

## Análisis energético en un vehículo eléctrico liviano fabricado en Bolivia

Pascual Maldonado-López<sup>1</sup>, Ramiro Peralta-Uria<sup>2</sup>, Melisa Maldonado-Nogales<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Programa de Tecnologías de Fabricación, Carrera de Ingeniería Mecánica-Electromecánica, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas, Carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

\* Pascual Maldonado López: [pascualmaldonado.l@fcyt.umss.edu.bo](mailto:pascualmaldonado.l@fcyt.umss.edu.bo); Tel.: 591 79725694

**Desarrollo Sustentable** (Optimización de procesos energéticos).

**Palabras clave:** Autos eléctricos; Energía; Transporte sostenible; Tecnología; Ensayos.

**Introducción.** Los vehículos eléctricos son el futuro de la locomoción por tener un motor eléctrico que no emite gases contaminantes al medio ambiente, razón por la cual la tecnología a nivel mundial está desarrollando este tipo de vehículos.

En Bolivia, el transporte depende en un 99% de energía generada por combustible derivado de petróleo y es el sector responsable en gran medida del incremento de emisiones de contaminación atmosférica en las zonas urbanas, aumentando los gases del efecto invernadero. (Andersen, 2014) (Del angel juarez, 2016)

El sector del transporte está limitado por la escasez de recursos energéticos no renovables y necesita remplazar por otros con mayor eficiencia energética para asegurar la sostenibilidad en el desarrollo. (Instituto Nacional de Estadística, 2021)

Existen paradigmas que limitan la introducción de vehículos eléctricos como la recarga lenta de energía, poca autonomía, costos de batería altos, más aún si Bolivia importa combustible para abastecer la gran demanda interna a precio de mercado internacional para luego comercializar a precio subvencionado.

Con esta investigación se analiza el desempeño del vehículo en velocidad, potencia, autonomía y costo diario, experiencias que se desarrolla en conducción por rutas urbanas en un vehículo prototipo fabricado para este fin. De esta manera es posible tener información relevante para toma de decisiones en el uso de vehículos eléctricos en Bolivia y comparar con vehículos a combustión interna y los beneficios que podría traer a mediano y largo plazo.

**Materiales y Métodos.** Se realiza modelamiento matemático de las condiciones de funcionamiento del vehículo con cargas dinámicas; En una segunda fase se hace pruebas de recorrido del vehículo construido en rutas urbanas, registrando los datos de velocidad, potencia, gasto energético y de almacenamiento de las baterías. El resultado se compara con los costos energéticos de combustible en Bolivia.

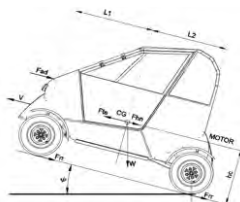


Figura 1 Fuerzas actuantes sobre el VE en la pendiente, mediante un análisis dinámico.

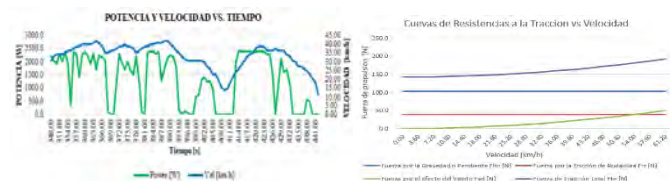


Figura 2 Curvas de Resistencia a la Tracción y potencias desarrolladas en ruta urbana del vehículo teórico.

**Resultados y discusión.** El vehículo prototipo tiene todos los sistemas necesarios como ser: motor eléctrico, transmisión, dirección, frenos, batería, etc. Para la medición de parámetros dinámicos tiene sensores de velocidad, potencia y gasto de energía.

Con los datos obtenidos se observa que el vehículo alcanza una velocidad máxima de 46km/h y velocidad promedio de 30km/h, Los resultados del trabajo de investigación muestran el consumo energético y autonomía con una carga de baterías de 40A, 48V.

Tabla 1 Autonomía del vehículo.

Autonomía de vehículo con batería de 40 [A-h], 48 [V], distancia de recorrido 36[km]		
Energía total utilizada para profundidad de descarga 100%	1.68	kWh
Distancia máxima recorrida por carga de batería	36.0	km
Energía utilizada por distancia recorrida	0.047	kWh/km
Energía utilizada por 100km	4.67	kW-h /100km
Costo de energía en Cochabamba	1.44	Bs./kWh
Costo del vehículo eléctrico	6.72	Bs./100km
Tiempo de recarga de la batería	6.5	h



Figura 3 Modelo del Vehículo estudiado: (a) diseño digital, (b) fabricado

De acuerdo a la tabla 1 es el tema de tiempos de carga de las baterías es alto comparado con una carga de combustible a base de petróleo, este tema sin duda es uno de los factores más importantes para la toma de decisiones.

Por otro lado, la velocidad máxima de 46km/h constituye un valor aceptable en una ciudad con muchas calles con pavimento rígido y reductores de velocidad en cruces de calles. El rango de velocidades para un motor con 2kW de potencia es adecuado para este tipo de vehículos con una capacidad de 2 personas y autonomía de 36 km, la cual es ideal para recorrer ciudades con bastante conflicto en transporte como Cochabamba-Bolivia.

**Conclusiones.** La fabricación de vehículos eléctricos en Bolivia es posible y factible, el costo de operación de vehículo eléctrico que, a pesar de ser más pesado, en consumo es entre 2.5 a 3.5 veces menor que la gasolina y el diésel respectivamente (ELFEC, ENDE corporación, 2021), esto a pesar de la subvención de varios combustibles en Bolivia el uso de energía eléctrica es competitivo siempre y cuando la procedencia de la energía utilizada no sea de combustibles no renovables y la fabricación de los componentes sea amigable con el medio ambiente.

El uso de vehículos eléctrico en condiciones de altura efectiva y benéfica siendo una gran alternativa para el transporte y cuidado del medio ambiente.

#### Bibliografía.

- Andersen, L. E. (2014). *La economía del cambio climático en Bolivia: impactos sobre la biodiversidad* (Vol. 198). (C. L. Sanchez-Aragon, Ed.) Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39835/2014-292\\_CCBol\\_biodiversidad.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39835/2014-292_CCBol_biodiversidad.pdf)
- Del angel juarez, J. L. (2016). *"Automóviles híbridos y eléctricos como una mejor opción de inversión: económica y ambiental"*. Madero: Instituto Tecnológico de la Ciudad de Mexico.
- ELFEC, ENDE corporacion. (01 de 02 de 2021). *Elfec.com*. Obtenido de NORMA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN: <http://www.elfec.com>
- Yacimientos Petroliferos Fiscales Bolivianos. (15 de Enero de 2021). Obtenido de Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/hidrocarburos-mineria/hidrocarburo-cuadros-estadisticos/>