



“Transporte público en las ciudades sostenibles: Aspectos técnicos y financieros para la planeación de sistemas de buses eléctricos en ciudades colombianas”

Preguntas y respuestas

1. Buenos días, Gracias por este espacio. Soy Georlan Posada del Metro de Medellín. Mi duda es la siguiente; Daniel Cano informó sobre la integración de 100.000 buses eléctricos, al mencionar las ciudades de Colombia no mencionó Medellín. ¿Me pueden confirmar por favor si Medellín no se encuentra dentro del proyecto?

R: Hola Georlan, la iniciativa TUMI E-Bus Mission tiene dos grupos de acción. Las ciudades Deep Dive, que para Colombia son Bogotá, Barranquilla y Valledupar, y la red de ciudades, de la que hace parte Medellín. Esta parte de la coalición la lidera ICLEI, puedes consultar más información en su sitio web: <https://sustainablemobility.iclei.org/tumi-ebus-mission-city-network/>

2. ¿De qué manera la descarbonización de la movilidad puede contribuir a mermar los problemas de seguridad que los ciudadanos enfrentamos en los medios de transporte y espacios públicos de nuestras ciudades?

R: La electromovilidad tiene que realizarse en un proceso integral de mejora de la calidad del servicio. No obstante, la mayoría de los buses eléctricos cuentan con cámaras dentro del vehículo que permiten vigilar en tiempo real comportamientos de conductores y usuarios. Se requiere que se implementen mecanismos para utilizar estas cámaras para colaborar con las autoridades.

3. Buenos días, soy Alberto Acuña de Metro Sabanas, Sincelejo. Quería conocer si hay aspectos asociados al consumo de la batería en buses eléctricos, dependiendo del peso (cantidad de pasajeros).

R: Si. El peso es uno de los factores del consumo de las baterías. Si el bus está lleno va a tener un consumo mayor. Es importante ver que la batería es la parte más pesada del vehículo y a diferencia de un vehículo de combustión interna, pesa lo mismo con la carga llena o vacía.

Adicionalmente, es importante mencionar que, aunque el peso por pasajeros aumenta el consumo, hay factores que generan una mayor afectación, como el tráfico, pendientes y el uso de Aire acondicionado.

4. ¿Qué tan pesados pueden llegar a ser los buses? ¿Esto en Bogotá no podría ser inviable teniendo en cuenta nuestra malla vial?

R: Los manuales y normas técnicas de homologación del Ministerio de Transporte definen unos límites de peso por rueda. Como mencionó Rafael, hay buses, como los biarticulados que no cumplen esa reglamentación y por ende no pueden circular. La tecnología está evolucionando y posiblemente contemos con vehículos que si cumplan los requisitos del Ministerio.

Una referencia del peso adicional de los vehículos se puede obtener utilizando la densidad energética (kWh/Kg), para el caso de las baterías de Litio hierro fosfato, este valor es de 90Wh/Kg, lo que significa que una batería de 250kWh puede pesar cerca de 2778Kg. Un vehículo de 9 metros eléctrico puede pesar hasta 14 000 Kg, lo que significa que la batería corresponde a un 20% del peso total.

5. Buen día. Gustavo Rojas de Movilidad Futura Popayán. ¿Qué tan cierto es que esas baterías no son reciclables y que impactan de manera altamente negativa el medio ambiente?



R: Este es un punto muy importante. La fabricación de las baterías son el elemento que más emisiones genera en un vehículo eléctrico. Tanto en la producción como en la disposición final. Por eso la importancia de aprovecharlas al máximo.

Es posible en algunos casos reparar celdas y repotenciar la batería, en otras ocasiones darle una segunda vida, usándola en otras funciones como recolectar energía solar. También, dependiendo de la tecnología de la batería, en ocasiones es posible recuperar y reutilizar los materiales que las contienen. Finalmente, la disposición final es compleja porque hay metales pesados y materiales muy contaminantes. En este orden de ideas, es clave que se discuta con los proveedores como se pueden hacer segundas vidas, reciclaje y dónde y cómo se va a realizar la disposición final.

Adicionalmente: Existen mecanismos de reciclaje de baterías, que además son altamente eficientes en energía y recuperación de materiales. Incluso, ya hay emprendimientos colombianos que se encargan de la descomposición de los materiales para la exportación y fabricación de nuevas baterías.

6. Buenos días, háblennos también por favor de tiempos de carga y posibilidad o facilidad de cambio de baterías.

R: Los tiempos de recarga van a depender de la potencia del cargador y del vehículo. Pero también dependen de si se está haciendo una recarga nocturna o una recarga de oportunidad durante las horas valle de operación. En este segundo caso se puede buscar una recarga parcial.

Actualmente en Colombia no se han probado buses que hagan cambios de baterías durante la operación. Es una tecnología algo compleja.

Adicionalmente, los tiempos de recarga varían por muchos factores, como la potencia del cargador, la potencia máxima que recibe el vehículo y el porcentaje de carga. Se puede simplificar de la siguiente manera.

Tiempo (h) = cantidad de energía en la batería a recargar (kWh) / potencia del cargador (kW).

No obstante, para un ejercicio mucho más detallado se deben hacer ensayos en campo para analizar el último tramo de recarga que suele tomar más tiempo, puesto que el tiempo de carga no corresponde a una función lineal en todos sus detalles.

7. Hola, ¿tienen datos de cómo ha reducido el costo de baterías para buses año a año? y si hay alguna proyección para los próximos años

R: Hemos venido haciendo estudios de mercado de los buses en Colombia durante los últimos 3 años. Podemos buscar analizar con detalle cual ha sido la reducción del costo. Honestamente desde WRI es difícil proyectar la disminución que se verá en los próximos años, más allá de una tendencia a la baja.

Adicionalmente, les compartimos el reporte de [BloombergNEF](#) que lleva un seguimiento del precio por kWh de las baterías de vehículos eléctricos. Este reporte muestra que, aunque los precios subieron un poco debido a la crisis logística postpandemia, los precios están nuevamente bajando.

8. Buenos días, mi nombre es Juan David Parra Rodríguez, Jefe de la Operación de Buses del Metro de Medellín, me gustaría saber cuáles con los parámetros de referencia para definir el atributo de comodidad en el servicio: IPK y/o Número de pasajeros por m²

R: Resaltamos que la operación y los parámetros de calidad y medición, como el Índice Pasajeros Kilómetro (IPK) o densidad dentro del vehículo (pasajeros/ m²), son independientes a la tecnología del vehículo y deben ser atados a parámetros financieros y de calidad del servicio. En general, todas las tipologías ofrecen la misma cantidad de pasajeros sin importar la tecnología.



9. (En cuanto al modelo financiero) ¿Estos datos de ahorro son con buses nuevos?

R: Si, estos datos de ahorros son comparando buses nuevos de diferentes tipologías. Se utilizo promedios nacionales para estimar costos de combustibles y mantenimiento.

10. Buenos días. En la comparación de costos de la tabla final, presentada por Alejandra, ¿se incluyó en el Capex la inversión de la infraestructura de recarga?

R: Dentro del análisis en el Capex se incluyó el costo de los cargadores, mas no la instalación, ya que depende de características de diseño eléctrico del patio. Tampoco se incluyen las obras conexas a redes de media y alta tensión, necesarias para proveer la energía al patio, por lo que se recomienda incluir en la viabilidad, la disponibilidad de redes en las cercanías al patio.

11. Buenos días, ¿cuál ha sido su experiencia en relación con el soporte técnico, garantías y la transferencia de conocimiento entre los fabricantes y los operadores encargados del mantenimiento de los autobuses?

R: Las experiencias que hemos escuchado han sido positivas, en cuanto en Bogotá los proveedores y operadores de la flota han garantizado la disponibilidad de esta todo el tiempo. Esto se debe principalmente a que, desde los contratos, se castiga la no disponibilidad de la flota por motivos mecánicos, esto obliga a tener stock y equipo de mantenimiento disponible. Como siempre, lo que recomendamos, es incluir mecanismos de protección de la operación en la estructuración de la licitación, para transferir este riesgo a los proveedores de flota.

12. Que tanto está afectando la malla vial los buses eléctricos que se están usando hoy con el exceso de peso comparado con los tradicionales. Hoy vemos diferencias entre el 20% y el 40% de peso aproximado

R: Como se mencionó en la pregunta 4, efectivamente, el peso de la batería es un aspecto significativo en el peso del vehículo y si, está en este rango de valores mencionado. No obstante, en Colombia hay normas técnicas que rigen las homologaciones y limitan el peso máximo total, y por eje de los buses que entren a operar en el país. Para el diseño de pavimentos, se cuenta con el peso por eje para el diseño, que está regido por las normas vigentes, por lo que los pavimentos están diseñados para soportar buses más pesados, y por lo tanto, en pavimentos correctamente diseñados y construidos, se espera que la estructura soporte adecuadamente estos vehículos.

13. No es una pregunta, es una observación sobre los materiales de la batería. El enfoque es diferente al comparar, cuánto vale sacar el petróleo y cuánto vale transportarlo para quemarlo y poder usar. El combustible genera más impacto que las baterías.

R: ¡Gracias!, vale la pena mencionar que desde WRI estamos trabajando en un estudio de análisis de ciclo de vida, el cual comparará las diferentes tecnologías y su impacto ambiental. En el caso de la energía eléctrica, se debe considerar la generación (incluso en periodos secos) y en el caso de los combustibles, el impacto ambiental del pozo a la rueda. Estudios previos muestran que efectivamente se recupera el impacto ambiental inicial en los primeros años de operación de los buses eléctricos.