



ANÁLISIS DE LOS CONDICIONANTES PARA EL ACCESO DE VMP ELÉCTRICOS AL TRANSPORTE PÚBLICO

DOCUMENTO DE
SÍNTESIS



AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ - ATM

1. Motivación y objetivo

El 17 de noviembre de 2022 se produjo la explosión de un patinete eléctrico dentro de un tren de la línea del Baix Llobregat de Ferrocarriles de la Generalidad de Cataluña (FGC), en el Área Metropolitana de Barcelona, dejando 7 personas afectadas por el humo (4 hospitalizadas). La rápida respuesta de los usuarios, que pudieron alejarse de la deflagración y activar el mecanismo de alarma, y del maquinista, quien detuvo el tren entre dos estaciones y extinguió el fuego, fue determinante en la gestión de este incidente, que causó importantes daños materiales en el vagón.

Ante estos hechos, el 21 de noviembre de 2022 se reunió el grupo de trabajo de operación del Comité de Coordinación de Emergencias del Transporte Público en el ámbito de la ATM (Autoridad del Transporte Metropolitano), con presencia de representantes del cuerpo de bomberos de la Generalitat, y se acordó la prohibición temporal de 6 meses de acceso de los patinetes y otros VMP eléctricos (vehículos de movilidad personal) a los vehículos e instalaciones de transporte público. En este periodo, la ATM se comprometía a llevar a cabo una investigación para poder elaborar una propuesta de regulación sobre el acceso y seguridad de los vehículos de movilidad personal al transporte público, así como promover el fomento de aparcamientos de estos vehículos en las estaciones de transporte público.

El presente documento, elaborado con la colaboración del Servicio de gestión de crisis del Instituto Cerdà, resume los principales aspectos analizados y los motivos que han conducido a la decisión de prohibir con carácter permanente el acceso de VMP eléctricos al transporte público en el ámbito de la ATM. Con esta decisión prevalece el principio de seguridad preventiva que rige para los operadores, en cuanto a la protección de las personas usuarias, del personal que trabaja en el servicio de transporte público y sus instalaciones.



Figura 1. Estado del vagón de FGC donde tuvo lugar el incidente. Fuente: FGC

2. El rol de la micromovilidad en la movilidad sostenible e impacto de la prohibición

Los VMP se han visto impulsados a diferentes niveles por su rol en la movilidad activa y sostenible y el Pla Director de Mobilitat 2020-2025 (ATM) prevé importantes crecimientos entre 2020 y 2025 (del 70% por la bicicleta y del 136% por los VMP). En términos de volumen, la ATM estima que a principios de 2023 se producían 144.000 desplazamientos con VMP al día en todo el Sistema Integrado de Movilidad Metropolitana de Barcelona (SIMMB), de los que únicamente el 10% correspondían a trayectos multimodales, combinados con el transporte público (unos 8.300 usuarios diarios).

En cuanto a la movilidad afectada por la prohibición, la caracterización de los desplazamientos muestra que la mayoría:

- son metropolitanos (no se podrían hacer de forma unimodal con patinete),
- son por motivos laborales o de estudios (en el 83,6% de los casos),
- combinan con el transporte público para cubrir distancias medias y largas (trayectos de unos 50 minutos, con etapas de patinete de 20 minutos como media).
- pasarían a utilizar modos sostenibles (caminar, bicicleta o transporte público) y sólo el 9% optaría por el coche.

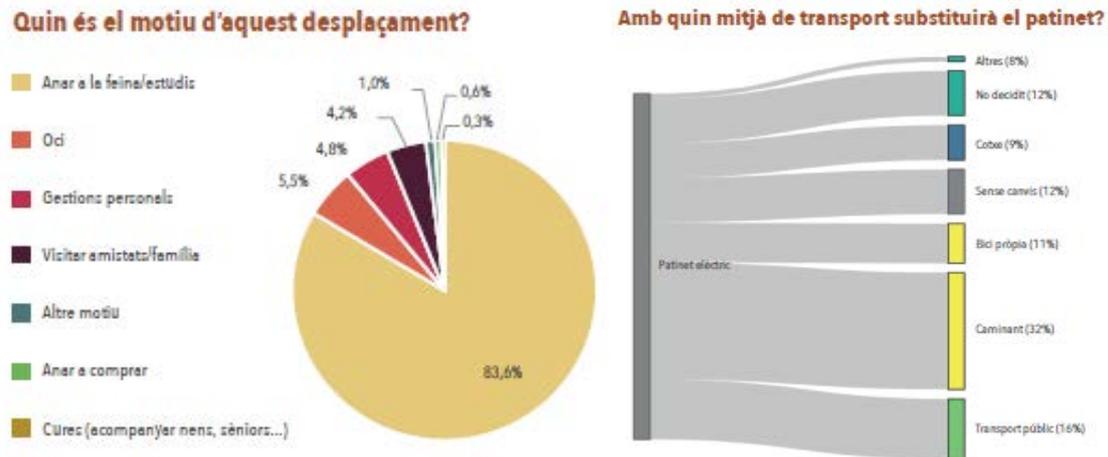


Figura 2. Caracterización de los desplazamientos en VMP. Fuente: UAB-GEMOTT.

Conociendo estas características, desde el acuerdo de prohibición temporal, la ATM ha trabajado con municipios y operadores para garantizar la presencia de aparcamientos para VMP en las estaciones de transporte público, añadiendo nuevos aparcamientos o adaptando los existentes para dar cabida a los VMP. Se ha buscado así que los usuarios puedan seguir haciendo parte del trayecto (primera o última milla) con su VMP, reduciendo la necesidad de recorrer la totalidad del trayecto acompañados del vehículo.

3. Evolución de casos y referentes internacionales

El incendio de un patinete en un tren de FGC ha sido el primer caso de deflagración de VMP en la red de transporte a nivel español; no obstante, en los últimos años y paralelamente a su popularización, los casos de deflagración de las baterías de ión-litio en estos vehículos han ido en aumento. Los datos recogidos por Bomberos de la Generalidad de Cataluña y por Bomberos de Barcelona corroboran esta tendencia, con un crecimiento de más del 50% entre el año 2020 y 2022 en Cataluña (excluido Barcelona) y que se han más que doblado en la ciudad de Barcelona en solo un año (2021-2022).

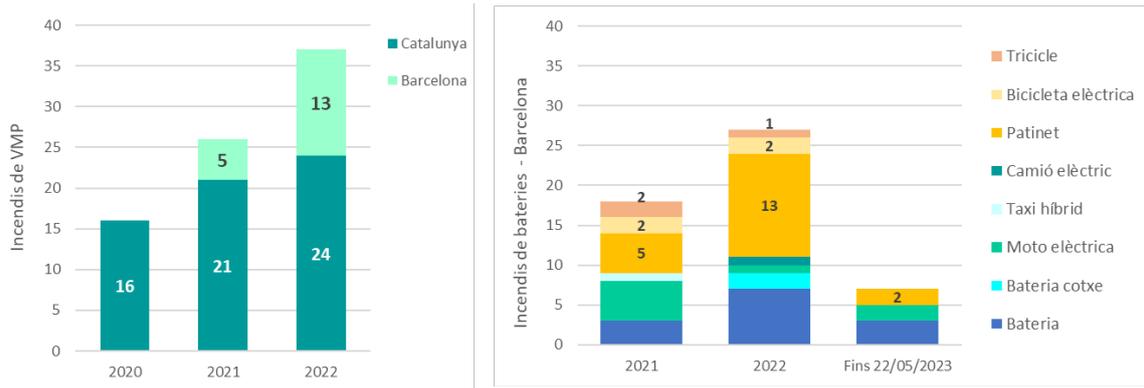


Figura 3. Incendios de patinetes a Barcelona (*datos no disponibles para 2020) y la resta de Cataluña. Fuente: Bomberos de La Generalitat de Catalunya y Bomberos Barcelona

En el ámbito internacional, sólo se han identificado 4 casos donde las restricciones aplicables al acceso de VMP al transporte público responden específicamente al riesgo de deflagración de las baterías:

- En Londres, el incendio de 2 VMP en el metro condujo a la prohibición del uso de VMP de propiedad privada en los espacios públicos y en toda la red de transporte público.
- En Hamburgo se ha prohibido, en agosto de 2023, el acceso de VPM a los trenes del U-Bahn, línea donde circula material móvil más antiguo, con coches desatados.
- En Nueva York se permite el acceso de VMP eléctricos siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones (prohibición de carga, homologación de baterías, tamaños y peso máximos...)
- En Singapur se estableció un registro de VMP y se exigía el cumplimiento de un estándar de seguridad para dispositivos eléctricos, además de un tamaño, peso y velocidad máximos. Para garantizar su cumplimiento, cada 2 años había que pasar una inspección técnica del vehículo.

4. Principales factores de riesgo

Para concluir si hay medidas que se puedan tomar para minimizar el riesgo, hay que entender qué elementos que intervienen en que un incendio se pueda desencadenar (condicionantes de la probabilidad de deflagración) y las vulnerabilidades o elementos que intervienen en la capacidad de contención o limitación del impacto, una vez se manifiesta el riesgo.



El fenómeno del *Thermal Runaway* y factores desencadenantes

De acuerdo con estudios técnicos, si las celdas y baterías de ion litio se manipulan correctamente, el riesgo de que se produzca un incendio es muy bajo. No obstante, determinadas características

de los vehículos de movilidad personal hacen que las baterías que los alimentan se vean más fácilmente sometidas a condiciones de manipulación o exigencia abusiva que otros vehículos.

Los principales elementos de riesgo identificados en el caso de los VMP eléctricos son:

- Modificaciones del software para incrementar su rendimiento o potencia, que pueden alterar parámetros de control y gestión de la batería, además de permitir la utilización del VMP a velocidades fuera de su rango de diseño.
- Sobrecarga o sobredescarga de la batería, uso de segundas baterías (externas, de estándares inferiores al original o diferentes características), almacenamiento inadecuado...
- Daños físicos, vinculados a la posición de la batería en la parte inferior de la plataforma, que la hace más propensa a recibir vibraciones y golpes, mayor exposición a la humedad.

La peligrosidad de estas deflagraciones se debe al fenómeno por el que se produce el incendio (*Thermal Runaway*) es un proceso de degradación extremadamente rápido en el que se catalizan reacciones químicas exotérmicas que generan fuego (hasta 700°C), humo, emisión de gases de los cuales algunos componentes pueden ser muy peligrosos para la salud de las personas (principalmente monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano, etano, etileno, H₂ y, en algunos estudios, rastros de fluoruro de hidrógeno (HF)), fragmentación y explosión. En resumen, en la baterías de litio se produce un sobrecalentamiento debido a un proceso de calor que se autoreforza, lo que acaba provocando la explosión por sobrepresión.

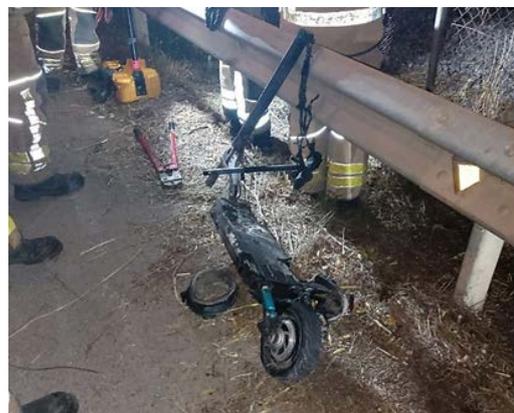


Figura 4. Estado del VMP incendiado. Fuente: FGC.

Falta de garantías de la regulación aplicable a los VMP

En enero de 2022 se aprobó el Manual de características de los VMP elaborado por la Dirección General de Tráfico (DGT), que exigirá un certificado de circulación a los VMP para garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos exigibles por la normativa nacional e internacional. Estos requerimientos regulan aspectos tanto físicos o mecánicos como del sistema eléctrico (resistencia a la humedad, control de potencia y apagado, anti-manipulación, protección de la batería...) y permitirá limitar la circulación de vehículos que no cumplan el marcado CE¹, que no incluyan mecanismos para evitar su manipulación o medidas para evitar la degradación de la batería, entre otros.

No obstante, el régimen transitorio por su aplicación dilata hasta 2027 la exigencia de certificado de circulación a todos los VMP, de manera que la regulación aplicable no aporta, hoy en día, las

¹ El marcado CE no requiere la certificación del producto en laboratorios designados si el fabricante declara que su producto cumple la normativa. Por este motivo, las Agencias de Consumo verifican, mediante muestreos aleatorios, la seguridad de los productos presentes en el mercado, procediendo a su retirada y comunicando una alerta por el mercado europeo.

suficientes garantías para asumir que los VMP en circulación cumplen los criterios de seguridad definidos por la DGT, en línea con otra normativa europea.

Vulnerabilidades dadas por las características del sistema de transporte

Las consecuencias de la deflagración de una batería dependerán en gran medida del entorno donde se produzca y el transporte público reúne algunas características que hacen que el impacto pueda ser muy elevado:

- Alta densidad de viajeros en determinadas franjas horarias, que puede impedir alejarse del fuego;
- Presencia de túneles, sobre todo en modos ferroviarios soterrados, que realiza la evacuación (tanto de los humos como de los pasajeros) más compleja;
- Mayor vulnerabilidad de las personas de movilidad reducida (PMR) y de niños en cochecitos en una situación de deflagración y necesidad de evacuación;
- Existencia de líneas de metro automáticas, en las que el tiempo de detección y respuesta o la capacidad de asistir a las personas durante la evacuación, pueden verse perjudicados.



Figura 5. Túnel de Metro

En los modos ferroviarios, por exigencia de la Ley 4/2006, de 31 de marzo, Se debe disponer de planes de autoprotección de las infraestructuras ferroviarias en los que se evalúen los riesgos y medidas para hacer frente a cualquier incidente, minimizando el daño sobre las personas. La revisión de los protocolos existentes, para evaluar su idoneidad, permite concluir que los diferentes operadores ferroviarios contemplan en sus Planes de Autoprotección el riesgo de incendio, y detallan las medidas de prevención y contención necesarias para abordarlo. No obstante, hay aspectos que influyen en la capacidad de mitigación del potencial impacto del proceso acelerado de sobrecalentamiento, explosión e incendio de una batería eléctrica:

- La gestión de la ventilación, que es diversa en función del operador y de la serie y antigüedad de los coches. La gestión activa del humo, que permite confinarlo o evacuarlo del vagón, según necesidades, es un elemento diferencial en la gestión de este riesgo.
- Las indicaciones de evacuación también varían, introduciendo diferencias en cuanto al tiempo de reacción y gestión de los momentos iniciales de la deflagración. En términos generales, en redes con circulación por túneles, y tiempo de desplazamiento entre paradas reducido, se prioriza la llegada del tren a la siguiente estación, contemplando la evacuación a los túneles sólo en caso de urgencia. Por el contrario, en redes de circulación exterior sí se prevé la inmovilización del vehículo y la apertura de puertas (con especial atención al riesgo de atropello).
- El tipo y volumen de los coches, que incluyen desde los vehículos a la composición abierta (vagones conectados tipo gusano), hacen que la capacidad de evacuación horizontal, imprescindible para minimizar los daños en los primeros momentos del incidente, sea muy variable, pero no posible cuando los vehículos están bastante llenos, lo que ocurre en la mayoría de las horas de servicio.

5. Análisis de medidas para regular el acceso de VMP al transporte público

Habiendo analizado las causas que intervienen en el fenómeno del *Thermal Runaway*, y conociendo las características del sistema de transporte que podrían agravar la severidad de las consecuencias, se han analizado las siguientes 7 medidas relativas al acceso de VMP al transporte público:

1. RESTRICCIONES DE ACCESO DE HORA PUNTA O SEGÚN OCUPACIÓN

Objetivo	Minimizar la gravedad de las consecuencias (quemaduras, humo) si el incendio se produjera en un vehículo con un alto nivel de ocupación					
Propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibición de acceso en las franjas de 7:00 a 9:00h y de 17:00 a 19:30h en días laborables, con posibilidad de ampliarlas según considere cada operador. • Potestad de cada operador para limitar el acceso en aquellas situaciones donde se considere que la ocupación es demasiado elevada (del orden de 3 pax/m²), como ya ocurre con las bicicletas. 					
Valoración	Reduce la probabilidad		Reduce el impacto		Mejora la convivencia	
Limitaciones	Habiendo analizado los requerimientos actuales de los diferentes operadores (demanda creciente, ampliación y desplazamiento de las franjas de alta ocupación), la prohibición de acceso debería extenderse a muchas otras franjas horarias, dificultando notablemente la comprensión y cumplimiento por parte de los usuarios o bien conduciendo a que deban establecerse franjas de prohibición que ocupan prácticamente todo el tiempo de prestación del servicio.					

2. ZONAS ESPECÍFICAS DENTRO DE LOS VEHÍCULOS

Objetivo	No interferir en la evacuación de los viajeros en caso de incidente
Propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Modo ferroviario: ubicación específica en el espacio previsto para bicicletas, respetando la prioridad de PMR y sillas de bebés en caso de ser compartido.

	<ul style="list-style-type: none"> • Modo viario: transporte a la bodega, siempre que los haya; alternatively, en el espacio destinado a bicicletas o zona de convivencia con PMR y sillas de bebés, respetando la prioridad de estos últimos. Donde no haya o estén ocupados, habrá que situarse en zonas de fácil acceso y salida, que no interfieran en la evacuación. Máximo de 2 unidades por vehículo.
Valoración	Reduce la probabilidad  Reduce el impacto  Mejora la convivencia 
Limitaciones	La propuesta no atiende al principio de alejar el riesgo de los más vulnerables, con el agravamiento de que tanto PMR como niños se encontrarían más expuestos a la deflagración y emisión de humos. No se ha encontrado, por tanto, una ubicación lo suficientemente segura para los VMP eléctricos en el conjunto del sistema de transporte público. Además, situar los VMP juntos podría facilitar el desencadenamiento de una reacción en cadena en caso de deflagración de uno de los vehículos.

3. LIMITACIÓN DEL NÚMERO DE VMP POR VEHÍCULO

Objetivo	Garantizar que la concentración de gases emitidos en un <i>Thermal Runaway</i> no exceden los límites seguros para la salud en exposiciones agudas ² .
Propuesta	Tomando como referencia el volumen del vagón más crítico (de menor volumen) de cada uno de los operadores ³ y considerando una distribución uniforme de los gases en todo el vagón, se obtienen números máximos de entre 1 y 2 VMP por vagón, según el operador. En el caso de las unidades de tren con los vagones conectados, este número se puede recalcular en función de su volumen real.
Valoración	Reduce la probabilidad  Reduce el impacto  Mejora la convivencia 
Limitaciones	Es necesario disponer de estudios más concretos sobre la composición de los humos (los valores utilizados corresponden a experimentos en condiciones atmosféricas) y que ayuden a aclarar la cinética de la reacción y propagación de los gases. Además, la diversa tipología de material móvil añade complejidad a la hora de establecer condiciones comunes de acceso.

4. LIMITACIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO

Objetivo	Mejorar la convivencia con otros usuarios (si bien es cierto que el tamaño de las baterías es un indicador de riesgo y el transporte de elementos de grandes dimensiones puede entorpecer la evacuación).
Propuesta	Limitar a una dimensión máxima plegados de 160 cm x 70 cm.
Valoración	Reduce la probabilidad  Reduce el impacto  Mejora la convivencia 
Limitaciones	Este tamaño ya excede el tamaño que está admitido en algunas regulaciones y sería necesario un control de su volumen, bastante complejo.

² El cálculo ha tomado como referencia los litros de gas emitidos por diversos tipos de batería (utilizando las dos más habituales) y su composición (estudio de BATTECH) y los umbrales para cada gas proporcionados por la Agencia de Salud Pública de Cataluña, a partir de la consulta de las fuentes de referencia.

³ El análisis se ha llevado a cabo únicamente por el modo ferroviario, al considerar que en autobuses las condiciones para la evacuación de humo son más favorables porque circulan en superficie, hay facilidad para detenerse y la apertura de puertas es rápida.

5. CARGA DE BATERÍA

Objetivo	Limitar un posible sobrecalentamiento de la batería, asociado, entre otros, al proceso de carga. Además, las condiciones de carga que se dan en el transporte público (vibración, variaciones de temperatura...) pueden provocar desestabilizaciones en la batería.			
Propuesta	<ul style="list-style-type: none"> Prohibición de carga de los VMP en los vehículos y pasada la barrera tarifaria en las estaciones ferroviarias ya sea enchufándolo directamente a una toma de corriente o a través de un dispositivo externo, reduciendo así la probabilidad de que se produzca un incendio. En las instalaciones (vestíbulos) se prohíbe la carga siempre y cuando no se haga con las medidas que eviten la afectación del incidente al resto de espacios. 			
Valoración	Reduce la probabilidad 	Reduce el impacto 	Mejora la convivencia 	
Limitaciones	Dificultad para saber cuándo se está cargando el VMP con una segunda batería si esta va dentro de una bolsa.			

6. IDENTIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS CERTIFICADOS POR LA DGT

Objetivo	Reducir las probabilidades de <i>Thermal Runaway</i> condicionando el acceso al transporte público a unas garantías de buen estado del VMP.			
Propuesta	Introducción de una Inspección Técnica de los Vehículos de Movilidad Personal que aún no estén certificados por la DGT como un requisito que determine su acceso al transporte público, como se hace con otros vehículos. Una inspección anual permitiría verificar que no hayan sido manipulados o que presenten defectos que generen un riesgo por ellos mismos y por otras personas y bienes, tanto cuando circulan como cuando están cargando o parados desconectados, tal y como muestran las estadísticas de bomberos.			
Valoración	Reduce la probabilidad 	Reduce el impacto 	Mejora la convivencia 	
Limitaciones	Teniendo en cuenta que la DGT ya ha establecido unos mecanismos de certificación y los elementos oficiales de identificación de los vehículos, se considera que no se puede doblar este sistema, que con el tiempo podría generar confusión entre los propietarios de los VMP. Sí se considera que habría que pedir a la administración responsable la aplicación de una inspección anual a los VMP, que certifique su buen estado no sólo en el momento de comercializarlo sino a través del uso.			

7. ACCESO JUNTOS

Objetivo	Mejorar la convivencia con otros usuarios, evitando la excesiva ocupación del espacio, además de posibles caídas y tropiezos.			
Propuesta	Acceso juntos de todos los VMP al transporte público, asimilando el tratamiento que múltiples operadores dan a las bicicletas plegables.			
Valoración	Reduce la probabilidad 	Reduce el impacto 	Mejora la convivencia 	

8. OTROS: FUNDAS Y SEGUROS

Objetivo	Limitar las consecuencias de un incendio.					
Propuesta	Exigir el transporte del patinete en una funda ignífuga, que sofoca el efecto térmico y retrasa la propagación del humo. Exigir un seguro obligatorio para acceder al transporte público.					
Valoración	Reduce la probabilidad		Reduce el impacto		Mejora la convivencia	
Limitaciones	Teniendo en cuenta la falta de alternativas comerciales a precios asequibles para el usuario y la dificultad añadida que supondría llevar a cabo su inspección, este aspecto ha sido descartado. Actualmente hay en marcha iniciativas regulatorias y un proyecto de ley por el Gobierno español, en los que se propondrá crear un grupo para analizar su obligatoriedad.					

6. Valoración global y conclusiones

En el presente trabajo se han analizado los riesgos del acceso de los VMP al transporte público. Habiendo profundizado en el conjunto de medidas, a partir de la búsqueda de mejores prácticas, de normativa de referencia y numerosas reuniones con los diferentes agentes implicados, acompañados de los responsables de Protección civil y de los cuerpos de bomberos de la Generalidad de Cataluña y del ayuntamiento de Barcelona, no se ha llegado a formular una propuesta que dé, actualmente, suficientes garantías para el acceso de VMP al transporte público con seguridad, al no alcanzarse un nivel de riesgo aceptable dentro de los planes de autoprotección, protocolos de contingencia y análisis de riesgos, en el sistema de transporte público metropolitano y especialmente en el sistema ferroviario.

Por ello, se concluye que no se debería permitir el acceso de los patinetes y otros VMP eléctricos al transporte público, como mínimo hasta que las condiciones que regulen su comercialización y circulación den suficientes garantías de seguridad hacia la deflagración.

De cara a favorecer la intermodalidad entre los VMP eléctricos y el transporte público se recomienda seguir evolucionando las opciones para el aparcamiento de estos vehículos, incrementando las plazas disponibles allí donde se detecte una ocupación importante y mejorando las condiciones de seguridad.

Por último, hay que promover la concienciación de los usuarios sobre los peligros de los incendios de las baterías, garantizando que conocen las recomendaciones relativas a la conducción, carga y transporte de baterías es el primer paso para prevenir un deterioro que pueda derivar en un incendio, sea en el transporte público, en los hogares o en el exterior.

Agradecimientos

- *Generalitat de Catalunya*
- *Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB)*
- *Ajuntament de Barcelona*
- *Protección Civil (PROCICAT)*
- *Bombers de Catalunya*
- *Bombers de Barcelona*
- *Operadores de transporte público*
- *Grupo de Seguridad Ferroviaria*
- *Federació Empresarial Catalana d'Autotransport de Viatgers (FECAV)*
- *Asociación de Municipios por la Movilidad y el Transporte Urbano (AMTU)*
- *BATTECH*
- *Sub-direcció General de Seguretat Industrial*
- *Operadores de ITV*
- *Secretaria de Salut Pública*
- *Agencia Catalana del Consumo*
- *B:SM*
- *Dirección General de Tráfico*
- *Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras (UNESPA)*
- *Institut Cerdà. Servei de gestió de Crisis*