación del fuego como las estrategias para su detección temprana, control, supresión y extinción.

d) Aplicación de la Guía

Para garantizar al Usuario Final la correcta aplicación de los criterios establecidos en la Guía ZEPI-VEA, como en el resto de las situaciones en los 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 o memoria técnica 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 contemple la normativa municipal)
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

ZEPI es una **marca registrada** que actúa como insignia de calidad otorgada por Ashes·Fire a aquellas instalaciones que cumplen los criterios establecidos en la presente Guía y de la memoria de calidades de materiales correspondientes a las marcas referenciadas.

Para que un aparcamiento pueda obtener la etiqueta ZEPI, tanto el proyecto de diseño como la implantación de los sistemas deberán someterse a una revisión técnica realizada por Ashes·Fire o por una entidad de control autorizada, mediante un proceso de revisión por pares.

Las instalaciones que cumplan con los requerimientos de la Guía pero que no hayan sido objeto de revisión técnica, o que empleen marcas de productos distintas de las validadas en la misma, no podrán obtener la etiqueta ZEPI. No obstante, esta limitación no implica que dichas instalaciones carezcan de una protección adecuada, sino únicamente que no cumplen las condiciones para la certificación de calidad ZEPI y los beneficios asociados con compañías aseguradoras y otros.



Ilustración 3. Etiqueta de señalización ZEPI del aparcamiento.

Sobre el Método FRSave[®]

Para determinar correctamente la forma de proteger un aparcamiento con VE con baterías de ión-litio se requiere seguir un método estructurado para evaluar riesgos que permita identificar y priorizar claramente los peligros potenciales, garantizando decisiones informadas y objetivas sobre cómo prevenir o mitigar dichos riesgos. Hacerlo bajo una metodología definida reduce significativamente la incertidumbre y la subjetividad en la toma de decisiones, mejorando así la eficacia de las medidas preventivas y generando una gestión más eficiente de los recursos disponibles.

Esto no solo eleva la seguridad global de la instalación, sino que también facilita una mejor comunicación con todas las partes involucradas, incluyendo autoridades competentes y servicios de emergencia, porque los riesgos asociados a los VE tienen características específicas que requieren medidas adecuadas y proporcionales. Una protección efectiva para estos entornos no puede basarse en aplicar soluciones generales o estandarizadas. Al evaluar cuidadosamente la naturaleza del peligro y definir claramente la solución más adecuada, se optimiza la eficacia de las medidas aplicadas, se evitan gastos innecesarios y se garantiza que los niveles de seguridad sean consistentes, sostenibles y realmente efectivos en caso de emergencia.

El método utilizado en esta Guía Técnica es el Método FRSave[®], un sistema de calificación del riesgo de incendio creado específicamente para valorar la solvencia en seguridad contra incendios de un establecimiento y mostrarlo en una **Etiqueta de Calificación de Eficiencia en Seguridad contra Incendio**, que se acompaña de **Informe de Evaluación** en los ámbitos críticos para asegurar la protección del establecimiento, información clave que facilita poder desarrollar una estrategia eficaz y eficiente para la reducción del riesgo de incendio.

Diseñado originariamente para Calificar la Eficiencia en seguridad contra incendios de un establecimiento existente por Agencias Calificadoras acreditadas, ha demostrado su utilidad de aplicación para el diseño basado en prestaciones y resolver diseños eficientes en protección contra incendios para todo tipo de edificios e industrias existentes, para los que una norma de carácter generalista no siempre puede garantizar el nivel de solvencia requerido, o pretendido, por los titulares de la actividad.

Como metodología transversal hace referencia al conjunto de medidas de respuesta técnicas, procedimientos, o enfoques que afectan los múltiples riesgos y áreas de una organización.

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 responsabilidades en las labores de supervisión y registro, compromiso y cultura del proceso de toma de decisiones para cada punto de reflexión.
- Control de materiales combustibles: manipulación, uso y almacenamiento.
- 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 en aparcamientos cerrados con VE

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 detectado² y posterior cortocircuito interno) Abuso mecánico (Aplastamiento / Penetración)
- Abuso térmico
 - la exposición a altas temperaturas (es decir, almacenamiento sin climatización)
 - exposición a llamas
 - calor de la(s) celdas(s) adyacente(s) o próximas(s)*
- Abuso eléctrico
 - sobrecarga o descarga excesiva,
 - cortocircuito

(): Las baterías de iones de litio, por ejemplo, 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 para limitar las consecuencias se dividen en soluciones de protección pasiva y sistemas de protección activa, en combinación con disposiciones planificadas para la evacuación en situación 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 la construcción
- 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 escenarios de incendio en aparcamientos:

- 1. Aparcamientos cerrados y subterráneos, de más de 2.000 m²** con presencia de vehículos eléctricos conectados a estaciones de carga con una **distribución aleatoria** de estos.

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
- Elementos de evacuación
- Estructura funcional local y plan de gestión del riesgo

En este 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 los aparcamientos de VE, ante la diversidad de emplazamientos 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 servirá para:

- Determinar en qué focos de ignición deben adoptarse medidas de mitigación, para alcanzar el nivel de tolerancia aceptable, ya sea para reducir frecuencia o las consecuencias.
- Seleccionar el sistema(s) apropiado(s) de mitigación considerando el nivel de riesgo aceptable y el coste asociado.
- Establecer los planes de gestión del riesgo de incendio y procedimientos específicos de prevención e intervención.

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 por considerar como elementos combustibles en aparcamientos con presencia de VE son:

- **Cantidad de combustibles y tipo (carga de fuego)**
 - Capacidad total de vehículos en el aparcamiento
 - Porcentaje de VE sobre el total de vehículos
 - 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
 - Dimensiones de las plazas de aparcamiento para VE
 - Distribución de las plazas de aparcamiento VE en planta, agrupadas, aleatorias, ...
 - Niveles en los que se ubican las plazas de aparcamiento VE
 - Espacio libre disponible de accesibilidad a 3 lados del 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 un foco de incendio si se encuentran dañadas como resultado de una colisión o impacto fuerte, si se produce un daño o existe un defecto de fabricación en el separador de la batería, o simplemente por envejecimiento, caracterizado por la pérdida de capacidad de la batería y aumento de la resistencia interna.

Estos defectos pueden provocar un cortocircuito en la batería, con el consiguiente aumento de temperatura. El sobrecalentamiento de la batería es especialmente peligroso, a temperaturas en el entorno de los 70° C el vapor del electrolito, que es altamente inflamable, empieza a evaporarse y a medida que aumenta la presión, acaba escapando de la celda de la batería en un fenómeno conocido como "desgasificación". La temperatura sigue aumentando hasta que falla el separador de la batería. Esto provoca un aumento súbito de la temperatura ("fuga térmica") y el consiguiente riesgo de una explosión y posterior incendio.

El riesgo de que la propia batería del vehículo provoque un incendio está atenuado por los sistemas de seguridad del vehículo sobre la gestión de esta, pero si fallan esas medidas intrínsecas de seguridad contra incendios de la batería, esta puede llegar a arder.



Ilustración 4 Efecto “Jet Flame” durante 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 las estaciones de carga es actualmente muy bajo, habiéndose registrado pocos incidentes. Sin embargo, esta situación puede cambiar a medida que aumente el número de estaciones de carga, la comercialización de dispositivos con patrones de calidad de fabricación y protecciones dudosos, la instalación y mantenimiento no ejecutados siguiendo los adecuados estándares y buenas prácticas, y a medida que empiecen a envejecer en servicio.

Las estaciones de carga pueden convertirse en un foco de activación debido a fallos eléctricos, cortocircuitos, cables dañados, equipos de carga defectuosos, sobretensiones eléctricas, sobrecalentamiento de los equipos de carga (por ejemplo, cuando la batería se carga demasiado rápido), uso inadecuado de los equipos de carga o la caída de rayos.

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



Ilustración 5 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.

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 6 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 pueden provocar el fallo de los elementos estructurales y el colapso de forjados.

La estrategia de protección contra incendios debe enfocarse primordialmente a prevenir los incendios multi vehículo.

Para un aparcamiento con VE las medidas y sistemas contra incendios deben dimensionarse para alcanzar los siguientes objetivos:

Alcance máximo:

- Sector de incendio o planta de aparcamiento.

Duración máxima:

- Mediano plazo: Los efectos del incendio sobre las instalaciones del aparcamiento deben quedar resueltos en uno o varios días.

Intensidad máxima:

- Moderada: Los efectos de un incendio de un vehículo tendrán siempre un impacto notable en la actividad e instalaciones técnicas del aparcamiento que requieren atención, se debe evitar un incendio multi vehículo para que no lleguen en ningún caso a ser devastadores.

Todo diseño debe acreditar el cumplimiento de los objetivos de: Alcance, duración e intensidad

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 > 4000.

La estrategia de protección contra incendios debe restringir hasta valores tolerables los efectos del humo y gases tóxicos del incendio.

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.

Todo diseño debe acreditar como se minimizan los riesgos medioambientales

Si no se dispone de sistemas de supresión por agua (rociadores o agua nebulizada), debe acreditarse la solvencia del sistema de ventilación forzada.

El diseño debe indicar las operaciones de control del sistema, capacidad de drenaje y de gestión de aguas residuales

2

2. Sistemas de Protección contra incendios en Aparcamientos cerrados con VE

2.1 Objetivos de la Protección

Los objetivos primarios para limitar las consecuencias a los límites tolerables involucran la consideración de los siguientes aspectos extraídos de la evaluación del riesgo de incendio:

1. Control de las temperaturas y radiación térmica del incendio mediante sistemas automáticos
2. Limitar la propagación del incendio al resto de vehículos, evitar incendio multi vehículo.
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.
4. Reducir la exposición de la estructura y forjados del aparcamiento a las temperaturas del incendio para no comprometer la integridad estructural del edificio.
5. Facilitar recursos locales para las labores de extinción de los bomberos.
6. Minimizar el impacto medioambiental.

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 aplicaciones.

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 particular, en aplicaciones para vehículos eléctricos (VE) en aparcamientos, algunas tecnologías de detección precoz de gases resultan inviables debido a la presencia de corrientes de aire significativas que diluyen los gases liberados, retrasando o incluso impidiendo su detección en fases tempranas, por cuanto que la detección se confía a sistemas de detección de humo y temperatura cuando ya se ha producido el desbordamiento térmico.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes sistemas de detección de incendio y su ratio de: **eficacia, aplicabilidad y coste**, para la detección de incendios de VE y sin falsas alarmas en aparcamientos existentes de más de 2.000 m².

Sistema de detección	Tipo de detector	Ubicación Aleatoria
Detección de Gases y partículas	H ₂ ,	XXXXX
	CO	XXXXX
	CO ₂	XXXXX
Detección de Humo	Detectores de humo puntuales	XXXXX
	Detectores puntuales multisensor	XXXXX
	Detectores de humos por haz de luz (detectores lineales)	XXXXX
	Humos por aspiración (ASD)	XXXXX
Detección de Calor	Detectores térmicos puntuales	XXXXX
	Detectores térmicos lineales	XXXXX

	Cámaras termográficas	XX XXXX
Detección de Llamas	Ultravioleta,	X XXXX
	Infrarrojo	X XXXX
	UV+IR	XX XXXX
Detección por Video	VFD	XX XXXX

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

- Capacidad de detección temprana y sin falsas alarmas
- Posibilidad de transmitir alarmas acústica y óptica. Mejora con sistema de alarma por mensajes de voz.
- Cobertura en la totalidad de áreas y espacios
- Matriz causa-efecto programada en la central acorde al plan de emergencia y autoprotección del edificio.
- Control y/o supervisión general del resto de sistemas contra incendios del aparcamiento: grupo contra incendios, extinciones automáticas locales, válvulas de control, detectores de flujo, dispositivos de sectorización, ventilación, control de humos, sectorizaciones automáticas, etc.
- Atención 24 h. de alarmas y averías, local y/o remota bajo una conexión a Central Receptora de Alarmas

• **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
- Legalización de la instalación ante la Autoridad Competente

ADAPTACIONES DEL SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIO EN APARCAMIENTOS CON VE

1. **Detección de humo** mediante detectores puntuales multisensor: humo + temperatura de tecnología identificable individualmente, con área de cobertura máxima por detector de 30 m², colocados encima de las plazas de aparcamiento, no sobre las vías de circulación.
2. **Pulsador manual de alarma de incendio** de tecnología identificable individualmente, colocados en las vías de circulación y situados de manera que el recorrido desde cualquier lugar ocupable hasta un pulsador de alarma sea inferior a 15 m.
3. **Pulsador de Paro de alimentación a Estaciones de Carga.** Serán de tipo seta y de tecnología identificable, señalizados como sistema de corte de tensión, colocados en las vías de circulación y situados de manera que el recorrido desde cualquier lugar ocupable hasta un pulsador de paro sea inferior a 15 m.
4. La activación del cualquier Pulsador de Paro cortará la alimentación eléctrica a todas las estaciones de carga de la planta

5. **Flases estroboscópicas** de tecnología identificable individualmente. Colocados en las vías de circulación para un área de cobertura máxima de 100 m² por Flash y situados de manera que adviertan visualmente a los ocupantes y bomberos del área con una condición de alarma de detectores de humo, pulsador de alarma o pulsador de paro, para un reconocimiento visual rápido a distancia del área afectada por el incendio.
6. **Para aparcamientos subterráneos de servicio a:** centros comerciales, hospitales y recintos de pública concurrencia, el aparcamiento estará equipado con un sistema de comunicación de alarma mediante mensajes por voz.

Nota: El resto de los dispositivos necesarios (central de detección, sirenas de alarma, módulos de supervisión y control, etc.) seguirían los criterios de las normas locales y de la norma UNE requeridos para un aparcamiento genérico.

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 aparcamientos de incendios de VE:

Medios Manuales	Sistema	Ubicación Aleatoria
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, y no se han considerado al ser un equipamiento 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 al tiempo de intervención requerido por tipo de riesgo
 - Cobertura en la totalidad de áreas y espacios
 - 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
 - Legalización de la instalación ante la Autoridad Competente

ADAPTACIONES DE LOS MEDIOS MANUALES DE PROTECCIÓN ACTIVA DEL APARCAMIENTO CON VE

1. *Extintores y carros extintores de agente extintor F-500 / EcoFire o similar. Instalación de extintores de 6 Kg. cada 15 metros de recorrido en las vías de circulación y adicionalmente un carro extintor de 50 Kg. cada 20 plazas de aparcamiento de VE.*
2. *BIE´s (Bocas de Incendio Equipadas) con mangueras de 25 mm de 20 m. de longitud y toma adicional con racor de 45 mm.*
3. *Columna Seca para aparcamientos con más de dos (2) plantas bajo rasante y en todos los casos cuando el acceso de los vehículos al aparcamiento se realice por medio de un elevador. Esta instalación no será necesaria cuando la red de BIES esté conectada a un grupo contra incendios que garantice las adecuadas condiciones de presión y una autonomía de 120 minutos, calculada para la demanda de las tomas racor de las BIE´s de 45 mm.*

Nota: *Los dispositivos e instalaciones requeridos prescriptivamente seguirán los criterios de normas locales y de la norma UNE requeridos para un aparcamiento genérico.*

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 del comburente:** se logra tapando el fuego para que deje de estar alimentado por su comburente.
- 3) **Inhibición** de la reacción en cadena: mediante la neutralización de los radicales libres que actúan en ella.

Una cuestión clave en todos los sistemas tiene que ver con la descarga correcta del agente extintor/supresor con una presión suficiente para su correcto funcionamiento de extinción/supresión.

No sólo el diseño, 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	Ubicación Aleatoria
Sistemas en base a agua	Rociadores	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

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 sido aceptada y avalada su eficacia con la experiencia, no obstante, las características particulares de los incendios de vehículos eléctricos ubicados en aparcamientos existentes, a lo que se suman las comunes restricciones de desagüe, requieren unas prestaciones que los rociadores convencionales no consiguen.

El objetivo de las instalaciones por rociadores es la extinción (en unos casos) y en todo caso el control del incendio en sus fases iniciales, con la misión principal de evitar la propagación a otras zonas o materiales mediante la descarga de agua, lo que se consigue premojando los materiales combustibles adyacentes y controlando las temperaturas de los gases de combustión en el techo para evitar que continúe su avance. Su medio de extinción se basa en el enfriamiento por reducción de la temperatura del fuego y de los materiales combustibles por debajo de su punto de ignición, lo cual en aplicaciones comunes detiene la combustión.

Las técnicas de lucha contra incendios demuestran que alrededor de las dos terceras partes del agua que se aplica a un incendio, 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 refrigeración directa y una mayor energía cinética (la gota tiene mayor alcance); por otro lado, descargar gotas pequeñas (nebulizadas) supone mayor rapidez 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 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, las prestaciones del sistema de agua nebulizada satisfacen los objetivos de protección para el escenario de incendio de aparcamiento con VE expuesto en el apartado 2.1. *Objetivos de la Protección*, siendo las prestaciones ofrecidas más destacadas 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 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 las condiciones de seguridad en la evacuación de los ocupantes y para la intervención de bomberos.
- 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 las bombas y depósito de reserva de agua.
- Ecológico. No perjudica al medio ambiente
- Eficaz para fuegos líquidos inflamables
- Inocuidad para los equipos protegidos y para las personas, con mantenimiento del nivel de oxígeno.
- Previene la reignición

Rociador vs. agua nebulizada: ahora el objetivo es **enfriar y sofocar**, y ante fuegos electroquímicos el rociador no consigue el patrón de control requerido.

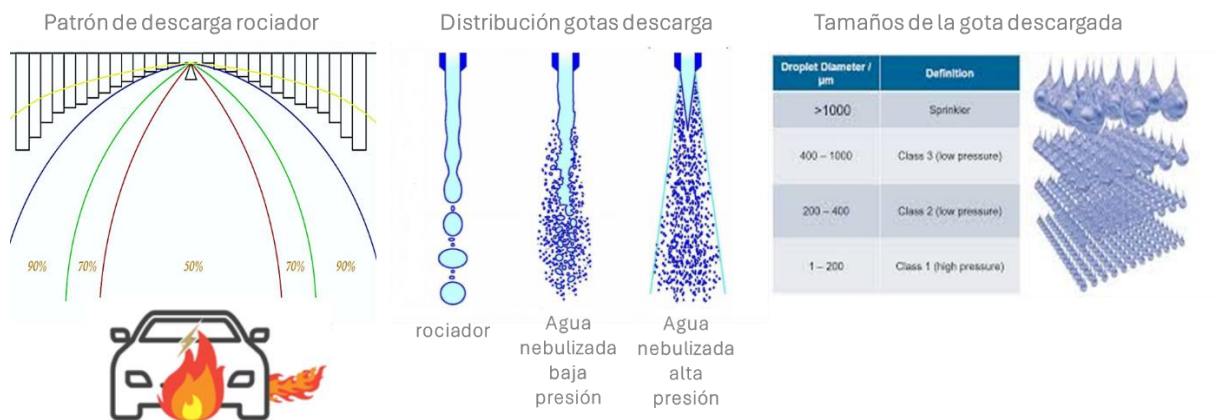


Ilustración 7 Comparación de patrones rociador vs. agua nebulizada.

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 a nivel internacional 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.

Los diseños y cálculos hidráulicos del sistema de agua nebulizada para un aparcamiento deben ser realizados, bien por el fabricante del sistema, o bien por una ingeniería contra incendios acreditada por el fabricante del sistema, utilizando los criterios de diseño específicos por él establecidos para su sistema para el riesgo específico de aparcamiento.

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 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 8 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.

Entre las características de estos sistemas cabe destacar las siguientes:

- Promedio del tamaño de gota: 250 μm
 Esta gota es al menos 4-5 veces menor que las gotas generadas por rociadores automáticos convencionales, pero también unas 3 veces mayor que el tamaño de gota de los sistemas de alta presión. Por lo tanto, sus características físicas darán un rendimiento “intermedio” a efectos de rapidez en la extinción (para un mismo caudal).
- Presión en operación: max. 12 bar
 Esta característica es fundamental para conseguir uno de los objetivos del sistema, abaratar el coste del sistema de impulsión y del montaje de las tuberías. Al tratarse de presiones bajas, se pueden conseguir con bombas similares a las de instalaciones de rociadores automáticos. Esto consigue un ahorro estimable, pero también reduce las aplicaciones en las que las pérdidas de carga puedan ser importantes (lo que no suponía ningún problema para las instalaciones de alta presión).
- Densidad de diseño: 1,9 mm/min
 La cantidad de agua descargada es un 25% menos de la requerida por una instalación de rociadores. Se queda a medio camino entre ambas, puesto que es del orden de un 50% más que para la instalación de alta presión.



Ilustración 9 grupo contra incendios de sistema de agua nebulizada de alta presión (izquierda) y grupo contra incendios de sistema de agua nebulizada de baja presión (derecha)

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 sofocación el sistema de Baja Presión.



Ilustración 10 boquillas de sistema de agua nebulizada de baja presión

Una ventaja que destacar del sistema de Baja Presión tiene que ver con el coste de montaje, que resulta inferior, al no requerir costosas tuberías de acero inoxidable, y no es necesario tanto control sobre la calidad del agua, ya que, según los fabricantes, en este sistema no hay posibilidad de obstrucciones en los difusores.

Las presiones manejadas en los sistemas de Baja Presión posibilita utilizar las tuberías plásticas tricapa de polipropileno, homologadas para instalaciones contra incendios de Riesgo Ordinario, como los aparcamientos, con la que se reducen los tiempos de montaje al ir las piezas ensambladas mediante termofusión, reducción de pérdidas de carga, ausencia de corrosiones y de los consiguientes riesgos de obstrucciones en la descarga de la boquilla, menor peso y carga en estructuras existentes, con una vida útil entorno a los 50 años.

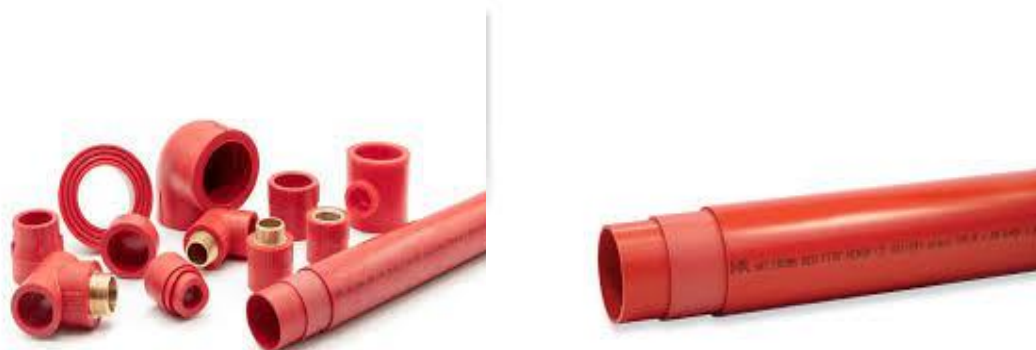


Ilustración 11 Tubería plástica termo soldada para instalaciones contra incendios, homologada hasta Riesgo Ordinario

La elección de **agua nebulizada de Baja Presión** como sistema de supresión para aparcamientos con VE se sustenta en esencia en los siguientes aspectos:

- 1) Alta eficacia en el rendimiento
- 2) Sistema más económico de implantación y mantenimiento que su equivalente en prestaciones.

ADAPTACIONES DE LOS MEDIOS AUTOMÁTICOS DE PROTECCIÓN ACTIVA DEL APARCAMIENTO CON VE

1. Sistema de supresión por Agua Nebulizada de Baja Presión. *Diseño conforme a documentos y ensayos aprobados del fabricante y autonomía de reserva de agua mínima de 90 minutos.*

Nota: *Los dispositivos requeridos prescriptivamente seguirán los criterios de normas locales y de la norma UNE requeridos para un aparcamiento genérico.*

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 utilizados en 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 12. Ignifugación de bandejas de cableado sobre 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

ADAPTACIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN PASIVA DEL APARCAMIENTO CON VE

*Aplicación de **pintura intumescente a bandejas de cableado** que discurran por encima de las plazas de aparcamiento y hasta 1,5 metros de distancia de las plazas. Pintura intumescente de 90 minutos de resistencia al fuego.*

***Nota:** Las medidas requeridas prescriptivamente seguirán los criterios de normas locales y de la norma UNE de aplicación, requeridos para un aparcamiento genérico.*

2.6 Otras Medidas de seguridad y protección

2.6.1 Condiciones y señalización de evacuación

Las condiciones de evacuación y señalización de salidas y recorridos seguirán los criterios de normas locales y de las normas UNE de aplicación, requeridos para un aparcamiento genérico.

Se considera una mejora significativa la ampliación de la señalización de evacuación mediante pintura fotoluminiscente en el pavimento marcando la ruta a las salidas de emergencia, como adicional a lo requerido prescriptivamente.

2.6.2 Alumbrado de emergencia

Las condiciones de alumbrado de emergencia seguirán los criterios de normas locales y de las normas UNE de aplicación, requeridos para un aparcamiento genérico.

Se considera una mejora significativa el refuerzo del alumbrado de emergencia en las vías de circulación, complementario al requerido prescriptivamente.

2.6.3 Ventilación forzada

Las condiciones del sistema de ventilación forzada seguirán los criterios de normas locales y de las normas UNE de aplicación, requeridos para un aparcamiento genérico.

Ante los requerimientos prescriptivos muy de mínimos en cuanto a los niveles de renovaciones de aire requeridos, se considera una mejora conveniente el incremento de los valores de renovaciones de aire.

2.6.4 Mantas ignífugas

Los vehículos de combustión contienen materiales como gasolina, plásticos, aceites, etc. que se apagan si no tienen suministro de oxígeno. Este es el principio que hace que una manta ignífuga para automóviles sea efectiva, ya que cubrir completamente el vehículo evita que el aire acceda y alimente las llamas.

Extinguir un incendio en un VE es más desafiante porque cuando sus baterías se someten a altas temperaturas, los ácidos del interior pueden sufrir una reacción química conocida como "Desbordamiento térmico". liberando gases inflamables que se retroalimentan a las llamas y, al mismo tiempo, el calor de las llamas alimenta la reacción química.

Esta reacción en cadena significa que utilizar únicamente una manta ignífuga para automóviles no es suficiente para sofocar el incendio de un vehículo eléctrico. Aunque el uso de una manta evitará que el oxígeno del aire alimente el fuego, serán los gases de la propia batería los que seguirán alimentando las llamas.

Existen en el mercado varios tipos de mantas ignífugas para vehículos, pudiendo clasificarse según sus medidas y el tipo de tejido en su composición. Siendo el material utilizado el que marca la diferencia en cuanto a su resistencia, facilidad de manipulación, eficacia, etc.

Los materiales más utilizados para este tipo de productos son las fibras de sílice, la fibra de vidrio y, en algunos casos, también las fibras de Cuarzo. Cuando estas fibras se convierten en tejido, se someten a diferentes procesos para potenciar su resistencia y conseguir nuevas características como impermeabilidad, resistencia a la abrasión, etc. Todos ellos son tejidos ignífugos que soportan altas temperaturas, pero tienen características diferentes...

Mantas de sílice

Con los tejidos de sílice, las mantas puedan resistir temperaturas superiores a 1.000 °C durante un largo período de tiempo. Por el contrario, se trata de mantas muy pesadas (alrededor de 40 kg.), con una baja resistencia a la abrasión y un precio elevado. Algunos fabricantes las comercializan como mantas especiales para coches eléctricos.

Mantas de fibra de vidrio

Las mantas de fibra de vidrio tienen una menor resistencia a las altas temperaturas, si se exponen durante un tiempo prolongado. Por otro lado, son mantas más flexibles y por tanto más fáciles de colocar encima del coche.

Al margen de lo que dicen algunos fabricantes, hoy en día no existe una manta ignífuga para coche que pueda extinguir un vehículo eléctrico en llamas sin utilizar otro elemento de extinción conjuntamente, como agua, polvo, lanza térmica, etc.

Por lo tanto, cuando se produce una reacción de tipo "Desbordamiento térmico" en la batería de un vehículo eléctrico, las mantas ignífugas de los coches sirven no para extinguir el fuego sino para controlar las llamas, minimizando la propagación de calor y humos tóxicos, evitando el avance y propagación de las llamas, evitando

daños a otros vehículos o elementos del entorno y, sobre todo, permitiendo que los bomberos trabajen con mayor seguridad.



Ilustración 3 Manta ignífuga para vehículos eléctricos

2.6.5 Cubeto de inmersión para extinción de VE

Este sistema permite ayudar a los bomberos a extinguir el incendio de vehículos eléctricos, sumergiendo parcialmente el vehículo hasta sobrepasar el nivel de la batería, y ello dentro de un área sellada desmontable que se puede llenar con agua.

Estos Kit de cubeto para extinción de incendios de VE constan de una serie de paneles entrelazables que crean un área sellada o piscina entorno al vehículo que se puede llenar con agua hasta una altura entorno a los 50 cm, quedando la batería sumergida.



Ilustración 4 Cubeto para inmersión de vehículo eléctrico incendiado

2.6.6 Productos para la extinción manual por bomberos

En la actualidad no existe ningún sistema ni producto de extinción específicamente certificado para incendios en baterías de litio. En el mercado español han comenzado a aparecer distintos productos que, añadidos al agua, incrementar su eficacia. Sin embargo, no existe evidencia científica certificada que avale su efectividad, más allá de los escenarios de ensayo de diagnóstico preliminares realizados 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 no se presenta como un simple 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, 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.

2.7 Resumen de sistemas de protección para Aparcamiento VE

A continuación, se resumen las medidas de protección contra incendios establecidos en la Guía ZEPI-VEA para un Aparcamiento con VE para una superficie mayor a 2.000 m², resultado de un análisis de ingeniería de riesgos bajo el método FRSave®.

Objetivo	Medida recomendada
1 Control automático de las temperaturas y de 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 • Primera intervención con extintores manuales de agente F 500 o similar encapsulante • Sistema automático de supresión por Agua Nebulizada de Baja Presión • BIE´s con toma racor de 45 mm. para uso por bomberos <p><i>Nota: Sin sistemas de protección activa, recomendado "biombos" separadores RF</i></p>
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 <p><i>Nota: Sin sistemas de protección activa, recomendado potenciar las prestaciones y capacidad del sistema de ventilación de humos.</i></p>
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 <p><i>Nota: Sin sistemas de protección activa, recomendado incrementar la resistencia al fuego de forjado y estructuras en el área de VE con proyectados .</i></p>
5 Facilitar recursos locales para las labores de extinción de los bomberos	<ul style="list-style-type: none"> • BIE´s con toma racor de 45 mm. para uso por bomberos • Mantas Ignífugas • "Cubeto" desplegable entorno al vehículo
6 Minimizar el impacto medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> • 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 bandejas de cableado con pintura intumescente • Plan local de Gestión del Riesgo de Incendio

// Disclaimer //

La diversidad de tipologías de aparcamientos que se han de adecuar a la instalación de puntos de carga para VE, puede requerir que, para un problema dado, o por adecuación a requerimientos específicos propios o de terceros, necesiten implementar otras soluciones posibles. Para la evaluación y selección de las soluciones descritas en la presente Guía ZEPI VEA, se han considerado los múltiples factores de riesgo relacionados con un contexto de aparcamiento con VE calificado como estándar .

El cumplimiento de las normas administrativas de los códigos o reglamentos no aporta certeza en la obtención de un nivel consistente de protección contra incendios, o pueda garantizar el nivel de solvencia requerido, o pretendido, por los titulares de la actividad, por lo tanto, es necesario que se designe a un Consultor especialista en Seguridad contra Incendios como parte del Equipo de Diseño del Proyecto, para llevar a cabo una evaluación de riesgos y, a partir de ahí, redactar un plan director de seguridad contra incendios que sea aceptado formalmente por las autoridades pertinentes, titular de la actividad y compañía aseguradora, cuya implantación sea supervisada por el Consultor.

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: se basa en 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 7 MJ, y en el caso de los vehículos eléctricos, estas cifras pueden 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 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 -----

3.2. 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, 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 por tercera parte independiente.



Ilustración 14. Etiqueta de Cumplimiento para señalar el aparcamiento

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 y calidad de componentes

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.

3.3. 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 y han sido verificados por tercera parte.

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

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

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

- Presentación del proyecto ante el Ayuntamiento para solicitud de licencia de obras y obtención de los informes previos o licencias que correspondan (si procede, según ordenanza municipal).

4. Suministro de equipamiento en formato kit ZEPIVE

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

- 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

- 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.
