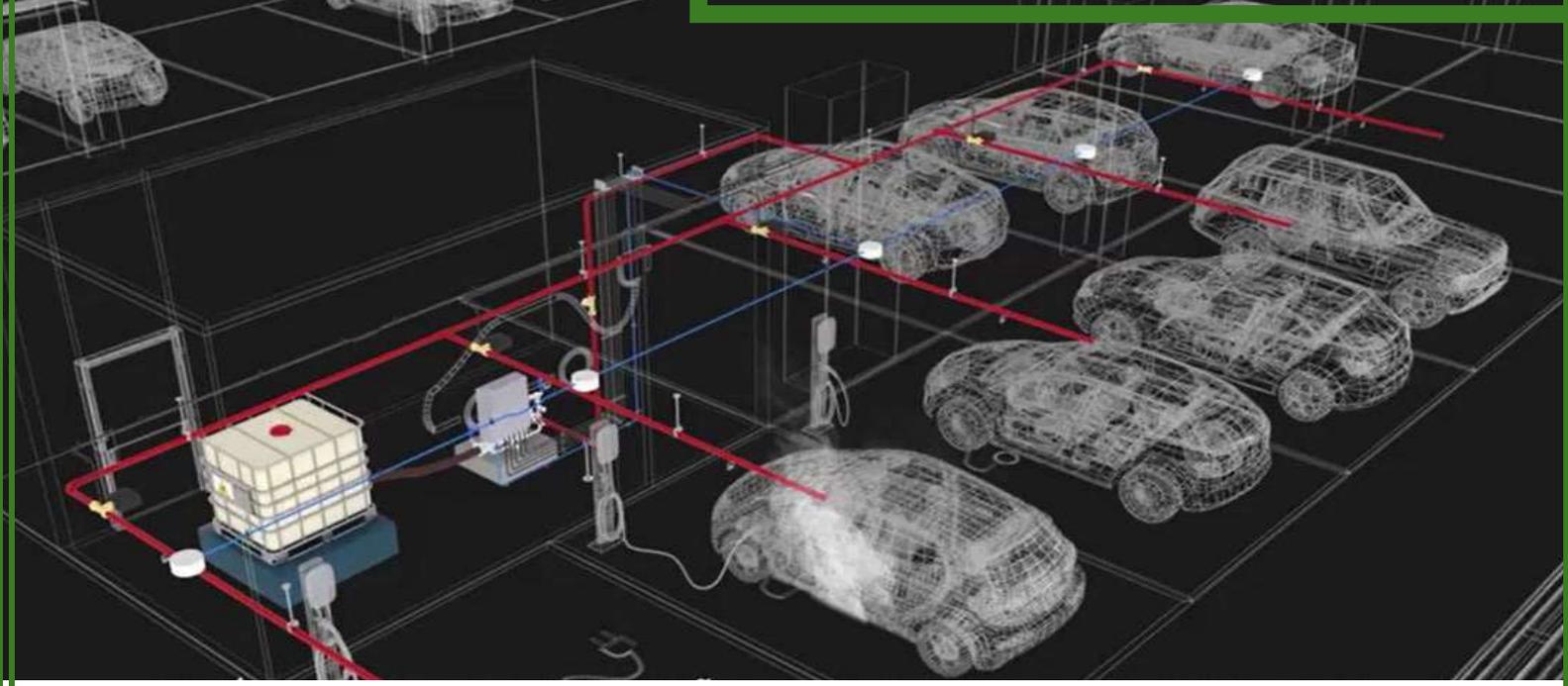




**SISTEMA AUTOMÁTICO  
DE PROTECCION  
CONTRA FUEGOS DE  
BATERIAS DE ION LITIO**





# SISTEMA AUTOMÁTICO DE PROTECCION CONTRA FUEGOS DE BATERIAS DE ION LITIO

# PROBLEMÁTICA BATERÍAS DE ION LITIO

El corazón del sistema de baterías son las celdas electroquímicas, el conjunto de celdas conforman una batería

Cada célula de iones de litio consta de:

- Dos electrodos, el ánodo (electrodo negativo) y el cátodo (electrodo positivo). Estos electrodos están formados por un colector y un material activo aplicado en él
- Un electrolito conductor de iones, se trata de una mezcla de sales de litio disueltas en disolventes orgánicos con diversos aditivos que actúa como mediador de los procesos de intercambio de iones dentro de la célula.
- Un separador que asegura la separación eléctrica de los electrodos al tiempo que facilita un intercambio iónico eficaz.

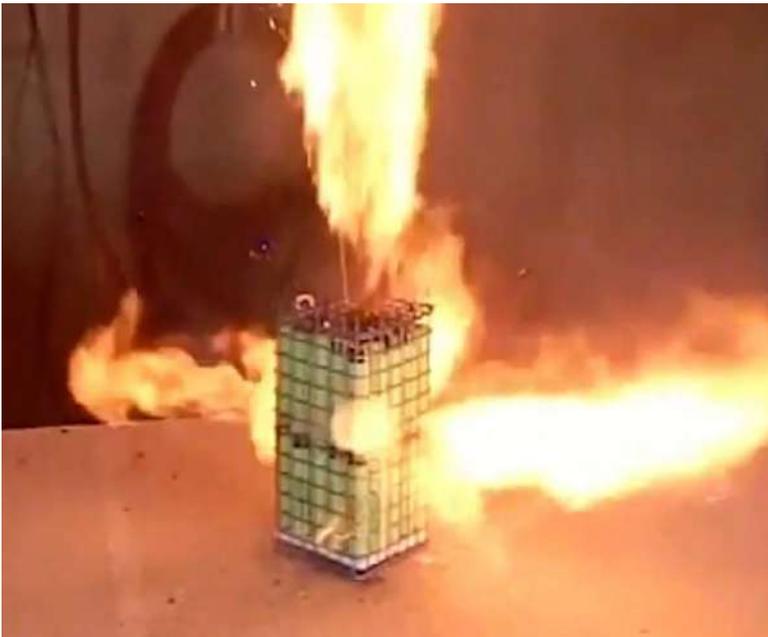


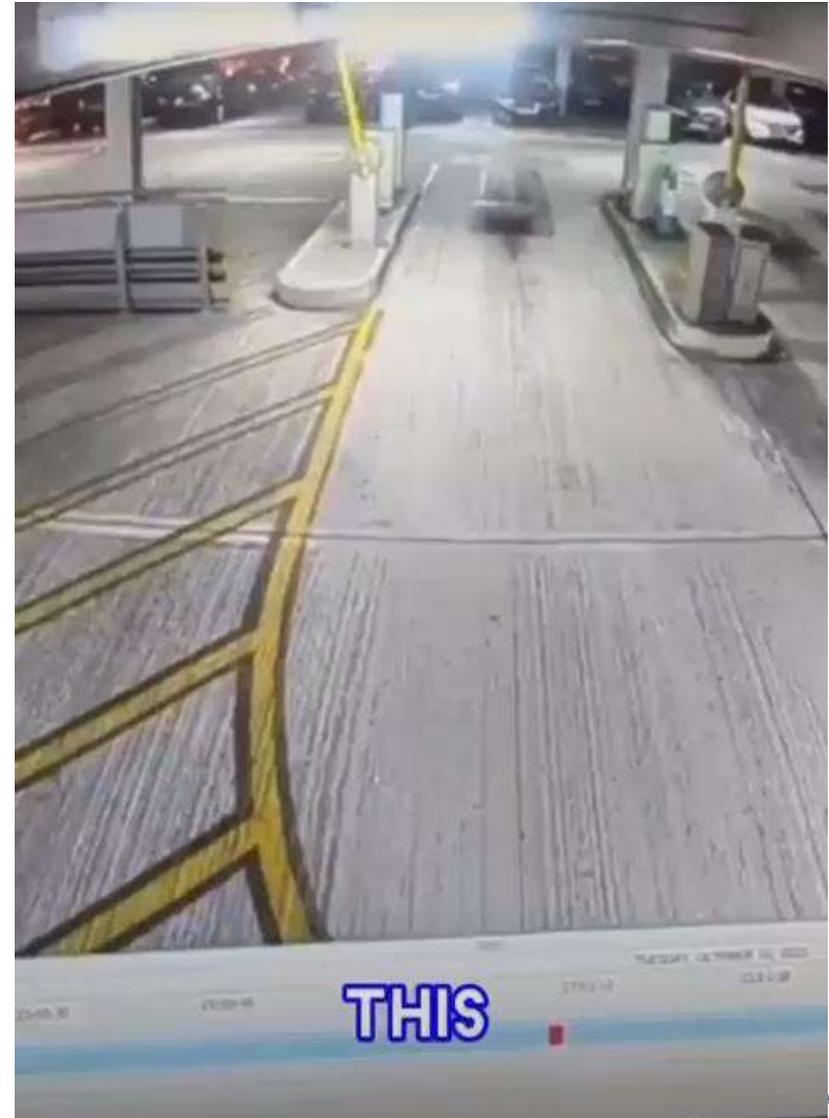
Figura 2: Estructura de las baterías de iones de litio

Dado que las baterías de iones de litio combinan materiales de alta energía con electrolitos a menudo inflamables, y que utilizan disolventes orgánicos, como el carbonato de etilo mezclado con carbonatos lineales de mayor volatilidad, cuando una sola celda, o área dentro de la celda, alcanza temperaturas elevadas debido a **un fallo térmico, fallo mecánico, cortocircuito interno o externo, descarga excesiva, sobrecarga o abuso electroquímico**, el electrolito se inflamara, el material de óxido del cátodo se descompone y se produce la liberación de oxígeno, y un gran incremento de la temperatura, efecto que se conoce como un **Thermal runaway**

<sup>[1]</sup> Como consecuencia se generará gran cantidad de calor de más de 1.000°C y una importante emisión gases tóxicos derivados de la aparición de reacciones químicas por la presencia de los Iones de Litio, como Fluoruro de Hidrógeno, CO, CO<sub>2</sub>.....

## EN CASO DE INCENDIO ¿A QUE NOS ENFRENTAMOS?

1. La **estructura de hormigón puede colapsar**.
  1. A partir de 200/400°C el agua que tiene el hormigón “agua de constitución” empieza a evaporar produciendo un deterioro en la estructura de hormigón conocido como “spalling” dejando al aire el acero del que se compone el hormigón
  2. A 400°C el Acero comienza a modificar su elasticidad volviéndose “dúctil” y a 600°C se produce una bajada drástica de su resistencia
2. **Gran cantidad de humo TOXICO**. Las rutas de escape se ven afectadas por las temperaturas elevadas y el humo tóxico, algo que empeora muchísimo con el uso de coches eléctricos



<b>Norway 2020</b> Stavanger Airport			<b>LONDON 2023</b> LUTON AIRPORT		
 200 – 300 vehicles destroyed	 1300 vehicles damaged	 Building <b>partially</b> collapsed	 1500 Vehicles destroyed	No yet information cars affected.	Parking collapsed



Reto para la extinción/control de este tipo tan agresivo de fuegos, de la propia composición de las baterías de Ion Litio compuesta por cientos de celdas y considerando la dificultad de acceso a una de estas celdas, normalmente encapsuladas, nos lleva a la conclusión que extinguir el fuego a nivel de una sola celda no debería de ser el Enfoque de los sistemas de supresión de incendios.

El papel clave de los sistemas de supresión de incendios es absorber el calor y reducir el grado de propagación, o el número de baterías que estarán involucradas en el fuego.



Bien sabido es los 3 elementos fundamentales que tiene que haber para que se desarrolle un fuego

1. Presencia de Combustible
2. Presencia de Oxígeno
3. Aportación de calor

Eliminando cualquier de estos factores conseguiremos suprimir un incendio, evidentemente la retirada del combustible, en este caso la batería, no es una opción, teniendo en cuenta que durante el desarrollo del fuego se alcanzan temperaturas superiores a los 600°C y se desprenden gases tóxicos como Cloruro de Hidrógeno y el Fluoruro de Hidrógeno, lo que implicaría un riesgo severo para las personas.

Luego las otras dos opciones que nos quedan son :

## Como podemos evitar el desarrollo del Fuego.

- A. Reducir el oxígeno
- B. Enfriar



## REDUCCION DEL OXIGENO/EVITAR OXIGENO ENTRE CONTACTO CON COMBUSTIBLE

Los sistemas de extinción basados en la reducción del oxígeno (gases Inertes) o los basados en evitar que el OXÍGENO entre en contacto con las baterías de Ion Litio (polvo, espuma) no son eficaces en ese tipo de fuegos, ya lo indica Euralarm<sup>[1]</sup>:

*“este tipo de fuegos no necesita oxígeno para desarrollarse”*

También lo indica DNV<sup>[2]</sup>

*“La cantidad de oxígeno liberado no es suficiente para afectar la combustibilidad externa a la célula. Se considera más probable que el O<sub>2</sub> se libere internamente a la célula y juegue un papel central en el inicio de la fuga térmica. Esto también dará como resultado un desarrollo de calor más agresivo y una mayor producción de CO o CO<sub>2</sub>.”*

Podemos entonces llegar a algunas conclusiones

Reducir el oxígeno en la sala, evitara que arda el resto de combustible que pueda haber en la sala, durante el tiempo de permanencia del gas (mínimo 10m según Norma ISO-EN), pero no evitara el desarrollo del fuego en el resto de las celdas ni tampoco el posterior desarrollo una vez baje la concentración en la sala por debajo de la concentración de inertización<sup>[3]</sup>. Hay que considerar que el fuego de este tipo de baterías puede llegar a durar más de 24h en algunos casos y evitar que el oxígeno entre en contacto con las baterías cómo funcionan los sistemas de extinción basados en espumas y polvo químico tampoco resuelve el problema



<sup>[1]</sup> Euralarm. Apartado 4.5.1 Guía sobre Soluciones de Protección contra Incendios en Baterías de Ion Litio.

<sup>[2]</sup> DNV GL. Apartado 3.5. Conclusions. *Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression*

<sup>[3]</sup> ver concentraciones de Inertización Norma EN-15004



Engineered  
**FIRE PIPING**



ENSATO EFICACIA EXTINTOR CON ADITIVO F-500 COMAPRASTIVA CON, ESPUMA Y POLVO

---

**LITHIUM-ION BATTERY**  
***COMPARATIVE TESTING***

---



## REDUCCIÓN DE LA TEMPERATURA, ENFRIAMIENTO

Hay unanimidad en los distintos estudios contrastados que el enfriamiento es la clave para el control/extinción del fuego en las baterías de Ion Litio, controlar que el fuego de una celda no se extienda a las demás celdas, refrigerar por debajo de las temperaturas de ignición de los gases desprendidos es fundamental para evitar el desarrollo del fuego,

Según Euralarm sus objetivos son claros.

*“Extinguir las llamas externas, pero la extinción de las llamas por sí sola no es suficiente”<sup>[2]</sup>*

*“El enfriamiento es esencial para reducir las altas temperaturas que se producen”*

*“Enfriamiento durante el proceso de desbordamiento térmico en el módulo inflamado (el diseño deberá garantizar que el enfriamiento sea posible durante un período lo suficientemente largo como para que el peligro disminuya)”*

*“Detener la propagación del desbordamiento térmico desde el módulo inflamado a otros módulos”*



*FM en su documento RESEARCH TECHNICAL REPORT Development of Protection Recommendations for Li-ion Battery Bulk Storage: Sprinklered Fire Test, nos indica que el agua es efectiva por su gran poder de enfriamiento, pero con una demanda de agua muy grande un 495lpm con un mínimo de 12 boquillas, es decir 5.940lpm, cantidad muy excesiva*

El uso de agua en tal cantidad genera muchos inconvenientes, entre ellos:

- Debemos de disponer de Sistemas de drenaje que permitan drenar tal cantidad de agua 495lpm por boquilla.
- No siempre se dispone de tal cantidad de agua almacenada para poder atacar estos riesgos.
- El dimensionado de tuberías puede representar un problema en ciertas instalaciones
- No se nos olvide que esta agua viene contaminada con Litio, por lo que debería de ser tratada





## ¿COMO CONSEGUIR QUE EL AGUA ENFRIÉ MÁS?

La solución viene de la mano del uso de “aditivos” que potencien el poder refrigerante del agua, y no solo eso si no que sean capaces de reducir la concentración de humo, estamos hablando de ENCAPSULADORES

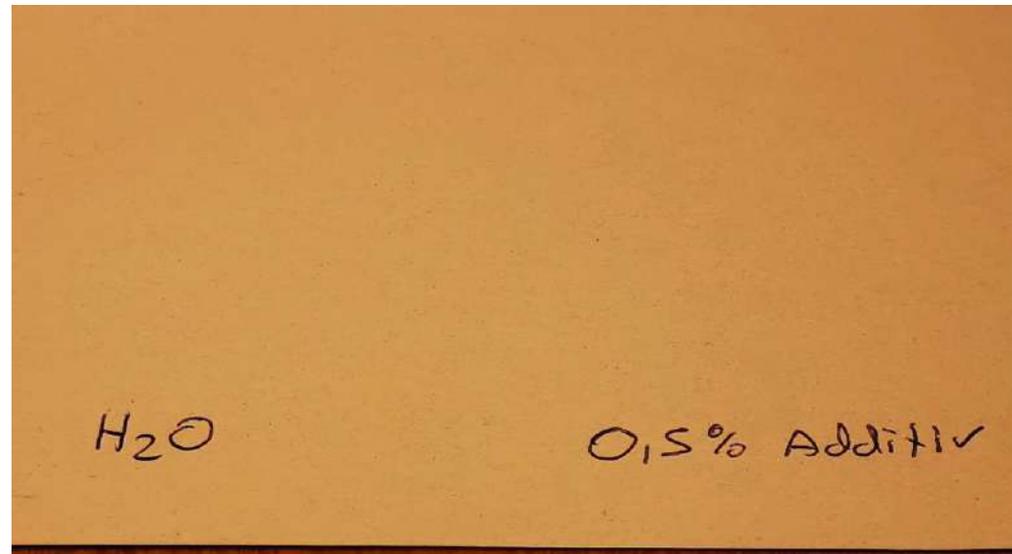
La tecnología encapsuladora del F500 se basa en un aditivo concentrado que es aplicado a una concentración del 3% a sistemas de extinción para agua, combinando en un único producto las propiedades de un agente humectante (**reducida tensión superficial**) y la exclusiva **tecnología encapsuladora por MISCELAS**, dando como resultado una alta eficiencia y rapidez en el control de incendios y de materiales peligrosos



### 1.- REDUCCION DE LA TENSION SUPERFICIAL

EL F-500 reduce la tensión superficial del agua de 72dinas/cm a menos de 33 dines/cm, esta reducción de la tensión superficial proporciona varias ventajas frente al agua sin aditivo

- Permite al aditivo esparcirse más rápidamente y penetrar mucho mejor en la superficie del combustible
- Proporciona gotas más pequeñas que implica un aumento de la superficie de enfriamiento mucho mayor que si se tratase solo de agua permitiendo un mayor contacto



El agente encapsulador F-500 no es una espuma, por lo que no contiene ingredientes fluorados, como el sulfonato de perfluorooctilo (PFOS), el F500 es un agente ambientalmente seguro, no es tóxico (litro de fluoruros), no es corrosivo y es 100% biodegradable.

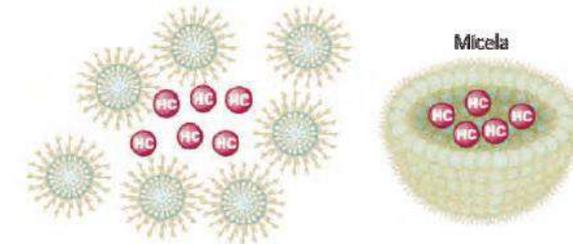
Fabricado por HCT (Hazard Control Technologies snc) -Fayetteville-Georgia- USA, el F500 cuenta con las aprobaciones UL (Underwriters Laboratories) de Estados Unidos y Canadá; es además un producto listado de la EPA (Environmental Policy Agency) de USA. También posee aprobaciones de agencias ambientales de Canadá, Australia y varios países asiáticos.

# COMO FUNCIONA LA TECNOLOGIA ENCAPSULADORA F-500



## 3. ENCAPSULADOR DE LÍQUIDOS Y VAPORES INFLAMABLES

- Las micelas encapsulan las moléculas de líquidos y vapores inflamables.
- Transforma líquidos y vapores inflamables en no inflamables.
- Las gotas de F500 (con apariencia de erizo de mar) actúan como eficientes disipadores de calor, provocando un proceso cíclico que permite una rápida reducción de temperatura del fuego de la siguiente manera:
  - Las moléculas de F500 absorben una gran cantidad de calor y la transfieren hacia dentro de la gota de agua que inmediatamente se transforma en vapor.
  - El vapor liberado colisiona con otras moléculas adyacentes de agua, y se condensan nuevamente en forma de gotas



y todo Certificado por NFPA 18.



Qué son las micelas y cuál es su función?

Partícula muy pequeña compuesta de sustancias solubles en agua que se juntan formando una bola. Estas partículas pueden transportar otras sustancias en su interior. En el campo de la medicina, las micelas se producen en el laboratorio y se usa para transportar medicamentos hasta los tejidos y las células del cuerpo

### NFPA 18A Section 7.7

#### Spherical Micelle Stability Testing

*"This section covers the test procedures to evaluate the ability of a water additive solution to form and maintain stable spherical micelles capable of encapsulating combustible and flammable liquids (polar and non-polar), rendering the flammable liquids nonflammable, nonignitable and nonexplosive and maintaining that encapsulation in the presence of high heat over an extended period of time."*

### NFPA 18A Annex 4.3

#### Lithium-ion Battery Testing

*"Encapsulator Agents (Sec. 7.7) have been tested extensively by third-party testing organizations. This testing has been controlled, scientific and highly instrumented, documenting fire suppression, control and elimination of thermal runaway and encapsulation of both flammable electrolyte and other explosive off-gases, rendering them nonexplosive. Encapsulator Technology reduces the toxicity of HF gas."*

# APARCAMIENTOS CON PUNTOS DE RECARGA PARA VEHICULOS ELÉCTRICOS

PROBLEMÁTICA

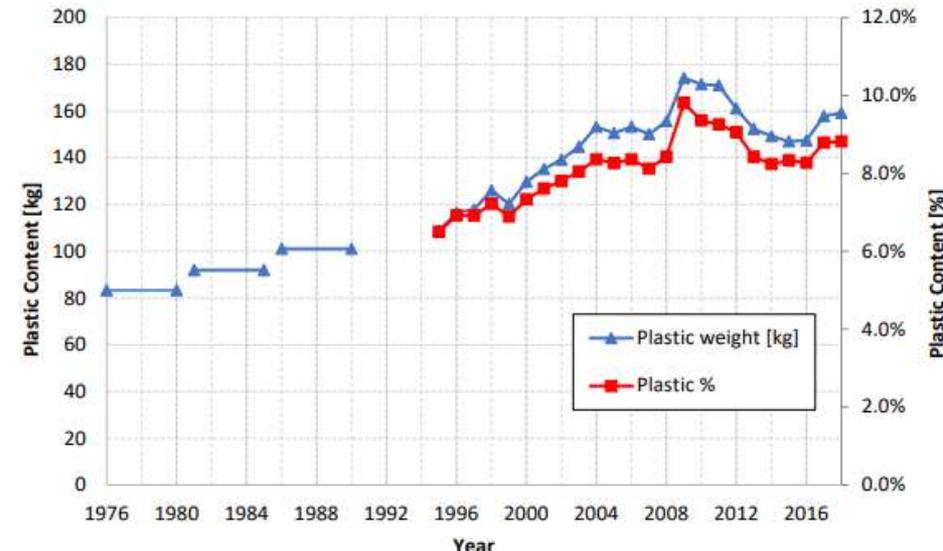




# COCHES ELÉCTRICOS EN APARCAMIENTOS SUBTERRÁNEOS

Los vehículos son la principal carga de fuego en aparcamientos, en los últimos años ha habido un aumento en el riesgo de incendio debido a los cambios en el diseño de los vehículos y al mayor uso de plásticos y otros materiales combustibles en la construcción de vehículos.

El mayor contenido de plástico de los vehículos modernos se manifiesta en una propagación más rápida de la llama dentro del vehículo, un encendido más fácil y una propagación más rápida del fuego a los vehículos colindantes.



La cantidad de materiales combustibles ha aumentado ya que muchas partes metálicas han sido reemplazadas por materiales livianos (plásticos, compuestos, aleaciones), y en general los vehículos se han vuelto más grandes y pesado, si comparaos un Toyota Corrolla de 1970 con uno de 2018, podemos ver que es 21cm mas largo y 430Kg más pesado, en líneas generales el peso de un coche ha aumentado un 12% en las últimas 5 décadas<sup>[1]</sup>.

La evolución del contenido de plástico en un coche se ha multiplicado por dos en los últimos años, actualmente los plásticos suponen casi el 10% de un coche, cuando en 1980 solo representaban el 5%<sup>[2]</sup>

**En conclusión, nos enfrentamos a un riesgo de incendio mucho mayor, más fácil su ignición y más carga de fuego.**

[1] Fuente. NFPA Research Fundation. *Modern\_Vehicle\_Hazards in Parking\_Garages and Vehicle carriers*. <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFPModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>

[2] Fuente. NFPA Research Fundation. *Modern\_Vehicle\_Hazards in Parking\_Garages and Vehicle carriers*.



## TENDENCIAS EN LA NORMATIVA

Ya son muchos los organismos internacionales que están aumentando las exigencias de protección contra incendios en los parkings por la aparición de este nuevo riesgo, FUEGOS más fácil de originarse, con muchísima aportación térmica y gran cantidad de humos tóxicos., un endurecimiento de la clasificación del riesgo de aparcamiento de OH-1 a OH-2 para NFPA y FM de HC-2 a HC-3 por ejemplo

Eso nos da una idea de la severidad de un fuego de coche eléctrico



### NFPA 88A

La edición 2023 de NFPA 88A requiere todos los estacionamientos tendrán sistemas de rociadores instalado de acuerdo con NFPA 13



### NFPA 13

NFPA 13 ha aumentado la clasificación de peligro recomendada para estructuras de Grupo 1 a Grupo 2



### FM GLOBAL

FM incrementa el riesgo de un garaje de HC-2 a HC-3

El riesgo de un incendio de un coche eléctrico es mayor que el de un coche con motor de explosión, Las consecuencias del incendio motivado por la presencia de baterías de Ion Litio convierten al coche eléctrico en un importante riesgo en potencia de difícil control

# ¿POR QUE REALIZAR UN ENSAYO?

Es evidente la necesidad de buscar una solución a la problemática de los fuegos en coches eléctricos en su momento de más riesgo, el proceso de recarga.

Hasta ahora no se había buscado ninguna solución técnica sobre todo por la falta de producto que ofreciese ciertas garantías de éxito.

Pero evidentemente cualquier solución tendría que venir de la mano de un documento que acreditase su validez, según nos indica el **Real Decreto**

**513/2017 del 22 Mayo (RIPCI), en su artículo 5. Un Documento de**

## **Idoneidad Técnica (DITE)**

Los productos (equipos, sistemas o componentes) de protección contra incendios no tradicionales o innovadores para los que no existe norma y exista riesgo, deberán justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en este Reglamento mediante una evaluación técnica favorable de la idoneidad para su uso previsto, realizada por los organismos habilitados para ello por las administraciones públicas competentes



**La importancia del DITE**  
Nos obliga a realizar una trazabilidad anual de los productos Suministrados, por cada instalación se suministra un certificado que incluye los números de serie de todo lo suministrado, lote de F-500, número de serie del proporcionador .....

Por parte de e-FP, pediremos una acreditación del instalador que tendrá que aportar capacidad de realizar instalación y aportación de cálculos hidráulicos certificados, teniendo que presentar documento de haber pasado por nuestro centro de formación.



# ¿POR QUE ESTE DISEÑO?



Es evidente la necesidad de buscar una solución a la problemática de los fuegos en coches eléctricos en su momento de más riesgo, el proceso de recarga.

Hasta ahora no se había buscado ninguna solución técnica sobre todo por la falta de producto que ofreciese ciertas garantías de éxito, con esta tecnología este problema se ha resuelto

PERO EL DISEÑO TENIA  
QUE SER FACIL DE  
IMPLEMENTAR



1. Intentar diseñar un sistema con mínimas necesidades de agua/presión para que sea adaptable a cualquier instalación existente de agua contra incendios, como es un pequeño supermercado de “barrio”
2. No necesita de ninguna obra civil relevante, “fácil instalación” y mantenimiento
3. Sistema “ampliable” según el número de plazas eléctricas a coste mínimo
4. Producto ecológico, 100% biodegradable, con certificaciones Internacionales En este caso NFPA
5. Poca necesidad de agua simplifica las labores de limpieza y de evacuación del agua.



# OBJETIVO

El objetivo es el Control/supresión del desarrollo de un incendio de un automóvil con baterías de Iones de Litio de 50.94kw ubicado en un estacionamiento cubierto utilizando agua con aditivo F-500 al 3% como agente extintor.

Se simulará un escenario de 3 plazas de aparcamiento de 2,5 x 5m cada una, resultando un área de actuación 37,5m<sup>2</sup>, basado en indicaciones de Bomberos de Barcelona según su reglamento

## INSTALLACIONS DE RECÀRREGA DE VEHICLES ELÈCTRIC (IRVE)

- Se ubicará un coche con baterías en la plaza central del escenario
- Un coche de combustible en plaza anexa
- Se dejará libre la otra plaza para verificar temperatura asimilándolo a lo que sería un pasillo de evacuación.

Disposición de vehículos en ensayo.



## REQUERIMIENTOS DE MÍNIMOS PARA APROBACION

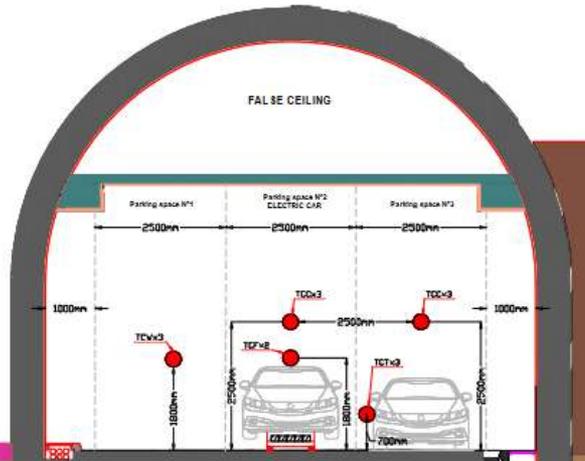
1. El fuego no debe propagarse al coche contiguo. **Coche salió sin ningún daño**
2. La temperatura del pasillo de evacuación a los 10m de inicio de la descarga no debe superar los 60°C. **Se consiguió en 2 minutos**
3. Temperatura en el techo a 2,5m no puede superar los 70°C una vez iniciada la descarga. **Conseguido en 2 m**

**3%**

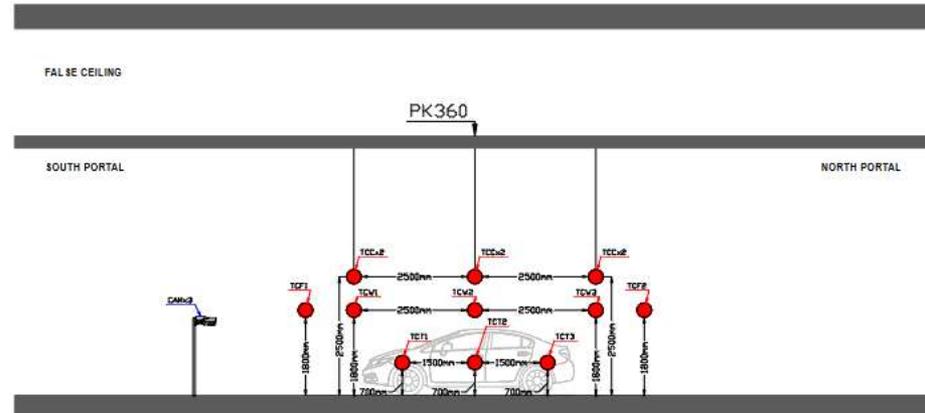
Agua + aditivo F-500 en  
disolución al 3%

# ESCENARIO DE LA PRUEBA

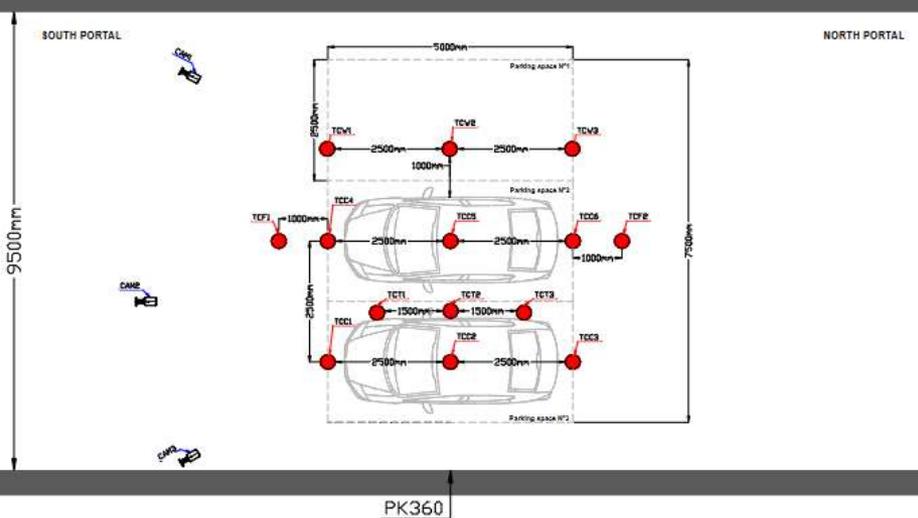
## FRONT VIEW



## SIDE VIEW



## TOP VIEW



## ELECTRIC CAR CONFIGURATION

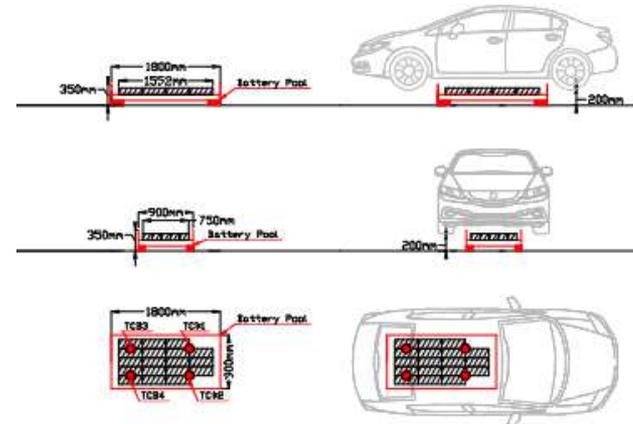


Table of contents

- Thermocouple
- ||||| Battery module

# SISTEMA DE EXTINCIÓN



## Sistema de extinción compuesto

- 2 Boquillas D3 por cada plaza, mínima presión requerida 1,5bar en boquilla
- Válvula direccionable por cada plaza
- Proporcionador Diamond Doser para F-500, al 3% 250lpm, mínimo 4bar de presión
- Depósito de F-500 de 420 litros
- Abastecimiento de agua requerido 14,6m3, para autonomía de 60minutos
- 1 detector triple tecnología por cada plaza



# SISTEMA DE EXTINCIÓN/DETECCIÓN



- Boquilla D3 PROTECTOSPRAY
- Presión de diseño, 1,5 bar
- Coeficiente de descarga  $K=33,1$
- Ángulo de descarga  $95^\circ$
- Rosca NPT de 1/2 pulgada
- Acabado en bronce



- Presión de trabajo máxima 16
- Presión de trabajo de diseño 3 bar
- 450 lpm (119 US gpm) @ 1430 rpm
- Hasta 250 litros/minuto
- Ratio de dosificación 3%
- Marcado CE

Se dispondrá de 1 detector MultiSensor de Humo, Calor y Monóxido de Carbono modelo por cada plaza, con activación con coincidencia de 2 tecnologías. Conectados a central inteligente.

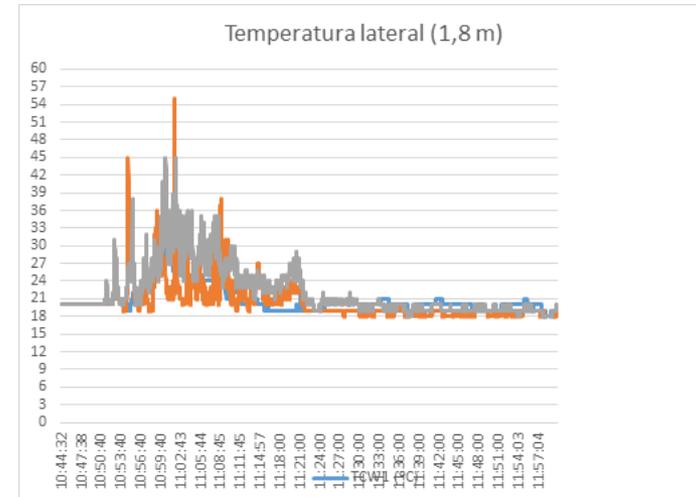
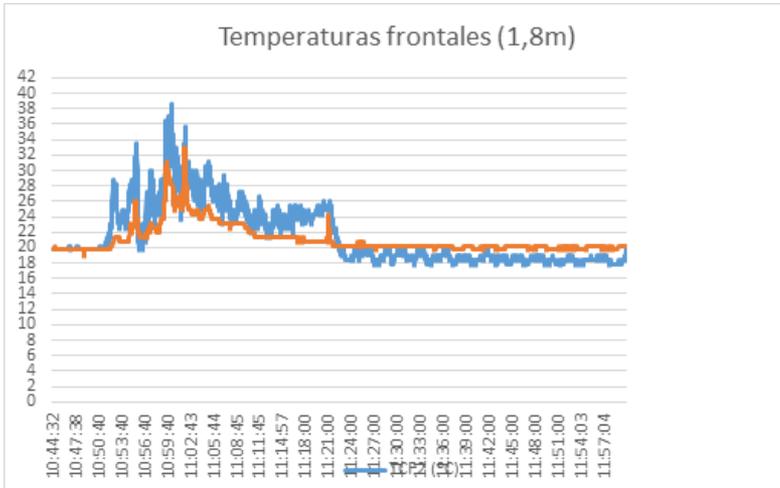
El disparo se hará de forma automática con un sistema de detección instalado a tal efecto, Compuesto por 3 detectores de triple tecnología óptico/térmico/CO , colocados justo encima de cada plaza de aparcamiento.

El sistema se activará cuando uno de los detectores situados encima de la plaza de aparcamiento se active, automáticamente se activarán las solenoides de las zonas:

- Zona afectada por la detección
- Plaza anterior
- Plaza posterior



# RESULTADOS



- Después de 2 minutos de funcionamiento del sistema, las temperaturas frontales y laterales cumplen con el criterio de evacuación e intervención, temperaturas inferiores a 60°C y 100°C, respectivamente.
- Después de 2 minutos de funcionamiento del sistema, no se produce propagación del incendio al coche adyacente.
- Visual y cualitativamente se puede determinar que no se produjo propagación incendio y afectación en el coche adyacente, no se rompieron los cristales y afectación únicamente en pintura y acabado del coche adyacente.
- Después de 2 minutos de funcionamiento del sistema, las temperaturas medidas en el target están por debajo de los 100 grados

Resultados e información indicativa a falta del informe final y emisión del informe de evaluación de acuerdo el artículo 5.3 del RIPCI. NÚMERO DE DIRE ETI 23/32306438 DE DITE