



NUEVAS TECNOLOGÍAS DE MOVILIDAD INDIVIDUAL CON BATERIAS DE ION LITIO . ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO

AURELIO ROJO GARRIDO
Dr. Ingeniero Industrial
Miembro Honorario de Alamys

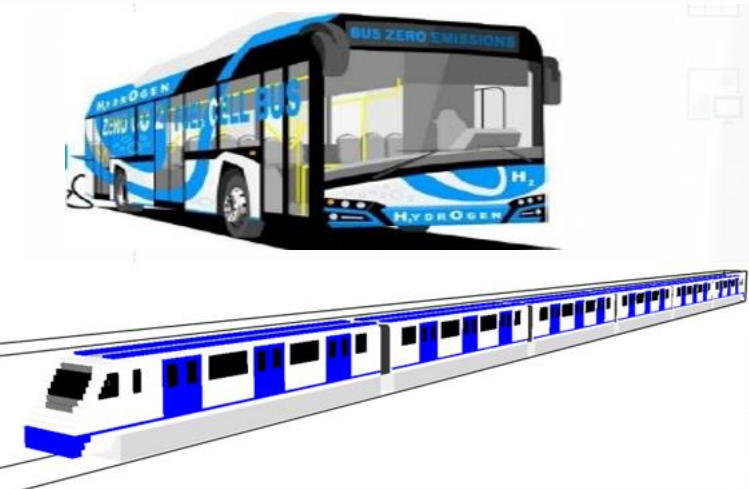


MaaS

Movilidad como servicio

MOVILIDAD MÁS SENCILLA PARA LOS CIUDADANOS

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE MOVILIDAD NEC (New Energy Carries) NUEVOS DESAFÍOS -





Varios heridos tras explotar un patinete eléctrico en un tren de cercanías FGC en Sant Boi de Llobregat



La ATM prohíbe llevar patinetes eléctricos en el transporte público desde el 1º de febrero de 2023



e-Scooter explodes into flames on a tube/subway train (UK) - BBC London News - 3rd November 2021



TfL announces safety ban of e-scooters on transport network
09 December 2021

Transport for London



No e-scooters or e-unicycles

allowed on TfL premises
or services.

Failure to comply may result in prosecution.

MAYOR OF LONDON

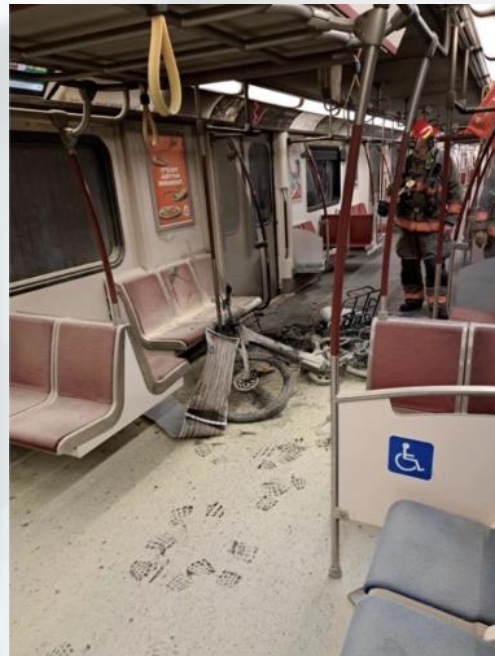




Toronto: incidente 31 de diciembre de 2023, estación Sheppard-Yonge

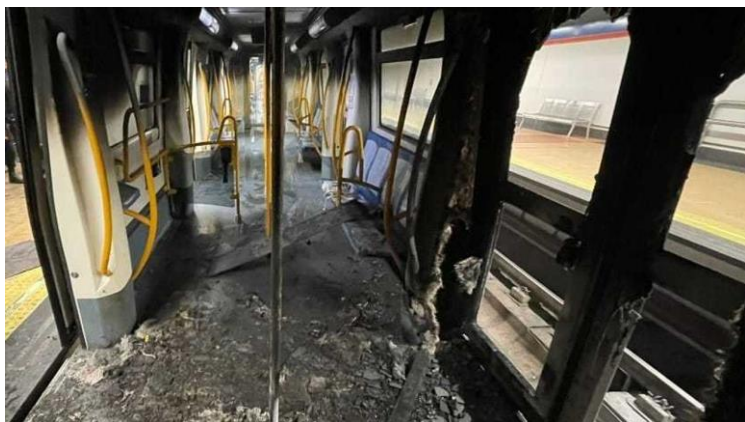
inflamación espontánea de una bicicleta eléctrica, explosión
Propietario severamente herido

Un coche dañado y el humo se extendió por varios coches.





La Comunidad de Madrid ha acordado **el acceso de usuarios con patinetes eléctricos a la red de transporte público** desde el 4 de noviembre de 2023 y se aplicará en **los autobuses de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT)** e interurbanos y urbanos en otros municipios, así como en las instalaciones y trenes de Metro de Madrid y los intercambiadores de transporte





SUVEREN



Project SUVEREN

Partner



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Project duration

August 2017 to July 2020

Associated Partner

- **INERIS**
- **CETV**
- **DB** Station & Service
- **Feuerwehr München**

Sub-Contractor

- **IFAB**
- **INERIS**
Développement



SUVEREN



ANALISIS DE RIESGOS Amenazas de las baterías de iones de litio



- Fuga térmica por Impacto mecánico (accidente)
- Impacto térmico (fuego inicial externo)
- Funcionamiento incorrecto (BMS defectuoso, carga, cortocircuito) espontáneo (envejecimiento, falla de producción)
- Carga de fuego modificada y/o cambió el desarrollo del fuego– Dependiendo del diseño, la capacidad de la batería y estado de carga (SOC)
- Los incendios de baterías son difíciles de extinguir(diseño encapsulado, química propiedades)
- Liberación de cantidades críticas de tóxicos sustancias (por ejemplo, fluoruro de hidrógeno, metales pesados) emisión de gases tóxicos antes fuego
- Amenaza al servicio de bomberos- Alto voltaje–
- Reencendido retardado

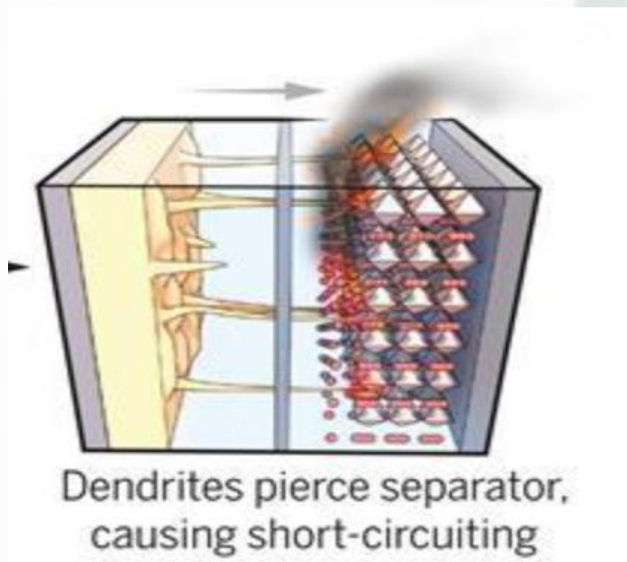


SUVEREN



Identificación de riesgos actuales y futuros relacionados con el uso de NEC Transportes con Nuevas Energías en el transporte urbano :

- Pruebas de incendio con baterías de litio y cargas de fuego sustitutivas
- Comparación entre diferentes métodos de detección y agentes extintores.





SUVEREN



En primavera de 2019 se realizó **la primera serie de pruebas de incendio.**

El primer objetivo era comprender el comportamiento básico ante el fuego de las baterías de iones de litio. Se utilizó agua nebulizada a alta presión para investigar la interacción de los incendios y las gotas de agua nebulizada en flujos multifásicos.

Se recogieron numerosos datos:

- **Temperaturas en las baterías y en el exterior.**
- **Gases liberados (especialmente FTIR)**
- **Análisis del agua de extinción.**
- **Cámaras ópticas e IR**
- **Sistemas de detección**



Además, se realizaron **pruebas con cargas de fuego de referencia** para depósitos de gas a presión y para turismos modernos con una **potencia máxima potencial de liberación de calor de 7 MW**



Serie de pruebas de fuego 2:

En diciembre de 2019 y enero de 2020 se llevaron a cabo más pruebas de incendio con baterías de iones de litio. A partir serie de pruebas de primavera se comprobó la eficacia de diferentes agentes extintores a base de gas y de agua para determinar su eficacia en incendios de baterías.

- Aspersores
- Nebulización de agua a alta y baja presión.
- Espuma
- F-500
- Aerosol
- Nitrógeno
- Dióxido de carbono
- NOVEC



También se utilizaron varios sistemas de detección.



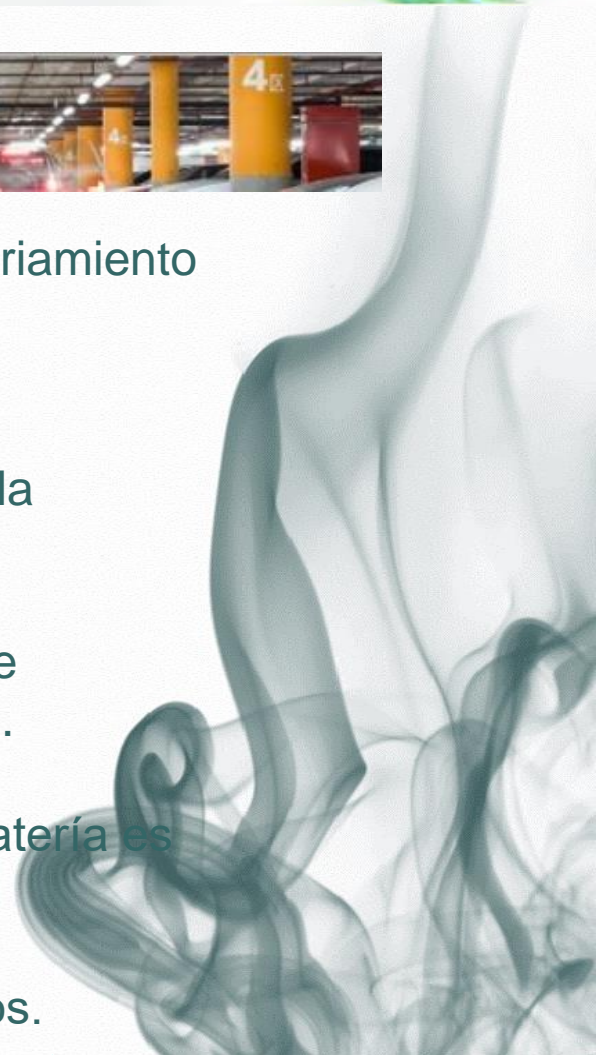
DETENER LA PROPAGACIÓN TÉRMICA a través de un enfriamiento extensivo .

El enfriamiento es esencial

El enfriamiento de la batería es la única manera para reducir la propagación de **The Thermal Runaway TR**

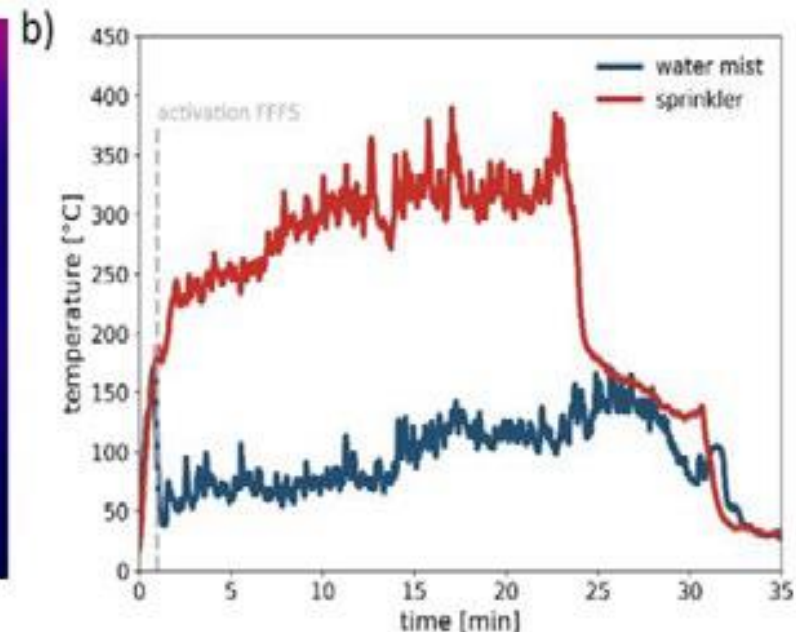
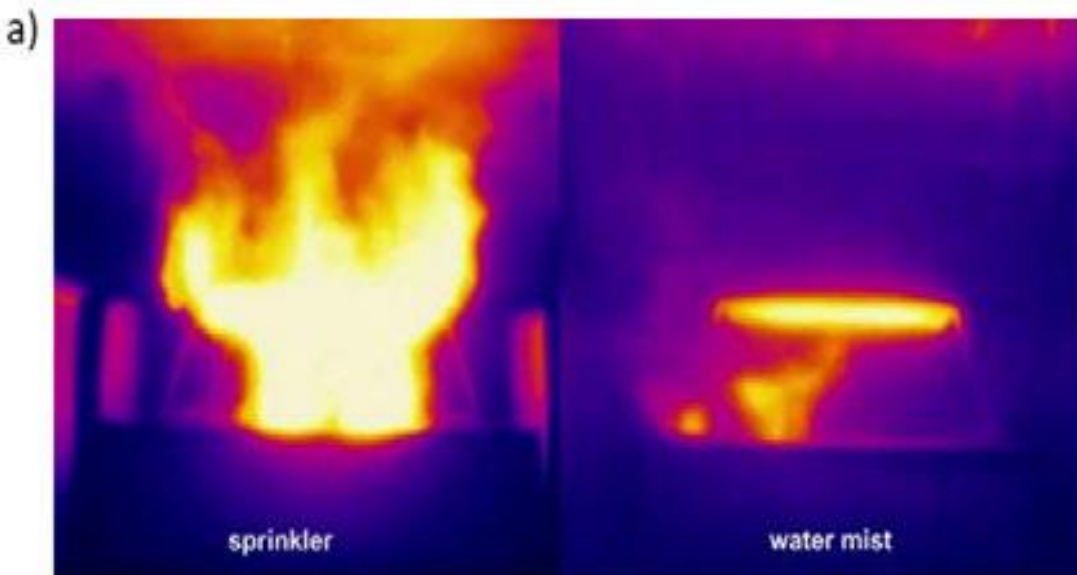
Se ha demostrado que el agua es el mejor agente refrigerante
Reducción del calor mediante la supresión de llamas abiertas.

- El 50% de toda la energía procedente del incendio de una batería es producida por la combustión de gases del electrolito
- La reducción del calor ralentiza el TR e incendios secundarios.





SUVEREN



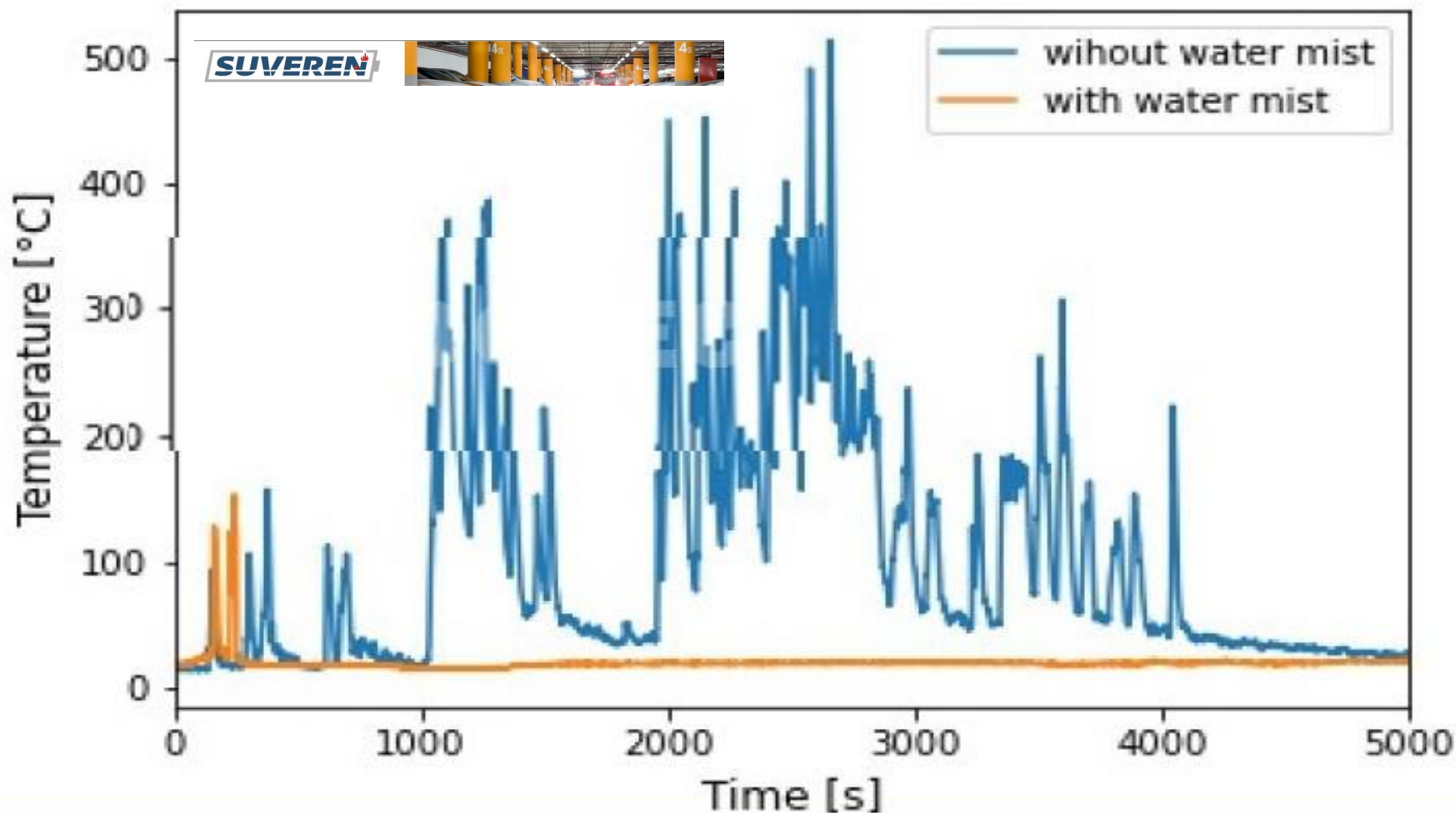
Comparación de 2 sistemas de extinción que utilizan agua Rociadores (Sprinklers) y Agua nebulizada alta presión (Water mist high pressure).....

a) Imagen térmica IR tomada 10 minutos después del inicio de cada sistema de extinción

b) Curvas de temperatura bajo techo durante el uso de cada uno de los 2 sistemas



EVOLUCION DE TEMPERATURAS DURANTE EL INCENDIO DE e-bike SIN SISTEMA DE EXTINCION Y CON EXTINCION CON AGUA NEBULIZADA





Investigación sobre INCENDIOS en e-bikes:



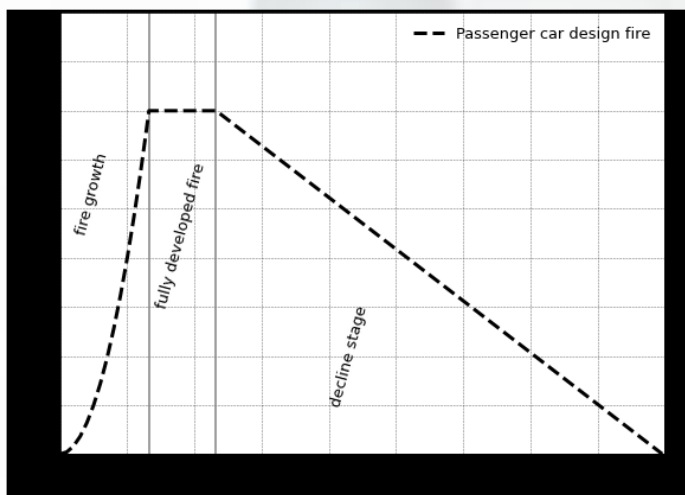
- **IFAB GmbH**, oficina de ingeniería y laboratorio de ensayos contra incendios de Berlín se centra en seguridad del **material móvil** y en la seguridad de las **nuevas energías**
- **FOGTEC** ha proporcionado tecnologías para probar la seguridad de los pasajeros con bicicletas eléctricas **e-bikes**
- Se llevaron **2 programas de pruebas** diferentes
 - **Diseñar escenarios y mediciones de la velocidad de cesión del calor (HRR)** en caso de incendio con diferentes configuraciones de **bicicletas eléctricas**
 - Analizar la **eficacia** de las diferentes tecnologías de **sistemas de extinción de incendios**





En octubre de 2020 se llevó a cabo una tercera serie de pruebas. La atención se centró en el sistema general **"coche en un aparcamiento"** y en la **evaluación de la extinción de incendios estacionaria**.

El contenido energético de la carga de incendio del vehículo de referencia siguió la curva de incendio de diseño desarrollada en el proyecto con una **liberación de calor máxima de 7 MW**.



Las pruebas **compararon diferentes sistemas de extinción de incendios**: rociadores y agua nebulizada a alta presión, así como sistemas automáticos y abiertos.



Principales conclusiones:

- Se creó una **curva HRR representativa** de un incendio de e-bikes
- **El incendio de una bicicleta eléctrica** en un tren es problemático, pero **puede ser controlado**:
 - Sistema de **AGUA NEBULIZADA A BORDO** para contener la propagación y magnitud del fuego
 - Uso del **sistema de ventilación (HVAC)** para la extracción de humo y gases de combustión
 - Implantación de **procedimientos de evacuación**
 - Realización de **Análisis de Riesgos**





CONSIDERACIONES SOBRE POSIBLES INCENDIOS EN RECINTOS DE VIAJEROS DE TRENES DE FFCC METROPOLITANOS

SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE INCENDIOS EN TRENES EN CONDICIONES DE USUARIO FINAL

SE DEFINEN 3 ESCENARIOS. FINAL

1. CHAQUETA ENCIMA DE ASIENTO
2. MOCHILA ENCIMA DE ASIENTO
3. BOLSA GRANDE EN PASILLO ENTRE COCHES

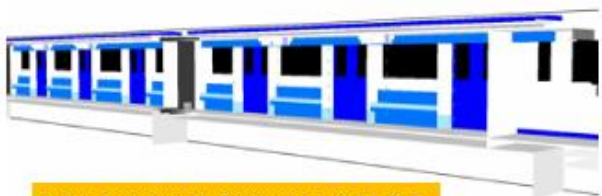




RESULTADOS SIMULACION DE INCENDIOS EN TRENES DE FFCC CONTINUOS

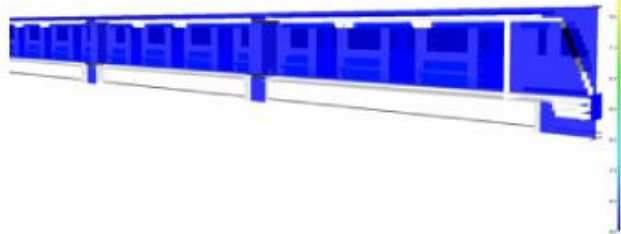
SIMULACIONES CFD

Simulación CFD - Aug 17, 2019



VELOCIDAD CESION CALOR

Page 0
Time: 0.0



Page 0
Time: 0.0

TEMPERATURA

A.ROJO DOCTORAL THESIS

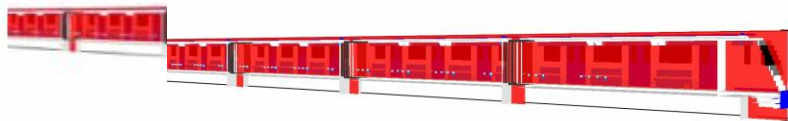
Simulación CFD - Aug 17, 2019



HUMO

Page 0
Time: 0.0

Simulación CFD - Aug 17, 2019



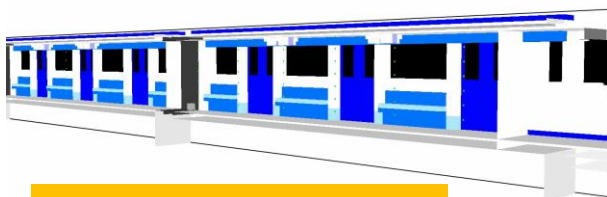
VISIBILIDA

Page 0
Time: 0.0



RESULTADOS SIMULACION DE INCENDIOS EN TRENES DE FFCC CONTINUOS

SIMULACIONES CFD



VELOCIDAD CESION CALOR

Figure 1
Time: 0.0

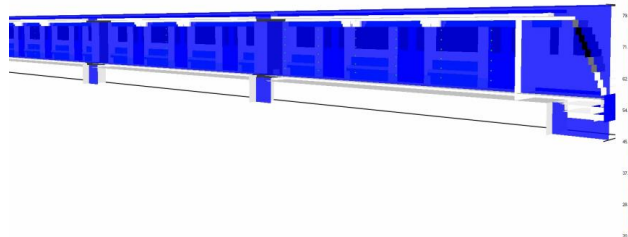
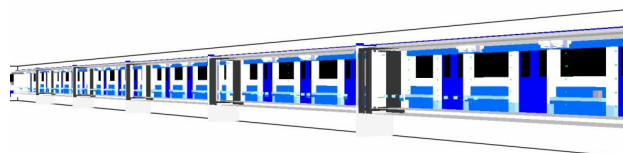


Figure 1
Time: 0.0

TEMPERATURA

A.ROJO DOCTORAL THESIS



HUMO

Figure 1
Time: 0.0



VISIVILIDAD



**RADIOTELEFONÍA
MEGAFONÍA**



**AIRE
ACONDICIONADO**



**INDICADORES
INFORMATIVOS**



**C.C.
TELEVISIÓN**



**ACCESO
MINUSVÁLIDOS**



CAJA NEGRA



**PASILLO DE
DESALOJO**

**SISTEMA INFORMÁTICO
DE AYUDA A LA
CONDUCCIÓN
Y MANTENIMIENTO**



Equipamiento

**FACTURACIÓN
DE EQUIPAJES (L-8)**



**TRANSMISIÓN DE
INFORMACIÓN Y
ÓRDENES POR BUS
DE DATOS**



**EQUIPOS DE CONTROL
MEDIANTE
MICROPROCESADOR**



FOTOLUMINISCENCIA



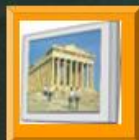
**EQUIPOS DE
CONDUCCIÓN
DE TREN
Y PROTECCIÓN
AUTOMÁTICA**



**SISTEMA
ANTICLIMBER**



**VIDEO
ENTRETE-
NIMIENTO**



**PASILLO DE
INTERCIR-
CULACIÓN
ENTRE COCHES**

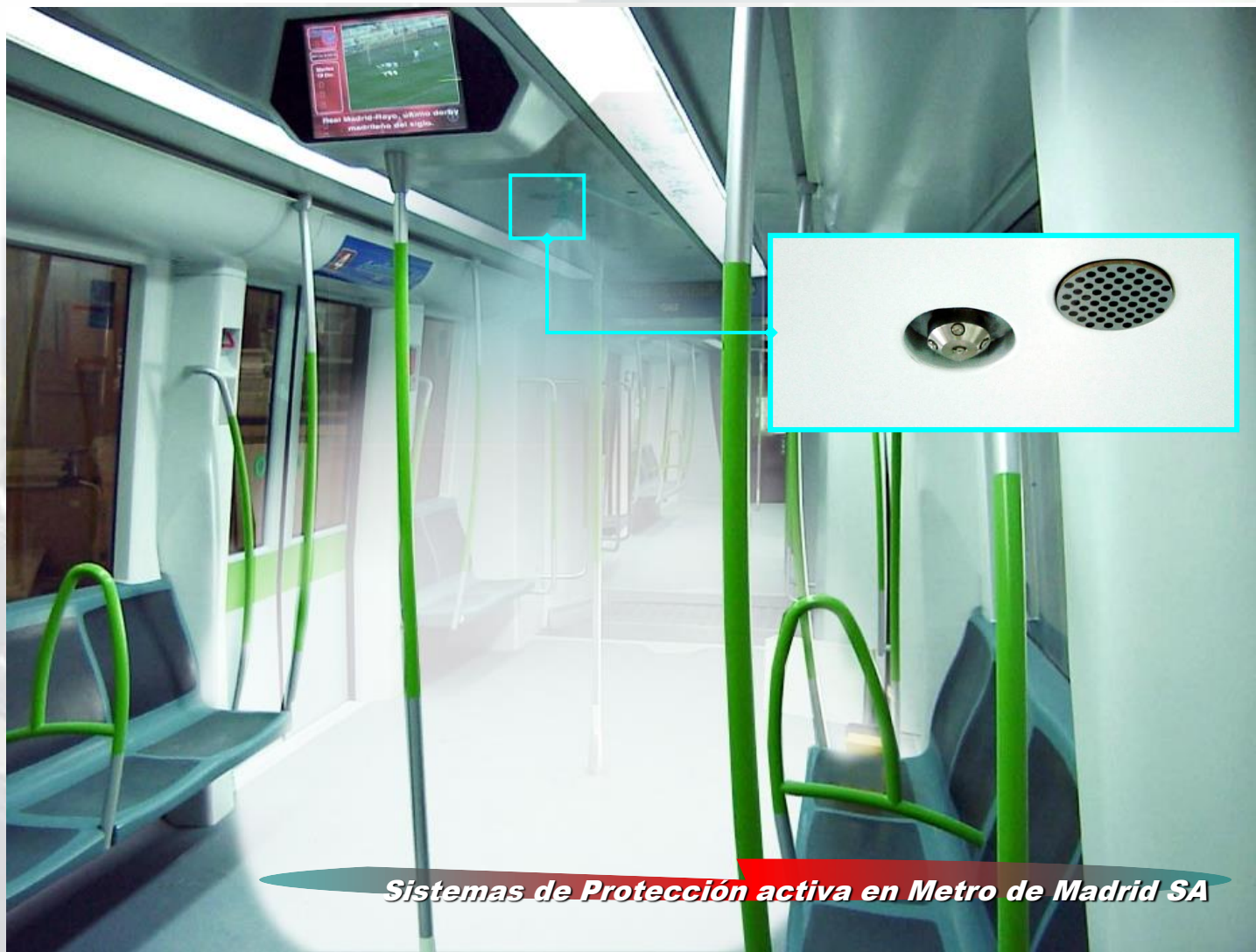


**EQUIPO DE
ELECTRÓNICA
DE POTENCIA
POR IGBT**



**DETECCIÓN
Y EXTINCIÓN
DE INCENDIOS**

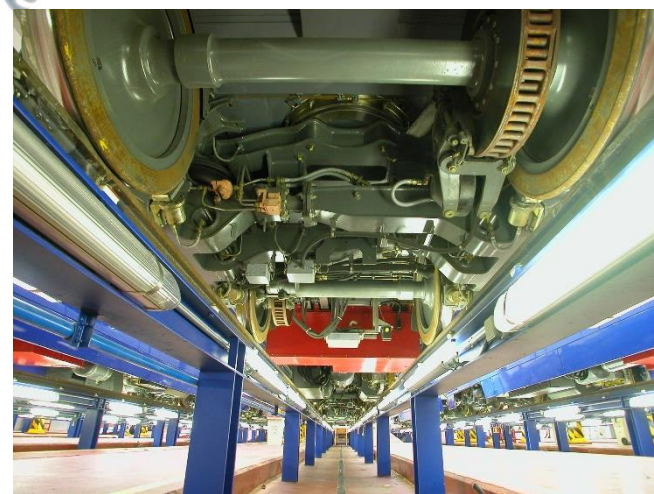
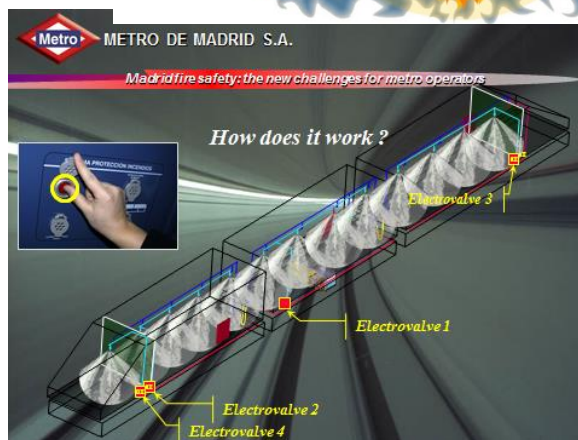
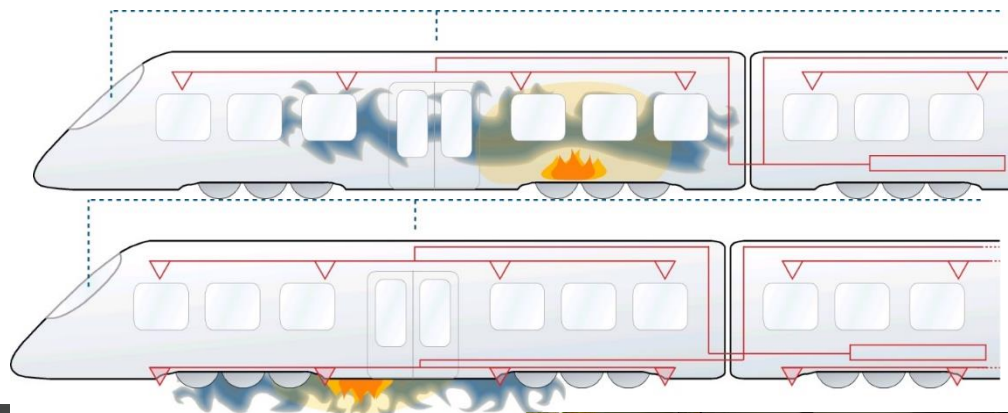




Sistemas de Protección activa en Metro de Madrid SA



ACTIVE WATER MIST SYSTEM





ENSAYOS DE SISTEMAS DE EXTINCION INCENDIOS AGUA NEBULIZADA





ENSAYO EXTINCION CON AGUA NEBULIZADA





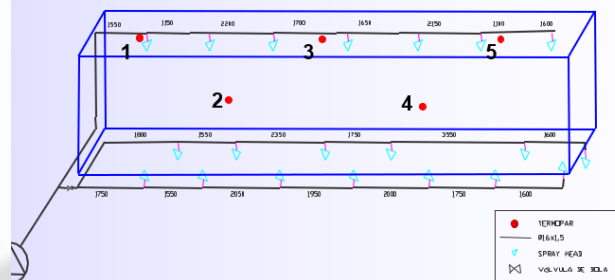
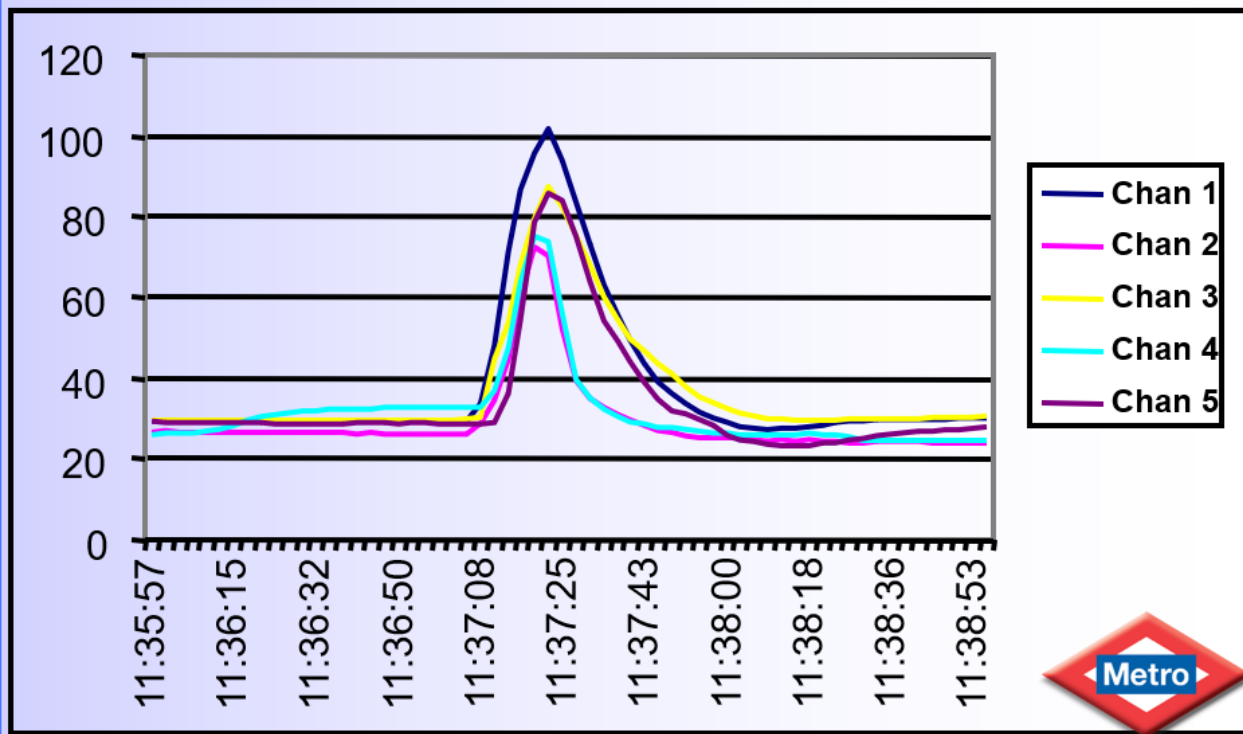
METRO DE MADRID S.A.



18/ ENSAYOS DE SISTEMAS DE EXTINCIÓN INCENDIOS AGUA NEBULIZADA



EVOLUCION TEMPERATURAS A BORDO EN ENSAYO AGUA NEBULIZADA





INCENDIO PROVOCADO CON GASOLINA EN MOCHILA EN TREN DEL METRO DE SANTO DOMINGO

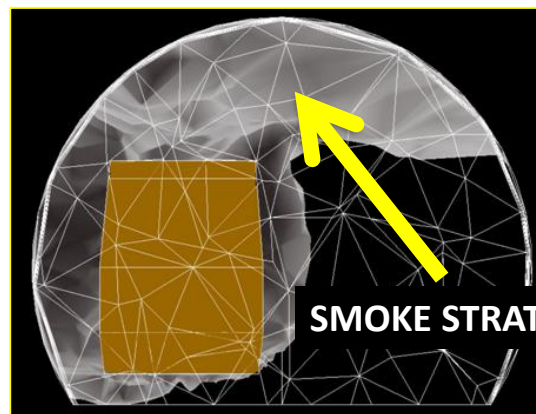
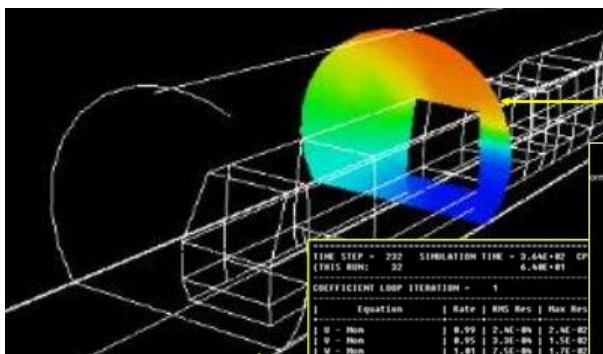
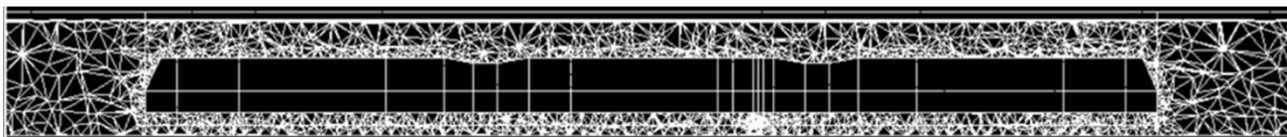
ARSON ATTACK IN SANTO DOMINGO





SIMULACION DE INCENDIO DE TREN EN TUNEL Y EVOLUCION HUMOS

DEFINICION DEL MODELO TREN - TUNEL



SMOKE STRATIFICATION



SIMULACRO EVACUACION POR TUNEL FERROVIARIO EN FUEGO 10 MW UTILIZACION DE LA VENTILACION DE TUNEL PARA CONTROL DE LA ESTRATIFICACION DE HUMOS DURANTE LA EVACUACION



Applus⁺
laboratories



DETENER LA PROPAGACIÓN TÉRMICA a través de un enfriamiento extensivo .

El enfriamiento es esencial

El enfriamiento de la batería es la única manera para reducir la propagación de **The Thermal Runaway TR**

Se ha demostrado que el agua es el mejor agente refrigerante
Reducción del calor mediante la supresión de llamas abiertas.

- El 50% de toda la energía procedente del incendio de una batería es producida por la combustión de gases del electrolito
- La reducción del calor ralentiza el TR e incendios secundarios.



**LOS SISTEMAS DE DETECCION TEMPRANA Y DE
EXTINCION ACTIVA POR AGUA NEBULIZADA DE ALTA
PRESION EN LOS TRENES DE FFCC METROPOLITANOS
PERMITEN AFRONTAR CON MAYOR SEGURIDAD LOS
NUEVOS RETOS QUE PRESENTA EL TRANSPORTE DE
LOS NUEVOS SISTEMAS PERSONALES DE MOVILIDAD
CON BATERIAS DE ION-LITIO Y POR LO TANTO
IMPULSAR LA MOVILIDAD COMO SERVICIO MAAS**



LOS SISTEMAS DE DETECCION TEMPRANA Y DE EXTINCION ACTIVA POR AGUA NEBULIZADA DE ALTA PRESION EN LOS TRENES DE FFCC METROPOLITANOS PERMITEN AFRONTAR CON MAYOR SEGURIDAD LOS INCENDIOS PROVOCADOS O EN MOCHILAS, MALETAS, MALETINES,ETC EN EL INTERIOR DE TRENES



**LOS SISTEMAS DE DETECCION TEMPRANA Y DE
EXTINCION ACTIVA POR AGUA NEBULIZADA DE ALTA
PRESION EN LOS TRENES DE FFCC METROPOLITANOS
PERMITEN AFRONTAR CON MAYOR SEGURIDAD LOS
INCENDIOS PROVOCADOS O EN MOCHILAS,
MALETAS, MALETINES,ETC EN EL INTERIOR DE TRENES**



Gracias por su atención

aurelio@rojogarrido.com

Movilidad Urbana Sostenible

Soluciones Energéticas y Ambientales para un metro más eficiente

AlamyS
Asociación Latinoamericana de
Metros y Subterráneos

M
Metropolitano
de Granada

A
Junta
de Andalucía