



Máster Universitario en
Sistemas Ferroviarios

DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS POR AGUA NEBULIZADA PARA TREN TALGO

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO: 2020-2021

Master Universitario en Sistemas Ferroviarios
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI

Autor: ADRIÁN ORTEGA ROMANIEGA

Director/es: PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA

TÍTULO: DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS POR AGUA NEBULIZADA PARA TREN TALGO

AUTOR: ADRIÁN ORTEGA ROMANIEGA

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Adrián Ortega Romaniega', written in a cursive style.

DIRECTOR: PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pablo Rodríguez Miranda', written in a stylized, cursive style.

AGRADECIMIENTOS

Quería comenzar agradeciendo todo el apoyo a mi familia, especialmente a mis padres quienes desde pequeño me han hecho ver la importancia de formarme todo lo posible y seguir aprendiendo cada día, quienes me han animado cuando lo he necesitado, pero siempre han sabido ponerme los pies en el suelo.

A mi pareja quien ha estado siempre a mi lado desde hace ya unos cuantos años dándome ánimos en todo momento haciéndome mejorar cada día.

A todos mis amigos, por estar siempre cuando se les necesita por sacarte esa carcajada que te hace evadirte los días de estrés y preocupaciones A mis amigos de toda la vida por mantenernos unidos y apoyándonos en todo momento. A mis amigos de la universidad por crear ese grupo sin el cual el paso por la facultad habría sido mucho más difícil. Y por último a mis amigos de estos dos años en el máster por hacerlo llevadero pese a las altas horas de la noche.

A todos mis profesores que en mayor o menor medida me han hecho adquirir los conocimientos que hoy me permiten cerrar esta etapa de mi vida, y que me hacen estar preparado para el mundo laboral.

Quería agradecer también a Talgo quien me acogió siendo un becario con mucha ilusión pero que no sabía hacer nada, a todos mis compañeros especialmente de mi departamento quienes siempre me han enseñado con una sonrisa en la boca pese a mi pesadez, y a Talgo como empresa por haberme ofrecido la beca que me ha permitido cursar este máster.

En definitiva, quiero agradecer a todos los que habéis formado parte de mi vida y que me habéis hecho llegar hasta aquí. Los mejores logros solo se consiguen en equipo.

FICHA TÉCNICA

Autor: Adrián Ortega Romaniega

Director: Pablo Rodríguez Miranda

Programa: Máster en Sistemas Ferroviarios (2020-2021)

Resumen: El siguiente trabajo fin de máster basa sobre el desarrollo y diseño conceptual de un sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada, ya que esta es una de las opciones disponibles a la hora de conseguir la certificación de un sistema de protección contra incendios de acuerdo con las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETIs), pero que no es muy usada en la actualidad. A lo hora del desarrollo y el diseño del sistema de utilizarán algunas técnicas novedosas para mejorar los costes y la sencillez del sistema, como puede ser la utilización de una bomba eléctrica para presurizar el agua utilizada durante la extinción y no a través de tanques presurizados con un gas (habitualmente N₂), la cual es la forma más común de presurizar el agua en sistemas similares hasta el momento.

El sistema anteriormente indicado, se diseñará tomando como base un tren tipo Talgo, en concreto la plataforma ECx que está siendo desarrollada para obtener la certificación de un tren que pueda circular por toda la zona de Europa central, ya sea Alemania, Holanda, Dinamarca, ...

A su vez una vez finalizado e diseño conceptual del sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada, se realizará un estudio comparativo en el que se comparará en términos de coste y de especificaciones técnicas teniendo especialmente en cuenta el peso el sistema diseñado a lo largo de este trabajo con el sistema que se utiliza actualmente en el tren sugerido, que es un sistema de barreras contra el fuego, donde estas barreras formadas por el propio testero del coche y la puertas de Inter-circulación, generan una barrera que permite evitar que un incendio declarado en uno de los coches se propague al resto de la composición.

Una vez realizado el diseño del sistema y de la comparativa con su rival, se expondrán las conclusiones obtenidas del trabajo indicando si ambos sistemas son intercambiables a nivel de seguridad, coste, características técnicas, etc. y que ventajas y desventajas tiene cada tipo de sistema.

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Descripción:	2
1.2. Estado del Arte:	2
2. OBJETIVOS	9
3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS	10
4. DESARROLLO	11
4.1. Estudio de normativa aplicable:	11
4.2. Desarrollo de diseño conceptual de sistema de protección contra incendios de sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada:	12
4.2.1 Tren Talgo plataforma ECx.....	12
4.2.2 Desarrollo de sistema:	15
4.2.3 Certificación del sistema:	30
4.3. Comparativa del sistema propuesto con la solución ya existente (barreras de fuego):	32
4.3.1 Viabilidad económica:.....	32
4.3.2 Viabilidad técnica:.....	34
4.3.3 Pruebas y Certificación:	35
4.3.4 Ventajas y Desventajas Generales:.....	36
5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES	38
6. BIBLIOGRAFÍA	40

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Valores máximos permitidos por la normativa ARGE Part 2 [10].	8
Ilustración 2: Layout coche tipo 1	13
Ilustración 3: Layout coche tipo 2	13
Ilustración 4: Layout coche tipo 3	13
Ilustración 5: Layout coche tipo 4	13
Ilustración 6: Layout coche tipo 5	14
Ilustración 7: Layout coche tipo 6	14
Ilustración 8: Layout coche tipo 7	14
Ilustración 9: Layout coche tipo 8	14
Ilustración 10: Layout coche tipo 9	15
Ilustración 11: Esquema hidráulico de la unidad de propulsión y depósito	17
Ilustración 12: Arquitectura de equipos para coche con dos zonas de extinción	19
Ilustración 13: Arquitectura de equipos para coche con una zona de extinción	19
Ilustración 14: Arquitectura sistema para coche con baños	19
Ilustración 15: Ubicación equipos en coche tipo 1	20
Ilustración 16: Ubicación equipos en coche tipo 2	20
Ilustración 17: Ubicación equipos en coche tipo 3	21
Ilustración 18: Ubicación equipos en coche tipo 4	21
Ilustración 19: Ubicación equipos en coche tipo 5	22
Ilustración 20: Ubicación equipos en coche tipo 6	22
Ilustración 21: Ubicación equipos en coche tipo 7	23
Ilustración 22: Ubicación equipos en coche tipo 8	23
Ilustración 23: Ubicación equipos en coche tipo 9	24
Ilustración 24: Ficha técnica del difusor	25
Ilustración 25: Ficha técnica del conector del difusor	26
Ilustración 26: Ficha técnica de la válvula de sección	27
Ilustración 27: Ficha técnica de la bomba de propulsión	28
Ilustración 28: Ficha técnica de las mangueras flexibles	29
Ilustración 29: Prueba ARGE parte 2 asientos	30
Ilustración 30: Prueba ARGE Parte 2 equipaje	31
Ilustración 31: Valores máximas ARGE Parte 2	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción:

El siguiente trabajo contiene el estudio de la normativa aplicable para permitir el desarrollo del diseño conceptual de un sistema de extinción de incendios basado en agua nebulizada, que permite tener un tren certificado para poder circular por Europa, de acuerdo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad, tomando la alternativa menos utilizada de las propuestas por las propias ETIs, y comparando este sistema con la alternativa más utilizada que es el uso de barreras contra incendios.

1.2. Estado del Arte:

Desde los inicios del nuevo milenio, años 2000, el mundo ferroviario a puesto uno de sus focos en la seguridad y uno de los puntos principales es, en concreto la seguridad en caso de incendio a bordo.

Se comenzó con el desarrollo de una norma específica a nivel europeo centrada en la protección contra incendios a nivel ferroviario, el grupo normativo EN 45545, que entró en vigor de forma oficial en 2013, esta norma consta de distintas partes como se especifican a continuación:

- EN 45545 – 1: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios - Parte 1: Generalidades.[1]

En esta primera parte de la norma se estudian las principales generalidades de la protección contra el fuego en vehículos ferroviarios, así mismo que se realiza el análisis de los diferentes tipos de vehículos ferroviarios existentes en el mundo clasificando según dos principales motivos:

- o Categorías de explotación: en esta categoría se identifican los trenes según el tipo de infraestructura en el que vayan a circular, teniendo en cuenta principalmente el tiempo que el tren requerirá para alcanzar un punto seguro de evacuación en caso de incendio a bordo.

Según la categoría de explotación que se le aplique a cada tipo de tren, teniendo en cuenta su infraestructura, se le aplicara una serie de requisitos de capacidad de rodadura con incendio a bordo con una velocidad mínima determinada, así como la capacidad de protección tanto de los pasajeros como de la tripulación del tren.

- o Categorías de diseño: En este caso se categorizan los trenes de acuerdo con el propio diseño del tren teniendo en cuenta cómo afecta su diseño a la hora de facilitar o dificultar la evacuación del tren.

Por lo tanto, todo tren circulando en una infraestructura para la cual ha sido desarrollado viene identificado por una categoría de explotación y una categoría de diseño, de acuerdo con esta categorización, aplicaran una serie de requisitos en cuanto a la protección contra el fuego de dicho tren, estos requisitos se indican tanto en esta primera parte de la norma como a lo largo de todo el grupo normativa de la EN 45545.

En esta primera parte del grupo normativo EN 45545 también se identifican los diferentes tipos de incendios que se pueden dar a bordo de un vehículo ferroviario y que consideraciones se deben tener en cuenta para cada uno de ellos.

- EN 45545-2: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 2: Requisitos para el comportamiento frente al fuego de los materiales y componentes.[2]

Esta segunda parte del grupo normativo se centra en los diferentes requisitos en cuanto a inflamabilidad, contenido calorífico, toxicidad de los humos, ... de los materiales utilizados para la fabricación de los vehículos ferroviarios.

Se debe tener en cuenta que a cada material le aplican diferentes requisitos según el tipo de material que sea así como cual sea su ubicación y de que otro tipo de materiales esté rodeado.

En esta norma se identifica los diferentes tipos de materiales indicando para cada uno de ellos el requisito que se debe aplicar, cada uno de estos requisitos, llama a su vez a los diferentes ensayos que se le debe realizar a cada material y nos indica los valores que debe cumplir para los diferentes grados de cumplimiento, bien sea HL1, HL2 o HL3, siendo necesario uno u otro grado de cumplimiento de acuerdo a la categorización que se le ha dado a nuestro vehículo ferroviario de acuerdo con la norma EN 45545-1.

- EN 45545-3: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 3: Requisitos de resistencia al fuego de barreras cortafuegos.[3]

La parte 3 del grupo normativo EN 45545, estudio y especifica los requisitos que deben cumplir las diferentes barreras cortafuego que puede estar presentes en un vehículo ferroviario, identificando principalmente 3 criterios.

- o Criterio de integridad E.
- o Criterio de aislamiento I.
- o Criterio de radiación W.

Dependiendo del arc que proteja la barrera de fuego, dependiendo del origen del fuego que se quiere proteger, etc. se identifican los requisitos que debe cumplir dicha barrera de acuerdo con los criterios E, I y W; y el tiempo durante el que la barrera debe cumplir dicho requisito.

- EN 45545-4: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 4: Requisitos de seguridad contra el fuego en el diseño de material rodante ferroviario.[4]

En este apartado número 4 del grupo normativo, se identifican los requisitos generales a la hora del diseño del vehículo ferroviario en cuanto a la protección contra el fuego, identificando los requisitos aplicables para cada zona del vehículo ferroviario. Este apartado de la norma se centra del mismo modo en la evaluación y en las medidas a tener en cuenta para la evacuación del tren en caso de incendio.

- EN 45545-5: Protección contra el fuego de vehículo ferroviarios. – Parte 5: Requisitos de seguridad contra el fuego en los equipos eléctricos incluyendo de los trolebuses, autobuses guiados por vías y vehículos de levitación magnética.[5]

En este apartado de la norma se especifican todos los requisitos que debe cumplir el equipamiento eléctrico de los vehículos ferroviarios para evitar que aparezca un incendio por el mal funcionamiento del alguno de estos equipos. Para algunos equipos en concreto se identifican requisitos específicos que se deben seguir a la hora del diseño del tren.

- EN 45545-6: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 6: Sistemas de control y gestión del fuego.[6]

En la parte 6 del grupo normativo, se especifican los requisitos que debe cumplir el vehículo ferroviario a la hora de gestionar un incendio a bordo, esto incluye los requisitos de detección de incendio, donde se especifica en que ubicaciones se debe disponer de detección de incendios específica.

Se indican así mismo las medidas que se deben tomar en caso de detección de incendio en cuanto a la señalización al maquinista, y en cuanto a las acciones que se deben realizar como puede ser el apagado de los equipos de climatización o el cierre de las barreras cortafuegos en caso de su existencia, o la activación de sistemas de lucha contra incendios automáticos cuando estos estén presentes.

- EN 45545-7: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios- Parte -7: Requisitos de seguridad contra el fuego de instalación de líquidos y gases inflamables.[7]

En este último apartado del grupo normativo se especifican los requisitos especiales que aplican a instalaciones de líquidos y gases inflamables, un caso muy típico son las instalaciones de las locomotoras con general diésel, así mismo aquí se incluyen también los requisitos específicos que se deben tener en cuenta para instalaciones de H₂ en los trenes que se están desarrollando en la actualidad con propulsión híbrida.

Se debe tener en cuenta que en Europa todos los trenes que circulen por su infraestructura deben cumplir como mínimo las especificaciones técnicas de interoperabilidad que respecto de los requisitos relativos a la protección contra incendios dice lo siguiente:

“REGLAMENTO (UE) N° 1302/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante -locomotoras y material rodante de viajeros- del sistema ferroviario de la Unión Europea” [8]

4.2.10.2 Medidas de prevención de incendios

4.2.10.2.1 Requisitos de los materiales

1) En la selección de los materiales y componentes se tendrán en cuenta su comportamiento al fuego, considerándose aspectos tales como la inflamabilidad, la opacidad del humo y la toxicidad.

2) Los materiales empleados en la construcción de la unidad de material rodante se ajustarán a los requisitos de la especificación a la que se refiere el apéndice J-1, índice 58 para la -categoría de explotación- definida a continuación:

- “categoría de explotación 2” para la categoría A de material rodante de viajeros (incluyendo locomotoras de viajeros),

- “categoría de explotación 3” para la categoría B de material rodante de viajeros (incluyendo locomotoras de viajero),

- “categoría de explotación 2” para las locomotoras de trenes de mercancía y las unidades autopropulsadas destinadas a transportar otro tipo de carga útil (correo, mercancías, etc.),

- “categoría de explotación 1” para el material rodante auxiliar, con requisitos limitados a áreas que sean accesibles para el personal, cuando la unidad se encuentre en configuración de circulación de transporte (véase la sección 2.3 de la presente ETI).

3) Con el objeto de asegurar unas características de producto y un proceso de fabricación constantes, se requiere lo siguiente:

- el certificado que demuestre que un material cumple la norma, que se expedirá inmediatamente después de someter a ensayo dicho material, deberá revisarse cada cinco años,

- en caso de que no se produzcan cambios en las características de producto ni en el proceso de fabricación, y de que no varíen los requisitos (ETI), no se requiere someter este material a nuevos ensayos; el certificado solo tendrá que actualizarse en lo referente a su fecha de expedición.

4.2.10.2.2 Medidas específicas para líquidos inflamables

- 1) Los vehículos ferroviarios deberán disponer de medidas adecuadas para evitar el inicio y la propagación de un incendio debido a una fuga de líquidos o gases inflamables.*
- 2) Los líquidos inflamables que se utilicen como agente refrigerante en el equipo de alta tensión de las locomotoras de trenes de mercancías se ajustará al requisito R14 de la especificación a la que se refiere el apéndice J-1, índice 59.*

4.2.10.2.3 Detección de cajas de grasa calientes

Los requisitos se especifican en la cláusula 4.2.3.3.2 de la presente ETI.

4.2.10.3 Medidas de detección y control de incendios

4.2.10.3.1 Extintores portátiles

- 1) Esta cláusula es aplicable a las unidades diseñadas para transportar viajeros o personal o ambos.*
- 2) La mitad irá equipada con extintores portátiles adecuados y suficientes en las zonas de viajeros o en las de personal, o en ambas.*
- 3) Los extintores portátiles de agua con aditivos se estiman adecuados para que el material rodante los lleve embarcados.*

4.2.10.3.2 Sistemas de detección de incendios

- 1) El equipo y las zonas del material rodante que supongan intrínsecamente un riesgo de incendio se equiparán con un sistema capaz de detectar el fuego en sus inicios.*
- 2) Cuando se detecte un incendio, se notificará al maquinista y se activarán acciones automáticas dirigidas a reducir al mínimo el consiguiente riesgo para los viajeros y el personal del tren.*
- 3) En los compartimientos dormitorio, la detección de un incendio activará una alarma acústica y óptica local en el área afectada. La señal acústica deberá ser suficiente para despertar a los viajeros. La señal óptica deberá ser claramente visible y no habrá obstáculos que impidan su visión.*

4.2.10.3.3 Sistema automático de lucha contra incendios para las unidades diésel de trenes de mercancías.

- 1) La presente cláusula es aplicable a las locomotoras diésel de trenes de mercancías y a las unidades diésel autopropulsadas destinadas a transportar mercancías.*
- 2) Estas unidades estarán dotadas de un sistema automático capaz de detectar un incendio del combustible diésel y de apagar todo el equipo pertinente y cortar íntegramente el suministro de combustible.*

4.2.10.3.4 Sistemas de contención y control de incendios para el material rodante de viajeros.

- 1) Esta cláusula es aplicable a las unidades de categoría B de material rodante de viajeros.*
- 2) La unidad estará dotada de medidas adecuadas para controlar la propagación del calor y de los efluentes del fuego en todo el tren.*
- 3) Se considerará que se cumple esta condición cuando se verifique la conformidad con los siguientes requisitos:*
 - la unidad irá equipada con tabiques de sección transversal completa en las áreas de viajeros y personal de cada vehículo, con una separación máxima de 30 m, que cumplirán los requisitos de integridad durante un mínimo de 15 minutos (suponiendo que el fuego*

pueda comenzar desde cualquiera de los dos lados del tabique), o con otros sistemas de contención y control de incendios,

- la unidad irá equipada con barreras contra incendios que cumplirán los requisitos de integridad y aislamiento térmico durante un mínimo de 15 minutos en las siguientes ubicaciones (cuando estas sean relevantes para la unidad en cuestión):

- entre la cabina del maquinista y el compartimento situado tras ella (suponiendo que el fuego comience en dicho compartimento),

- entre el motor de combustión y las zonas contiguas de viajeros o personal (suponiendo que el fuego se inicie en el motor de combustión);

- entre compartimentos dando haya una línea de alimentación eléctrica o equipos del circuito de tracción o ambos y las zonas de viajeros o personal (suponiendo que el incendio se inicie en la línea de alimentación eléctrica o en los equipos del circuito de tracción),

- el ensayo deberá efectuarse conforme a los requisitos de la especificación a la que se refiere el apéndice J-1, índice 60.

4) Si se utilizan otros sistemas de contención y control de incendio en lugar de tabiques de sección transversal completa en las zonas de viajeros o personal, se aplicarán los requisitos siguientes:

- estarán instalados en cada vehículo de la unidad que transporte viajeros, personal o ambos,

- deberán asegurar que el fuego y el humo no se propaguen en concentraciones peligrosas a lo largo de una longitud superior a 30 m en las zonas de viajeros o de personal de la unidad durante a menos 15 minutos después de iniciarse un incendio;

la evaluación de este parámetro es un punto abierto.

5) Si se utilizan otros sistemas de contención y control de incendios y estos se basan en la fiabilidad y en la disponibilidad de sistemas, componentes o funciones, deberán someterse a un estudio de fiabilidad en el que se considere el modo de fallo de los componentes, redundancias, software comprobaciones periódicas y otras disposiciones, y la estimación del índice de fallo de la función (ausencia de control de la propagación del calor y los efluentes del fuego) se hará constar en la documentación técnica definida en la cláusula 4.2.12.

Sobre la base de este estudio, las condiciones de funcionamiento y mantenimiento del sistema de contención y control de incendios se definirán y se harán constar en la documentación sobre la explotación y el mantenimiento descrita en las cláusulas 4.2.12.3 y 4.2.12.4.

4.2.10.3.5 Medidas contra la propagación de incendios para las locomotoras de trenes de mercancías y las unidades autopropulsadas destinadas a transportar mercancías.

1) La presente cláusula es aplicable a las locomotoras a trenes de mercancías y las unidades autopropulsadas destinadas a transportar mercancías.

2) Estas unidades tendrán una barrera contra incendios para proteger la cabina del maquinista.

3) Estas barreras contra incendios cumplirán los requisitos de integridad y aislamiento térmico durante un mínimo de 15 minutos; deberán someterse a ensayo conforme a los requisitos de la especificación a la que se refiere el apéndice J-1, índice 61.

De todos los requisitos mostrados anteriormente especificados en las ETI, este trabajo se va a centrar en el siguiente apartado: “4.2.10.3.4 Sistemas de contención y control de incendios para

el material rodante de viajeros.” Para demostrar cumplimiento con los requisitos de este apartado existen dos posibles soluciones como se identifican en la ETI.

- 1) Instalar una serie de barreras contra incendios que estarán formadas por una sección transversal del vehículo y cuyo requisito será el de cumplir con una integridad de 15 minutos exceptuando casos excepcionales también descritos en la especificación para los cuales se aplicarán requisitos más estrictos.
- 2) Instalar un sistema alternativo de contención y control de incendios que debe asegurar que ni el incendio ni los humos tóxicos se puedan extender de forma peligrosa más de 30 metros.

Hasta la actualidad en los trenes Talgo siempre se ha optado por seguir la primera de las opciones, la de instalar barreras contra incendios entre los coches. Debido a diferentes aspectos, por ejemplo, dado que hay países como Italia donde se exige que todos los trenes que circulen por su territorio incorporen un sistema de extinción de incendios basado en agua nebulizada, además de otros factores de seguridad, he considerado para este trabajo la tarea de realizar el diseño conceptual de un sistema de extinción de incendios para el último tren que está desarrollando Talgo para Europa, que se trata de la plataforma denominada ECx.

Estos sistemas se han empezado a utilizar en el ferrocarril en los últimos años, especialmente para compartimentos técnicos como pueden ser, donde van ubicados los motores diésel de las locomotoras de tracción híbrida o los coches técnicos que llevan este tipo de instalaciones para poder abastecer a una locomotora puramente eléctrica, cuando circula por líneas no electrificadas. Son sistemas que se utilizan con algo más de frecuencia en trenes tipo Metro, ya que los túneles por donde suelen circular este tipo de trenes suelen suponer un riesgo adicional en caso de incendio, trenes que disponen de este tipo de sistemas podemos encontrar a lo largo de todo el mundo, pero sin ir más lejos los trenes de la serie 9000 de Metro de Madrid que circulan entre otras por la línea 10 disponen de este tipo de sistema.

Cómo se indicaba en Italia, existe una ley nacional que obliga a que todos los trenes que circulan por su infraestructura dispongan de un sistema de extinción de incendios automático en las salas de pasajeros lo que ha significado que todos los nuevos trenes y todos los trenes ya existentes hayan tenido que implementar un sistema de este tipo.

Así mismo, en otros lugares del mundo fuera de Europa, se están empezando a instalar este tipo de sistemas especialmente en ferrocarriles urbanos, como por ejemplo en el metro de Los Ángeles (LACMTA), donde tanto el nuevo tren que están adquiriendo como los vehículos existentes de la línea roja y morado, vehículos denominados A650, están instalando este tipo de sistema, en concreto en este último caso, es Talgo junto con sus proveedores Consilium y Aquasys quien está realizando este sistema.

Cómo se ha indicado anteriormente la idea del presente trabajo es realizar el diseño conceptual de un sistema de extinción de incendios basado en agua nebulizada como alternativa a las barreras de fuego actualmente utilizadas en los trenes Talgo tipo ECx. Para ello se debe estudiar bajo que normativa se podrá evaluar, probar y certificar el sistema para cumplir con lo requerido por las ETIs.

Como hemos visto, la regulación ETI deja la evaluación de este tipo de sistemas de forma bastante abierta, por lo que como parte de este trabajo se ha realizado el estudio de la normativa existente hoy a nivel ferroviario relacionada con este tipo de sistemas, y las normativas existentes a día de hoy son las siguientes:

- UNI 11565
- ARGE Guidelines

La normativa ARGE Guidelines, dividida en tres partes diferentes:

- ARGE Guideline Part 1 – “Fire detection in railway vehicles”[9]: La cual se centra en los requisitos de diseño así como en el método de prueba aplicable para el sistema de detección de incendios.
- ARGE Guideline Part 2 – “Fire fighting in railway vehicles”[10]: Esta segunda parte se centra en los requisitos de diseño y en los métodos de prueba para certificar el sistema de extinción contra incendios, en este caso es la que nos aplicará al sistema que desarrollaremos a lo largo de este trabajo.
- ARGE Guideline Part 3 – “System functionality of fire detection and fire fighting of fire protection technology”[11]: Esta última parte de la norma nos indica los requisitos de integración entre el sistema de detección de incendios y el de extinción de incendios.

La normativa UNI 11565 “Railway vehicles – Design, installation, validation and maintenance of fire detection and extinguishing systems for railway vehicles – General principles”[12]: Esta norma nacional desarrollada en Italia debido a lo indicado anteriormente de todos los vehículos ferroviarios que circulan por territorio italiano deberán llevar instalado un sistema de extinción contra incendios, para lo cual han desarrollado esta norma nacional basada en las guías de diseño ya existentes anteriormente como son las indicadas ARGE Guidelines.

Por lo explicado el sistema que se va a diseñar a lo largo de este trabajo, se va a desarrollar de acuerdo con las ARGE guidelines en concreto con la parte 2 ya que es la parte dedicada a los sistemas de lucha contra incendios, donde se indican los siguientes requisitos principales que son los siguientes:

El sistema debe ser capaz de mantener el incendio bajo control de tal modo que las condiciones a una distancia de 1,5 metros del foco de incendio se deben mantener dentro de los parámetros máximos indicados en la siguiente tabla:

Flue gas parameters	<u>Critical value</u>	Exposure time approx. 15 min incl. coefficient of safety	Exposure time approx. 5 min incl. coefficient of safety
Carbon monoxid	< 1,400 ppm	200 ppm	500 ppm
Carbon dioxid	< 6.0 Vol.-%	2.0 Vol.-%	3.0 Vol.-%
Oxygen	> 12.0 Vol.-%	14.0 Vol.-%	12.0 Vol. %
Temperature of smoke gas	< 65 °C	50 °C	50 °C

Ilustración 1: Valores máximos permitidos por la normativa ARGE Part 2 [10].

Así mismo la norma indica el tiempo que debe transcurrir desde el inicio del incendio hasta la activación del sistema de lucha contra el incendio que debe ser siempre mayor de 60 segundos de acuerdo con [10], así como el tiempo mínimo de funcionamiento del sistema que es de 10 minutos, es decir el sistema debe ser capaz de echar agua de forma continuada por un mínimo de 10 minutos cuando se detecte un incendio.

2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- El diseño conceptual de un sistema que sirva como alternativa a las barreras de fuego normalmente utilizadas para cumplir con los requisitos ETI.
- Demostrar su viabilidad tanto a nivel técnico como a nivel económico, realizando la comparativa de ambos sistemas, el propuesto y el existente en estos dos puntos principales.
- Estudiar las ventajas y desventajas del sistema propuesto con el sistema existente

3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS

Se incluyen las tareas identificadas y su planificación temporal

- Estudio de la normativa europea en cuanto a los sistemas de protección contra incendios requeridos en los vehículos ferroviarios para poder certificar un tren de acuerdo con las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETIs) y evaluar las diferentes opciones permitidas para estos sistemas. 01/03/2021 → 01/04/2021
- Desarrollar el diseño conceptual de un sistema basado en la alternativa menos común en la actualidad de las posibilidades enumeradas por las ETIs la cual es la inclusión para protección de salas de pasajeros de un sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada. 01/04/2021 → 01/05/2021
- A continuación, se compararán siguiendo diferentes parámetros el sistema propuesto en este trabajo con el sistema más utilizado a día de hoy como son las barreras corta fuego. 01/05/2021 → 01/06/2021
- Por último, se finalizará el trabajo con las conclusiones donde se indicará si la alternativa propuesta es viable de ser instalada en futuros trenes. 01/06/2021 → 20/06/2021

4. DESARROLLO

4.1. Estudio de normativa aplicable:

Respecto del estudio de la normativa aplicable se debe referir al apartado 1.2 “Estado del arte” donde se explica la normativa aplicable a los sistemas de protección contra incendios en trenes, y más en concreto cual son aquellas que se aplicarán en concreto a lo largo de este trabajo, a continuación, se incluye un resumen de la normativa específicamente aplicable a este trabajo:

- Especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETIs) [8] en concreto la sección 4.2.10.3.4, donde se indica las diferentes opciones permitidas para demostrar la capacidad de mantener un incendio bajo control en vehículos ferroviarios.
- ARGE guidelines Part 2 [10] norma que indica los requisitos para el diseño y la certificación mediante específicas pruebas de los sistemas de extinción de incendio basados en agua nebulizada como el que se va a desarrollar en las siguientes secciones de este trabajo.

Mayor detalle respecto de estas normas se incluye en la sección 1.2 de este documento.

4.2. Desarrollo de diseño conceptual de sistema de protección contra incendios de sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada:

Como se ha indicado en los objetivos de este trabajo, se va a desarrollar el diseño conceptual de un sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada para el tren Talgo de la plataforma ECx, tren que está siendo desarrollado para el mercado europeo y que promete cumplir con todas las especificaciones necesarias para poder circular de forma libre por los países centro europeos como son Alemania, Austria, Dinamarca, ... Talgo en estos momentos tiene contratos para la compra de unidades de esta plataforma tanto con el operador alemán DB como con el operador danés DSB.

Para cumplir con el punto 4.2.10.3.4 de la ETI [8], este tren cuenta con unas barreras de fuego entre los coches, estas barreras permiten retener el incendio en los coches donde el incendio se haya producido evitando que este se desplace a los coches adyacentes permitiendo así la evacuación de los pasajeros a los coches colindantes, protegiéndolos del fuego hasta que el tren pueda llegar a una zona segura para su completa evacuación.

La idea de este trabajo es estudiar la otra posibilidad proporcionada por el mismo punto .2.10.3.4 de la ETI [8], en el que se indica la posibilidad de instalar otro tipo de sistema que permita demostrar el control de un incendio durante al menos 15 minutos.

4.2.1 Tren Talgo plataforma ECx

Para comenzar con el desarrollo del sistema se expone a continuación unas breves características del tren Talgo plataforma ECX, para el cual se va a desarrollar el sistema el cual es objeto de este trabajo.

El tren Talgo plataforma ECx es un tren de la categoría intercity, con una velocidad máxima de 230 km/h y que consta de configuraciones adaptables con longitudes con las siguientes características:

- Configuración mínima, que consta de los siguientes coches y locomotoras:
 - o 1 locomotora
 - o 9 coches
 - o Con una longitud total de 130 metros
- Configuración estándar:
 - o 1 locomotora
 - o 17 coches
 - o Con una longitud máxima de 236 metros
- Configuración máxima:
 - o 1 locomotora
 - o 21 coches
 - o Con una longitud máxima de 290 metros

El tren consta de los siguientes tipos de coches diferentes para cada uno de los cuales se debe adaptar el diseño del sistema dado que no constan de los mismos compartimentos:

- **Cab car (coche tipo 1):**

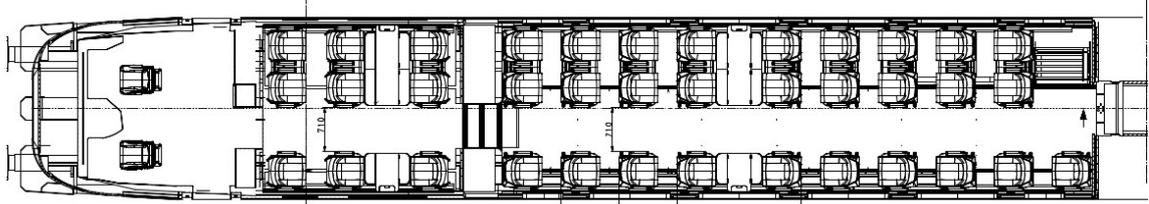


Ilustración 2: Layout coche tipo 1

- **Primera clase con baño (coche tipo 2):**

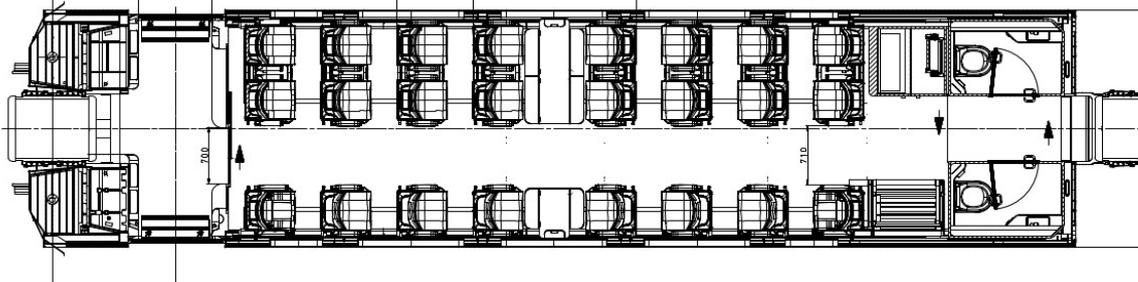


Ilustración 3: Layout coche tipo 2

- **Cafetería (coche tipo 3):**

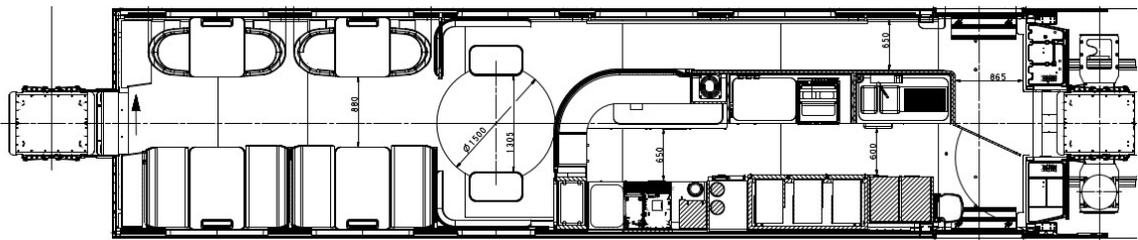


Ilustración 4: Layout coche tipo 3

- **Segunda clase PMR (coche tipo 4):**

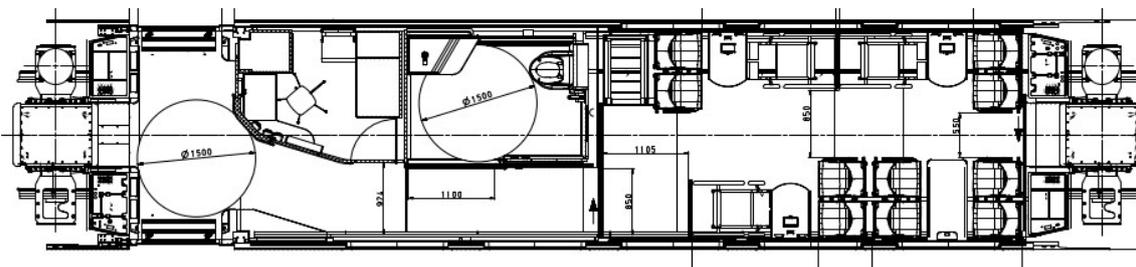


Ilustración 5: Layout coche tipo 4

- **Segunda clase baby (coche tipo 5):**

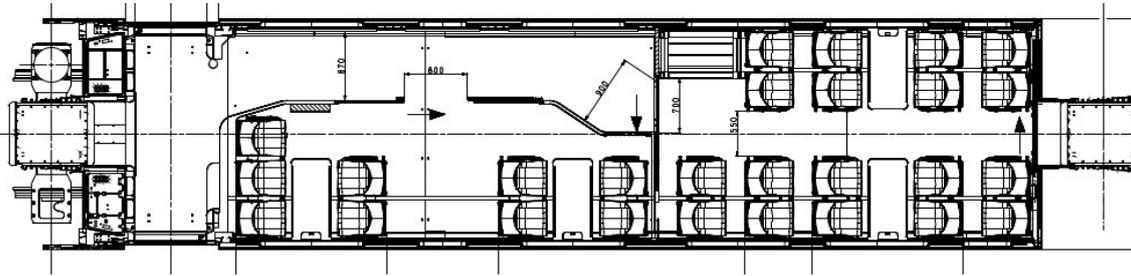


Ilustración 6: Layout coche tipo 5

- **Segunda clase Family (coche tipo 6):**

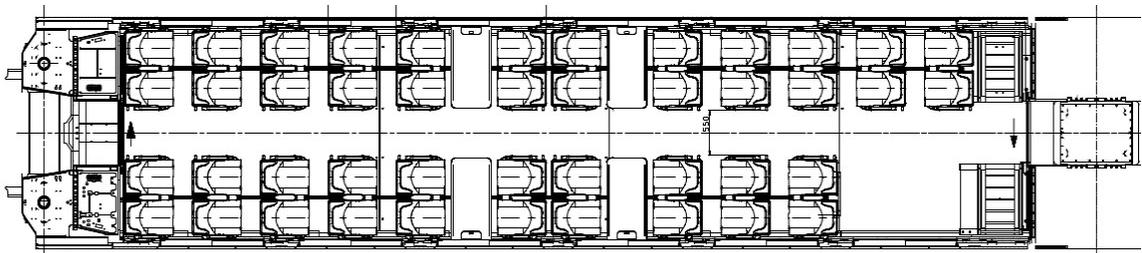


Ilustración 7: Layout coche tipo 6

- **Segunda clase sin baño (coche tipo 7):**

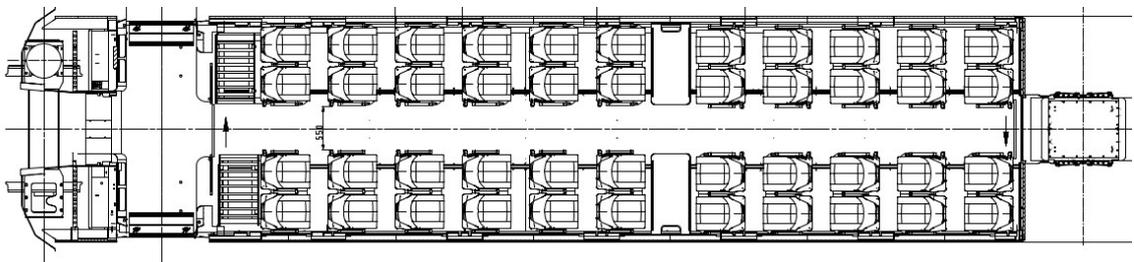


Ilustración 8: Layout coche tipo 7

- **Segunda clase con baño (coche tipo 8):**

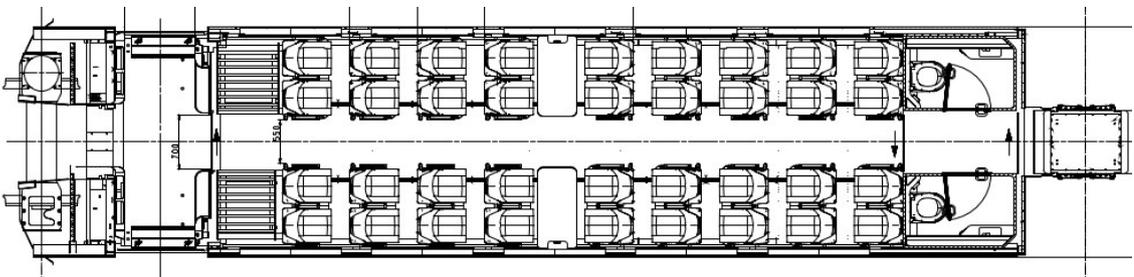


Ilustración 9: Layout coche tipo 8

- **Segunda clase extremo (coche tipo 9):**

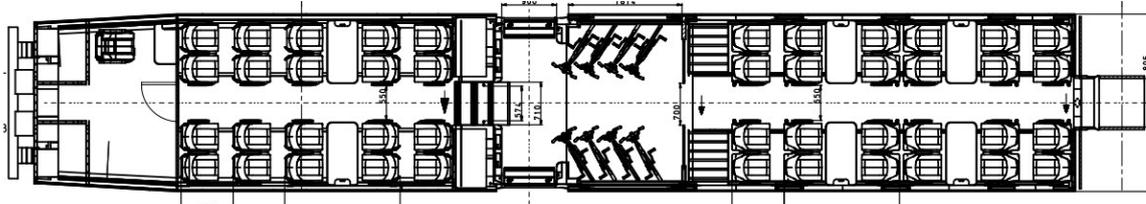


Ilustración 10: Layout coche tipo 9

Se debe mencionar que en el desarrollo de este trabajo y del sistema propuesto no se protegerá frente a incendios con el sistema de agua nebulizada la locomotora, ya que el tren debe poder acoplarse a esta o cualquier otro tipo de locomotora que cumpla con las especificaciones técnicas necesarias, por ello se considera que ese vehículo se encuentra fuera del estudio del presente trabajo.

4.2.2 Desarrollo de sistema:

Para el tren descrito en el apartado anterior se va a desarrollar el sistema de protección contra incendios basado en agua nebulizada, un sistema compuesto por una unidad de propulsión formado por diferentes componentes cuyo principal componente es una bomba hidráulica que permite impulsar el agente extintor (en este caso agua) a una presión suficiente para asegurar el correcto funcionamiento de los difusores (nozzles) que se encargan de nebulizar el agua lo cual permite extraer el calor del incendio consiguiendo así mantenerlo bajo control e incluso extinguirlo.

El sistema como se ha indicado se basa en agua nebulizada tecnología que permite mantener bajo control un incendio utilizando las siguientes características térmicas del agua nebulizada:

El sistema de agua nebulizada se basa en la capacidad que tiene el agua para conseguir las siguientes acciones contra el fuego debido a que el sistema es capaz de nebulizar el agua consiguiendo que las gotas sean de un tamaño minúsculo de en torno a 100 micrómetros:

- **Enfriamiento:** El agua nebulizada a alta presión crea un efecto de enfriamiento muy eficaz debido a su gran número de gotas extremadamente pequeñas. El agua nebulizada reduce rápidamente la energía del fuego y enfría el foco de este.

La vaporización de 1 litro de agua en un segundo corresponde a una capacidad de refrigeración de aproximadamente 2,25 MWs.

- **Inertización:** El calor del fuego vaporiza las gotas de agua y expande su volumen muchas veces. La repentina vaporización inertiza la atmósfera en las inmediaciones del foco del incendio. La niebla de agua desplaza el oxígeno que el fuego necesita para existir.

La vaporización de un litro de agua crea 1673 litros de agua nebulizada.

- **Blindaje:** En caso de incendio, las finas gotas de agua nebulizada producidas garantizan una pared densa y reflectante de agua nebulizada, que reduce la radiación térmica del fuego. Esto ayuda a contener el fuego y contribuye al efecto de enfriamiento, además de favorecer activamente el lavado de los gases de combustión. Todas estas propiedades aumentan la posibilidad de escape de la zona afectada.

Además de estas acciones que realiza el agua nebulizada contra el fuego en caso de un incendio además dispone de las siguientes ventajas a la hora de su aplicación:

- Respetuoso con el medio ambiente: El agua pura como agente extintor es completamente segura para las personas y el medio ambiente. Esto significa que puede utilizarse inmediatamente, sin vacilar y sin tiempo de aviso previo para casi todas las clases de incendios. Además, el agua es la que más energía necesita para pasar a otro estado físico (hielo, agua, vapor), por lo que es capaz de eliminar rápidamente una gran cantidad de energía del fuego.
- Universal: La enorme superficie de reacción del agua nebulizada hace que tenga unas propiedades de extinción extraordinarias y que pueda utilizarse en las clases de fuego A, B, C y F. El agua también puede combinarse con aditivos para ajustar las características de extinción o de temperatura a los requisitos locales.
- Menor consumo de agua: Además de las ventajas anteriormente explicadas otras de las ventajas más importantes a la hora de instalar un sistema de este tipo en un medio de transporte y más en concreto en un tren Talgo donde no solo el peso afecta de forma muy importante a la eficiencia del transporte y así consumo de energía, si no que en el caso concreto del tren Talgo donde debido a su reducido número de ejes, el peso por eje es un valor sobre el que se debe tener un control muy estricto para poder mantenerlo dentro de los requisitos de las ETI. El uso de agua nebulizada reduce en gran medida el volumen de agua necesario para poder mantener un incendio bajo control lo que permite a su vez mantener un peso del sistema lo más reducido posible.

Así mismo debido a la configuración del sistema preparado, es posible centralizar la mayor parte del peso como son la unidad de propulsión de agua, así como el depósito de agua en la ubicación de la configuración que se desee, por lo tanto, se podrá elegir aquella donde existan menos problemas de peso.

Se debe tener en cuenta que el sistema que se va a proponer a lo largo de las siguientes secciones de este trabajo ha sido desarrollado junto con el proveedor especialista en sistemas de protección contra incendios de agua nebulizada Aquasys.

El sistema propuesto en este trabajo conste de los siguientes elementos:

- Unidad de propulsión:
 - o Bomba hidráulica
 - o Accesorios
- Depósito de agua
- Instalación de tubería
 - o Tubo rígido
 - o Tuberías flexibles
- Válvulas de sección
- Difusores

Bomba hidráulica: Se trata del componente encargado de aumentar la presión del agua que se encuentra almacenada en el depósito y enviarla a lo largo de la instalación de tuberías del sistema a lo largo del tren hasta llegar a los difusores donde se convertiría en agua nebulizada.

Accesorios: Diferentes componentes como sensores de presión, temperatura utilizados para monitorizar el sistema y asegurar un correcto funcionamiento en todo momento.

Depósito de agua: Depósito de capacidad definida para el sistema de acuerdo con el cálculo de agua necesaria, que a su vez contiene elementos de monitorización como sensores de nivel etc.

Instalación de tuberías: instalación encargada de distribuir el agua presurizada a lo largo de todo el tren, y está formado tanto por las tuberías rígidas de acero inoxidable, como por las tuberías flexibles, así como toda la racorería necesaria para la instalación.

Válvulas de sección: Son las válvulas que se encuentran instaladas en los coches intermedios y que permiten distribuir el agua presurizada desde la tubería principal a los diferentes coches en concreto, así como a las diferentes zonas de extinción que pudiesen existir en un mismo coche.

Difusores: Son los encargados de convertir el agua presurizada que llega a ellos a través de la instalación de tuberías, en agua nebulizada a través de las boquillas específicamente diseñadas para ello, que deben obtener unas gotas de agua de un diámetro determinado.

La configuración del sistema a lo largo del tren seguirá la filosofía descrita en el siguiente esquema:

- **Unidad de propulsión (incluido depósito):**

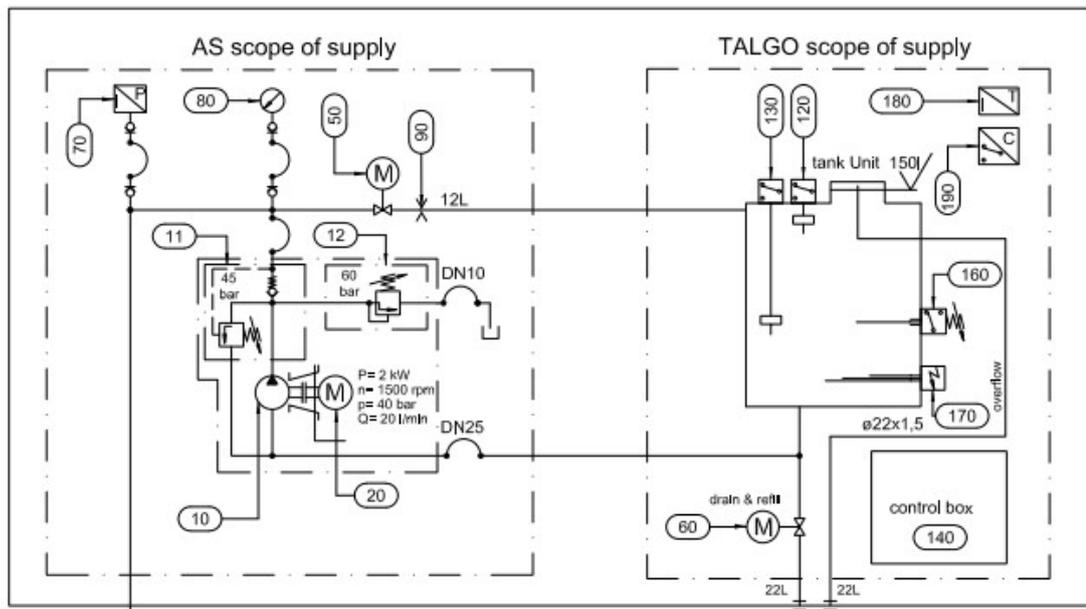


Ilustración 11: Esquema hidráulico de la unidad de propulsión y depósito

Donde podemos ver la bomba con sus principales características:

- Potencia: 2 kW
- Régimen de giro: 1500 rpm
- Presión de salida: 40 bar
- Caudal: 20 l/min

Podemos ver así mismo todos los componentes adicionales de control y monitorización del sistema como pueden ser algunos de ellos:

- Ref. 50: válvula de aislamiento de la bomba
- Ref. 70: transductor de presión de salida del sistema
- Ref. 80: Manómetro hidráulico para medidas y comprobación durante la puesta en servicio y el mantenimiento.
- Ref. 11 y 12: Switches de presión para monitorizar el correcto funcionamiento del sistema.

En la parte derecha del diagrama podemos observar el depósito de agua del sistema, así como su equipamiento accesorio principal:

- Ref. 130 y 120: Switches de nivel para indicar valores máximos y mínimos de nivel del depósito.

El depósito se ha dimensionado realizando el siguiente cálculo:

- Los difusores empleados en este sistema tienen un factor k de 0,48 lo que nos permite calcular el consumo de cada uno de nuestros difusores dependiendo de la presión.
- Debemos tener en cuenta que la presión mínima en los nozzles para obtener un correcto funcionamiento que nos permita controlar el incendio de forma eficiente, debe ser de un mínimo de 30 bares.
- Teniendo en cuenta la máxima longitud del tren que es de 290 metros y las especificaciones de la tubería a utilizar, que es una tubería de acero inoxidable de diámetro interior 10 mm con un espesor de 1 mm, obtenemos que la pérdida de carga máxima que debemos tener en cuenta para el cálculo de la presión de salida de la bomba es de 10 bares.
- De acuerdo con el cálculo anteriormente indicado, la presión de salida de la bomba debe ser de 40 bares para poder cubrir la pérdida de carga anteriormente indicada.
- Para el cálculo de agua necesaria en el depósito se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:
 - o Tiempo mínimo de activación del sistema, que de acuerdo con la normativa aplicable ARGE guidelines Part 2 [10], debe ser de 10 minutos.
 - o Número máximo de difusores en una zona de extinción, en este caso son 4 difusores.
 - o Presión máxima del sistema en el coche con más presión, en este caso se tomará la presión de salida de la bomba como máxima presión, por lo tanto 40 bares.

Por lo tanto, el cálculo del volumen de agua necesario se realizará del siguiente modo:

$$\text{Caudal de agua} = \text{factor } k * (\text{presión})^{1/2}$$

- o Teniendo en cuenta que tenemos unos difusores con factor $k = 0,48$
- o Teniendo en cuenta que disponemos de una presión máxima de 40 bares

Por lo tanto, el caudal de agua por minuto será de: 3,036 litros por minuto y por difusor.

Teniendo en cuenta que el número máximo de difusores por zona de extinción es de 4, tendremos un caudal de: $4 * 3,036 = 12,14$ l/min.

Teniendo en cuenta que el tiempo mínimo de activación del sistema es de 10 minutos, el consumo durante 10 minutos de una zona con 4 difusores es de: $12,14 * 10 = 121,4$ litros en 10 minutos.

Por lo tanto, el volumen de agua del depósito del sistema debe ser superior de 121,4 litros, en nuestro caso para disponer de un margen de seguridad, hemos elegido un depósito con una capacidad de 150 litros.

A continuación, se incluyen las configuraciones del sistema en las diferentes posibilidades de coches, dependiendo de si el coche cuenta con una o dos zonas de extinción y si cuenta con baños o no, se muestran a continuación las diferentes posibilidades:

- Coches con dos zonas de extinción, por ejemplo, coches extremos:

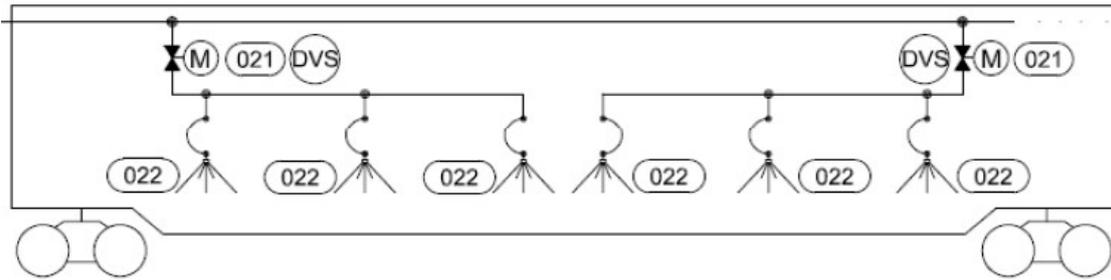


Ilustración 12: Arquitectura de equipos para coche con dos zonas de extinción

- Coches con una sola zona de extinción, por ejemplo, coches intermedios sin baño.

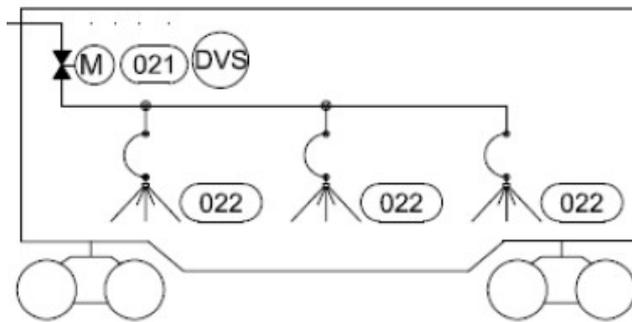


Ilustración 13: Arquitectura de equipos para coche con una zona de extinción

- Coches con una sola zona de extinción + baños, por ejemplo, coches intermedios con baños.

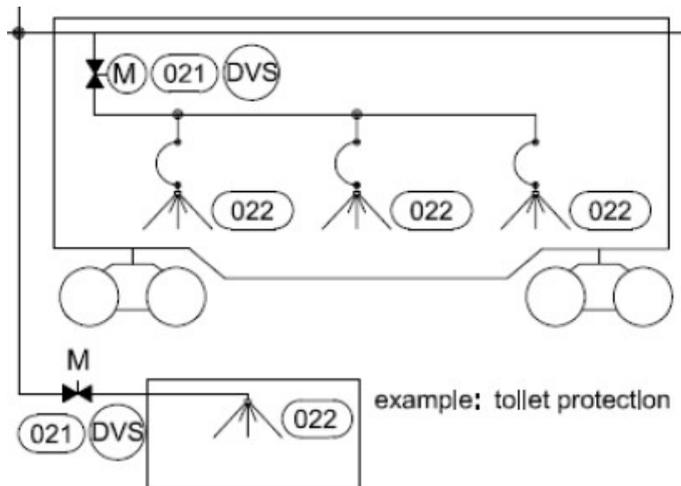


Ilustración 14: Arquitectura sistema para coche con baños

A continuación, se muestran las configuraciones aplicables para cada tipo de coche de los que componen la plataforma ECx del tren Talgo, así como los equipos que se deben instalar en cada uno de los coches:

- **Cab car (coche tipo 1):**

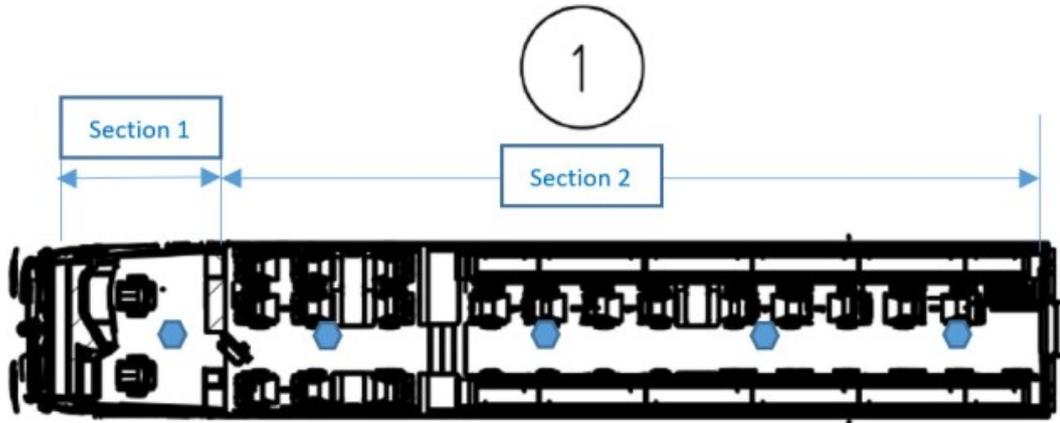


Ilustración 15: Ubicación equipos en coche tipo 1

Equipamiento:

- 1 x Unidad de propulsión incluyendo depósito de agua y accesorios
- 4 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 1 x Difusor DKO en la cabina de conducción
- 2 x Válvulas de sección

- **Primera clase con baño (coche tipo 2):**

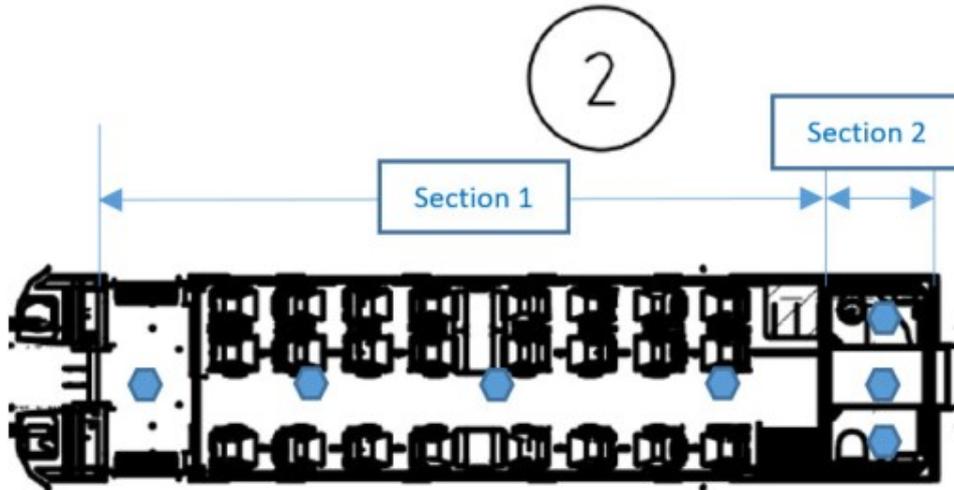


Ilustración 16: Ubicación equipos en coche tipo 2

Equipamiento:

- 3 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 2 x Difusor DKO en los baños
- 1 x Difusor DKO en el pasillo
- 1 x Difusor DKO en el vestíbulo
- 2 x Válvulas de sección

- **Cafetería (coche tipo 3):**

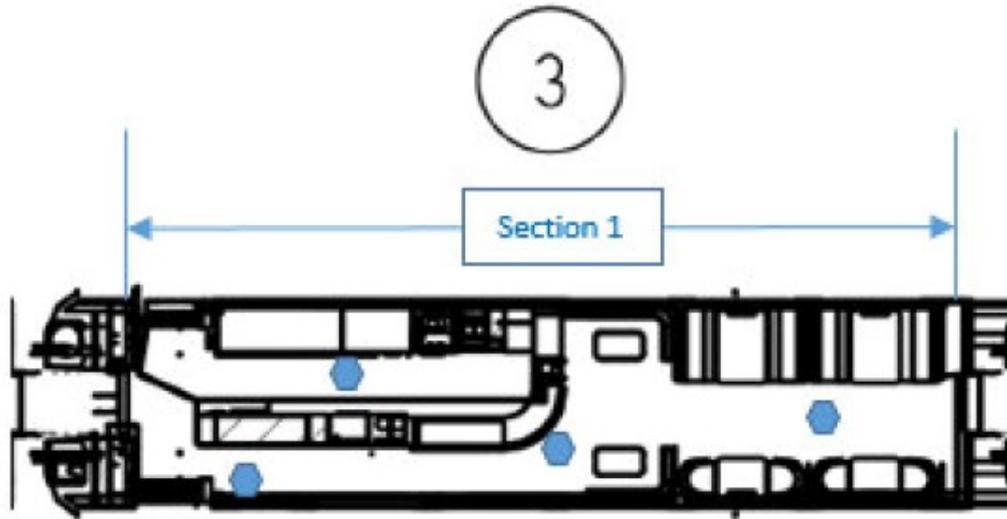


Ilustración 17: Ubicación equipos en coche tipo 3

Equipamiento:

- 4 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 1 x Válvulas de sección

- **Segunda clase PMR (coche tipo 4):**

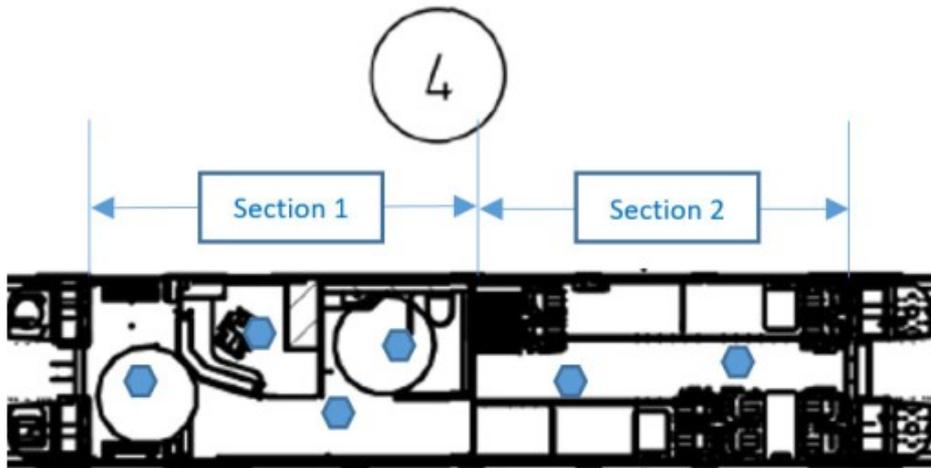


Ilustración 18: Ubicación equipos en coche tipo 4

Equipamiento:

- 2 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 1 x Difusor DKO en los baños
- 1 x Difusor DKO para la sala de servicio
- 2 x Difusor DKO en el vestíbulo / pasillo
- 2 x Válvulas de sección

- Segunda clase baby (coche tipo 5):

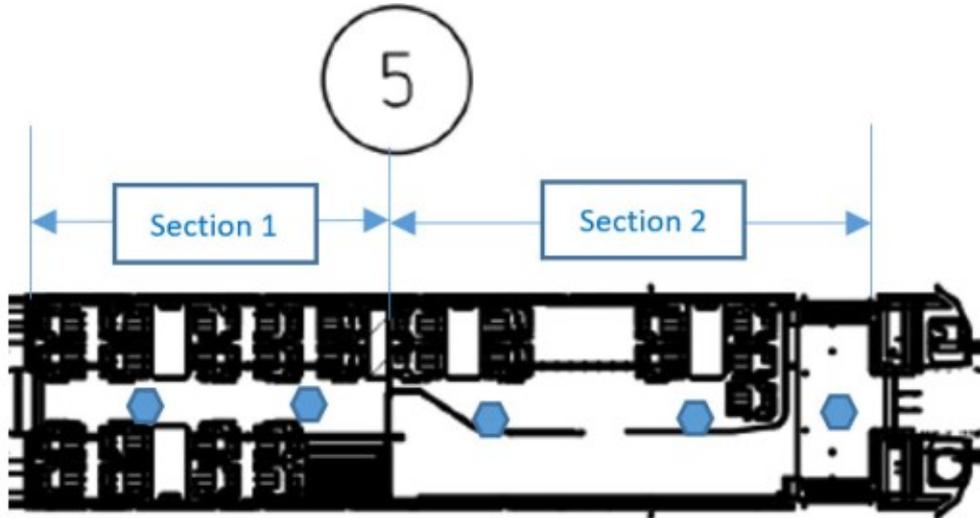


Ilustración 19: Ubicación equipos en coche tipo 5

Equipamiento:

- 4 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 1 x Difusor DKO en el vestíbulo
- 2 x Válvulas de sección

- Segunda clase Family (coche tipo 6):

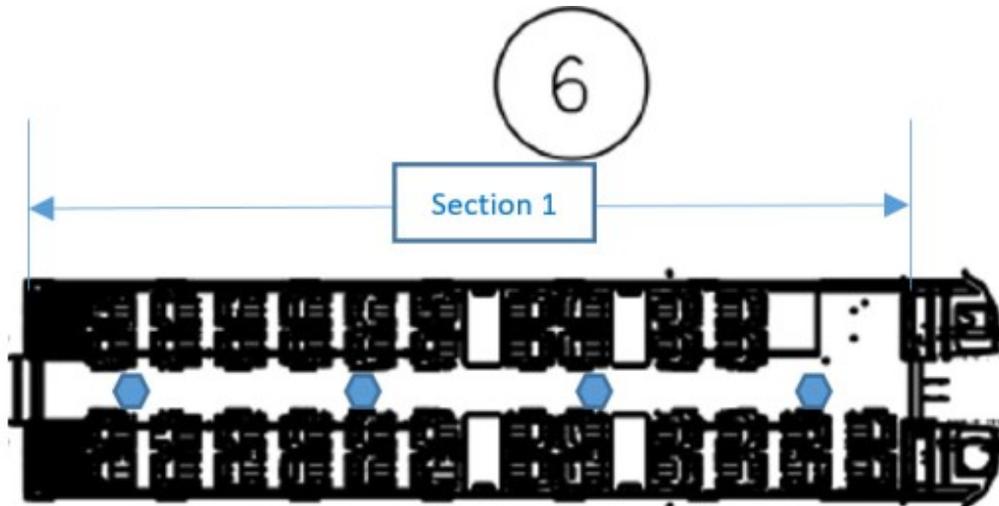


Ilustración 20: Ubicación equipos en coche tipo 6

Equipamiento:

- 4 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 1 x Válvulas de sección

- Segunda clase sin baño (coche tipo 7):

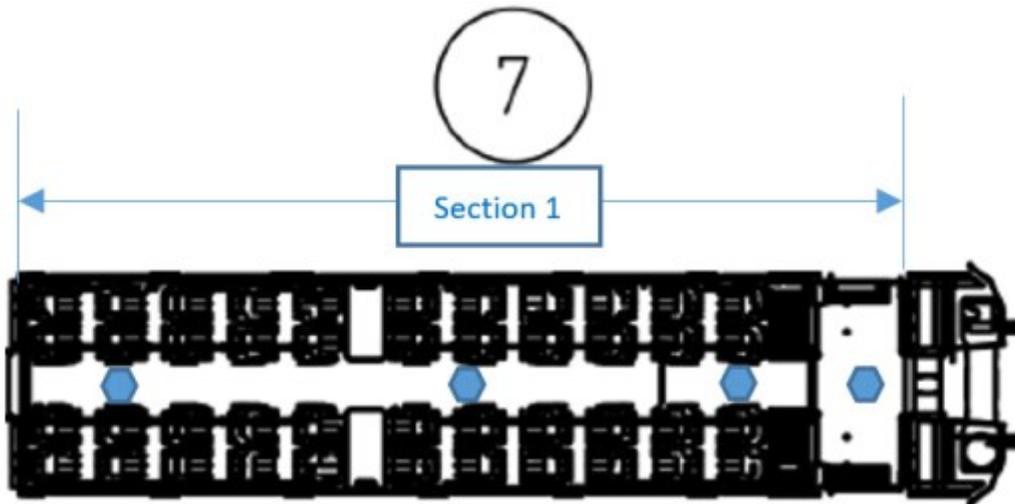


Ilustración 21: Ubicación equipos en coche tipo 7

Equipamiento:

- 3 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 1 x Difusor DKO en el vestíbulo
- 1 x Válvulas de sección

- Segunda clase con baño (coche tipo 8):

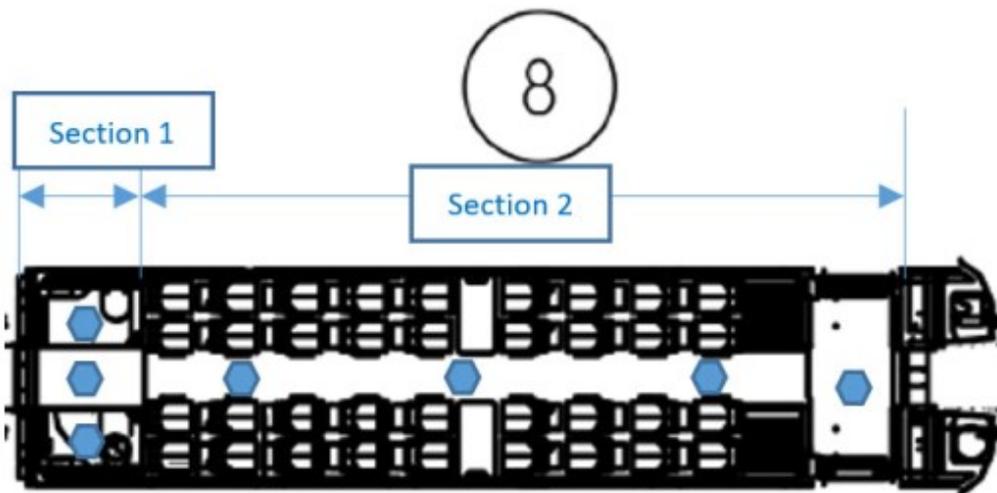


Ilustración 22: Ubicación equipos en coche tipo 8

Equipamiento:

- 3 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 2 x Difusor DKO en los baños
- 1 x Difusor DKO en el pasillo
- 1 x Difusor DKO en el vestíbulo
- 2 x Válvulas de sección

- **Segunda clase extremo (coche tipo 9):**

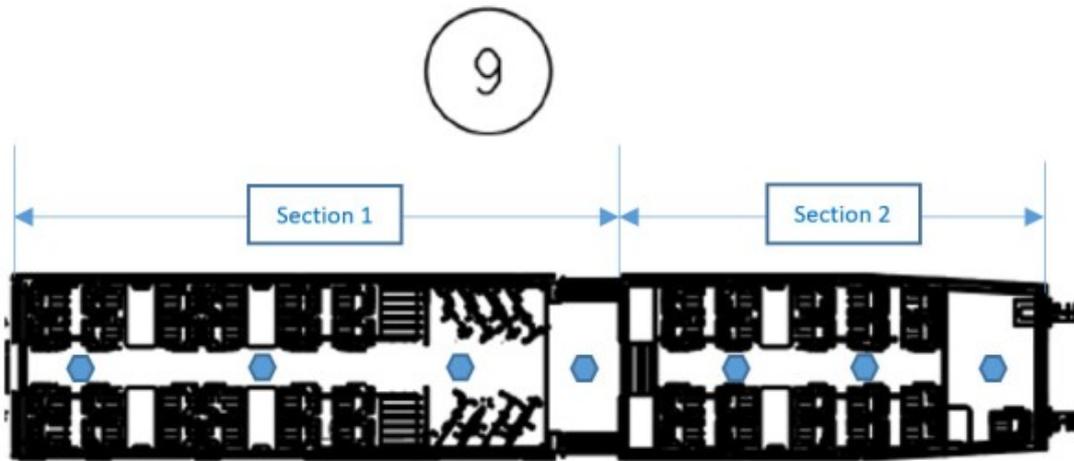


Ilustración 23: Ubicación equipos en coche tipo 9

Equipamiento:

- 4 x Difusores DKO en la zona la sala de pasajeros
- 2 x Difusor DKO en el vestíbulo
- 1 x Difusor DKO en zona de bicicletas
- 2 x Válvulas de sección

Todos los componentes elegidos para este sistema deben cumplir con las normativas aplicables en el mundo ferroviario, entre las que se incluyen las siguientes:

- EN 61373: Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests.
- EN 50155: Railway applications - Electronic equipment used on rolling stock; incl.
- EN 50121: Railway applications – EMC Rolling Stock – Apparatus.
- EN 45545-2: Railway applications – Fire protection on railway vehicles.

Los equipos elegidos para este sistema son parte del catálogo del proveedor que ha participado ayudando al desarrollo del sistema propuesta en este trabajo Aquasys:

- Ficha técnica del difusor:

DKO-R01

für Schienenfahrzeuge

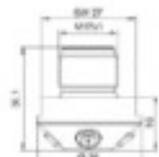
Zugelassen von/ approved by






DKO-R01

for rail vehicles



Typische Anwendungen

Der DKO-R01 Düsenkopf wird typischerweise in Folgenden Anwendungsgebieten eingesetzt:

- Schienenfahrzeuge

Technische Daten

Material:	Edelstahl
Druckstufe:	PN 250
Glasfloss:	Nein
Sieb:	Ja
Einbaulage:	hängend
Gewicht:	~ 75 g
Anzugsdrehmoment:	60 Nm

Einsatzbereich

Für den Betrieb der HDWNA in der der Düsenkopf verbaut ist, ist ausschließlich Trinkwasser gemäß Richtlinie 98/83/EG zulässig. Zusätzlich sind folgende Grenzwerte zu beachten:

Filterung:	< 150 µm absolut
pH-Wert:	7...8
Chloridgehalt:	< 20 mg/l
Freie Chloride:	< 2 mg/l
SO ₄ -z:	< 200 mg/l

Integration, Betrieb, Wartung und Instandhaltung

Integration, Wartung und Instandsetzung dürfen nur durch AQUASYS® bzw. durch einen von AQUASYS® autorisierten Vertragspartner ausgeführt werden. Weitere Informationen dazu siehe Bedienungsanleitung der HDWNA.

Typical applications

Typical applications for the DKO-R01 nozzle head are:

- Rail vehicles

Technical data

Material:	stainless steel
Pressure stage:	PN 250
Bulb:	no
Mesh:	yes
Orientation:	nozzles facing downward
Weight:	~ 75 g
Tightening torque:	60 Nm

Field of application

For the operation of the HPWMS which contains the nozzle head, only drinking water according regulation 98/83/EG is permitted. Additionally following limitations have to be met:

Filteration:	< 150 µm absolut
pH-Value:	7...8
Chloride:	< 20 mg/l
Free Chloride:	< 2 mg/l
SO ₄ -z:	< 200 mg/l

Integration, operation, maintenance and repair

Only AQUASYS® or its authorized partners are permitted to perform integration, maintenance and repair works. For further information refer to operator manual of the HPWMS.

Standardtypen

Bezeichnung / Type	K _v -Faktor / K _v -factor
DKO-R01-3.2-4.30	0,32
DKO-R01-4.4-4.30	0,44
DKO-R01-4.8-4.30	0,48

Andere Konfiguration auf Anfrage

Standard types

Bezeichnung / Type	K _v -Faktor / K _v -factor
DKO-R01-5.6-4.60	0,56
DKO-R01-6.4-4.60	0,64

Other configuration on request

Typenschlüssel

DKO - R01 - [] - [] - [] - []

Aquasys interner Code
Aquasys internal code

Durchfluss [l/min] bei 100 bar
Flow rate [l/min] at 100 bar

Type code

Ilustración 24: Ficha técnica del difusor

- Ficha técnica del conector del difusor:

WR-RAIL
AQUASYS
WR-RAIL

90° Winkel Düsenkopfadapter RAIL
90° angle nozzle head adapter RAIL



Funktionsbeschreibung
 Der Winkel Düsenkopfadapter dient zur Einbindung eines Düsenkopfes in ein Rohrleitungssystem für Schienenfahrzeuge.

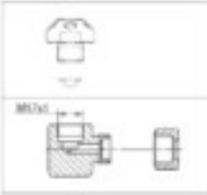
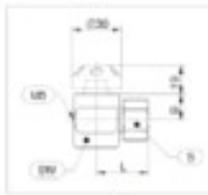
Technische Daten
 Material (reserviert): **Edelstahl 1.4404**
 Medium: **Trinkwasser**
 (siehe Einsatzbereich)
 Druckstufe: **PN 250**
 Anschluss: **EN ISO 8434-1**

Overallabmessungen

Functional description
 The angle nozzle head adapter is used to integrate a nozzle head into a pipe system for railway applications.

Technical data
 Material in contact with fluid: **AISI 316 L, stainless steel**
 Fluid: **drinking water**
 (see field of application)
 Pressure stage: **PN 250**
 Connection acc.: **EN ISO 8434-1, stainless**

Overall dimensions

Baugröße Size	L [mm]	SW [mm]	S [mm]	B [mm]	Gewicht [g] Size
WR-RAIL-12/M17x1/LW/71	32	32	22	16	~100

Einsatzbereich
 WR-RAIL Düsenkopfadapter sind für Anwendungen in Schienenfahrzeugen vorgesehen. Für den Betrieb der HDWNA in der der Düsenkopfadapter verbaut ist, ist ausschließlich Trinkwasser gemäß Richtlinie 98/83/EG zulässig. Zusätzlich sind folgende Grenzwerte zu beachten:
 pH-Wert: 7...8
 Chloridgehalt: < 20 mg/l
 Freie Chloride: < 2 mg/l
 SO₄²⁻: < 200 mg/l

Integration, Betrieb, Wartung und Instandhaltung
 Integration, Wartung und Instandsetzung dürfen nur durch AQUASYS® bzw. durch einen von AQUASYS® autorisierten Vertragspartner ausgeführt werden. Weitere Informationen dazu siehe Bedienungsanleitung der HDWNA (AS-BA-....x).

Standardtypen

Field of application
 The field of application for the WR-RAIL nozzle head adapter is limited to rolling stock application. For the operation of the HPWMS which contains the nozzle head adapter, only drinking water according regulation 98/83/EG is permitted. Additionally following limitations have to be met:
 pH-Value: 7...8
 Chloride: < 20 mg/l
 Free Chloride: < 2 mg/l
 SO₄²⁻: < 200 mg/l

Integration, operation, maintenance and repair
 Only AQUASYS® or its authorized partners are permitted to perform integration, maintenance and repair works. For further information refer to operator manual of the HPWMS (AS-BA-....x).

Standard types

Type
WR-RAIL-12/M17x1/LW/71

Dimensionen ohne Anschluss siehe Zeichnung
 AS-DB-80-A und AS-DB-80-B
 Andere Konfiguration auf Anfrage

Single offset connection like see drawings
 AS-DB-80-A and AS-DB-80-B
 Other configuration on request

Ilustración 25: Ficha técnica del conector del difusor

- Ficha técnica del conector del difusor:

AQUASYS

Bereichsventil mit Drehantrieb RAIL



Funktionsbeschreibung
Die Bereichsventilstation DVSR-RAIL wird in Hochdruckwassernebelanlagen (HDWNA) mit offenen Düsenköpfen eingesetzt die in Schienenfahrzeugen zum Einsatz kommen. Die DVSR-RAIL öffnet selbstständig über ein Signal der Brandmeldezentrale (BMZ).

Technische Daten

Material (in contact with fluid): Medium:	Edelstahl Trinkwasser (siehe Einsatzbereich)
Druckstufe:	PN 315
Verschraubungen:	12L nach EN ISO 8434-1
Versorgungsspannung:	24 VDC (Standard) 230 VAC (Optional)
Stellzeit:	7s bei 24VDC 12s bei 230 VAC
Schutzart:	IP67
Umgebungstemperatur:	-15 ... +55 °C
Luftfeuchtigkeit:	< 85% noncondensing
Gewicht:	2,3 kg

Gesamtabmessungen



Einsatzbereich
DVSR dieses Typs sind für Anwendungen in Schienenfahrzeugen vorgesehen. Ein Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen ist nicht zulässig. Für den Betrieb der HDWNA in der die DVSR-RAIL verbaut ist, ist ausschließlich Trinkwasser gemäß Richtlinie 98/83/EG zulässig. Zusätzlich sind folgende Grenzwerte zu beachten:

pH-Wert:	7...8
Chloridgehalt:	< 20 mg/l
Freie Chloride:	< 2 mg/l
SO ₄ ²⁻:	< 200 mg/l

Standardausstattung

- 2 Wege Kugelhahn
- beleuchtete optische Anzeige
OFFEN / GESCHLOSSEN
- Endschalter zur Stellungüberwachung
OFFEN / GESCHLOSSEN
- Manuelle Notumgehung
- wartungsfrei

Standardausstattung

- 3 Wege Kugelhahn
- 15L oder 18L Anschluss
- 230 VAC 50Hz (60Hz) Versorgungsspannung

DVSR-RAIL

diverter valve with rotary drive RAIL

Functional description
The diverter valve station DVSR-RAIL is used in high pressure water mist systems (HPWMS) with open nozzle heads for rail vehicles. The DVSR opens automatically after a signal from the fire alarm system (FAS).

Technical data

Material (in contact with fluid): Fluid:	stainless steel drinking water (see field of application)
Pressure stage:	PN 315
Fittings:	12L acc. EN ISO 8434-1
Supply voltage:	24 VDC (Standard) 230 VAC (Optional)
Actuating time:	7s at 24VDC 12s at 230 VAC
Protection class:	IP67
Ambient temperature:	-15 ... +55 °C
Humidity:	< 85% noncondensing
Weight:	2,3 kg

Overall dimensions

Field of application
The field of application for the DVSR is limited to rail vehicles. An application in potential explosive atmosphere is not allowed. For the operation of the HPWMS which contains the DVSR-RAIL, only drinking water according regulation 98/83/EG is permitted. Additionally following limitations have to be met:

pH-Value:	7...8
Chloride:	< 20 mg/l
Free Chloride:	< 2 mg/l
SO ₄ ²⁻:	< 200 mg/l

Standard features

- 2 way ball valve
- illuminated optical display
OPEN / CLOSED
- limit switch for status monitoring
OPEN / CLOSED
- manual bypass
- maintenance free

Standard features

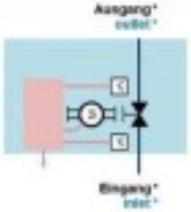
- 3 way ball valve
- 15L or 18L connection
- 230 VAC 50Hz (60Hz) supply voltage

Ilustración 26: Ficha técnica de la válvula de sección

- Ficha técnica de la unidad de propulsión:

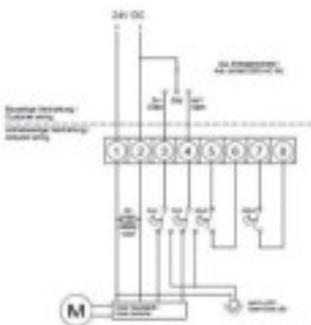
DVSR-RAIL

Hydraulikschemata



* Anschlussdimension 1 Typenbestellcode

Elektrische Belegung



AQUASYS

Hydraulic diagram

* connection size according type code

Electrical configuration

Nr.	Bezeichnung	No.	description
1	0 V	1	ground
2	Versorgung 24 VDC	2	supply voltage 24 VDC
3	Befehl: SCHLIESSEN	3	command: CLOSE
4	Befehl: ÖFFNEN	4	command: OPEN
5		5	
6	zusätzliche Endlagenschalter	6	auxiliary contacts for end positions
7		7	
8		8	

Leistungsaufnahme		Power consumption		
Baugröße / Size	Versorgung / Supply	P [W]	I _{Start} [A] / I _{peak} [A]	I _{Nenn} [A] / I _{nominal} [A]
12L	24 VDC	~23	3,0	0,3
	230 VAC	~26	1,1	0,1

Integration, Betrieb, Wartung und Instandhaltung
 Integration, operation, maintenance and repair
 Only AQUASYS or its authorized partners are permitted to perform integration, maintenance and repair works. For further information refer to operator manual of the HPWMS (AS-BA-...-x).

Type	Integration, operation, maintenance and repair
DVSR-RAIL-12L-24VDC-5T	

Andere Konfiguration auf Anfrage other configuration on request

Typenschlüssel **Type code**

DVSR-RAIL-

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Aquasys internal code
Aquasys internal code

Versorgungsspannung
supply voltage

Anschlussdimension
connection size

	24VDC	230VAC
12L	15L	18L

Ilustración 27: Ficha técnica de la bomba de propulsión

- Ficha técnica de las mangueras flexibles:

441RH

No-Skive Compact Hose
with Fire-Retardant Cover
for European Rail Transportation



Customer Value Proposition:

The fire-retardant special rubber cover of the 441RH hose contributes to increased safety in rail transportation as it minimises the release of harmful substances in the case of fire. The construction of the wire reinforcement allows the 441RH hose to meet the technical specification of a 2 wire SAE 100 R16 hose but provides higher flexibility and thus makes installation faster and easier.



Product Features:

- *No-Skive* compact hose
- Fire retardant special rubber hose cover
- One braided wire layer
– same performance as with 2 braided layers
- Working temperature +125 °C
- Suitable for use with *No-Skive* fittings of the 46 and 48 series
– safe and reliable
- *No-Skive* design eliminates the need to remove the cover before crimping

Certifications

- German Standard
DIN 5510-2 (05/2009)
- French Standard
NF F 16-101
- British Standard
BS 6853

Ilustración 28: Ficha técnica de las mangueras flexibles

4.2.3 Certificación del sistema:

De acuerdo con lo indicado en la ETI [8], la evaluación y certificación de esta opción de sistema de control contra incendios es un punto abierto, por lo que se propone para la certificación de este sistema, el uso de normativa ARGE guidelines Part 2 [10], norma específica de este tipo de sistemas de extinción de incendios por agua nebulizada, y que especifica como se deben realizar las pruebas y la certificación de este tipo de sistemas:

La certificación consiste en una prueba realiza en una maqueta a tamaño real de acuerdo con las siguientes imágenes tomadas de la norma:

- Pruebas realizadas con espumas normalizadas que simulan relleno de los asientos:

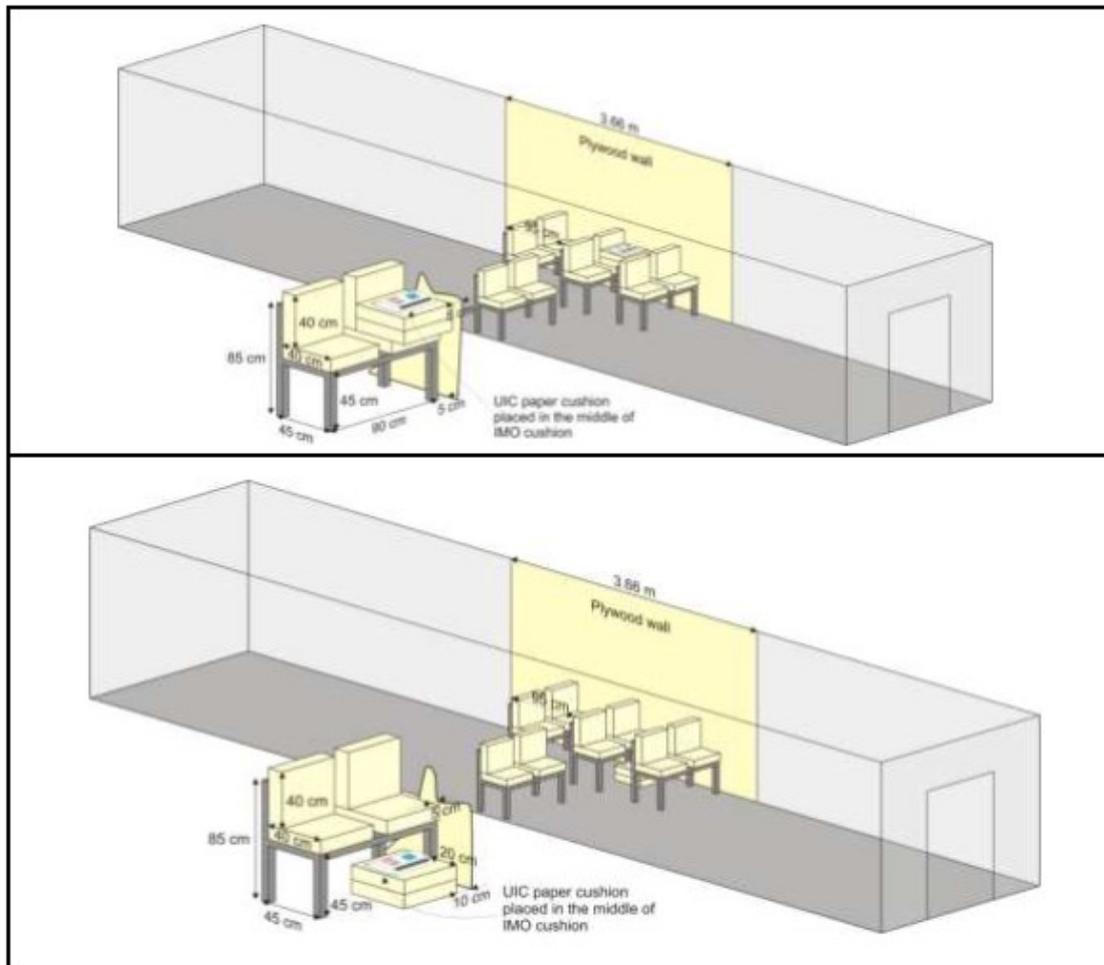


Ilustración 29: Prueba ARGE parte 2 asientos

- Pruebas realizadas con una maleta con contenido estándar descrito en la normativa:

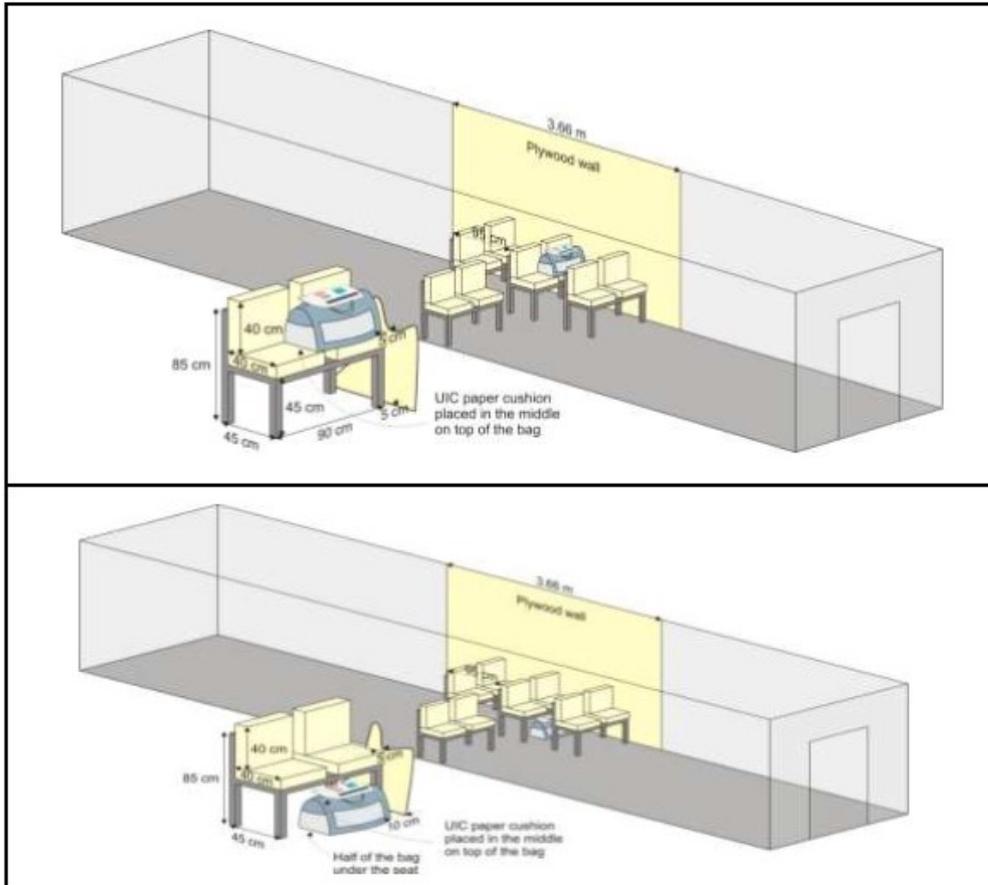


Ilustración 30: Prueba ARGE Parte 2 equipaje

Durante estas pruebas se asegura que las condiciones en la zona cercana al incendio se mantienen dentro de unos valores que permiten asegurar que no se producirá ningún riesgo a la salud, los valores indicados en la norma son los descritos en la siguiente tabla:

Flue gas parameters	Critical value	Exposure time approx. 15 min incl. coefficient of safety	Exposure time approx. 5 min incl. coefficient of safety
Carbon monoxid	< 1,400 ppm	200 ppm	500 ppm
Carbon dioxid	< 6.0 Vol.-%	2.0 Vol.-%	3.0 Vol.-%
Oxygen	> 12.0 Vol.%	14.0 Vol.%	12.0 Vol. %
Temperature of smoke gas	< 65 °C	50 °C	50 °C

Ilustración 31: Valores máximas ARGE Parte 2

4.3. Comparativa del sistema propuesto con la solución ya existente (barreras de fuego):

Una vez desarrollado el sistema de acuerdo con lo explicado en el apartado anterior, la siguiente parte del trabajo se centrará en comparar el nuevo sistema propuesto con el sistema utilizado en la actualidad que como se ha explicado se trata del uso de barreras de fuego en los testeros de los coches para dar cumplimiento con el requisito “4.2.10.3.4 Sistemas de contención y control de incendios para el material rodante de viajeros” de la ETI [8].

La comparativa entre ambos sistemas se realizará centrándose en los siguientes puntos:

- Viabilidad económica: El sistema propuesto debe tener un coste de materiales e instalación similar o no muy superior al sistema que pretende reemplazar.
- Viabilidad técnica: El sistema propuesto debe ser implementable técnicamente en el tren para el que se ha desarrollado, en este caso, el tren Talgo plataforma ECx, este punto se centrará especialmente en un aspecto técnico muy limitante para los trenes Talgo como es el peso.
- Pruebas y certificación: En este apartado se comparará los costes y dificultad de ensayos y certificación de los sistemas propuesto y existente, teniendo en cuenta que es parte de los costes importantes en el desarrollo del sistema.
- Ventajas y desventajas generales: En este apartado abordaremos las ventajas y desventajas generales de estos sistemas en cuanto a en que países pueden ser necesarios o aceptados, cual proporciona una mayor seguridad contra incendios, cual implica mayor cantidad de actividades de mantenimiento y por lo tanto mayores costes a lo largo de su vida útil en términos de operación y mantenimiento.

4.3.1 Viabilidad económica:

Como sucede con todos los aspectos en la vida, y el caso de la industria y el transporte no es una excepción, las soluciones técnicas pueden ser infinitamente complejas, pero a la hora de aplicarlas a la vida real, como es la intención del sistema desarrollado en este trabajo, la solución propuesta debe tener unos costes contenidos comparables con la solución que se desea reemplazar y su implantación debe ser viable para la empresa que lo quiera realizar.

Para ello, se ha realizado un estudio de presupuestos comparando los costes del sistema propuesto y los costes del sistema a reemplazar teniendo en cuenta que si se toma la decisión de instalar el sistema alternativa, no solo podremos prescindir del sistema existente si no que dada la filosofía de protección contra incendios del sistema propuesta, otro tipo de medidas y de protecciones contra incendios que se instalan en los coches de viajeros no serían necesarias ya que el sistema alternativa propuesto en este trabajo, es capaz de cubrir todos los riesgos de incendios que puedan aparecer.

A continuación, desglosaremos por un lado los costes del sistema propuesto y en una sección posterior los costes que podremos ahorrar debido a la desaparición del antiguo sistema, así como de aquellas protecciones que se incluían en el tren y que no serán necesarias con la nueva solución propuesta:

Primero nos centramos en el coste del equipo a instalar para nuestro nuevo sistema, que se compone de los componentes que ya se han explicado anteriormente, a continuación, se incluye el precio unitario de cada uno de ellos:

- Unidad de propulsión → 14668.16 €

- Difusor → 60,63 €
- Conexión para el difusor → 31,47 €
- Válvulas de sección → 370,64 €
- Depósito de agua con accesorios → 1716 €
- Instalación de tuberías (incluyendo accesorios) → 1000 € aprox.

Teniendo en cuenta el número de cada uno de estos equipos que debe llevar el sistema según cada tipo de coche, a continuación, se especifica el número de equipos de cada tipo necesarios para una composición estándar de 17 coches:

- Unidad de propulsión → 1 Uds.
- Difusor → 96 Uds.
- Conexión para el difusor → 96 Uds.
- Válvula de sección → 28 Uds.
- Depósito de agua con accesorios → 1 Uds.
- Instalación de tuberías (incluyendo accesorios) → 17 Uds.

Por lo tanto, el precio total de cada componente para una composición de 17 coches es el siguiente:

- Unidad de propulsión → 14668,16 €
- Difusor → 5820,48 €
- Conexión de difusor → 3021,12 €
- Válvula de sección → 10377,92 €
- Depósito de agua con accesorios → 1716 €
- Instalación de tuberías (incluyendo accesorios) → 17000 €

Lo que por lo tanto supone un coste total del sistema en un tren de configuración estándar de 17 coches de: **52603.68 €**

A continuación, se va a analizar los ahorros que supondrá el hecho de instalar el sistema propuesto por elementos, componentes o materiales que no es necesario que se monten por la existencia de un sistema de extinción contra incendios, así como diferentes medidas de diseño que se puedan tomar debido a la existencia del nuevo sistema.

- La primera y más clara de las decisiones a tomar gracias al nuevo sistema para reducir costes es la no necesidad de montar puertas “barrera de fuego” en los testeros entre los coches, lo que supondrá un ahorro de 400 € por puerta, teniendo en cuenta los 17 coches del tren el ahorro sería de: $17 \cdot 400 = 6800$ €.
- Para continuar, y muy relacionado con el punto anterior, en los testeros de barrera de fuego se puede montar un aislamiento “normal”, en vez del aislamiento que montamos en la actualidad que se trata de un aislamiento microtherm especial para aislamiento al fuego, gracias a lo cual podremos ahorrar 970 € por coche, por lo tanto, en la configuración completa un ahora total de: $17 \cdot 970 = 16490$ €.
- También podemos tomar otras decisiones de diseño que nos permitirán ahorrar costes, como por ejemplo en el caso de un tren tipo Talgo, donde las tuberías del sistema de aire y de freno están realizadas en aluminio, para poder cumplir con los requisitos de “running capability” según la EN 50553, deben protegerse, en nuestro caso pintándolas con pintura intumescente, si instalamos el sistema propuesto en este trabajo, la protección de estas tuberías con la pintura indicada ya no sería necesarias, lo que nos

permitiría un ahorro de unos 500 € por coches, por lo tanto en una composición completa estaríamos hablando de unos 8500 €.

- Por último, agruparemos otra serie de soluciones de diseño que se podrían ver afectadas y donde se podría obtener ahorro en caso de instalar el nuevo sistema de extinción contra incendios propuesto, se trataría por ejemplo de la no necesidad de montar pasos “roxtec” para pasados de cables resistentes al fuego, o el uso de junta intumescente en distintas posiciones de la barrera de fuego, el no uso de masilla intumescente para cerrar los huecos que puedan quedar entre soldaduras, etc. El ahorro que podemos esperar teniendo en cuenta todas estas medidas es de al menos unos 750 € por coche, lo que en la configuración completa de 17 coches supondría un ahorro aproximado de: $750 \times 17 = 12750$ €.

Lo que nos da finalmente un resultado aproximado de que el ahorro total que podemos obtener teniendo en cuenta los materiales y las diferentes decisiones de diseño que se pueden tomar con la inclusión del sistema propuesto es de: **44540 €**.

Esto no deja un resultado final en cuanto al estudio de viabilidad económica siguiente:

- Coste total del sistema para una configuración de 17 coches: 52603.68 €
- Ahorro total por uso del sistema en una configuración de 17 coches: 44540 €

Lo que nos otorga un balance final de que la inclusión del nuevo sistema supondrá un mayor coste que el anterior y este **mayor coste será de: 8063.68 €**, a continuación, comprobaremos si en el resto de los aspectos podemos compensar este coste.

4.3.2 Viabilidad técnica:

A la hora de estudiar la viabilidad técnica de instalar el sistema propuesto en el tren Talgo plataforma ECx, nos centraremos sobre todo en el principal factor limitante que suelen sufrir los trenes Talgo y que es el peso, dado que, debido a su tecnología de uso de rodal compartido entre dos coches, el peso de todo un coche descansa sobre un solo eje, y de acuerdo con los requisitos de la ETI el peso por eje no puede superar las 17 toneladas.

Debido este factor limitante, a la hora de estudiar la viabilidad técnica de instalar un nuevo sistema en el tren, es muy importante asegurarnos que no aumentamos de peso respecto a la solución anterior, para ello vamos a seguir un estudio similar al que hemos realizado cuando hemos estudiado los costes, primero identificaremos el peso de cada uno de los componentes a añadir con el nuevo sistema, y después estudiaremos el peso de los componentes que nos podemos ahorrar por la utilización del sistema propuesto.

Se debe tener en cuenta que a la hora de estudiar los pesos en el tren Talgo plataforma ECx, debemos diferenciar los coches intermedios que incluyen la tecnología Talgo de rodal entre coches con un solo eje compartido, con los coches extremos de la composición, con y sin cabina, ya que estos coches incluyen un bogie en cada uno de ellos, lo que duplica el número de ejes en el coche y por lo tanto reduce en gran medida el problema de limitación del peso.

El peso de los componentes del sistema propuesto es:

- En los coches intermedios llevamos los siguientes componentes:
 - o Difusores, cuyo peso es de: 0,075 kg
 - o Conector para difusores, cuyo peso es de: 0,3 kg
 - o Válvulas de sección cuyo peso es de: 2,3 kg

- Instalación de tuberías, que incluye los siguientes componentes:
 - Tubo de acero inoxidable: 9,45 kg
 - Racores y conexiones: 1 kg

Por lo tanto, estamos hablando de un peso total por coche intermedio en el caso más desfavorable que de acuerdo con lo especificado en la sección 4.2.2 de este trabajo es el coche tipo 8 que cuanta con los siguientes componentes:

- 6 difusores
- 6 conectores para difusor
- 2 válvulas de sección
- 1 instalación de tuberías

El peso total por lo tanto es de: **15,3 kg** en el caso más desfavorable de los coches intermedios.

En cambio, en el coche extremo donde se montará la unidad de propulsión y el depósito con los 150 litros de agua, el peso del sistema será mucho mayor, en torno a los 300 kg, pero como hemos dicho en estos coches el peso no es un factor tan limitante por lo que no sería un problema.

En cuanto al peso de los equipos que se pueden eliminar debido a las decisiones de diseño que nos permite tomar la inclusión del sistema propuesto en este proyecto, podemos ahorrar peso en los siguientes componentes y materiales:

- En cuanto a la puerta cortafuego, debido al espesor del cristal y a los materiales utilizados, si montamos una puerta interior que no sea resistente al fuego, podremos ahorrar 19 kg en cada puerta.
- En cuanto al aislamiento “microtherm” que hemos mencionado también anteriormente, el peso que nos ahorramos en cada barrera contra incendios es de 25 kg.
- En cuanto a la pintura intumescente y el resto de los materiales que se mostraban cuando se usaba la opción de barrera contra el fuego, podríamos ahorrar algo de peso adicional, pero no lo tendremos en cuenta en el presente cálculo.

Por lo tanto, podemos considerar que al menos podemos ahorrar un mínimo de **44 kg** por coche intermedio con los materiales que no serían necesario instalar gracias a la inclusión del sistema de extinción de incendios propuesto en este trabajo.

Teniendo en cuenta el peso que incluíamos y el que nos podemos ahorrar con el nuevo sistema, nos sale un balance final de **ahorro de 28 kg.**

4.3.3 Pruebas y Certificación:

En este apartado vamos a comparar cual es el proceso de certificación de ambas soluciones, así como los costes asociados con las mismas.

Comenzaremos hablando sobre el proceso de pruebas y certificación del sistema propuesto en este trabajo, como hemos indicado anteriormente, la ETI indica que este proceso de evaluación y certificación es un punto abierto, para el cual en este trabajo se ha propuesto el uso de la normativa ARGE Guidelines Parte 2, que incluye los requisitos de diseño y las pruebas a realizar para certificar el sistema.

Las pruebas se realizarán en una maqueta del tren realizada de acuerdo con las especificaciones de la norma y donde se realizarán diferentes ensayos tal y como se ha descrito en la sección 4.2.3 de este documento.

De acuerdo con la propia norma, la certificación del sistema debe ser realizada por una tercera parte certificadora. El coste de la certificación del sistema de acuerdo con la norma puede rondar los 150.000 € en el proceso completo, cabe destacar que este precio cubre todas las pruebas preliminares a realizar, así como la certificación por la entidad acreditadora, este es así dado que el precio marginal de cada uno de los ensayos es mínimo, ya que es solo el consumo de las “esponjas” utilizadas como simulación de los asientos del tren.

En cambio, si hablamos del proceso de certificación de las barreras de fuego, de acuerdo con lo especificado en las ETI estas se deben ensayar de acuerdo con la norma EN 1363, este ensayo se trata de colocar el testero del coche con todos sus componentes en un horno y asegurar que se cumple con los requisitos de integridad y aislamiento.

El coste de estos ensayos teniendo en cuenta la fabricación del testero, así como el transporte y el ensayo puede ser de 50.000 € cada uno, teniendo en cuenta que la ETI pide que el ensayo se realice por las dos caras del testero, estamos hablando de un mínimo de 100.000 €. Debemos tener en cuenta que en este caso el coste de cada ensayo es el indicado y por cada vez que se falle en un ensayo estaremos pagando un coste de unos 50.000 €.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, podemos deducir y acordar que no hay grandes diferencias en cuanto a la dificultad y coste de la certificación de ambos sistemas.

4.3.4 Ventajas y Desventajas Generales:

En este apartado desarrollaremos las principales ventajas y desventajas que existen entre el sistema existente en el tren de barreras de corta fuegos, y el sistema propuesto de extinción contra incendios.

Si hablamos de su modo de actuación frente al incendio, la forma de controlarlo es muy diferente, mientras que con las barreras corta fuegos lo que se pretende es confinar el incendio en un coche y que así este no se pueda extender a lo largo del tren, protegiendo a los pasajeros mediante la evacuación de estos al coche adyacente. El principal problema que veo desde mi punto de vista a este modo de protección contra incendios es que el confinamiento del incendio permite que el incendio no se extienda al resto del tren, pero las barreras corta fuego no son estancas lo que genera un problema de gases que pueden llegar a ser tóxicos. En caso de un incendio, pese al cierre de la puerta que conforma la barrera cortafuegos, el humo generado en el incendio pasa a los coches adyacentes pudiendo crear un riesgo para la salud de los pasajeros por intoxicación.

En cambio, el sistema propuesto en este trabajo enfoque el incendio de otro modo, pretende actuar de la forma lo más rápido posible, detectando el incendio en su primera fase de desarrollo y actuando de forma rápida comenzando la extinción de este con agua nebulizada, que ataca el incendio de diversos modos:

- Por un lado, ataca al foco del incendio extrayendo gran cantidad del calor de este lo que le permite reducir su intensidad.
- Humedece el entorno y lo enfría lo que dificulta la propagación del incendio.

- Debido a la niebla de agua nebulizada que se crea en la zona afectada, los humos se diluyen en el agua, así como estos humos son desplazados a la zona del suelo donde afectan de forma mucho menos agresiva a los pasajeros. Se debe tener en cuenta que en la certificación del sistema de acuerdo con la norma ARGE Guidelines Part 2, se debe demostrar que en caso de incendio la concentración de gases a una distancia de 1,5 metros del foco de incendio se mantiene por debajo de unos límites que aseguran la no peligrosidad de estos para los pasajeros.

Si hablamos desde el punto de vista de los costes de operación y mantenimiento podemos identificar los siguientes puntos diferenciales entre ambos sistemas:

- El sistema existente de las barreras corta fuegos tiene unos costes de operación y de mantenimiento muy reducidos, ya que las únicas comprobaciones que se deben realizar es asegurar que el cierre de la puerta corta fuegos en caso de incendio.
- En cuanto al sistema propuesto en este trabajo, sí que tiene unas actividades de mantenimiento y operación algo mayores, tanto en el cambio del agua de extinción que se debe realizar de forma aproximada cada dos años, se debe tener en cuenta que el sistema se diseñará para realizar este cambio de agua de forma rápida. Así como la principal operación de mantenimiento preventivo que es la de asegurar la integridad de la instalación de tuberías y de que no existen fugas lo que pueda asegurar un correcto funcionamiento del sistema cuando se necesite.

Por otro lado, otras de las principales ventajas que tiene el sistema propuesto en el presente trabajo es que dependiendo el país donde debe circular este tren, es posible que sea obligatorio la instalación de un sistema como el propuesto, como es el caso de Italia donde debido a una ley interna del país, cualquier vehículo ferroviario de pasajeros que circule por territorio italiano, debe incluir un sistema de equipo de extinción contra incendios basado en agua nebulizada, por lo tanto la inclusión del sistema propuesto permitiría que la plataforma ECx del tren de Talgo pudiese circular libremente por toda Europa sin ninguna restricción.

Por lo tanto, como cierre de esta sección de ventajas y desventajas generales, podemos destacar que se considera que el sistema propuesto otorga una mejor reacción ante un incendio ya que también tiene en cuenta los peligros relacionados con los humos generados durante el incendio, pero también debemos tener en cuenta que este sistema propuesto tendrá unos costes de mantenimiento a lo largo de su vida útil algo mayores.

5. CONCLUSIONES Y APORTACIONES

En el presente trabajo se ha desarrollado un sistema de control contra incendios para el tren Talgo plataforma ECx, de acuerdo con las opciones para este tipo de sistema especificado por la ETI, pero siendo la alternativa a la habitualmente utilizada de las barreras corta fuego.

En el presente trabajo se ha demostrado como se puede desarrollar un sistema de extinción contra incendios definiendo los componentes que debe equipar y como se deben ubicar estos equipos dependiendo el tipo de coche que se desea proteger.

Una de las principales novedades del sistema propuesto es el uso de una bomba hidráulica como fuente de energía para presurizar el agua del sistema en contraposición con la tecnología más común hasta el momento que consiste en la utilización de cilindros de gas presurizado que le otorgan la energía necesaria al sistema para presurizar el agua de este. El uso de esta novedad en el sistema permitirá reducir el peso y el volumen del equipo, así como reducir las actividades de mantenimiento relacionadas con el mismo lo que supondrá a la larga una reducción de los costes del ciclo de vida del sistema.

Durante el trabajo se han ido analizando las diferencias entre el sistema propuesto y el sistema actual en función de diferentes parámetros como son: la viabilidad económica, la viabilidad técnica, las pruebas y certificación y las principales ventajas y desventajas, siendo las conclusiones las que se incluyen a continuación como resumen:

- Viabilidad económica:

El sistema propuesto aumentará el coste frente al anterior en unos 5000 € por composición de 17 coches.

- Viabilidad técnica:

El sistema propuesto es viable técnicamente especialmente teniendo en cuenta el parámetro limitante en los trenes Talgo que es el peso ya que se reduce el peso en los coches intermedios en al menos 25 kg.

- Pruebas y certificación:

Tras la comparación realizada en la sección 4.3.3 de este documento la conclusión final es que tanto la dificultad como los costes de certificación de ambos sistemas son comparables.

- Ventajas y desventajas generales:

Las ventajas del sistema propuesto se centran en dos puntos principales, otorgan una mejor protección de los pasajeros frente a un incendio, ya que tiene en cuenta los riesgos que se generan debido a los humos tóxicos generados en un incendio, así como que este sistema permitiría certificar el tren para circular por toda Europa, ya que en algunos países como Italia es obligatorio la instalación de este tipo de sistemas en los trenes.

Por otro lado, en cuanto a las desventajas del sistema, la principal que le podemos encontrar es que requiere de un número mayor de actividades durante el mantenimiento y por lo tanto un coste algo mayor de su ciclo de vida, aspecto que se ve reducido en gran medida por el uso de la bomba hidráulica.

Como principales aportaciones del presente trabajo podemos considerar las siguientes:

- Se ha demostrado que la alternativa menos utilizada de las que permite la ETI puede llegar a ser competitiva en términos de costes con la inclusión de la bomba incluida en el sistema propuesto en este trabajo.
- Se ha demostrado que en términos técnicos puede llegar a ser una mejora dado que se ha demostrado que en términos de peso puede suponer una reducción del peso frente al sistema anterior, así como una mejora en la protección de los pasajeros al tener en cuenta los riesgos generados por el humo durante un incendio.

Por lo tanto, se puede concluir que se ha demostrado la intención del trabajo que era demostrar que la alternativa era viable a nivel técnico y económico.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] EN 45545 – 1: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios - Parte 1: Generalidades
- [2] EN 4545-2: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 2: Requisitos para el comportamiento frente al fuego de los materiales y componentes
- [3] EN 45545-3: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 3: Requisitos de resistencia al fuego de barreras cortafuegos.[
- [4] EN 45545-4: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 4: Requisitos de seguridad contra el fuego en el diseño de material rodante ferroviario.[
- [5] EN 45545-5: Protección contra el fuego de vehículo ferroviarios. – Parte 5: Requisitos de seguridad contra el fuego en los equipos eléctricos incluyendo de los trolebuses, autobuses guiados por vías y vehículos de levitación magnética.[
- [6] EN 45545-6: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. – Parte 6: Sistemas de control y gestión del fuego.[
- [7] EN 45545-7: Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios- Parte -7: Requisitos de seguridad contra el fuego de instalación de líquidos y gases inflamables
- [8] REGLAMENTO (UE) N° 1302/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de Noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante - locomotoras y material rodante de viajeros- del sistema ferroviario de la Unión Europea
- [9] ARGE Guideline Part 1 – “Fire detection in railway vehicles”
- [10] ARGE Guideline Part 2 – “Fire fighting in railway vehicles”
- [11] ARGE Guideline Part 3 – “System functionality of fire detection and fire fighting of fire protection technology”[
- [12] UNI 11565 “Railway vehicles – Design, installation, validation and maintenance of fire detection and extinguishing systems for railway vehicles – General principles”