



Modelo de componentes de un vehículo eléctrico que aportan a un análisis de la tecnología limpia en la industria automotriz

Model of components of an electric vehicle that contribute to an analysis of clean technology in the automotive industry

Modelo de componentes de um veículo elétrico que contribui para uma análise de tecnologia limpa na indústria automotiva

Fernando Enrique Maldonado- Páez ^I

fernando.maldonado@itsfo.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8657-634X>

Instituto Superior Tecnológico Francisco de Orellana

Ángel Guillermo Masaquiza-Yanzapanta ^{III}

amasquiza@uisek.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1592-0822>

Instituto Superior Tecnológico Guayaquil

Diego Javier Gadway-Ushiña ^{II}

diegogadway0809@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4553-6883>

Instituto Superior Tecnológico Francisco de Orellana

Juan Carlos Jima-Matailo ^{IV}

juan.jima@uisek.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5496-4073>

Correspondencia: fernando.maldonado@itsfo.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de investigación

***Recibido:** 20 de junio de 2020 ***Aceptado:** 27 de julio de 2020 *** Publicado:** 15 de agosto de 2020

- I. Magíster en Diseño Mecánico en Fabricación de Autopartes de Vehículo, Ingeniero Automotriz, Estudiante de Universidad Internacional SEK, Docente Investigador Instituto Superior Tecnológico Francisco de Orellana, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa, Ingeniero Automotriz, Docente Investigador Instituto Superior Tecnológico Francisco de Orellana, Ecuador.
- III. Magíster en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos, Ingeniero Automotriz, Estudiante de Universidad Internacional SEK, Docente Investigado Instituto Tecnológico Superior Guayaquil, Ecuador
- IV. Magíster en Sistemas Automotrices, Ingeniero en Mecánica Automotriz, Docente de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador

Resumen

Este artículo presenta el análisis de los vehículos eléctricos como una tecnología limpia en la industria automotriz. El vehículo eléctrico se describió como una alternativa para la movilidad y la sostenibilidad en las ciudades desde sus principios y fundamentos de trabajo, además, hay parámetros importantes detallados que los diseñadores de vehículos tienen en cuenta al seleccionar los componentes básicos de un vehículo eléctrico y su desarrollo a partir de Se realiza un sistema conceptual, así como los procedimientos recomendados para evaluar el rendimiento de los vehículos eléctricos, siguiendo la lógica y sobre todo un análisis técnico de los elementos que forman parte de un vehículo. Se concluyó con la eficiencia de los vehículos eléctricos donde se desarrollaron varias ventajas y requisitos que uno tiene con la inmersión en la industria automotriz de los vehículos eléctricos en comparación con los vehículos con motores de combustión interna.

Palabras claves: Vehículos eléctricos; baterías; sistema electrónico; sistemas automotrices.

Abstract

This article analyzes electric vehicles as a clean technology in the automotive industry. The electric vehicle was described as an alternative for mobility and sustainability in cities from its principles and working foundations, in addition there are detailed important parameters that vehicle designers take into account in the selection of the basic components of a vehicle electric and its development from the conceptual system, as well as the recommended procedures to evaluate the performance of electric vehicles, following logic and above all a technical analice of the elements that are part of a vehicle is made. It was concluded with the efficiency of electric vehicles where developed to several advantages and requirements that one has with the immersion in the automotive industry of electric vehicles compared to vehicles with internal combustion engines.

Keywords: Electric vehicles; batteries; electronic system; automotive Systems.

Resumo

Este artigo apresenta a análise dos veículos elétricos como tecnologia limpa na indústria automotiva. O veículo elétrico foi descrito como uma alternativa de mobilidade e sustentabilidade

nas cidades a partir de seus princípios e fundamentos de funcionamento, além disso, são detalhados parâmetros importantes que os projetistas de veículos levam em consideração ao selecionar os componentes básicos de um veículo elétrico e seus é feito o desenvolvimento de Um sistema conceitual, bem como dos procedimentos recomendados para avaliação do desempenho de veículos elétricos, seguindo a lógica e sobretudo uma análise técnica dos elementos que fazem parte de um veículo. Concluiu-se com a eficiência dos veículos elétricos onde foram desenvolvidas diversas vantagens e requisitos que se tem com a imersão na indústria automotiva de veículos elétricos em relação aos veículos com motores de combustão interna.

Palavras-chave: Veículos elétricos; baterias; sistema eletrônico; Sistemas automotivos.

Introducción

Durante 100.000 años los humanos ha construido todas las cosas que se necesita para vivir a mano pero hace apenas dos siglos eso cambió radicalmente, en Inglaterra a orillas del Támesis se instalaron las primeras fábricas textiles que funcionaban con máquinas de vapor, la producción masiva, la electricidad, el desarrollo de transporte ferroviario dio inicio a la revolución industrial, este fenómeno social que transformaría el mundo para siempre requería de un ingrediente clave para funcionar que es la energía, al principio se tuvo del vapor pero al siglo siguiente llegó el automóvil y se empezó a utilizar el petróleo como fuente de energía Higgs, J. (2015). En el año 1900 solo había 4000 automóviles en el mundo, en la actualidad se tiene 600 millones de automóviles que funcionan con derivados del petróleo, el consumo de petróleo ha crecido sin parar, a finales del siglo 19 la producción llegaba a 1 millón de toneladas hoy sobrepasa los 3.500 millones, además la tendencia de consumo de petróleo cada vez se va incrementando, hace 40 años el mundo usaba 40 millones de barriles por día, hoy llega a los 89 millones (DOT, 2012). Se han realizado análisis de reservas de petróleo en donde se estima que este durará tres décadas más, según la población actual, pero, en menos de medio siglo la población en el mundo alcanzará los 10.000 millones (Correa y Arenas Muneton, 2017). De acuerdo con estos datos, ¿es procedente seguir dependiendo del petróleo? Con esta problemática se ve la necesidad de crear otras fuentes de energía barata y limpia, en donde se debe dejar de lado la dependencia de combustibles fósiles ya que esto ha traído muchos problemas a la humanidad como es la contaminación ambiental, el efecto invernadero y un calentamiento global (Llanes Cedeño et al.,2018). Cerca de la mitad del petróleo que se consume se utiliza para hacer funcionar a los

automóviles. Cada año se desarrollan 60 millones de autos que incrementan el consumo y la generación de gases de efecto invernadero (IEA, 2016). Por esto los fabricantes de automotores han desarrollado vehículos híbridos, eléctricos y que funciona con otros tipos de combustibles (Ibarra Segura, 2017).

Las emisiones y el consumo de combustible se han reducido significativamente en virtud de los esfuerzos en diseño de motores. Sin embargo, es difícil alcanzar los estándares de emisión requeridos únicamente a través del diseño del motor (Rocha-Hoyos et al., 2019). En la actualidad se cambiaran todos los vehículos con motores a combustión por motores eléctricos, la producción actual de energía eléctrica en el mundo se incrementaría (Álvarez et al., 2014; Sharma et al., 2020), esto sería una desventaja ya que se haría necesaria la construcción de nuevas plantas de producción de energía eléctrica en el mundo, un vehículo eléctrico se lo denomina como vehículo alternativo debido a que su forma de impulsar se lo realiza por medio de uno o más motores eléctricos (Ceña y Santamarta, 2009). Así la tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices que son impulsados por motores rotativos o en algunos casos lineales, así también se tiene otros motores que mediante el principio del magnetismo como fuente de propulsión que se pueden mover, como es el caso de los trenes de levitación magnética (Duran et al., 2014). La preocupación medioambiental, la eficiencia del combustible y la seguridad del suministro de energía empujan a los gobiernos, y las universidades a la investigación, explorar soluciones de transporte ecológicas, eficientes y sostenibles al servicio de la sociedad por esta razón el análisis del presente tema.

Evolución de VE

Charles Jeantaud diseñó y construyó el primer vehículo eléctrico en 1881. Fue un vehículo pesado que tenía 21 baterías que hacían funcionar un motor eléctrico (Ruíz, 2015). Por su sencillez de funcionamiento, mostró ventajas importantes y decisivas en comparación con los vehículos de vapor. En la figura 1 se muestra el Vehículo Fabricado por Jeantaud

Figura 1: Primer vehículo eléctrico



Fuente: Ruíz,2015

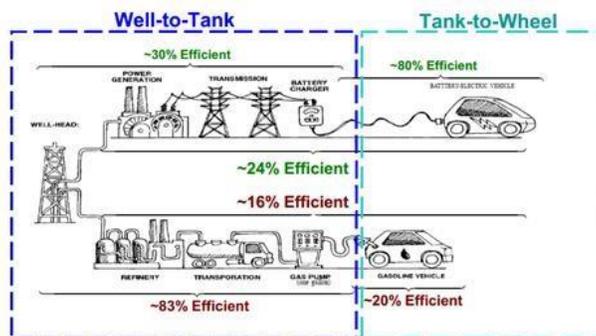
En 1900 el vehículo eléctrico triunfaba por su simplicidad, fiabilidad, suavidad de marcha, sin cambio de marchas ni manivela. Así también no hacían ruido, eran veloces, la autonomía era razonable, así como también su costo. Superaban por 10 a 1 a los de gasolina. Tuvieron una etapa de olvido, el uso de combustibles y la introducción de vehículos de combustión interna ayudó a que no se desarrollen más los vehículos eléctricos. El uso de energía eléctrica para tranvías permitió nuevamente retomar esta tecnología. En la actualidad marcas como Dailmer AG, Audi, Renault, Toyota, Nissan Peugeot se encuentran en el desarrollo de vehículos eléctricos.

Los autos eléctricos son una opción muy importante para solucionar los problemas ecológicos y económicos en la actualidad. Si se hace una comparación, el precio recorrido de un auto eléctrico se estima que es 6 veces menor que el del automóvil de diesel o de gasolina (Lara Rivero, 2001). Esta eficiencia se incrementa especialmente cuando el vehículo eléctrico se encuentra parado en el tráfico que es muy común en las ciudades, esto no ocurre con los vehículos de combustión que durante ese tiempo de congestión continúa emitiendo emisiones de gases contaminantes (Sancan, 2017). El auto eléctrico no contamina, pero puede hacerlo indirectamente en ciudades donde la generación eléctrica no sea la adecuada y no se tenga fuentes de energía como reactores nucleares, opciones eólicas o geotérmicas. Además, muestra una mayor eficiencia del depósito a la rueda que es la traducción del término en inglés “Tank to Wheel efficiency”, dada la mayor eficiencia del motor eléctrico junto con la recuperación realizada por el freno regenerativo (Soret Miravet, 2011), también el vehículo eléctrico presenta un notable ahorro de energía primaria si se compara con un vehículo de combustión interna. Esta comparación depende de la eficiencia energética de los motores y de la eficiencia de la generación eléctrica esto se muestra en la figura 2.

Modelo de componentes Vehículo Eléctrico

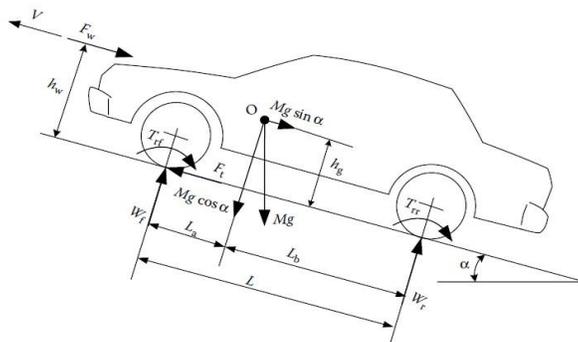
Todos los vehículos y más aún los eléctricos requieren de un diseño que involucre las fuerzas aplicadas al vehículo al encontrarse en una pendiente (Rocha-Hoyos et al., 2017), como se muestra en la figura 3.

Figura 2: Relación Well-to-Thank, Tank-to-Well



Fuente: Ceña, 2009

Figura 3: Fuerzas aplicadas al vehículo



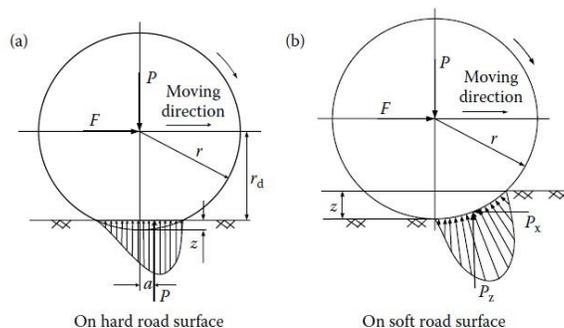
Fuente: Rocha-Hoyos et al., 2017

Los parámetros requeridos para el diseño son:

Potencia del motor. - Resistencia a la rodadura de los neumáticos sobre superficies duras causada principalmente por la histéresis en los materiales que están en contacto con el suelo (Izquierdo, Álvarez, y López, 1995). Un neumático en reposo en donde la fuerza P , actúa en el centro de la rueda y la presión en el área de contacto se distribuye simétricamente que es la resultante P_z , teniéndose también la deformación frente a la carga z . Debido a la histéresis en la deformación del material de caucho se muestra cuando el neumático está rodando, dependerá del

tipo de suelo de contacto ya que la distribución será asimétrica como se muestra en la figura 4 para terreno duro (a) y suave (b) (Izquierdo, Álvarez, y López, 1995).

Figura 4: Fuerzas aplicadas al neumático para terrenos suaves y duros.



Fuente: Izquierdo, Álvarez, y López, 1995

Los coeficientes determinados para la rodadura dependiendo del tipo de terreno se muestran en la figura 5, estos coeficientes se pueden utilizar para una velocidad máxima de 128 km/h.

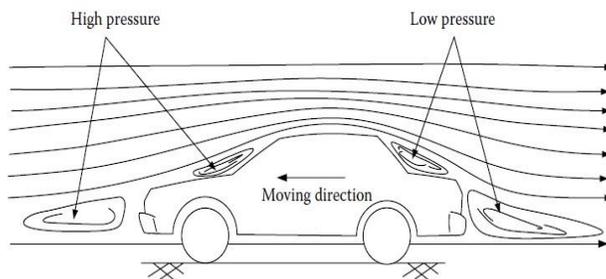
Figura 5: Coeficientes de resistencia a la rodadura

Rolling Resistance Coefficients	
Conditions	Rolling Resistance Coefficient
Car tires on a concrete or asphalt road	0.013
Car tires on a rolled gravel road	0.02
Tar macadam road	0.025
Unpaved road	0.05
Field	0.1–0.35
Truck tire on a concrete or asphalt road	0.006–0.01
Wheel on iron rail	0.001–0.002

Fuente: researchgate.com

Resistencia aerodinámica.- Un vehículo que viaja a una velocidad en particular tiene una resistencia al desplazamiento al estar en contacto con el viento. Esta es una fuerza que se denomina resistencia aerodinámica. Esto se debe principalmente a dos componentes que son la forma de arrastre y la fricción con la carrocería. En la figura 6 se muestra el nivel de presión aerodinámica en un vehículo cuando este se desplaza. Y en la figura 7 se representan los coeficientes a de resistencia aerodinámica.

Figura 6: Presión aerodinámica de un vehículo



Fuente: researchgate.com

Figura 7: Coeficientes de resistencia aerodinámica

Vehicle type	Coefficient of aerodynamic resistance
Open convertible	0.5...0.7
Van body	0.5...0.7
Ponton body	0.4...0.55
Wedged-shaped body; headlamps and bumpers are integrated into the body, covered underbody, optimized cooling air flow	0.3...0.4
Headlamp and all wheels in body, covered underbody	0.2...0.25
K-shaped (small breakaway section)	0.23
Optimum streamlined design	0.15...0.20
Trucks, road trains	0.8...1.5
Buses	0.6...0.7
Streamlined buses	0.3...0.4
Motorcycles	0.6...0.7

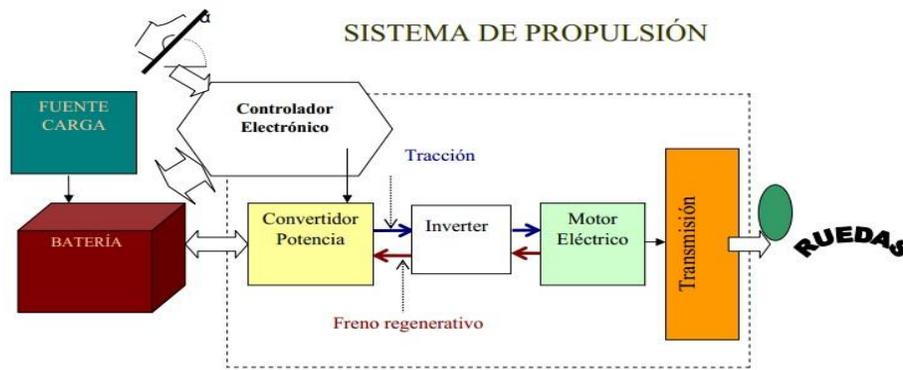
Fuente: researchgate.com

Se debe tomar en cuenta también el peso del vehículo que se desee diseñar, una fuerza de fricción cinética que dependerá del coeficiente de rodadura, la fuerza de fricción con el aire, la resistencia es decir la fricción, con estos parámetros se puede encontrar la potencia para el motor sin antes considerar las pérdidas mecánicas que podrá a presentarse (Izquierdo, Álvarez, y López, 1995).

Configuración de un vehículo eléctrico

La configuración del vehículo se esquematiza en la figura 8 (IEA, 2016.):

Figura 8: Configuración de un vehículo eléctrico



Fuente: autores

Especialmente la Comunidad Europea y sus países miembros están implementando estos cargadores. En la ciudad de Berlín, en la que se prepara un amplio despliegue de estaciones de carga para autos eléctricos. La acometida empieza con 500 estaciones distribuidas a lo largo de la ciudad alemana más grande. El servicio se pondrá a prueba por una flota de Smart ForTwo electric drive, que han visto desaparecer su motor de explosión en favor de uno eléctrico. Al conectarse a una de las estaciones, un sistema inteligente permite cargar el vehículo a la hora que más convenga, fuera de las zonas horarias con mayor demanda de electricidad y por tanto más caras (Morales et al., 2016). Todo esto puede ser controlado desde un ordenador o a través de un iPhone.

Prestaciones de las baterías

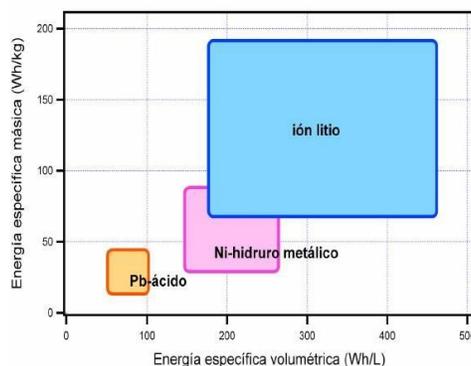
Según el motor encontrado se deberá determinar la corriente, relacionando la potencia sobre el voltaje del banco requerido de baterías. Es importante determinar la capacidad de cada batería sabiéndose que a mayor corriente menor capacidad, así normalmente una batería tiene un 50% de descarga. Son la fuente de poder más común en los vehículos eléctricos las que deben presentar las siguientes características:

- Alta potencia específica.
- Prolongado ciclo de vida.
- Bajo costo.
- Seguridad.

- Mantenimiento simple.
- Habilidad para ser reciclada.
- Sin riesgo de causar contaminación ambiental cuando sean desechadas.
- Habilidad para proporcionar una correcta estimación de la energía remanente.
- Baja auto descarga.
- Habilidad para ser recargada rápidamente.

Las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos pueden ser de plomo - ácido, níquel – hidruro metálico, ión – litio. En la figura 9 se muestra la relación entre la energía específica másica y la energía específica volumétrica, en donde se puede observar que la batería de ión litio tiene una mayor área tanto en masa como en volumen.

Figura 9: Relación de energía entre baterías



Fuente: Cueva et al., 2018

La distancia que un vehículo eléctrico puede recorrer sin recargar la batería, en los modelos actuales o de próxima fabricación, va de 60 a 250 kilómetros. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los desplazamientos diarios son inferiores a los 60 km. Un vehículo eléctrico consume de 0,12 kWh a 0,30 kWh por kilómetro; para recorrer 100 kilómetros haría falta una batería con una capacidad de 12 kWh a 30 kWh, dependiendo del modelo (Sánchez et al., 2018).

Aunque el mercado de los vehículos eléctricos está en sus inicios, ya se comercializan bicicletas eléctricas, motocicletas, automóviles, vehículos de reparto e incluso pequeños autobuses, como los que circulan en Madrid, Málaga, Segovia y otras ciudades. Entre 2010 y 2012 habrá una verdadera explosión, pues la práctica totalidad de las empresas automovilísticas están

desarrollando vehículos totalmente eléctricos o híbridos eléctricos con conexión a la red, como el Volt de General Motors (Weiss et al., 2012).

La generalización de las baterías recargables debe evitar los errores del pasado, y para ello se debe considerar todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas al reciclaje o eliminación, pasando por la fabricación y la operación, evitando o minimizando en todas las fases la contaminación y el vertido, y muy especialmente de metales pesados. Las tasas actuales de reciclaje de baterías de vehículos alcanzan o superan el 90%, tasas mucho más elevadas que las pequeñas baterías empleadas en usos domésticos (menos del 10%), y que en gran parte acaban en los vertederos. Dado que el litio es totalmente reciclable, cabe esperar que las tasas del 90% se mantengan e incluso aumenten ligeramente. En la figura 10 se muestra los tipos de baterías y sus características principales.

Figura 10: Características de las baterías de los vehículos eléctricos

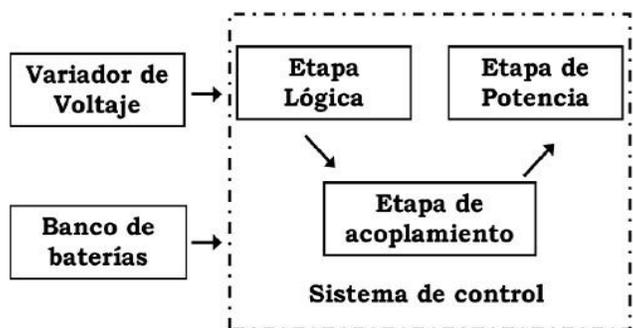
Tipo de baterías recargables	Energía (Wh/kg)	Energía/volumen (Wh/litro)	Potencia/Peso (W/kg)	Número de ciclos	Eficiencia energética-%
Zebra (NaNiCl)	125	300		1.000	92,5
Polímero de litio	200	300	>3.000	1.000	90,0
Iones de litio	125	270	1.800	1.000	90,0
Níquel-Hidruro Metálico (NiMH)	70	140-300	250-1.000	1.350	70,0
Níquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1.350	72,5
Plomo-ácido	40	60-75	150	500	82,5

Fuente: Sánchez et al., 2018

Convertidor de potencia

La función del convertidor se realiza en etapas como se muestra en la figura 11, en donde el variador de voltaje proporciona voltaje al sistema de control dependiendo de este, genera señales correspondientes a la etapa lógica. El banco de baterías colocadas en serie proporciona un voltaje que es necesario para el motor de eléctrico (Guardiola et al., 2014). Hoy en día el avance tecnológico ha permitido que se utilice baterías de aplicación solar, en donde el convertidor cumple con la misma función (Rocha-Hoyos et al., 2017).

Figura 11: Diagrama de bloques de un convertidor de corriente de un vehículo eléctrico.



Fuente: Autores

Inversor

Si el vehículo eléctrico tiene un motor de corriente alterna es importante colocar un inversor, cuya función principal es la de convertir la corriente continua en corriente alterna para que pueda funcionar el motor eléctrico, gestiona también la recuperación de la energía cinética a eléctrica en las frenadas y desaceleraciones, la figura 12 muestra un dispositivo de este tipo.

Figura 12: Inversor de un vehículo eléctrico.



Fuente: Autores

Motor eléctrico

La mayor parte de vehículos traen motores síncronos de imanes permanentes que permiten ser integrados directamente en la rueda del vehículo, optimizando el espacio en el vehículo y simplificando los acoplamientos mecánicos entre motor y rueda como son los de flujo axial, tienen estator y rotor dispuestos de forma longitudinal sobre el eje, los inconvenientes presentados son los esfuerzos radiales (Rodríguez, 2011). Este motor eléctrico se ha generalizado para el desarrollo de prototipos especialmente en competencias estudiantiles como el la Fórmula Student, en la figura 13 se muestra un motor eléctrico utilizado por la Technische Universität

Darmstadt en su prototipo para competencia de la Fórmula Student Germany categoría Vehículos Eléctricos de Agosto del 2012.

Figura 13: Motor eléctrico del vehículo de competición de FSE de Damstardt



Fuente: Autores

Las características principales de algunos motores eléctricos utilizados en los vehículos se muestran en la figura 14. La transmisión en algunos casos puede ser que los motores eléctricos se encuentren conectados directamente a las ruedas o que necesite un sistema de engranajes que permita que el vehículo pueda subir pendientes determinadas sin la necesidad de un mayor consumo mayor de energía.

Figura 14: Tipos de motores eléctricos para vehículos según la marca

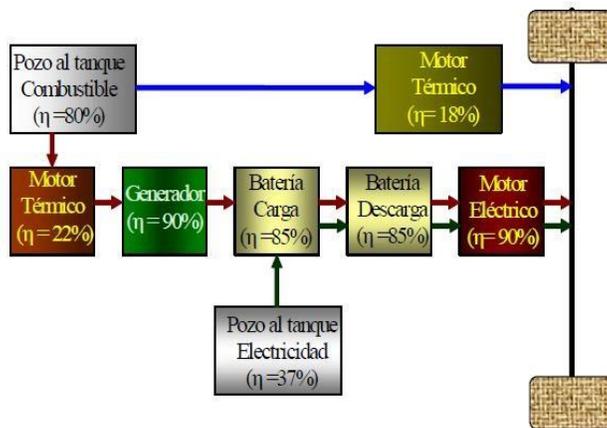
MODELO (ELÉCTRICOS)	MOTOR	BATERÍAS
 MITSUBISHI iMIEV  PEUGEOT ION  CITRÖEN	Motor Sincrono IP 47 kW – 180 Nm (0-8.500 r.p.m.)	LI-ÍÓN 330 V (50 Ah)
 RENAULT ZE	70 kW	LI-ÍÓN 400 V (90 kWh)
 MINI (BMW)	150 kW – 220 Nm	LI-ÍÓN
 SMART ED	30 kW	LI-ÍÓN
 TESLA MOTORS ROADSTER	Motor Inducción 195 kW (375V)– 375 Nm (0-4.500 r.p.m.)	6.831 individual LI-ÍÓN
 REVA	Motor Inducción 14,5 kW 52 Nm (8000rpm)	-Pb-Ácido -LI-ÍÓN
 Think- City	30 kW– 110 Nm (0-2.000 r.p.m.)	

Fuente: Autores

Rendimiento

El rendimiento de un vehículo con un motor eléctrico se lo puede ver como se muestra en la figura 15, para apreciarse su desempeño y las ventajas al usar este tipo de vehículos modernos.

Figura 15: Comparación de rendimiento de los motores eléctricos y de combustión



Fuente: Richardson, 2013

Ventajas respecto a los motores de combustión (Wu et al., 2015).

- Cero emisiones de CO₂, utilizando energías renovables.
- Alto rendimiento del sistema propulsor.
- Reducción del costo de operación.
- El funcionamiento es silencioso.
- Se puede utilizar la red eléctrica para recarga del vehículo.
- Cero emisiones al usar el vehículo.

Requerimientos (Ehsani et al., 2018).

- Se debe asegurar un nivel de autonomía adecuado.
- Se requiere la seguridad en el almacenamiento de la energía eléctrica.
- Los puntos de carga deben ser amplios.
- El tiempo que se requiere para la carga debe ser el óptimo.
- Debe tenerse una disponibilidad de energías renovables para suministrarlas a los vehículos.
- La construcción de los vehículos debe partir con un costo bajo tanto de baterías como de sus componentes.

Conclusiones

Los vehículos eléctricos son una alternativa más limpia con respecto a los vehículos convencionales en áreas altamente congestionadas y contaminadas, mediante las estrategias principales son la electrificación de todos los medios de transporte, además se espera que la producción de energía eléctrica necesaria para el suministro a los vehículos sea eficiente y no genere emisiones de CO₂.

Los vehículos eléctricos ofrecen en la actualidad soluciones para el uso en las ciudades especialmente con un tráfico elevado, su autonomía es de una velocidad menor a 100 km/h. en donde se reduce y se elimina las emisiones, estas tecnologías se encuentran disponibles especialmente en países desarrollados y se espera una notable penetración en los mercados de todo el mundo.

La evolución y las demandas de movilidad que se muestra en todas las ciudades hacen necesario la adopción de soluciones que modifiquen la oferta del transporte garantizando su sostenibilidad.

Referencias

1. Ceña, A., & Santamarta, J. (2009). El coche eléctrico: el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente. *World Watch En Español*, (30), 30-42.
2. Correa, P., Lorena, L., & Arenas Muneton, M. A. (2017). Evolucion del precio del petroleo durante los ultimos diez años.
3. Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *Enfoque UTE*, 9(1), 166-176.
4. DOT (2012). 2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Corporate Average Fuel Economy Standard. EPA.
5. Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). Modern electric, hybrid electric, and a. fuel cell vehicles. CRC press.
6. Guardiola, C., Pla, B., Onori, S., & Rizzoni, G. (2014). Insight into the HEV/PHEV optimal control solution based on a new tuning method. *Control Engineering Practice*, 29, 247-256.
7. Higgs, J. (2015). Historia alternativa del siglo XX: más extraño de lo que cabe imaginar. a. Taurus.
8. Ibarra Segura, R. (2017). El coche eléctrico de batería en España.
9. IEA, (2016). CO₂ emissions from fuel combustion", International Energy Agency/

10. Organisation for Economic Co-operation and Development, Indicators Balances. IEA, (2016). Technology Roadmap. Electric and plug-in hybrid electric vehicles. International Energy Agency. OECD Publishing.
11. Izquierdo, F. A., Álvarez, C. V., & López, V. D. (1995). Teoría de los vehículos automóviles. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
12. Lara Rivero, A. (2001). Convergencia tecnológica y nacimiento de las maquiladoras de tercera generación: el caso Delphi-Juárez. *Región y sociedad*, 13(21), 47-77.
13. Llanes Cedeño E.A., Rocha-Hoyos J.C., Peralta Zurita D., Leguísamo Milla J.C (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(1), 119-158.
14. Richardson, D. B. (2013). Electric vehicles and the electric grid: A review of modeling approaches, Impacts, and renewable energy integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 247-254.
15. Rocha-Hoyos, J. C., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S. F., & Peralta-Zurita, D. C. (2019). Efecto de la Adición de Biodiésel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel. *Información tecnológica*, 30(3), 137-146.
16. Rodríguez, J. (2011). Motores de tracción para vehículos eléctricos. UPM. Junio.
17. Ruíz, M. G. (2015). Pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Eléctrica).
18. Sancan, D. G. C. (2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. *INNOVA Research Journal*, 2(12), 1-10.
19. Sánchez, E. J. C., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *Enfoque UTE*, 9(1), 166-176.
20. Sharma, S., Panwar, A. K., & Tripathi, M. M. (2020). Storage technologies for electric vehicles. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*.
21. Soret Miravet, A. (2011). Estrategias para la mejora de la calidad del aire en una ciudad: Movilidad y vehículo eléctrico (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
22. Weiss, M., Patel, M. K., Junginger, M., Perujo, A., Bonnel, P., & van Grootveld, G. (2012). On the electrification of road transport-Learning rates and price forecasts for hybrid-electric and battery-electric vehicles. *Energy Policy*, 48, 374-393.

23. Wu, G., Zhang, X., & Dong, Z. (2015). Powertrain architectures of electrified vehicles: Review, classification and comparison. *Journal of the Franklin Institute*, 352(2), 425-448.
24. Morales, D. X., Icaza, D., Lliguin, L., Melgar, S., & Vimos, V. A. (2016, October). Acceptability determination of electric vehicles: Case study in a typical distribution transformer. In *2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)* (pp. 1-6). IEEE.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).