



Guía Técnica FR-VEA

para la protección contra incendios de
Aparcamientos cerrados con Vehículos
Eléctricos



ashes·fire
Global Fire & Safety Engineers

Primera Edición
Justo Adámez Gallego

Primera Edición en castellano desarrollada por el equipo de **Ashes Fire Consulting S.A.** 2024

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.

2024

Contenido

Introducción	5
Sobre el Método FRSave®	8
1. Evaluación del Riesgo de Incendio en Aparcamientos cerrados con VE.....	9
Causas de fallo de las baterías de iones de litio	10
1.1 Conceptos para la evaluación del Riesgo de Incendio	12
1.2 Combustibles	13
1.3 Focos de ignición	13
1.4 Consecuencias	15
1.5 Riesgos Medioambientales	16
2. Sistemas de Protección contra incendios en Aparcamientos cerrados con VE	18
2.1 Objetivos de la Protección	18
2.2 Sistema de detección y alarma de incendio	19
2.3 Medios manuales de Protección Activa	21
2.4 Sistemas automáticos de Protección Activa	22
2.4.1 Generalidades de los sistemas de agua nebulizada	25
2.4.2 Tipos de sistemas de agua nebulizada: Alta Presión vs. Baja Presión	26
2.5 Medidas de protección pasiva.....	28
2.6 Otras Medidas de seguridad y protección	29
2.6.1 Condiciones y señalización de evacuación.....	29
2.6.2 Alumbrado de emergencia	29
2.6.3 Ventilación forzada.....	30
2.6.4 Mantas ignífugas	30
2.6.5 Cubeto de inmersión para extinción de VE.....	31
2.7 Resumen de sistemas de protección para Aparcamiento VE	33
3. Modelo de reducción del Riesgo de Incendio en aparcamiento con VE	34
3.1 Análisis de Costes de Implantación	34
3.2 Evaluación de Pérdidas	35
3.3 Cálculo del Coste de evitar una fatalidad (ICAF)	35
ANEXO 1. Condiciones Generales para la aplicación de la Guía Técnica FR-VEA	37



ASHES FIRE CONSULTING, S.A.

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



Ashes-fire es una firma de consultoría especializada en soluciones de ingeniería en protección contra incendios que con el conocimiento profundo de las normas y de los sistemas, utilizando modernas tecnologías de cálculo, de diseño y la experiencia de más de 25 años, nos permite ofrecer a nuestros clientes soluciones de seguridad de la vida y protección de sus activos (*Fire Protection & Life Safety*), con una visión de aportar valor, conjugando en los proyectos la eficacia operativa con la eficiencia económica.

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

Nuestra firma viene colaborando activamente desde hace años con las principales organizaciones, asociaciones e instituciones de seguridad contra incendios: NFPA (USA), EFSN (Europa), AGERS (España), PESI (España), APTB (España), AERME (España), CEPREVEN (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 a continuar compartiendo experiencias y mejorar la protección de nuestra sociedad.

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 propuesta de la Comisión Europea, el Parlamento Europeo previsiblemente prohibirá la fabricación de coches y furgonetas con motores de combustión a partir de 2035. Desde esa fecha, todos los vehículos ligeros nuevos deberán ser eléctricos o de hidrógeno, con el objetivo de hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro para el año 2050.

La Agencia Internacional de la Energía pronostica que el número de vehículos eléctricos en Europa para 2030 se aproximará a los 56 millones. Con las tasas actuales de siniestralidad por incendio de estos vehículos, se proyecta para 2030 unos 13.655 incendios en Europa, lo cual es motivo de preocupación e incentiva a mejorar las medidas de seguridad contra incendios, en particular, en los lugares de aparcamiento y puntos de carga, al ser el escenario de mayor riesgo de incendio para estos vehículos.

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.

Si bien las estadísticas actuales no sitúan el riesgo de incendio de los vehículos eléctricos por encima de los de combustión cuando están en circulación, podrían incrementarse a medida que el parque de VE crezca y envejezca, porque como ocurre con los vehículos de combustión, el riesgo de incendio tiende a aumentar a medida que los vehículos envejecen.

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

Desde mediados de 2023 ASHES-FIRE viene abordando este desafío como un proyecto de investigación interno enfocado desde la ingeniería prestacional (diseños basados en prestaciones) ante el reconocimiento del creciente riesgo de incendio que representan los VE en aparcamientos, frente al vacío de medidas regulatorias para abordar de forma eficaz este riesgo al que está expuesta la sociedad.

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 se amplió con la recopilación de información de estudios e investigaciones internacionales¹ y desarrollo de nuevas modelizaciones de incendio obtener más información sobre la curva de desarrollo de un incendio en un VE, obteniendo registros de temperaturas en función del tiempo y duración del incendio, velocidad de propagación a vehículos anexos, grado de afectación a elementos y forjado del aparcamiento, y los efectos de la liberación de electrolitos inflamables y de gases tóxicos.



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

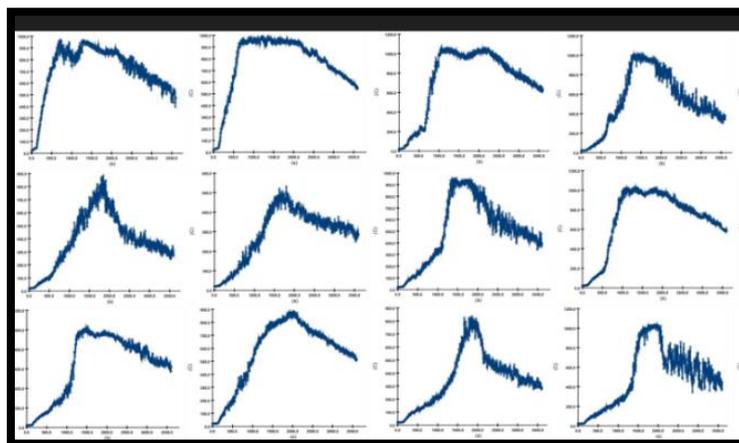


Ilustración 2 Gráficas de registro de la evolución de la temperatura del incendio de VE.

El presente documento es una síntesis del desarrollo de la segunda fase de la investigación, cuyo objeto era concluir con 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.

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

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®

Esta completa investigación nos ha permitido llegar a conclusiones para elaborar una guía provisional bajo un formato de **Guía Técnica** para Vehículos Eléctricos en Aparcamientos (**Guía Técnica FR-VEA**) con objetivos y conceptos de protección contra incendios adecuados para aparcamientos con VE, cuyos términos exponemos en este documento.

Esta *Guía Técnica FR-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, y que su aplicación genere un debate de utilidad para futuras normas.

La *Guía Técnica FR-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.

Para aparcamientos existentes que cuenten con una instalación aprobada de rociadores, se han desarrollado unos alineamientos específicos, recogidos en la *Guía Técnica FR-VER*.

Para aparcamientos de nueva construcción, se han desarrollado alineamientos recogidos en la *Guía Técnica FR-VEN* que incluyen medidas preventivas adicionales, tales como incrementar el tamaño de las plazas de aparcamiento para VE, ubicación estratégica de los puntos de carga en áreas de mayor ventilación y/o próximos a las entradas de aparcamiento y salidas de emergencia, restricciones para estacionamiento de VE por debajo de sótano -2, sistema de control de aguas residuales, etc..

Es esencial destacar que 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 a una de nivel 3.

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 a proteger, las prestaciones de los sistemas contra incendios, condiciones de contratación y prevención de riesgos laborales de las contratas y subcontratas, 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.

El cumplimiento de las normas administrativas de los códigos o reglamentos para proyectos singulares en la práctica no aporta certeza en la obtención de un nivel aceptable y consistente de protección contra incendios, por lo que este tipo de desarrollos requiere un desarrollo a medida con la participación de Consultores especialistas en Seguridad contra Incendios como parte del Equipo de Diseño del Proyecto, siguiendo una metodología probada, avanzada y completa como el Método FRSave® 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 todas las partes involucradas y que supervise la implementación adecuada del Proyecto

Sobre el Método FRSave[®]

El Método FRSave[®] es el único 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

El Método FRSave[®], desarrollado para la implantación internacional del sistema de Calificación de Eficiencia en Seguridad contra Incendio para establecimientos existentes, ha demostrado también su utilidad como método preciso para el desarrollo de estrategias contra incendios en nuevas construcciones, y la acreditación de ASHES-FIRE para su uso, permiten su aplicación a este entorno de aparcamientos cerrados con VE.

Nota: El Método FRSave[®] es un método en el que Entidades Formativas aprobadas por FRSave instruyen a los ECA-Evaluadores de Campo Acreditados y a las Agencias Calificadoras que participan en las evaluaciones y la emisión de las Calificaciones de Eficiencia en Seguridad contra Incendio, siendo de uso distintivo por los profesionales y las compañías formadas y acreditadas en el método por las Entidades Formativas.

1

1. Evaluación del Riesgo de Incendio en Aparcamientos cerrados con VE

Evaluar el riesgo de incendio es un primer paso fundamental que permite identificar las situaciones y áreas donde puede activarse un incendio y valorar su potencial impacto, lo que ayuda a priorizar las medidas de prevención y protección, así como las estrategias de evacuación eficaces y diseño de planes de emergencia e información relevante para la intervención por bomberos.

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 escenarios de incendio en **aparcamientos cerrados y subterráneos, de más de 2.000 m²** con presencia de vehículos eléctricos e híbridos enchufables con conexión a estaciones de carga.

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

Parámetros tomados como constante:

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

Parámetros variables de cada aparcamiento:

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

En Ashes-fire para determinar las probabilidades, empleamos 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
 - 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 3 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 4 Estaciones de carga de VE.

c) Otras infraestructuras eléctricas

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

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



Ilustración 5 Cable de carga de VE con desperfecto.

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

1.4 Consecuencias

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

La técnica de “líneas de control”, ampliamente utilizada en muy diversos campos como la: seguridad, ciberseguridad, control de calidad, etc. incluso a lo largo de la historia en las estrategias militares, está en auge en los últimos años en el campo de la ingeniería contra incendios, al igual que los estudios prestacionales, ante su elevada eficacia y la necesidad de dar soluciones de protección solvente a actividades existentes para las que no

está desarrollado un estándar reglamentario aprobado, como es el caso hoy en día para la protección de aparcamientos cerrados con VE y VHe.

Las peores consecuencias serán fruto de incendios multi vehículo, que dan lugar a temperaturas muy elevadas que 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, qué 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

Establecer objetivos proporciona una guía clara sobre hacia dónde se ha de dirigir la estrategia y selección de soluciones de protección, evita la deriva y asegura que los recursos estén enfocados en un propósito específico que genere resultados.

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 automático de las temperaturas y radiación térmica del incendio
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 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
7. Minimizar el tiempo necesario para reanudar el funcionamiento normal del aparcamiento tras un incendio.

2.2 Sistema de detección y alarma de incendio

En las aplicaciones con baterías de iones de litio se requiere una detección (muy) rápida de las celdas o baterías que muestren signos anormales para evitar el desbordamiento térmico. Por ello, una detección temprana y fiable de incendios es una necesidad a la hora de diseñar sistemas de protección contra incendios para aplicaciones con baterías de iones de litio.

Sin embargo, el entorno en el que se utilizan normalmente las baterías influye mucho en la idoneidad de las distintas soluciones, especialmente en su uso en VE donde una mayoría de sistemas de detección precoz no se pueden instalar, por cuanto que la detección se realiza cuando ya se ha producido el desbordamiento térmico.

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

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

- La detección temprana del incendio ha de estar basada en la detección del gas o del humo tras comenzar el venteo inicial de una celda.
- Dado que las diferentes tecnologías de detección y los tipos de detectores tienen características diferentes, se debe seleccionar una solución adecuada para la aplicación en aparcamientos.

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

Sistema de detección	Tipo de detector	Efectividad Aparcamiento
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	XXXXX
	Humos por aspiración (ASD)	XXXXX
Detección de Calor	Detectores térmicos puntuales	XXXXX
	Detectores térmicos lineales	XXXXX
	Cámaras termográficas	XXXXX
Detección de Llamas	Ultravioleta,	XXXXX
	Infrarrojo	XXXXX
	UV+IR	XXXXX
Detección por Video	VFD	XXXXX

- **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 de humo (o 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. **Flashes estroboscópicos** 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	Efectividad Aparcamiento
Extintores Manuales	Polvo químico	X X X X X
	F 500	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
 - 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. 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 o VHe.*

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 para uso por bomberos.*

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, caudal 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	Efectividad Aparcamiento
Sistemas en base a agua	Rociadores	X X X X X
	Rociadores + Aditivos encaps.	X X X X X
	Agua Pulverizada	X X X X X
	Agua Pulverizada + Adit. encaps.	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 supresión 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, con 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 (con lo que 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

Los rociadores convencionales pueden ser una solución aceptada en Aparcamientos con VE bajo unas determinadas adecuaciones de diseño del sistema de rociadores, disponibilidad de espacio para el grupo contra incendios y reserva de agua, condiciones de desagüe, etc., más exigentes que para un sistema de 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 tres tipos, aunque los de media presión no tienen aplicación comercial en la actualidad:

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

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

Sistema de Alta Presión

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

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



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

Sistema de Baja Presión

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

Entre las características de estos sistemas cabe destacar las siguientes:

- Promedio del tamaño de gota: 250 μ m
 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 7 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 Agua Nebulizada de Baja Presión.

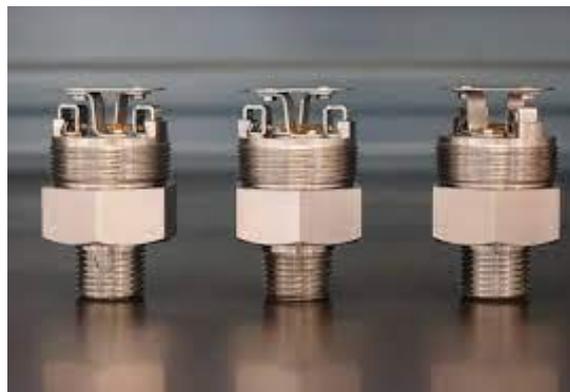


Ilustración 8 boquillas de sistema de agua nebulizada de baja presión

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 9 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.
- **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.

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.

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.

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.

El uso de la manta ignífuga permite manipular el vehículo con mayor seguridad para trasladarlo al vial del aparcamiento, donde continuar con las labores de extinción.

Complementariamente a la manta ignífuga resultará de gran ayuda el uso de patines para vehículos para su desplazamiento.



Ilustración 10 Patines para desplazamiento vehículos en el aparcamiento

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 11 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 12 Cubeto para inmersión de vehículo eléctrico incendiado

ADAPTACIONES DE OTRAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN PARA LA EXTINICIÓN DE INCENDIO DE VE

1. **Mantas ignífugas.** Una manta ignífuga por planta de aparcamiento, con un mínimo de 2 mantas por aparcamiento. Tejido a base de fibra de vidrio recubierto por ambas caras con polímero retardante de llama, capaz de resistir temperaturas continuas de 550°C y picos de 1000°C, con una alta resistencia al desgaste y al desgarro, e impermeable.

2. **Cubeto de inmersión.**

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

2.7 Resumen de sistemas de protección para Aparcamiento VE

A continuación, se resumen las medidas de protección contra incendios establecidos en la Guía Técnica FR-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
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 • 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 de 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.</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 adecuarán a la instalación de puntos de carga para VE, puede requerir que, para un problema dado, o por conveniencia 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 Técnica FR-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, a partir de la cual, 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

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.

La importancia de los costes en toda estrategia de implantación es crucial. Una evaluación de los límites de las consecuencias toleradas permitirá ayudar a determinar el alcance de la inversión adecuada.

Es por ello que todo proyecto debe incluir además un análisis de los costes de implantación referido a un nivel de pérdidas, determinando el Valor Monetario Equivalente Agregado para la solución propuesta, o soluciones posibles, siendo lo adecuado realizar este estudio para diferentes niveles de soluciones/costes de implantación que se vincularán al nivel de reducción de pérdidas conseguido, utilizando como patrón de referencia la situación original.

3.1 Análisis de Costes de Implantación

- ✓ Costes de ingeniería, supervisión, inspección y pruebas
- ✓ Costes de equipamiento e instalación
- ✓ Costes de funcionamiento y mantenimiento
- ✓ Costes de licencia

3.2 Evaluación 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
- ✓ Nivel de exposición de seguridad vital
- ✓ Otros niveles de exposición y costes indirectos

3.3 Cálculo del Coste de evitar una fatalidad (ICAF)

Costo Implícito de Evitar una Fatalidad (ICAF – Implied Cost of Avoiding a Fatality).

Representa una estimación del beneficio de evitar un daño por incendio. Este índice es importante en los análisis costo beneficio riesgo.

$$ICAF = \frac{C}{L \cdot (\Delta PLL)}$$

En donde,

C = Coste de implementación de las medidas de protección (€)

L = Tiempo de vida estimado de la actividad (años)

ΔPLL = Diferencial de pérdidas potenciales con la implementación de las medidas

El ICAF es una medida utilizada en la gestión de proyectos de ingeniería contra incendios para evaluar proyectos de mejora, que ayuda a la toma de decisiones por parte de la compañía al relacionar el efecto de las pérdidas (consecuencias) con los costes de implantación de los diferentes planes de mejora.

A continuación se muestra un ejemplo basado en un caso real de un aparcamiento.

 Simulación de costes de incendio			
APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO			
Costes de Incendio: Aparcamiento subterráneo de 4.500 m2, 180 plazas, 5% de VE	Mínimos Normativos	Protección Mejorada	Protección GT FR-VEA
Nivel de daños al edificio de Aparcamiento	140.000,00 €	90.000,00 €	20.000,00 €
Nivel de daños al equipamiento del Aparcamiento	575.000,00 €	330.000,00 €	87.000,00 €
Nivel de daños a existencias: vehículos	240.000,00 €	130.000,00 €	65.000,00 €
Lucro cesante	37.800,00 €	15.120,00 €	7.560,00 €
Coste de recuperación	800.000,00 €	250.000,00 €	92.000,00 €
Nivel de exposición de seguridad vital	75.000,00 €	0,00 €	0,00 €
Otros niveles de exposición y costes indirectos	90.000,00 €	25.000,00 €	15.000,00 €
Total	1.957.800,00 €	840.120,00 €	286.560,00 €



Cálculos Nivel de Riesgo e ICAF

	Mínimos Normativos	Protección Mejorada	Protección GT FR-VEA
Coste de incendio. Consecuencias	1.957.800,00 €	840.120,00 €	286.560,00 €
Coste de las medidas de reducción de riesgos.	214.000,00 €	375.000,00 €	580.000,00 €
Costes de mantenimiento y gestión del riesgo / anual	9.500,00 €	12.000,00 €	14.000,00 €
Nivel Cuantitativo de Riesgo	ALTO 1.175	MEDIO 504	BAJO 172
Índice ICAF	2,19	8,93	40,48

ANEXO 1. Condiciones Generales para la aplicación de la Guía Técnica FR-VEA

Las "Condiciones Generales para la Aplicación de una Guía" ayudan a establecer los requisitos para la implementación efectiva del proyecto, creando el marco y los principios básicos necesarios.

Las partes que considerar, como en todo proyecto de mejora del riesgo, son los siguientes:

1. Responsables de su aplicación
2. Calificación de Eficiencia en seguridad contra incendios
3. Proyecto Técnico
4. Ejecución de las Obras
5. Protocolos de pruebas de aceptación
6. Gestiones y trámites de Legalización
7. Plan de Mantenimiento de las instalaciones
8. Plan de inspecciones periódicas
9. Plan de Gestión del Riesgo en el Aparcamiento

*Para una aplicación efectiva de la **Guía Técnica FR-VEA** y la garantía de obtención de un nivel aceptable y consistente de protección contra incendios en el Aparcamiento con VE, es aconsejable que se designe un Consultor especialista en Seguridad contra Incendios como parte del Equipo de Diseño del Proyecto, que ayude al Titular de la Actividad al desarrollo y observación del cumplimiento de las Condiciones Generales de aplicación de la Guía.*
