



Características de incendios en los vehículos eléctricos

Memorando a SPTrans

Autores: André Cieplinski, Ana Beatriz Rebouças, Carmen Araújo y Samantha Pettigrew

INCENDIOS EN LOS BUSES ELÉCTRICOS

Algunos casos recientes de incendios de vehículos eléctricos han atraído la atención de los medios y el público en medio de la expansión mundial de las flotas de automóviles y buses que funcionan con baterías. Incendios en las flotas de buses eléctricos de Londres y París han llevado a la retirada cautelar de 90 y 149 vehículos, respectivamente. Mientras que el incendio de Londres probablemente comenzó mientras se cargaba la batería en el garaje [1], los dos incendios de París tuvieron lugar en las calles de la capital francesa. Sin embargo, es importante señalar que los vehículos involucrados en el incidente de París utilizaron baterías de polímero de litio de estado sólido (LMP), una tecnología menos convencional y diferente a la utilizada en América Latina (fosfato de hierro y litio - LiFePO4). La siguiente tabla enumera otros incidentes identificados en autobuses eléctricos y sus causas posibles.

Tabla 1. Incidentes seleccionados en buses eléctricos

Fecha	Lugar	Incidente	Causa posible
Junio 2016	Nanjing, China	Incendio de batería de un bus eléctrico tras fuertes lluvias	Cortocircuito después de inmersión en agua
Junio 2016	Shenzhen, China	Incendio del bus eléctrico Wuzhou Dragon	Cortocircuito por deterioro de la batería
Septiembre 2015	Hangzhou, China	Incendio de batería de un bus eléctrico	-
Abril 2015	Shenzhen, China	Incendio de bus eléctrico Wuzhou Dragon durante carga de batería	Fallo del sistema de vigilancia de la batería: sobrecarga
Julio 2011	Shanghai, China	Incendio de bus eléctrico	Sobrecalentamiento de la batería LiFePO4
Enero 2010	Urumqi, China	Incendio en dos buses eléctricos	Sobrecalentamiento de la batería LiFePO4

Fuente: Ghiji et al. (2020) [10] y Wang et al. (2012) [11].

FRECUENCIA Y CAUSAS DE INCENDIOS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Debido al tiempo limitado y la escala de funcionamiento de las flotas de buses eléctricos, los datos detallados de los incidentes no están disponibles. Sin embargo, los incendios de vehículos livianos y motocicletas eléctricos brindan mayor detalle sobre la frecuencia y las causas de los incendios de vehículos eléctricos.

La información disponible hasta el momento sugiere que la frecuencia de incendios en los vehículos eléctricos en general es similar o menor que en los

vehículos con motor de combustión [7; 8, p.40]. La página web *evfiresafe.com*,¹ apoyada por el Departamento de Defensa de Australia, ha recopilado las características de 125 incendios de vehículos eléctricos en todo el mundo desde 2010. De ellos, el 29 % se registraron durante o dentro de 60 minutos después de la recarga, la categoría más frecuente entre todos los identificados. Las fallas directas de la batería representaron el 19 %, mientras que las colisiones representaron el 16 % de los incendios [6].²

Tras un aumento en el número registrado de incendios en motocicletas y *scooters* eléctricos, la Autoridad de Estándares de India ha establecido recientemente estándares de seguridad para vehículos eléctricos en línea con los estándares dictados por ISO 12405-4:2018. La agencia del Departamento de Defensa, encargada de investigar los incendios, atribuyó los incidentes a defectos de la batería debido al uso de materiales de baja calidad [13].

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS INCENDIOS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Estudios recientes muestran que los incendios y la combustión de los vehículos eléctricos son comparables en términos de la tasa máxima de liberación de calor (HRR por sus siglas en inglés), la cantidad de calor total disipado y calor efectivo de combustión, así como las masas acumuladas de CO₂, CO, hidrocarburos totales, NO, NO₂, HCl y HCN [3,5]. Sin embargo, los vehículos eléctricos con baterías de iones de litio presentan una mayor liberación de gases tóxicos como el fluoruro de hidrógeno (HF), CO y HCl [5].

Los incendios en las baterías de iones de litio se caracterizan por la aparición de avalanchas térmicas (*thermal runaway*), de las cuales pasan por cuatro etapas, según Mao et al. (2021). La primera etapa está marcada por un aumento lineal de la temperatura. En la segunda etapa, tras un descenso inicial de la temperatura, debido a la apertura de la válvula de seguridad, la batería pasa por un proceso de combustión estable. La tercera etapa presenta una combustión más agresiva y una llama cilíndrica. La tasa máxima de liberación de calor puede alcanzar los 88,78 kW y las temperaturas máximas de la llama y de la superficie alcanzan los 833 °C y los 600 °C, respectivamente.

1 Los incendios en vehículos con motores de combustión no son raros. Entre 2014 y 2016, según la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de EE. UU., se reportaron más de 171 000 incendios solo en las carreteras de EE. UU. De estos, el 62 % se originó por problemas de motores, engranajes o dirección [2].

2 Se desconoce la causa de alrededor del 30 % de los incendios considerados. La lista completa de causas está disponible en [6].

La última etapa incluye la mitigación y extinción del fuego. Tanto el voltaje como la liberación de calor de la batería tienden a cero. Es importante señalar que hasta la tercera etapa, la batería experimenta solo una pequeña caída de voltaje, de 3429V al inicio de la prueba a 3386V después de más de 600 segundos del inicio del fuego.

Además de un período inicial de “incubación” entre la ignición de los solventes y la avalancha térmica, también existe el riesgo de una nueva ignición. Incluso después de que se apague la llama, si la batería no continúa enfriándose, puede entrar en una avalancha térmica.

Se pueden utilizar varios métodos de supresión. Sin embargo, debido a las dificultades relacionadas con la aparición de avalanchas térmicas, exacerbadas por el diseño compacto de los paquetes de baterías, son necesarios métodos capaces de enfriamiento continuo. El método de extinción más efectivo requiere el uso de grandes cantidades de agua aplicada directamente al paquete de baterías, incluso después de que la llama se haya extinguido. La siguiente tabla enumera los principales métodos recomendados por diferentes fabricantes de baterías. Tenga en cuenta que dicha información no es exclusiva de las baterías para automóviles.

Tabla 2. Lista de los mejores extintores de incendios recomendados

Fabricante	País	Química de la batería	Agua	CO ₂	Espuma	Polvo químico/ seco
Yuka	China	LCO		X	X	X
Makita	EE UU	LCO	X		X	X
Enertech	Corea del Sur	NMC	X			X
Samsung	Corea del Sur	NMC	X			X
Samsung	Corea del Sur	LMO	X	X	X	X
Saft	Francia	LCO	X	X		X
Bipower	EUA	LCO	X	X		X
LG Chem	Corea del Sur	NMC	X	X	X	X
Motorola	EE UU	LCO	X	X	X	X
Ideal	EE UU	LCO		X	X	X
SDPT	China	LCO	X	X		
Bren-Tronics	EE UU	LCO	X	X	X	X
Advance Energy	EE UU	LCO	X	X	X	X
Leo Energy	Singapore	NMC	X		X	
IDX	Japan	LMO	X	X	X	X
Panasonic	EE UU	NMC	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia basada en Wilkens et al. (2017) [12]. LCO = óxido de litio y cobalto (LiCoO₂), LMO = óxido de litio y manganeso (LiMn₂O₂), NMC = óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto (LiNiMnCoO₂).

NOTAS

- [1] “Transport for London recalls 90 double decker e-buses after fire in Potters Bar depot.” (24 May 2022). Sustainable Bus. <https://www.sustainable-bus.com/news/london-fire-electric-buses-recalled/>.
- [2] US Fire Administration (2018). Highway Vehicle Fires (2014-2016). Topical Fire Report Series, 19(2). <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/statistics/v19i2.pdf>
- [3] Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., & Huang, X. (2020). A review of battery fires in electric vehicles. *Fire technology*, 56(4), 1361-1410.
- [4] Larsson, F., Andersson, P., Blomqvist, P., Lorén, A., & Mellander, B. E. (2014). Characteristics of lithium-ion batteries during fire tests. *Journal of Power Sources*, 271, 414-420.
- [5] Lecocq, A., Bertana, M., Truchot, B., & Marlair, G. (2012, September). Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. In *Conference proceedings of Fires in vehicles* (pp. 183-193).
- [6] “O4.1 EV Fires Global timeline,” (n.d.) EVFiresafe, <https://www.evfiresafe.com/ev-fire-global-timeline>.
- [7] Isidore, C. (2018). Are electric cars more likely to catch fire? CNN Business, May 17, 2018. <https://money.cnn.com/2018/05/17/news/companies/electric-car-fire-risk/index.html>.
- [8] Tesla 2020 Impact Report (2020). https://www.tesla.com/ns_videos/2020-tesla-impact-report.pdf
- [9] Mao, B., Liu, C., Yang, K., Li, S., Liu, P., Zhang, M., ... & Sun, J. (2021). Thermal runaway and fire behaviours of a 300 Ah lithium-ion battery with LiFePO₄ as cathode. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110717.
- [10] Ghiji, M., Novozhilov, V., Moinuddin, K., Joseph, P., Burch, I., Suendermann, B., & Gamble, G. (2020). A review of lithium-ion battery fire suppression. *Energies*, 13(19), 5117.
- [11] Wang, Q., Ping, P., Zhao, X., Chu, G., Sun, J., & Chen, C. (2012). Thermal runaway caused fire and explosion of lithium-ion battery. *Journal of Power Sources*, 208, 210-224.
- [12] Wilkens, K.; Johnsen, B.; Bhargava, A.; Dragsted, A (2017). Assessment of Existing Fire Protection Strategies and Recommendation for Future Work, in Project BLUE BATTERY, Part II; Danish Institute of Fire and Security Technology: Hvidovre, Denmark. <https://brandogsikring.dk/files/Pdf/FogU/Project%20BLUE%20BATTERY%20-%20Part%20II.pdf>.
- [13] Sanjeeb Mukherjee, “BIS formulates standard for EV batteries following spate of fire incidents,” Business Standard, https://www.business-standard.com/article/economy-policy/bis-formulates-standard-for-ev-batteries-following-spate-of-fire-incidents-122062401168_1.html.