



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la
obtención del título de Ingeniero en Automotriz.**

AUTORES:

Bohorquez Carvajal Luis Augusto
Flores Bolaños José Antonio

TUTOR:

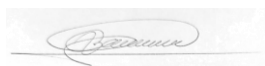
Ing. Bermúdez Herrera Leandro
Alexander

**COMPARATIVA DE PRESTACIONES TÉCNICAS EN
VEHÍCULOS M1 ELÉCTRICO Y GASOLINA EN ALTURAS
ENTRE 2800 Y 3521 MSNM.**

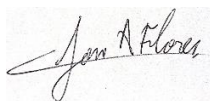
Certificación

Nosotros, Bohórquez Carvajal Luis Augusto, Flores Bolaños José Antonio, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Bohórquez Carvajal Luis Augusto



Flores Bolaños José Antonio

Yo, Bermúdez Herrera Leandro Alexander, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Firma

Bermúdez Herrera Leandro Alexander

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi abuela María Dolores Yáñez Medina y a la memoria de Jorge Carvajal, a la pasión por los autos y el ingenio heredado por mi abuelo Luis Bohórquez, al esfuerzo y apoyo de mis padres y familia, al apoyo de mi enamorada Salomé y mis amigos por creer en mi en los momentos que más los necesitaba.

Bohórquez Carvajal Luis Augusto

Este proyecto de titulación se lo dedico a Dios, a mi familia y mis docentes que a pesar de las adversidades que se presentaron en el transcurso de esta etapa, estuvieron para darme las fuerzas y guiarme en cada paso y todo mi esfuerzo, constancia y dedicación que invertí en este proyecto, sirva para futuras generaciones.

Flores Bolaños José Antonio

Agradecimiento

Agradezco a Dios que sin él no tendría la fuerza para este proyecto, agradezco a mis padres, maestros y colegas que me ayudaron a solventar dudas presentadas en mi periodo académico. También quiero agradecer a los ingenieros de servicio de AEKIA, por darnos la oportunidad de aprender junto a ellos y brindarnos la posibilidad de realizar las pruebas necesarias para este artículo y compartir su experiencia y conocimiento. Agradezco al Ing. Leandro Bermúdez por su paciencia y conocimiento brindado para este proyecto de grado.

Bohórquez Carvajal Luis Augusto

En primer lugar, agradecer al esfuerzo de mis padres que siempre han estado en todo momento, en segundo lugar, a los Ingenieros de servicio de AEKIA gracias a ellos nos llenaron de conocimiento, experiencia y carisma fueron de gran aporte en la presente investigación, y por último, pero no menos importante a los ingenieros Leandro Bermúdez y Gorky Reyes y su tutela ayudaron a la correcta culminación de este proyecto.

Flores Bolaños José Antonio

Índice de Contenido

Certificación	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimiento	4
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Marco Teórico	9
Definición Vehículo Eléctrico.	9
Componentes Principales de un Vehículo Eléctrico.....	10
Funcionamiento del Vehículo Eléctrico	10
Tipos de Vehículos Eléctricos	11
Características de los Vehículos Eléctricos	11
Recarga de los Vehículos Eléctricos.....	11
Puntos de Carga	11
Materiales y Métodos	12
Metodología de Investigación.....	12
Materiales.....	12
Resultados y Discusión.....	13
Comparación KIA Soul EV y 1.6 LX en Ruta Ciudad y Carretera	13
Comparativa de especificaciones técnicas KIA Soul EV y 1.6 L.....	16
Conclusiones.....	19
Referencias	21
Anexos	23
Anexos Introducción.....	23
Fundamentación Teórica.....	25
Anexos Resultados y Discusión.....	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Materiales para la elaboración del estudio	13
Tabla 2. Vehículos de prueba para la elaboración del estudio	13
Tabla 3. Datos del sistema KIA Soul EV y 1.6 L ruta ciudad.....	15
Tabla 4. Datos del sistema KIA Soul EV y 1.6 L ruta carretera	15
Tabla 5. Comparativa de especificaciones técnicas KIA Soul EV y 1.6 L	16
Tabla 6. Comparativa costos de mantenimiento KIA Soul EV y 1.6 L	17
Tabla 7. Comparativa de motorización	19

Índice de Figuras

Figura 2. Ruta de ciudad.....	14
Figura 2. Ruta de carretera	14

COMPARATIVA DE PRESTACIONES TÉCNICAS EN VEHÍCULOS M1 ELÉCTRICO Y GASOLINA EN ALTURAS ENTRE 2800 Y 3521 MSNM.

Ing. Leandro Bermúdez. MSc¹, Luis Bohorquez C.³, José Flores D.⁴

¹ *Maestría en Gerencia de Sistemas y TI – Universidad de las Américas, Ingeniero en electrónica, lebermudezhe@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

³ *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, email lubohorquezca@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

⁴ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, email jofloresbo@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

Resumen

Introducción: Los problemas medioambientales en la última década han ido en constante aumento, siendo la movilidad una de sus causas más evidentes, como respuesta a esta se originaron los vehículos eléctricos, mismos que buscan efficientizar la oferta de transportes terrestres limpios al tiempo que generan una disminución de costos. El presente artículo busca evidenciar la realidad de estas afirmaciones al comparar tanto técnica como financieramente los diferentes parámetros, para poder validar sus beneficios. **Metodología:** La metodología aplicada es cuantitativa experimental que, mediante la extracción de datos en ruta, permitió comparar parámetros de los vehículos Soul EV y Soul 1,6L bajo normativa reguladora. **Resultados:** Se logró identificar que los vehículos eléctricos se sitúan como transporte accesibles, eficientes y menos contaminantes en comparación con los vehículos de combustión interna. **Conclusión:** El vehículo eléctrico demostró un rendimiento más eficiente comparado con el vehículo de combustión interna, independiente a la altitud en la que se desarrollaron las pruebas (2800-3521 msnm) y con un ahorro económico del 85% en un periodo de uso de 100.000 Km.

Palabras clave: contaminación; movilidad; Combustión interna; vehículo eléctrico; rendimiento.

Abstract

Introduction: Environmental problems in the last decade have been constantly increasing, mobility being one of its most obvious causes, as a response to these electric vehicles originated, which seek to streamline the supply of clean land transport while generating a decrease in costs. This article seeks to demonstrate the reality of these statements by comparing both technically and financially the different parameters, to validate their benefits. **Methodology:** **The methodology** applied is experimental quantitative that, through the extraction of data en route, allowed to compare parameters of the Soul EV and Soul 1.6L vehicles under regulatory regulations. **Results:** It was possible to identify that electric vehicles are accessible, efficient and less polluting transport compared to internal combustion vehicles. **Conclusion:** The electric vehicle demonstrated a more efficient performance compared to the internal combustion vehicle, independent of the altitude at which the tests were developed (2800-3521 masl) and with an economic saving of 85% in a period of use of 100,000 km.

Keywords: pollution; mobility; Internal combustion; electric vehicle; yield.

Introducción

La sociedad ha sido testigo de los cambios a los que se ha sometido la industria automotriz, basándose en el desarrollo de ingeniería de vehículos eléctricos y nuevas tecnologías de energía limpia, las que han sido tomadas como una evolución inminente. Según la Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE), el porcentaje de ventas en vehículos eléctricos fue triplicada hasta el mes de mayo de 2022, en comparación a porcentajes obtenidos en 2018, demostrando que en nuestro medio el vehículo eléctrico está teniendo una acogida cada vez más grande.

En este proyecto de investigación se tuvo como finalidad comparar el comportamiento de los vehículos eléctricos en cuanto a su funcionamiento, costos beneficio y desempeño, con respecto a vehículos semejantes de combustión interna, los parámetros de comparación se tomaron en condiciones de altitudes entre 2800msnm hasta 3581msnm, siendo sometido a condiciones normales de movilidad y factores externos a la conducta de los vehículos a comparar.

El análisis de parámetros identificados en un vehículo eléctrico SOUL EV y su semejante de combustión interna SOUL LX, permitieron una identificación de ventajas y desventajas de ambos modelos. La aplicación de parámetros técnicos para demostrar el desempeño correspondiente de cada uno de los vehículos, sometidos a distintas pruebas, establece una comparativa de los datos obtenidos por las herramientas utilizadas en el periodo de experimentación en ruta, interpretando la información de las variables dependientes e independientes, plasmándolas mediante la ayuda de hojas de cálculo, en tablas que permitan su fácil interpretación de rendimiento y gasto económico.

Marco Teórico

Definición Vehículo Eléctrico.

El vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía química almacenada en baterías recargables para suministrar fuerza al motor mediante energía eléctrica; estas baterías generalmente son de Li-Ion y de Niquel-Hierro. (Gil & Prieto, 2013) El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica tomando los campos magnéticos como

base, y este posee por dentro un elemento conductor que suele trasladarse en el interior del campo magnético.

La tecnología que involucra los automóviles eléctricos tiene ventajas económicas en el aspecto de mantenimiento, eliminación del gasto en combustible de origen fósil, ordenanzas municipales y nacionales orientadas a promover la adquisición de vehículos eléctricos y disminuir los efectos contaminantes relacionados a la movilización vehicular tradicional; ventajas energéticas debido a la eficiencia y rendimiento energético así como la disminución de la huella de carbono, y, finalmente, ofrece también ventajas ambientales relacionadas con la contaminación, la disminución del ruido y la nula emisión de gases. (Energía y Sociedad, 2014)

Componentes Principales de un Vehículo Eléctrico

El vehículo eléctrico consta de carrocería-chasis y cinco sistemas: motorización, control, alimentación, transmisión-translación y elementos auxiliares. En el primer sistema se encuentra el motor, en el segundo recae la responsabilidad de suministrar energía al motor y dirigir el funcionamiento del vehículo, en el tercero constan las baterías, en el cuarto se contempla la dirección, transmisión, suspensión, frenos y otros similares, y, finalmente en el quinto se encuentra la iluminación, baterías auxiliares, refrigeración, calefacción, entre otros. (Pellicer, 1997). Los componentes principales de un vehículo eléctrico son la batería: elemento que almacena electricidad con la finalidad de mantener alimentado al vehículo siendo la fuente de energía; y los inversores: cuyo objeto es alterar la corriente de ser continua a convertirse en alterna para abastecer de energía el vehículo.

Funcionamiento VE

Este vehículo cuenta con un motor progresivo que se encuentra implantado en la base de las ruedas que permite el movimiento del automóvil a través del consumo de la energía almacenada en las baterías, así mismo, transforma la energía cinética para recargar la batería a través del freno regenerativo. (Ros & Barrera, 2017)

Tipos de VE

Estos vehículos se pueden clasificar en dos grupos el primero es un vehículo eléctrico puro conocido como *Hybrid Electric Vehicle* (HEV) y los segundos son vehículos híbridos, en ambos casos se utiliza el término *Electric Vehicle* VE para todos los tipos de vehículos eléctricos.

Los vehículos eléctricos híbridos HEV constan de combustión interna, freno regenerativo, motor eléctrico, batería y gasolina; los *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* PHEV son similares a los anteriores con la diferenciación de que cuentan con un dispositivo para enchufarlos a la red eléctrica. (Energía y Sociedad, 2014)

Características de los Vehículos Eléctricos

Desde una perspectiva mecánica los componentes utilizados en vehículos eléctricos son, en general, más simples que aquellos usados en combustión interna, debido a que poseen un dispositivo de provisión de energía que suministra al motor.

Las características de los vehículos eléctricos, de manera general, son: alta tensión, tracción eléctrica, *Kinetic Energy Recovery System* KERS y un sistema de enchufe a la red eléctrica. (Ros & Barrera, 2017)

Recarga de los Vehículos Eléctricos

El tiempo de carga depende del amperaje y el voltaje del que se esté suministrando la energía, este proceso es ayudado por los ventiladores integrados en las baterías que ayudan a conservar una temperatura adecuada. Existe una serie de sistemas de carga dependiendo de los factores y condiciones en las cuales se realiza, la primera es por la naturaleza de la energía: la red eléctrica es AC mientras que la del vehículo es DC, la segunda es por la transferencia de energía: por conducción o sin contacto, la tercera es por flujo de energía: unidireccional desde la red al vehículo y bidireccional y la cuarta es por velocidad de carga pudiendo ser: lenta, media o rápida. (Maza Ortega, 2019)

Puntos de Carga

La autonomía de las baterías en los vehículos eléctricos representa un factor primordial al momento de la decisión de compra, debido a que influye directamente en la trayectoria y tiempos de recorrido, por lo que es importante contar con una amplia red de abastecimiento que garantice la expansión del parque automotor eléctrico (Miranda Hernández & Iglesias González, 2015). Los usuarios según los sitios de carga se clasifican de acuerdo con los siguientes parámetros: calles, aparcamientos para carga eléctrica, domicilios individuales o colectivos y electrolinerías.

Materiales y Métodos

Metodología de Investigación

El estudio permitió el análisis del rendimiento mediante la comparativa y recolección de datos en tiempo real del Soul EV, al ser conducido en parámetros y ambientes similares a vehículos de tecnología usualmente utilizada en el Ecuador Soul 1.6 LX (combustión interna), fue considerada la eficiencia y consumo energético en los 2850 msnm de la ciudad de Quito.

A continuación, se indican las variables utilizadas.

VARIABLES DEPENDIENTES: Rendimiento del vehículo, autonomía, clima, tráfico.

VARIABLES INDEPENDIENTES: Conductor, tipo de conducción, altura, vehículos.

Se aplicó un enfoque cuantitativo experimental dado que, esta metodología es correspondiente a investigaciones y/o estudios cuyo desarrollo se enfoca o requiere indagar en el comportamiento de fenómenos cambiantes de manera controlada en las variables consideradas como independientes y dependientes dentro del estudio.

Materiales

Los recursos utilizados están divididos en herramientas y vehículos de prueba mismos que son indicados en las tablas 1 y 2. Las herramientas tomadas en cuenta dentro de este proceso experimental sirvieron para obtener los datos requeridos y responder las preguntas generadas al plantear los objetivos de esta investigación.

Tabla 1.

Materiales para la elaboración del estudio

Herramientas	Descripción
Interfaz OBDII KDS	Herramienta de diagnóstico utilizada para el monitoreo de datos en vivo de los vehículos M1 a gasolina y eléctrico.
MI RUTA GPS	Sistema de navegación y toma de datos en ruta para la monitorización de altitud, velocidad, trayectoria y distancia
Laptop	Computadora portátil para el análisis, recolección e interpretación de datos mediante el uso de Hojas de cálculo.

Fuente: autores

Tabla 2.

Vehículos de prueba para la elaboración del estudio

Vehículos de prueba	Descripción
Kia Soul EV	Vehículo eléctrico
Kia Soul 1.6 L	Vehículo de combustión interna

Fuente: autores

Resultados y Discusión

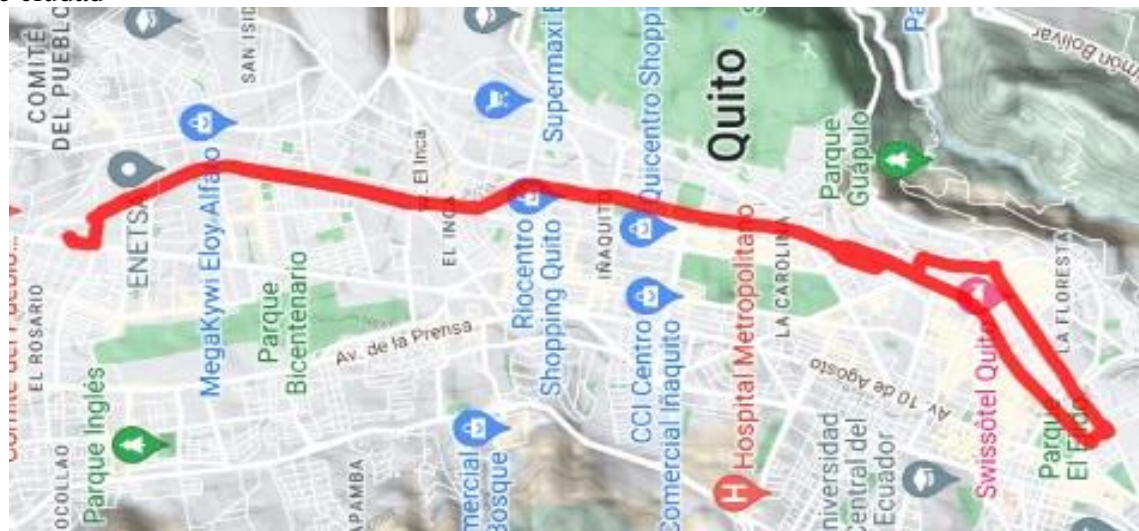
Mediante el uso de las herramientas mencionadas en el apartado de materiales y métodos, se alcanzó una serie de resultados que nos permiten comparar de manera eficiente el desempeño de los dos modelos de automóviles: Soul EV y Soul 1.6 LX.

Comparación KIA Soul EV y 1.6 LX en Ruta Ciudad y Carretera

Se aplicaron dos recorridos, el primero en ciudad que inició en Kia – Asiauto Matriz, a través de la Av. 6 de diciembre, hasta la Asamblea Nacional del Ecuador y de regreso a la concesionaria, como se aprecia en la figura 1; el segundo en carretera, para el cual la ruta inició en la Av. Galo Plaza Lazo y Sabanilla y continuó hasta la vía Quito-Papallacta, punto

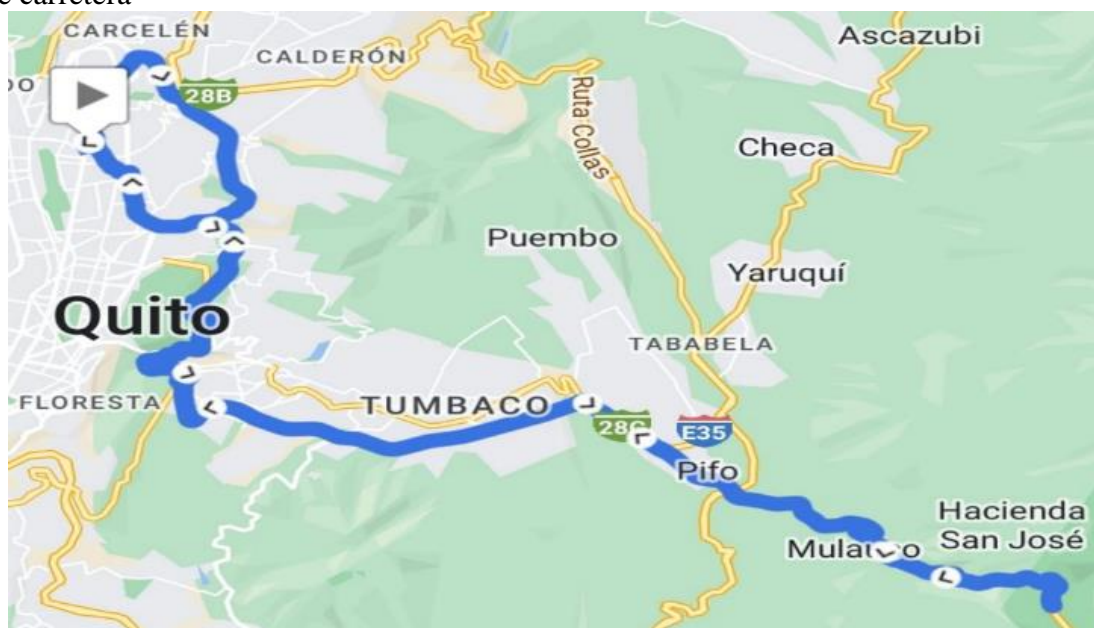
donde se procedió al retorno para finalizar la prueba en el punto de partida como se indica en la figura 2.

Figura 1.
Ruta de ciudad



Fuente: autores

Figura 2.
Ruta de carretera



Fuente: autores

Tabla 3.

Datos del sistema KIA Soul EV y 1.6 L ruta ciudad

Especificaciones	Kia Soul EV	Kia Soul 1.6 L
Velocidad real del motor	2213 RPM	3048 RPM
Velocidad media	11.5 km/h	17.2 km/h
Velocidad máxima	67 km/h	68.4 km/h
Tiempo de recorrido	2h00	1h18m
Recorrido	23 km	23 km
Altura	2796 – 1920 msnm	2796 – 1920 msnm
Consumo	10%	5%
Condición	Tráfico alto	Tráfico moderado
Accesorios	AC Nvl. 2, luces diurnas y radio	AC Nvl. 2, luces diurnas y radio
Pasajeros prueba	3 pasajeros	3 pasajeros
Temperatura del Motor	40° C	90°C

Fuente: autores

Según el análisis de datos obtenidos en la tabla 3 podemos observar que el funcionamiento del vehículo eléctrico en este tipo de trayectos urbanos logró ser más eficiente que un vehículo con motor de combustión interna, dado que no desperdicia energía al estar en condiciones de reposo debido a no necesitar velocidad mínima de giro, a la vez, al estar en constante cambio de aceleración y desaceleración se permite que el sistema regenerativo incremente de manera significativa la carga de baterías, lo que permite brindar una autonomía de funcionamiento mayor a la estimada.

Tabla 4.

Datos del sistema KIA Soul EV y 1.6 L ruta carretera

Especificaciones	Kia Soul EV	Kia Soul 1.6 L
Velocidad real del motor	5711 RPM	3194 RPM
Velocidad media	53 km/h	59 km/h
Velocidad máxima	127 km/h	117 km/h
Tiempo de recorrido	1h51	1h53m
Recorrido	100 km	100 km

Altura	2338 – 3521 msnm	2338 – 3521 msnm
Consumo	30%	15%
Condición	Tráfico bajo	Tráfico bajo
Accesorios	AC Nvl. 2, luces diurnas y radio	AC Nvl. 2, luces diurnas y radio
Pasajeros prueba	3 pasajeros	3 pasajeros
Temperatura del Motor	59° C	82.5°C

Fuente: autores

Se puede identificar tres aspectos, el motor eléctrico EV no requiere rotaciones mínimas al estar encendido solamente al estar en movimiento, únicamente los sistemas periféricos serán consumidores bajo estos parámetros, mientras que el 1.6 requiere un impulso mínimo para que el vehículo se mantenga funcionando; el segundo aspecto es la temperatura en términos de pérdida calorífica, ya que en el 1.6 LX la energía aprovechada es del 20% al 30% mientras que en el EV es del 90% al 95%; (Revista Energética de Chile, 2020). El tercero es la presión atmosférica que, causa una pérdida de rendimiento considerable en el vehículo a gasolina conforme aumenta la altitud snm impidiendo una correcta mezcla estequiométrica dentro de la cámara de combustión, el vehículo eléctrico no requiere de O₂ para su funcionamiento por ello no tiene afectación alguna en su rendimiento en cambios de altura.

Comparativa de especificaciones técnicas KIA Soul EV y 1.6 L

En el siguiente apartado se analizarán los valores en fichas técnicas

Tabla 5.
Comparativa de especificaciones técnicas KIA Soul EV y 1.6 L

Vehículo	Eléctrico		Gasolina	
	V. Teórico	V. Real	V. Teórico	V. Real
Velocidad Max.	145 KM/H	170 KM/H	177 KM/H	185 KM/H
Aceleración 0 a 100 km/h	11,2 seg	9 seg	11 seg	12,5 seg

Emisiones CO ₂ NEDC	0	148 CO ₂ (g/km)
Normativa emisiones	INEN 2204 Y EURO	INEN 2204 Y EURO
DGT	NO APLICA	NO APLICA
Masa vehicular neta	1565 Kg	1245 Kg
Capacidad	5 pasajeros	5 pasajeros
Relación Peso-Potencia	14,1 Kg/HP	10 Kg/HP
Eficiencia energética	90 - 95%	20 - 25%

Fuente: autores

A continuación, se detallan los costos de mantenimiento correspondientes al KIA Soul EV y 1.6 L, los mismos que incluyen mano de obra y repuestos.

Tabla 6.
Comparativa costos de mantenimiento KIA Soul EV y 1.6 L

Parámetros	Eléctrico	Gasolina
Intervalo por mantenimiento	20000 Km o 1 año	10000 Km o 6 meses
Duración promedio	de 45 a 60 min	120 - 180 min
Mantenimiento		Aceite, filtro de aceite,
Desechos contaminantes	Filtro de AC, Limpiador de frenos, líquido de frenos cada 100000 Km	Bandas de accesorios, Filtro AC, filtro de aire, filtro de combustible, aerosol de limpieza de cuerpo de aceleración,

		pastillas de freno, aerosol de limpieza de frenos, liquido de dirección hidráulica, líquido de frenos.
Costo mantenimiento	\$136 incluye IVA	Desde \$257 a \$272 incluye IVA
Costo total 100000 Km	\$793	\$3.022
Costo de suministro energético por carga	\$5 a \$7	\$30 gasolina extra \$66 gasolina super
Costo de suministro energético en 800 Km	\$ 20 a \$28	\$120 gasolina extra \$264 gasolina super

Fuente: autores

En la tabla 5, se observan inconsistencias en relación con las fichas técnicas al realizar las pruebas correspondientes, en los parámetros de velocidad y aceleración de 0 a 100 Km/h. Otro aspecto es que, el Soul a gasolina tiene una mejor relación peso potencia el vehículo eléctrico, compensa con la superioridad de torque en un 53% y la energía aprovechable del motor eléctrico.

A continuación, se detallan los costos de motorización correspondientes al KIA Soul EV y 1.6, los mismos que incluyen IVA, mano de obra y repuestos.

Tabla 7.

Comparativa de motorización

Parámetros	Eléctrico	Gasolina
Torque	285 Nm	152 Nm a 4850 rpm
Potencia	111 CV 81,4KW	122 CV 90,98KW
Tipo	ECO ELECTRIC	GDI (Gasoline Direct Inyection)
Ubicación de motor	Delantera	Delantera
Transmisión	Automática 1 velocidad	Manual 6 velocidades

Fuente: autores

El beneficio económico a corto plazo tomando en cuenta el uso promedio por año de 20.000 Km, al utilizar un vehículo eléctrico es 53%, comparándolo a largo plazo de uso promedio de 100.000 Km representaría un ahorro económico del 82%.

Conclusiones

En el vehículo a combustión interna se pudo observar que las variables independientes influyentes de consumo fueron el tráfico, altitud, modo de conducción, calor, masa, trayecto y consumidores eléctricos. En el vehículo eléctrico solo se toma en cuenta el desgaste energético producido por el modo de conducción, carga y el trayecto, sin verse afectado por variables anteriormente mencionadas.

Se concluye que mediante las pruebas realizadas el uso de vehículos eléctricos genera un ahorro económico de mantenimiento a largo plazo correspondiente al 41.05%, teniendo en cuenta un uso de 100000 Km por vehículo, lo que se traduce en un ahorro neto de \$ 4729, tomando en cuenta el valor de carga promedio y los mantenimientos preventivos, según lo especificado por el fabricante. Al desglosar costos por mantenimientos tenemos un costo para el Soul 1,6L desde los \$272 a los 10.000Km hasta \$519 en los 100.000Km dándonos una suma total de \$3.022 realizándolos cada 10.000Km según lo especifica el fabricante. En el Soul EV los mantenimientos son realizados cada 20.000Km con un valor de \$136 a excepción del correspondiente a 100.000Km con un valor de \$249.

En las pruebas realizadas se determinó que, el Kia Soul EV puede ser utilizado sin inconveniente en zonas urbanas y carreteras perimetrales a 2800 y 3500 m snm, con mayor

eficiencia y desempeño que un vehículo Kia Soul 1,6L a gasolina, tomando en cuenta la autonomía de 200Km en la versión eléctrica tomado para este estudio.

Referencias

Costas, J. (23 de 06 de 2011). *Motor pasión*. Recuperado el 01 de 06 de 2022, de <https://www.motorpasion.com/otros/ciclo-nedc-o-como-entender-los-consumos-homologados>

Energía y Sociedad. (12 de agosto de 2014). *Energía y Sociedad*. Obtenido de <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-1-por-que-el-vehiculo-electrico/>

Gil, S., & Prieto, R. (Junio de 2013). *PETROTECNIA*. Obtenido de Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas: <https://www.petrotecnica.com.ar/junio13/notas/AutorElectricos.pdf>

Larrodé Pellicer, E. (1997). *Automóviles Eléctricos*. Zarazoga: Reverté S.A.

Maza Ortega, J., & Gómez Expósito, A. (2019). *Ministerio de Industria, Comercio e Industria*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2022, de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/411/MAZA%20Y%20G%C3%93MEZ.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (28 de 09 de 2022). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>

Miranda Hernández, J. M., & Iglesias González, N. (25 de noviembre de 2015). *Depósito de Investigación Universidad de Sevilla*. Obtenido de idUS: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/50378/ObMe_iglesiasgonzalez_2015_lasinfraestructuras.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Municipio de Quito. (01 de Febrero de 2019). *Municipio de Quito*. Obtenido de https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Proyectos%20Ordenanzas/475/IC-O-2019-027.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*.

Recuperado el 5 de Marzo de 2015, de http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Revista Energética de Chile. (05 de 06 de 2020). *Revista Energética de Chile*. Recuperado el 2023 de 01 de 24, de <https://www.revistaei.cl/2020/06/05/informe-motores-electricos-vs-combustion/#:~:text=Eficiencia%20Y%20Rendimiento%20Energ%C3%A9tico&text=Mientras%20en%20los%20motores%20el%C3%A9ctricos,el%2030%25%20para%20motores%20di%C3%A9sel>

Ros Marín, J. A., & Barrera Doblado, Ó. (2017). *Vehículos Eléctricos e Híbridos*. Madrid: Paraninfo.

Anexos

Anexos Introducción

Pregunta de investigación

1. ¿Cuáles son los materiales necesarios?
2. ¿Cuáles son las maquinas que se utilizan?
3. ¿Cuáles son los datos que deben ser verificados en la investigación?
4. ¿Cómo ayuda el estudio realizado al medio ambiente y economía del país?

Objetivos

Objetivo General

Analizar los factores que influyen en el consumo de energía, entre vehículos eléctricos respecto a vehículos de combustión interna.

Objetivo Específico

Detallar factores influyentes en el consumo energético de vehículos eléctricos vs el consumo químico-energético generado en vehículos de combustión interna bajo los mismos parámetros en condiciones normales en alturas entre 2800 y 3521 msnm.

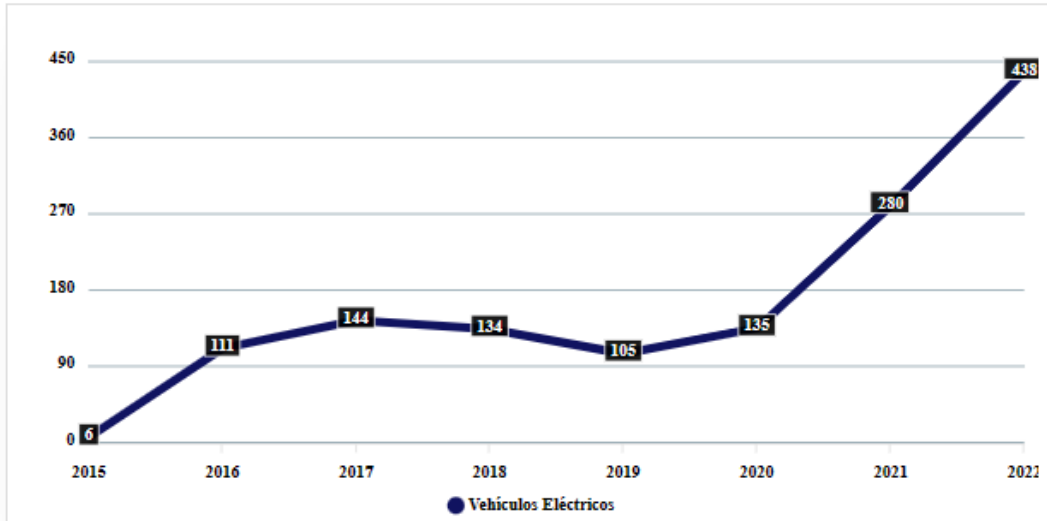
Comparar mediante tablas el costo generado entre el vehículo de combustión interna y el vehículo eléctrico tomando en cuenta los parámetros de uso promedio de un vehículo en alturas entre 2800 y 3521 msnm

Evaluar el desempeño de un vehículo eléctrico en comparación a un vehículo de combustión interna en condiciones normales de funcionamiento en alturas entre 2800 y 3521 msnm.

Anexo 1: Varus. Historial de ventas en Ecuador

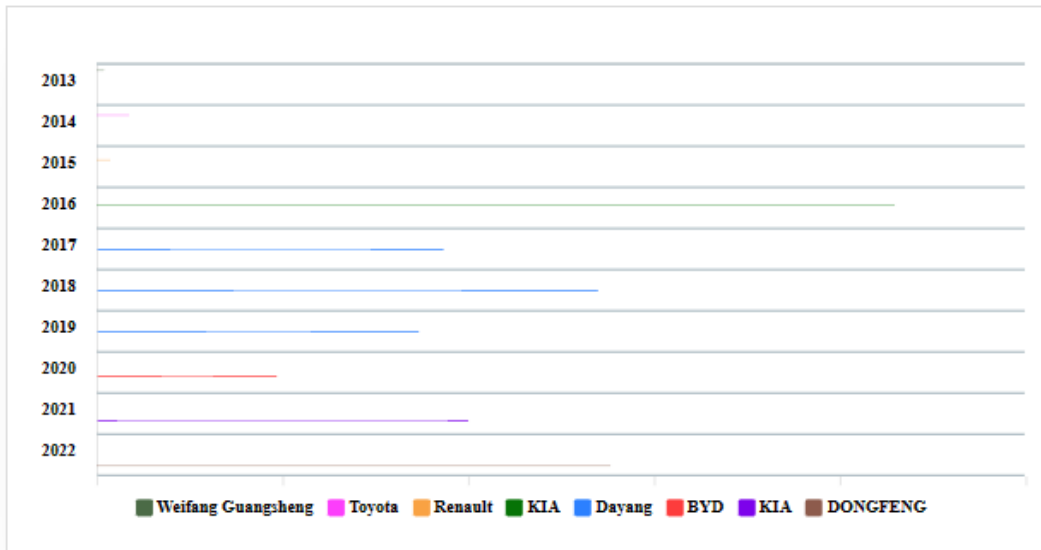
HISTORIAL DE VENTA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Fuente: SRI



HISTORIAL DE MARCAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS VENDIDAS

Fuente: SRI



Fundamentación Teórica

Anexo 2: Gil, S., & Prieto, R. Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?



Fuente de imagen

Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?

La eficiencia energética llevada a los vehículos es crucial, por cuanto en nuestro país la tercera parte de la energía se utiliza en ellos.

Por *Salvador Gil* y *Roberto Prieto*

Aproximadamente un tercio de la energía total de la Argentina se utiliza en transporte. Una importante fracción de este transporte se realiza con vehículos propulsados por motores de combustión interna. La eficiencia energética, desde que el petróleo sale del pozo hasta que llega a la rueda de esos vehículos, es del orden del 15%. Si a esto agregamos que muchas veces los vehículos livianos que usamos para transporte tienen una masa entre 15 a 20 veces la de sus pasajeros, la eficiencia energética para trasladar la carga útil (pasajero) es inferior al 1%.

Esto nos incita a analizar críticamente la eficiencia de nuestro sistema de transporte. Actualmente existen alternativas, como los vehículos eléctricos, que tienen eficiencias hasta cuatro veces mayores y emiten cuatro veces menos CO₂ que los convencionales. En este trabajo se analiza la eficiencia de varias alternativas de vehículos: a GNC, híbridos y eléctricos, respecto de los convencionales a nafta. Su objetivo es motivar una discusión y análisis más exhaustivo de esta importante cuestión.

Es frecuente encontrar análisis de la problemática energética nacional que la reducen a una simple cuestión de oferta. Es decir, a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento que satisfagan la demanda. Este enfoque elude un aspecto fundamental del problema, que es la naturaleza y el rol de la demanda. Por otra parte, hay un creciente consenso sobre que el calentamiento global que está ocurriendo es en buena parte producido por el uso de combustibles fósiles. Estos hechos plantean desafíos que no podemos soslayar.

En este escenario, la alternativa de usar más eficientemente nuestros recursos energéticos es crucial. El objetivo de la eficiencia consiste en usar los mínimos recursos energéticos posibles, para lograr el nivel de confort deseado. Esta elección tiene sentido tanto desde el punto de vista económico como medioambiental. Al usar menos combustibles para hacer las mismas actividades, mitigamos las emisiones de gases de efecto invernadero, preservamos nuestros recursos y disminuimos los gastos en energía de los usuarios.

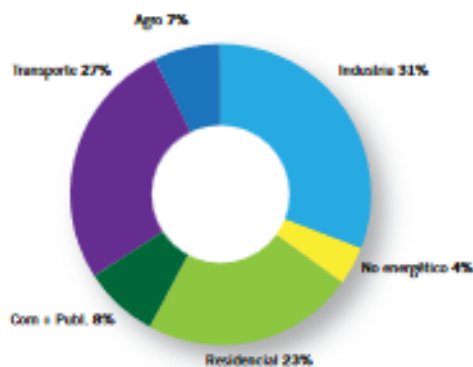


Figura 1. Distribución de la energía primaria en Argentina entre sus distintos usos, correspondiente al año 2009. Aquí, Com+Públ se refiere a la energía usada en actividades comerciales y públicas, No Energético se refiere a los insumos energéticos que se usan como materia prima para fabricación de productos (plásticos, fertilizantes, etc.).

En la Argentina, en el año 2009, aproximadamente un tercio de la energía primaria se utilizaba en el transporte (ver Figura 1). Se espera que el consumo mundial de energía se incremente en cerca del 50% en los próximos 30 años,¹ y si no se modifican las pautas de consumo, en Argentina, este incremento ocurrirá en 20 años. Nuestras reservas de combustibles fósiles son limitadas. El abastecimiento a partir de fuentes externas es altamente costoso

y no previsible debido a las fluctuaciones de los precios internacionales y a las incertezas en el suministro.

Es que en nuestro país el gas natural juega un rol crucial. No solo constituye el combustible más importante de la matriz energética nacional, sino que la red de transporte y distribución disponible es una de las más amplias del mundo. De la flota de aproximadamente 8,5 millones de vehículos impulsados a Gas Natural Comprimido (GNC) que existían en el mundo en el año 2008², más de 1,5 millones estaban en Argentina. Esto nos convierte en uno de los países con mayor desarrollo de esta tecnología. Disponemos de una importante infraestructura, numerosas estaciones de carga distribuidas en casi todo el país y una desarrollada industria de equipos para vehículos a GNC.

Varios estudios recientes y hallazgos realizados *in situ*, sugieren que las potencialidades del gas natural no convencional en Argentina son muy prometedoras.³ Las nuevas tecnologías de extracción, fractura hidráulica ("fracking"), están haciendo que la producción de gas natural no convencional en los Estados Unidos ya alcance cerca del 25% del total de su producción, con perspectivas muy optimistas para el futuro. Es de esperar, en un tiempo no lejano, un avance importante de gas natural no convencional en Argentina. Es decir, el gas natural seguirá teniendo un papel substancial en nuestra matriz energética.

Hay evidencias cada vez más claras de que el calentamiento global que está experimentando la Tierra tiene causas antropogénicas. Se estima que el 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son consecuencia del uso de combustibles fósiles.⁴ Es prudente e imperioso que disminuyamos nuestras emisiones GEI. A nivel internacional, cerca del 15% de las emisiones de GEI son producidas por el transporte.

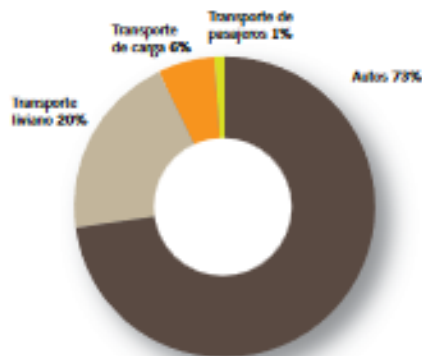


Figura 2. Parque automotor en Argentina. Los automóviles de pasajeros (autos), constituyen aproximadamente el 73% del parque automotor. Transp. liv. se refiere a vehículos tipo pick-ups usados para el transporte liviano. Transp. carga son camiones y transp. pasaj. hace referencia a autobuses.

El uso racional y eficiente (URE) y el aprovechamiento de las energías renovables, son claramente componentes importantes en la búsqueda de soluciones a los desafíos energéticos del presente y futuro. Su objetivo es lograr los niveles de confort deseables, usando los mínimos recursos

energéticos posibles, sobre todo los derivados de combustibles fósiles, y mitigar las emisiones de GEI. El URE y el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables son dos caras de una misma moneda, que se complementan adecuadamente. Al disminuir las demandas energéticas, los aportes de fuentes renovables comienzan a jugar un rol más significativo y se genera un círculo virtuoso. Por una parte, se disminuyen las emisiones de GEI, se desarrollan tecnologías para aprovechar nuevas fuentes renovables. Esta sinergia puede generar nuevos emprendimientos, empleo y desarrollo económico.

En este estudio nos restringiremos al caso del URE aplicado al transporte, con especial foco en vehículos pequeños y medianos, es decir, automóviles que representan aproximadamente el 73% del parque nacional (ver Figura 2), dejando para otro estudio el caso del transporte de carga y colectivo de pasajeros. No analizaremos aquí el caso de transporte ferroviario; que dada su importancia tanto para el transporte público de pasajeros y especialmente en el transporte de carga, merecen una deferencia especial. Tampoco se considera el caso de biocombustibles ni el caso de motores diesel de última generación. Los valores numéricos indicados en este trabajo son en general aproximados, y sirven para indicar el orden de magnitud de las cantidades de energía involucradas.

Eficiencia energética de vehículos

No toda la energía de los combustibles que se carga a un vehículo llega a las ruedas. Gran parte de ella se pierde en fricción y calor. Las pérdidas de energía de un vehículo se pueden clasificar en dos categorías: las pérdidas en ruta y las pérdidas de conversión.

Pérdida de energía en ruta: Todos los vehículos, independientemente de su tipo, tienen pérdidas de energía al circular por la ruta, que incluyen: a) la fricción del aire, b) la fricción mecánica (rodamientos, ejes, transmisión, frenado, etc.), y c) la resistencia de rodadura de las

ruedas. Estas pérdidas de energía están presentes en todos los vehículos. La pérdida de energía por unidad de distancia recorrida, debido a la fricción con el aire, aumenta cuadráticamente con la velocidad del vehículo, mientras que las otras pérdidas son casi independientes de la velocidad. La Figura 3 ilustra esquemáticamente esta situación para un automóvil compacto moderno.

Las pérdidas por fricción con el aire pueden reducirse con un diseño aerodinámico adecuado. Asimismo, con neumáticos de baja resistencia de rodadura y con la presión adecuada, se pueden disminuir estas pérdidas de energía. Las pérdidas mecánicas pueden reducirse mediante el diseño de frenos, cojinetes y otros componentes giratorios de menor fricción. Un factor muy importante en la eficiencia es el peso del vehículo mismo. Al disminuir el peso, disminuye la potencia necesaria para impulsarlo, por lo que el tamaño del motor se reduce, tanto en potencia como en peso. Un menor peso, a su vez, disminuye las pérdidas de energía en los frenados, ya que la energía cinética es proporcional a la masa del vehículo. Por lo tanto, hay una gran ventaja en hacer el vehículo lo más ligero posible.

Pérdida de energía de conversión: se refiere a la eficiencia con que el motor del vehículo transforma la energía de los combustibles o la acumulada en batería en energía mecánica. En el caso de los motores eléctricos, esta transformación es muy eficiente; en general superior al 90%. Por otra parte, en los motores de combustión interna, esta transformación está limitada por el segundo principio de la termodinámica. Esta eficiencia de conversión se incrementa al aumentar la temperatura del motor y disminuir la de los gases de escape. Pero la resistencia de los materiales limita la máxima temperatura del motor, y la temperatura ambiente pone una restricción a la temperatura de los gases de salida. Algunos motores diesel de automóviles compactos tienen eficiencias de conversión del orden o inferior al 40%, y en los vehículos que usan gasolina esta eficiencia es inferior al 30%. De este modo, en los vehículos con motores de combustión interna,

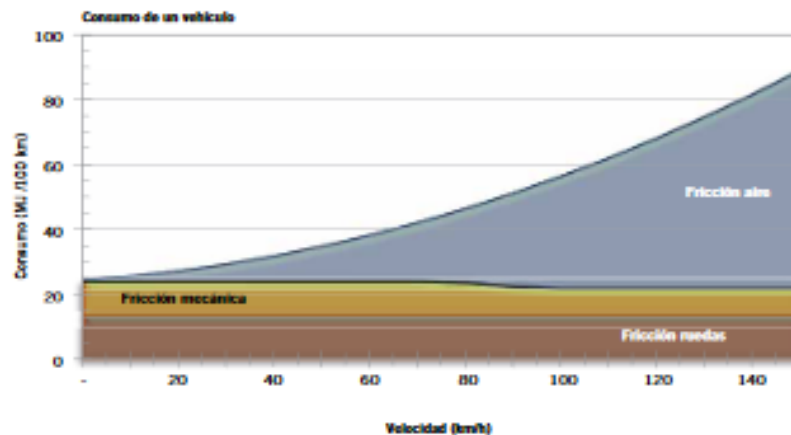


Figura 3. Diagrama esquemático del consumo de energía en ruta de un vehículo por kilómetro, como función de la velocidad para un automóvil compacto moderno.^{4,12}

entre el 60% al 70% de la energía de los combustibles se disipa en forma de calor. El resto (40% o 30%) se utiliza en proveer la energía mecánica necesaria para suplir las pérdidas en ruta. Sin embargo, como veremos seguidamente, estas pérdidas de energía son solo una parte de la que es necesaria para movilizar un vehículo.

Eficiencia de pozo a la rueda

El concepto de eficiencia del pozo a la rueda o «well-to-wheel» (W2W) toma en cuenta todas las transformaciones que un insumo dado de energía primaria sufre desde que se extrae de la naturaleza (well) hasta que llega al tanque o batería eléctrica (tank). También incluye la eficiencia desde que se carga de combustible el tanque o de electricidad a la batería hasta que se transforma en energía mecánica para recorrer una distancia dada. Así, la eficiencia y el consumo de «well to wheel» se puede separar en dos partes: «well-to-tank» (W2T) y «tank-to-wheel» (T2W). La primera etapa, W2T, incluye los gastos energéticos de la extracción de petróleo, su transporte, procesamiento y la entrega de combustible al tanque (tank). El concepto de «tank-to-wheel» hace referencia a la eficiencia del vehículo propiamente dicho, desde que se carga de combustible hasta que este se transforma en energía mecánica.

Así, cuando decimos que un automóvil tiene un rendimiento de 15 km/litro, estamos haciendo referencia al consumo «tank-to-wheel». Para obtener un litro de nafta, cuyo poder calorífico es de aproximadamente 8.232 kcal/l (o 34,5 MJ/l), es necesario tener en cuenta la eficiencia de transporte del petróleo a la refinería (~ 92%), la eficiencia de refinamiento (~ 85%) y la de distribución de la nafta (~ 94%). Por lo tanto, la eficiencia W2T de la nafta es del orden de ~73,5% ($= 100 \times 0,92 \times 0,85 \times 0,94$). De modo que el consumo W2W para el ejemplo considerado resulta 15 km/l / (34,5 / 0,735) MJ/l = 0,32 km/MJ. Por otro lado, por cada litro de nafta se emite aproximadamente 2,3 kg de CO₂, de modo que las emisiones por kilómetro son ~ 216 g(CO₂)/km.

En el caso de vehículos eléctricos, la eficiencia T2W es en general del orden del 90%; sin embargo, la generación eléctrica de origen térmico en centrales de ciclo combinado,

tiene una eficiencia del 58%; a esto hay que agregar la eficiencia del transporte de gas (~ 95%) y la eficiencia de distribución eléctrica (~ 88%). De este modo, la eficiencia W2W de un auto eléctrico alimentado con electricidad de origen térmico con combustible de gas es del orden del 43% ($= 100 \times 0,9 \times 0,58 \times 0,95 \times 0,88$). Además, hay que tener en cuenta que en promedio en Argentina por cada kWh se genera 0,5 kg de CO₂. En un análisis «well-to-wheel», estas características de la generación eléctrica deben ser incluidas para comparar distintas tecnologías.

También se usa el concepto de eficiencia "well-to-wheel" en forma porcentual. Se refiere a la proporción de energía de un combustible primario dado que finalmente se convierte en energía útil al final de la cadena. Por su parte, el consumo "well-to-wheel" se define como el contenido de energía primaria que se necesita para recorrer 1 km y se expresa en MJ/km. Desde luego, en la energía se deben contabilizar todos los procesos del combustible primario necesarios para que finalmente el vehículo recorra 1 km. En el caso de un vehículo convencional a nafta, con una eficiencia W2T del 20%, resulta que su eficiencia W2W es del orden del 15% (20% x 73.5%). Si tenemos en cuenta que frecuentemente los vehículos tienen masas entre 15 a 20 veces la de sus pasajeros, resulta que un automóvil que transporta a una sola persona tiene una eficiencia energética para trasladar la carga útil (pasajero) que es inferior al 1%.

El concepto de "well-to-wheel" fue desarrollado por el Laboratorio Nacional de Argonne. Es muy útil para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por diversos medios de transporte. Es interesante señalar que un concepto más abarcativo para contabilizar el impacto ambiental, emisiones de CO₂ y consumo de energía, es el análisis del ciclo de vida de un producto, en este caso el vehículo, teniendo en cuenta la energía y las emisiones usadas para transformar la materia prima en el producto final, su consumo durante su ciclo de vida "well-to-wheel" y finalmente la energía y emisiones producidas en el reciclado y deposición del mismo. Esta metodología usada en el estudio del ciclo de vida de un producto se conoce como análisis de cuna-a-la-tumba o ciclo "cradle-to-grave". En el caso de los vehículos livianos, no hay estudios extensivos ni homologados, pero se estima que entre el 25% al 30% de la energía total que usa un automóvil en su vida útil (- 150.000 km), se emplea en la fabricación de los mismos. En este trabajo solo haremos referencia al ciclo "well-to-wheel".

Nuevos vehículos

En los últimos años se desarrollaron distintas variedades de vehículos eléctricos e híbridos; muchos de ellos ya se encuentran en el mercado internacional. Aquí hacemos una breve síntesis de las variantes más populares y siglas que se usan para designarlos.⁹

- **Vehículos eléctricos a batería (BEVs):** Estos vehículos son propulsados por electricidad almacenada en una batería de larga vida, diseñadas especialmente para este tipo de vehículos. En general son baterías de Li-Ion o baterías de níquel-hierro. Dado que la fuente de propulsión es la electricidad, en principio las emisiones de CO₂ del surtidor a las ruedas, T2W, es cero. Desde luego, las emisiones para generar la electricidad, producir y reciclar los vehículos, no están contabilizadas en esta última aseveración. La batería se carga de la red eléctrica convencional o punto de carga públicas diseñados especialmente para este fin.

Ventajas: Entre las muchas ventajas de los vehículos eléctricos, está la de tener frenos regenerativos. En los sistemas de freno tradicional, basados en la fricción, la energía cinética del vehículo se pierde con cada frenada. Los frenos regenerativos permiten que una fracción importante de energía cinética del vehículo se transforme en electricidad y se acumule de nuevo en la batería. Por otra parte, cuando un automóvil se detiene en un semáforo, simplemente no hay consumo. Esto contrasta con vehículos de combustión interna, donde se continúa consumiendo combustible cuando el mismo está detenido en punto muerto.

Desventajas: Una de las desventajas de los BEVs es que aún las baterías de larga vida son caras, pesadas y tienen un número de recargas limitadas (entre 300 y 1.000). Por otro lado, los tiempos de recarga son en general prolongados, del orden de unas 8 horas y requieren de un sistema de conexión eléctrico con "timer", que tiene un costo superior a los US\$ 1.000. En los últimos tiempos se



desarrollaron estaciones de carga que reducen este tiempo a una fracción de una hora. Esto contrasta con los vehículos convencionales, donde la carga de combustible tarda solo unos pocos minutos. Algunos modelos de BEV permiten cambiar las baterías en la estación de carga, con lo cual se reduce el tiempo de carga. En este caso la batería es una parte intercambiable del mismo. Sin embargo, la infraestructura para tanto las estaciones de carga rápidas como el intercambio de batería, aun en países avanzados, está en una etapa muy incipiente.

La autonomía de cada carga en los BEV es de unos 120 a 160 km, aunque hay prototipos con autonomía de hasta 350 km. Actualmente, el costo de los BEV varía entre U\$S 25.000 y 40.000, o sea entre 5 a 20 mil dólares más caros que sus análogos convencionales a gasolina. Ejemplo de estos tipos de vehículos son, entre muchos: Peugeot Ion Eléctrico, Nissan Leaf, Renault Fluence Z.E.

- **Vehículos híbridos eléctricos (HEV):** Los híbridos son quizás los vehículos eléctricos más comunes y difundidos en el mercado actualmente. Estos combinan automáticamente entre un motor de combustión

interna eficiente y un motor eléctrico para maximizar la eficiencia de combustible. El motor de combustión interna carga la batería. De este modo es posible recorrer varios kilómetros en estos vehículos usando motores eléctricos solamente. Algunos modelos más nuevos pueden combinar los dos tipos de motores (eléctrico y combustión interna) en momentos en que se requiere mucha potencia, por ejemplo, fuertes aceleraciones. Algunos modelos tienen un motor eléctrico que acciona las ruedas traseras, que permite tener tracción en las cuatro ruedas, que además pueden aportar más economía en su desplazamiento.

Ventajas: Los híbridos ya están en el mercado desde hace cerca de una década, por lo que su tecnología está madura. También hay una creciente selección de modelos en venta, incluyendo las variantes de alto rendimiento.

El combustible que usan es el convencional, de modo que la infraestructura de carga ya está disponible. Su manejo es similar al de un automóvil con caja de cambios automática. Para comparación del consumo, se puede tomar el Toyota Corola y el Prius; mientras el primero tiene un consumo (suponiendo 50% en ciudad y 50% en ruta) de 14,4 km/l, el segundo tiene bajo las mismas condiciones un rendimiento de 23,4 km/l, o sea un rendimiento 62% mejor que un vehículo convencional.¹⁰

Desventajas: La tecnología sigue siendo cara, los costos de estos vehículos en EE.UU. son del orden de unos 10 mil dólares más caros que los convencionales. Así por ejemplo, mientras un vehículo convencional cuesta en los EE.UU. unos U\$S 20.000, en su versión equivalente híbrida (HEV) cuesta unos U\$S 30.000. Muchos estados de EE.UU. y el Gobierno federal de ese país ofrecen bonos (rebates) y descuento de impuestos que varían entre unos 5 a 10 mil dólares. Con estas medidas se estimula la difusión de estos modelos de automóviles. Su ventaja es disminuir las emisiones CO₂ y la contaminación en las ciudades. Ejemplos de este tipo de vehículos son: Toyota Prius, Peugeot 3008 Hybrid4, entre otros.

- **Vehículos eléctricos de autonomía extendida o Extended (E-REV):** Estos vehículos son similares a los BEV, pero disponen de un motor de combustión interna solo para aportar carga a la batería. Para viajes

de hasta 80 km, el coche puede funcionar solo con electricidad. La batería se recarga mediante el motor de combustión interna o toma de corriente. Una vez que se agota la carga de la batería, el motor de combustión interna hace funcionar un generador que suministra energía eléctrica para recargar la batería. Esta es la diferencia con un híbrido; el motor de combustión interna nunca proporciona potencia en forma directa a las ruedas.

Ventajas: los E-REV tienen mucha autonomía y pueden funcionar en modo eléctrico hasta unos 80 km. Por lo tanto, reducen considerablemente las emisiones.

Desventajas: Su costo es todavía alto, entre unos 10 a 20 mil dólares más que un automóvil convencional. Ejemplos: Chevrolet Volt, el Opel Ampera.

- **Vehículos a Hidrógeno con Celdas de Combustible (FCEVs):** Estos vehículos son eléctricos, pero la fuente de electricidad es una celda de combustible (CC), que utilizan una reacción de hidrógeno y oxígeno para producir electricidad. El reabastecimiento de combustible tarda alrededor de tres minutos y la emisión de escape es solo vapor de agua. Aunque hay prototipos de distintos fabricantes en muchas partes, no hay muchos vehículos con celdas de combustibles en el mercado. En el mundo hay unas pocas decenas de este tipo de vehículos en circulación a modo de ensayo.

Ventajas: los vehículos de celdas de combustible ofrecen la conveniencia de sistemas de propulsión eléctrico, pero con tiempo de carga similar a los convencionales. No emite gases nocivos ni CO₂.

Desventajas: La infraestructura de abastecimiento de combustible para los vehículos de celda de combustible de hidrógeno es casi inexistente en el mundo.

El costo de estos vehículos es muy alto: entre 120 a 140 mil dólares por unidad, lo mismo que el costo del combustible. En EE.UU. el hidrógeno cuesta alrededor de U\$S 30 por kilogramo. El poder calorífico superior del hidrógeno es 34.400 kcal/kg. Para la gasolina este valor es de 46.885 kcal/kg. De este modo, en EE.UU. el costo del hidrógeno es unas 30 veces más caro que la gasolina por unidad de energía. La tecnología de los FCEV es todavía una tecnología en desarrollo. Quizás haya que esperar unos 10 a 20 años para que madure, a menos que ocurra un avance inesperado. Ejemplos: Honda FCX Clarity, Opel HydroGen4.

Vehículos a GNC y nafta

En la Argentina existe una ventaja económica muy evidente en el uso de gas natural comprimido (GNC) como combustible, por su bajo costo respecto de la nafta. El gas natural, tiene un poder calorífico superior (PCS) de 9.300 kcal/m³ mientras que el PCS de la gasolina es de



8.242 kcal/l. De modo que 1 m³ de GNC equivale energéticamente a 1,13 litros de nafta. Por otra parte, el precio del GNC es de aproximadamente 2\$/m³, equivalente a 12,5 U\$/M.BTU y el de la nafta súper es de 6,5\$, equivalente a 42,8 U\$/Millón de BTU (Millón de BTU=M.BTU), es decir la nafta cuesta casi 3,3 veces más que el gas natural en el mercado nacional. Así que en términos del costo de combustibles, para recorrer la misma distancia, el GNC es tres veces más económico que la nafta en Argentina.

Si bien la inversión inicial para instalar el equipo completo para GNC es del orden de los U\$S 2000 para tecnologías de quinta generación, recorriendo unos 15.000 km al año, dicha inversión se amortiza en aproximadamente dos o tres años. Podemos señalar como desventajas la pérdida de espacio en el baúl (para instalar el o los cilindros contenedores del GNC), y el hecho de que en ciertas ocasiones, es necesario reforzar la amortiguación del vehículo. También hay otros gastos menores asociados a las revisiones periódicas: por normativa es obligatorio realizar pruebas hidráulicas quinquenales de los cilindros y anualmente se debe realizar una inspección completa del

funcionamiento del equipo (la habilitación se convalida mediante una obleta adherida al parabrisas).

Lo que deseamos analizar aquí es el posible ahorro energético y las emisiones de CO₂, utilizando la eficiencia «well-to-wheel». En la Tabla 1 se observa que la eficiencia W2W de los vehículos a GNC es aproximadamente 25% mejor que la de los mismos vehículos (cuya eficiencia de «tank-to-wheel» es del 20%) cuando ellos funcionan a nafta. La diferencia está asociada al hecho de que la nafta requiere de refinamiento y la eficiencia de transporte y distribución es menor que para el caso del gas natural.

Debido en parte al mayor poder calorífico de 1 m³ de gas natural, comparado con 1 litro de nafta, un vehículo con un consumo de tanque-rueda de 15 km/l de nafta, tendría un consumo tank-to-wheel de 16,9 km/m³ de GNC. El correspondiente consumo W2W sería, según los datos de la tabla 1, 16,9x(0,95x0,97)=15,6 km/m³, o sea 0,40 km/m³. Por otro lado, por cada m³ de gas natural, se emiten 1,95kg (CO₂). Así tenemos que las emisiones por cada km son: (1/15,6 km/m³) x 1950 g(CO₂)/m³=125 g (CO₂)/km.

Los datos de la tabla 1 son muy elocuentes en cuanto

Eficiencia de los vehículos propulsados con GNC		Eficiencia de los vehículos propulsados con Nafta	
Eficiencia del transporte de gas	97%	Eficiencia del transporte de petróleo	92%
		Eficiencia de refinamiento de combustible	85%
Eficiencia de distribución del gas natural	95%	Eficiencia de la distribución y el transporte de combustible (gasolina)	94%
Eficiencia T2W de un motor de combustión interna (GNC)	20%	Eficiencia T2W de un motor de combustión interna	20%
Eficiencia W2W vehículos con motor de combustión interna (GNC)	18%	Eficiencia W2W vehículos con motor de combustión interna (gasolina)	15%
Consumo W2W (km/MJ)	0,40	Consumo W2W (km/MJ)	0,32
Emisiones g(CO ₂)/lq. por km	125	Emisiones g(CO ₂)/lq. por km	216
Mejora del consumo en vehículos a GNC respecto de sus análogos convencionales a nafta.	25%	Comparación de las emisiones de CO ₂ de vehículos convencionales a nafta relativo al mismo funcionando a GNC.	1,73

Tabla 1. Comparación de eficiencias de un mismo vehículo impulsado a GNC y nafta.

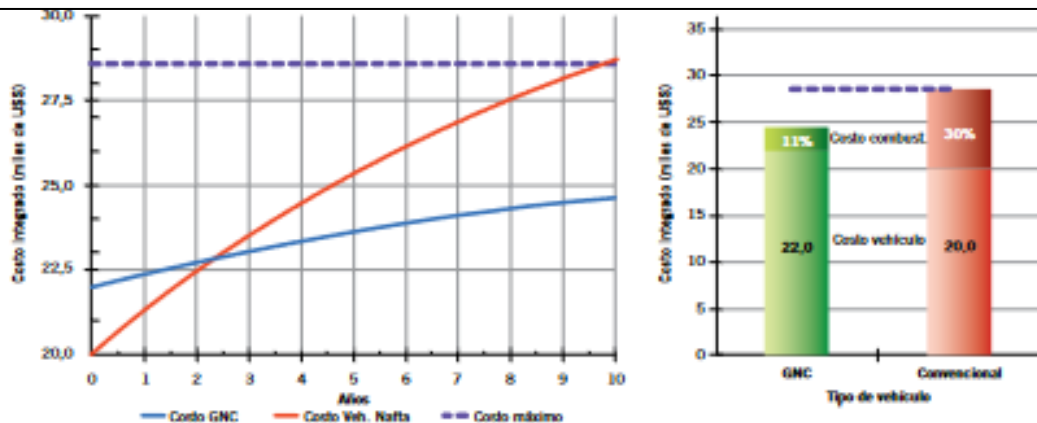


Figura 4. Comparación de los costos y combustible para un vehículo de combustión interna, operando a nafta (convencional) y el equivalente a GNC. A la izquierda se observa que con un uso de 15.000 km/año, a los costos indicados, en 2,3 años se recupera la inversión del equipo de GNC. A la derecha se indica en cada caso el costo del vehículo y combustible usado a lo largo de 10 años, actualizados al valor presente con una TIR=10%. Si el kilometraje recorrido anualmente fuese el doble, el tiempo de recupero se reduce a 1,5 años.

a la conveniencia de utilizar gas natural; este no solo es un combustible más económico, sino que la eficiencia W2W es del orden del 25% mejor que la nafta y sus emisiones de GEI son del orden del 73% o menores que las del mismo vehículo funcionando con nafta. Esta conclusión vale para todos los vehículos de combustión interna, incluyendo el transporte de pasajeros. De ello se desprende que considerar la posibilidad de incentivar un desarrollo de autobuses a GNC sería una alternativa interesante de analizar, aun teniendo que importar gas a un precio de 19\$US/M_BTU. Como vimos, el precio de la nafta actualmente equivale a 42,8 US\$/M_BTU (incluyendo impuestos).

Por último, el costo integrado de usar un vehículo, depende tanto del costo del mismo, más el costo del combustible. Suponiendo un uso de 15.000 km/año y una tasa interna de retorno (TIR) del 10%, podemos reducir el costo del combustible a valores presentes. Partiendo de un vehículo cuyo costo suponemos es de US\$ 20.000, con los costos de combustibles y equipo de conversión a GNC indicados más arriba, como se ilustra en la Figura 4, en 2,3 años se recupera el costo de la inversión del equipo para GNC. Si se recorre el doble de kilometraje este tiempo de recupero se reduce a 1 año.

La Figura 4 indica además un hecho interesante. Si suponemos un vehículo que no tuviese gasto de combustible, algo totalmente hipotético; el máximo costo máximo que debería tener es de 27,5 mil US\$, o sea del orden del

30% mayor que otro convencional del mismo tipo; para ser redituable económicamente la elección. Esto significa que si se diseñase un vehículo hipotético ideal, que no tuviese gasto de combustible, a precio de combustibles como los actuales, para que desde el punto de vista microeconómico su elección sea conveniente para el usuario, su valor no debería superar aproximadamente el 30% del valor de su equivalente convencional.

De este modo, si la alternativa a los vehículos convencionales es muy costosa, el precio actuará como un desincentivo. Este hecho impone un serio condicionamiento a los posibles prototipos que se puedan desarrollar, ya que si su costo es superior al costo de un convencional en más un 30% de su valor, sería necesario implementar algún tipo de subsidio u otra ventaja económica equivalente, para promover su uso y desarrollo.

Vehículos Eléctricos (BEV)

Una tecnología que ha tenido un gran desarrollo en los últimos años es la de los vehículos eléctricos. Por lo tanto, es útil considerar la alternativa de utilización directa de la electricidad, generada por métodos convencionales (gas + ciclo combinado), combinada con vehículos eléctricos y autobuses eléctricos (trolley). Aquí solo consideraremos el caso de automóviles, dejando para otro estudio el caso de transporte público de pasajeros.

Eficiencia de los vehículos Híbridos (HEV)		Eficiencia de los vehículos eléctricos (BEV)	
Eficiencia del transporte de petróleo	92%	Eficiencia del transporte de gas	94%
Eficiencia de refinamiento de combustible	85%	Eficiencia de generación eléctrica con ciclos combinados	58%
Eficiencia de la distribución y el transporte de combustible (gasolina)	94%	Eficiencia de distribución y transporte de electricidad	88%
Consumo W2W (km/MJ)	0,44	Consumo W2W (km/MJ)	1,21
Emisiones g(CO ₂) Eq. por km	157	Emisiones g(CO ₂) Eq. por km	55
Relación de eficiencia de un HEV/Convencional	1,38	Relación de eficiencia BEV/Convencional	3,9

Tabla 2. Eficiencia «well-to-wheel» de vehículos híbridos (HEV) y eléctricos (BEV).¹⁰

En la tabla 2 se indica un conjunto representativo de valores de eficiencias para vehículos híbridos (HEV) y eléctricos a batería (BEV). En ambos casos se observa una notable mejora en la eficiencia de uso de combustibles comparado con los vehículos convencionales a nafta. En particular, en el caso de los BEV, la mejora en eficiencia es del orden de 3,8 veces respecto de los convencionales a nafta.

Sin embargo, para que los beneficios energéticos y medioambientales puedan concretarse, es necesario considerar los aspectos microeconómicos, ya que la decisión de adoptar estas tecnologías depende de un conjunto de millones de usuarios, que actuarán en promedio siguiendo las leyes económicas. Para nuestro análisis es útil comparar el costo de estos vehículos (BEV y HEV) con los convencionales a nafta. A los costos del mercado internacional actual, un vehículo eléctrico es del orden de U\$S 10.000 más caro que un convencional equivalente. Para que los usuarios tengan un estímulo económico, que vaya más allá de su afán de disminuir sus emisiones de GEI, es necesario implementar algún subsidio, hasta que los vehículos eléctricos producidos en gran escala, por sí solo tengan un precio competitivo con los convencionales a nafta. Ver Figura 5.

Por lo expuesto, la alternativa de utilización directa de la electricidad, generada por métodos convencionales (gas + ciclo combinado) en vehículos eléctricos, BEV o HEV, y aun autobuses eléctricos (trolley), parece ser una tecnología muy atractiva desde el punto de vista de eficiencia energética e impacto ambiental.

En Argentina la eficiencia W2W de un automóvil eléctrico a batería (BEV), que toma electricidad de la red (suponiendo una eficiencia de generación eléctrica en ciclos combinados del 58%, con 12% de pérdidas de transmisión y distribución) sería de aproximadamente 42%, = Efic. Generación térmica (60%) x Transmisión y Distribución (88%) x Efic. BEV (80%). Esta eficiencia W2W es casi



cuatro veces mejor que la de un vehículo convencional a nafta. En la Tabla 3 de la siguiente página se comparan las eficiencias W2W para distintos tipos de vehículos.^{31,32} Las tecnologías utilizadas en los BEV están maduras y los vehículos están disponibles en el mercado internacional.

Lo atractivo de los vehículos eléctricos es que se pueden alimentar de cualquier tipo de electricidad. Así, si se generara electricidad a través de recursos renovables, tales como centrales hidroeléctricas, generadores eólicos, celdas solares, etcétera, las emisiones de CO₂ automáticamente se reducirían concomitantemente. De igual modo, si se genera electricidad en centrales de ciclo combinado, utilizando cogeneración, las eficiencias indicadas en las tablas 2 y 3 mejorarían, como así también sus correspondientes emisiones. Los valores de emisión indicados en la

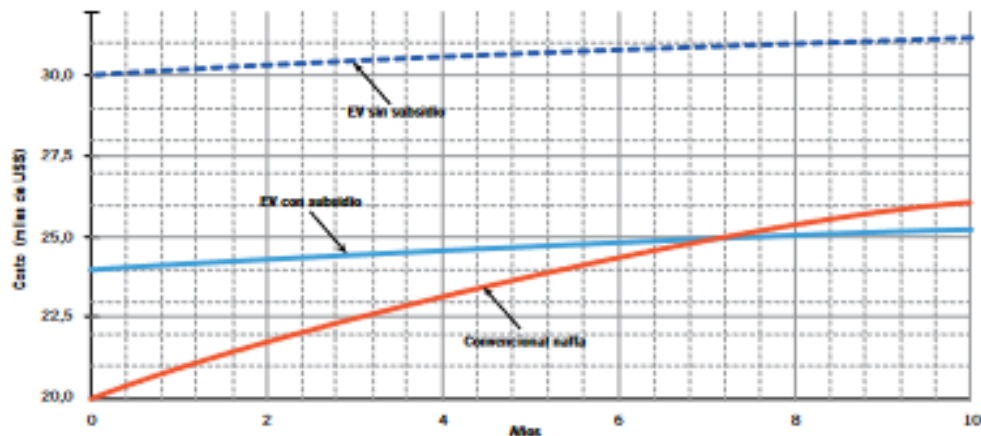


Figura 5. Comparación del costo de un vehículo eléctrico (BEV) y convencional a nafta, incluyendo el costo del combustible necesario para recorrer 15.000 km al año. Se supone un costo del vehículo convencional (línea continua roja) de U\$S 20.000 y del EV de U\$S 30.000 sin subsidio (línea de puntos azul). La línea continua azul corresponde al caso de un EV con un subsidio de U\$S 6.000. Se ve que con este subsidio, a los 7 años el usuario paga la diferencia de costo inicial con el ahorro de combustible. Si no hay subsidio esto no ocurre en toda la vida útil del vehículo, estimada en 10 años.

Vehículo	Tipo de combustible	km/l o km/m ³	km/MJ	gCO ₂ /km	Mejora	Mejora
		Consumo T2W	Eficiencia W2W	Emissiones W2W	Eficiencia W2W	Emissiones CO ₂
Comb.int. convencional	Nafta	15.0	0.32	216	1.0	1.0
Comb.int. GNC	Gas Nat.	17.0	0.40	125	1.25	1.72
Comb.int. Diesel	Gasol	17	0.32	223	=1	=1
HEV	Híbrido (Nafta)	23.7	0.56	130	1.56	1.56
BEV	Electricidad		1.21	55	3.8	3.9

Tabla 3. Eficiencia y emisiones de CO₂ «well-to-wheel» de distintos vehículos.

Nota: las emisiones de CO₂ están calculadas suponiendo que la electricidad de los BEV se genera en centrales a gas de ciclo combinado sin cogeneración y que la generación eléctrica tiene una matriz similar a la del año 2010 en Argentina.^{7,10}

Tabla 4 corresponden al caso en que se genere electricidad en centrales de ciclo combinado sin cogeneración.

Otra ventaja de los BEV es que sus baterías actúan como un acumulador de energía. Durante las horas en que la red eléctrica tiene menos demanda, como en las noches, o fines de semana, se pueden generar estímulos tarifarios para que se carguen las baterías. Así los BEV actuarían como una especie de "peak shaving", que mejoraría la eficiencia y factor de carga de las redes de distribución eléctrica. De hecho, los dispositivos para automatizar esta operación son un adicional estándar en estos vehículos.

Asimismo, grandes playas de estacionamiento, como las de shopping, escuelas, universidades, etcétera, podrían contar con techos consistentes con paneles solares fotovoltaicos, que cargarían las baterías de los autos mientras están estacionados, generando una interesante posibilidad para el desarrollo de redes inteligentes (Smart Grids) para estos fines.

Celdas de combustible

Las celdas de combustible son dispositivos que convierten la energía química de un combustible en electricidad en forma directa, sin necesidad de quemar el combustible para generar calor. Este proceso circunvala el segundo principio de la termodinámica y permite obtener una importante ganancia de eficiencia respecto a los modos convencionales de generar electricidad y energía mecánica. Los hidrocarburos tales como gas natural y los alcoholes, como el metanol, pueden utilizarse para producir hidrógeno, a través de un proceso de reformado, que extrae el hidrógeno del hidrocarburo.

Actualmente hay vehículos que funcionan con celdas de combustibles de hidrógeno. El hidrógeno es un vector energético que, como la electricidad, debe ser producido a partir de otras fuentes de energía primaria antes de poder ser utilizado. No hay fuentes naturales de hidrógeno. Una de las formas más comunes y económicas de generar hidrógeno es por reformado del gas natural. Por otra parte, las formas de transportar y almacenar el hidrógeno todavía están en desarrollo.

La red de producción y distribución de este combustible en la Argentina no está ni siquiera esbozada mínimamente, pero sí lo está la transmisión y distribución del gas natural y del GNC, a la que sin duda podemos catalogar como tecnología muy madura y en pleno funcionamiento. Por lo tanto, resulta natural vislumbrar la posibilidad

de desarrollar la tecnología de celdas de combustibles usando gas natural directa o indirectamente. Esto se haría colocando un reformador en las estaciones de carga de GNC, que pueda generar el hidrógeno a expender a vehículos preparados para ser impulsados por este último combustible. La desventaja es que el reformado emite CO₂.

En el mundo ya existen celdas de combustible y tienen eficiencias del orden del 60%. El automóvil marca Honda FCX Clarity tiene una eficiencia (T2W), que según sus fabricantes es del 61%. Si comparamos esta eficiencia con la de los motores a combustión interna tradicionales (que en general es del orden del 20%), la ganancia en eficiencia global sería superior al doble. Sin embargo, para poder comparar eficiencia de un vehículo a hidrógeno con celdas de combustible, respecto de los propulsados por los combustibles convencionales, hay que evaluar la eficiencia de producción del hidrógeno. El hidrógeno también se puede generar por electrolisis, pero con una matriz eléctrica como la de Argentina, que tiene más de 50% de generación térmica, este modo de generación no sería ventajoso ambientalmente.

En el proceso de reforma del gas natural hay una eficiencia 80% y un costo significativo. A esto habría que sumarle el costo de las celdas de combustibles propiamente dichas. Si se adopta este valor de la eficiencia de producción, la eficacia de automóviles a hidrógeno con celdas de combustibles sería como se ilustra en la Tabla 4.

El costo de estos vehículos (FCEV) en la actualidad es muy alto, entre 120 a 140 mil dólares por unidad. Asimismo, el costo del combustible, H₂, es muy alto. Por ejemplo, el hidrógeno cuesta entre U\$5 a U\$10 por kg en California. El poder calorífico superior del hidrógeno es 34.400 kcal/kg. Para la nafta este valor es de 46.885 kcal/kg respectivamente. O sea que aun en EE.UU. el costo del hidrógeno es de 5 a 10 veces más caro que la nafta. La tecnología de los FCEV es todavía una tecnología en desarrollo. Quizás haya que esperar algunos años para que madure, a menos que ocurra un desarrollo inesperado.

Eficiencia de los vehículos a H ₂ con Celdas de Combustibles	
Eficiencia del transporte de gas	96%
Eficiencia de producción de hidrógeno por reformado	80%
Eficiencia de celda de combustible	60%
Eficiencia de un vehículo eléctrico	90%
Eficiencia efectiva W2W	41%
Comparación de eficiencia respecto de vehículos convencionales a nafta: 2,8	

Tabla 4. Comparación de eficiencias.

Anexo 3: Larrodé Pellicer, E. Automóviles Eléctricos

del mismo, variando que es necesario en el caso de automóviles híbridos. La elección del tipo de motor eléctrico va a ser función de las prestaciones del vehículo y del control seleccionado.

El sistema de control está íntimamente ligado a la elección del motor que se haya realizado, pudiéndose complicar más o menos en función de éste. Su misión es la de suministrar la energía necesaria al motor y regular su funcionamiento, tanto en velocidad como en potencia y par requeridos según las circunstancias.

El sistema de alimentación se compone de las baterías de tracción y del cargador. Las baterías son uno de los puntos más decisivos a la hora de realizar el diseño del automóvil, pues dado el estado de desarrollo actual de las baterías, es necesario, conocer la energía que son capaces de ceder, lo que influye en la autonomía del vehículo, la potencia capaz de desarrollar, lo que influye en las prestaciones del mismo y del peso y volumen de estas, pues hoy en día son bastante pesadas, ocupan un volumen elevado y poseen un ciclo de vida no muy elevado. El cargador, debe ser flexible y puede ser incorporado al vehículo o no. En caso de estar incorporado al vehículo, no es necesario instalaciones especiales y basta con una toma de corriente doméstica.

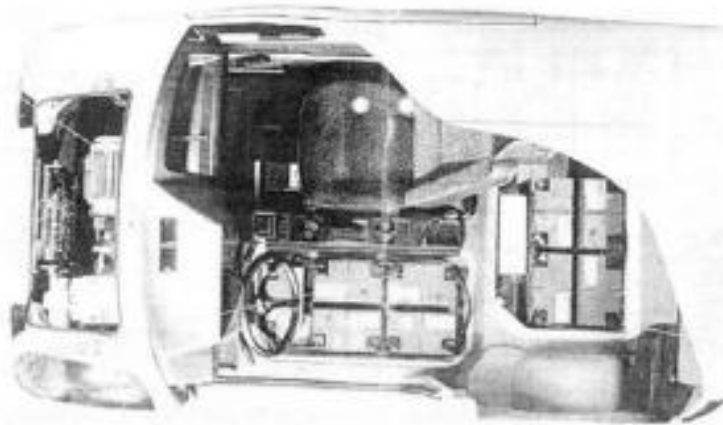


Figura 3.2. Disposición de los diferentes sistemas en un automóvil eléctrico.

El sistema de transmisión y traslación, puede ser como el de un automóvil convencional, aunque dependiendo de como se realice el control del motor, es posible eliminar una serie de componentes. Así por ejemplo, si el control es electrónico, no es necesario incorporar una caja de cambios mecánica, y según el

número de motores eléctricos utilizados, es posible eliminar el diferencial. La marcha atrás es posible también eliminarla. Normalmente los componentes son la dirección, transmisión, caja de cambios y diferencial, ejes propulsores, ejes arrastrados, suspensión, frenos mecánicos y ruedas.

La carrocería y/o el bastidor, puede ser de una sola pieza (carrocería autoportante), como en los automóviles actuales, o mediante un bastidor al cual se le incorpora un cerramiento de materiales ligeros. Dada la necesidad de ahorrar peso y costes de producción, se suele optar por esta última, consiguiéndose sobretodo un reducción en los costes y un aligeramiento del peso total.

Los sistemas auxiliares están formados por, la iluminación y señalización, circuitos de seguridad, interior y acabado, sistemas de refrigeración y calefacción, sistemas de navegación y baterías auxiliares.

Uno de los sistemas mas importantes es el de control. La unidad de control tiene como señales de entrada; el acelerador, el freno, y la realimentación de la velocidad.

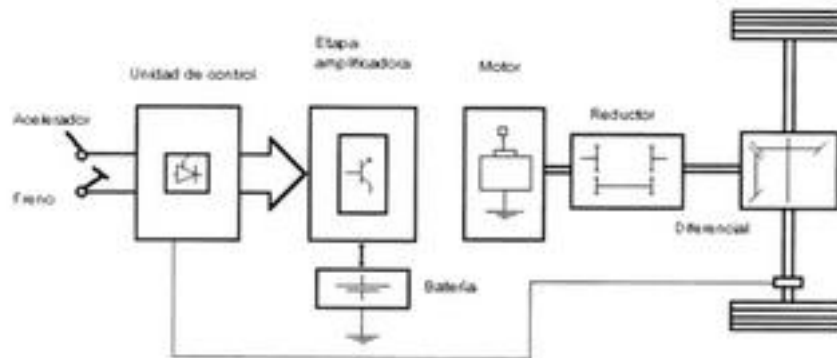


Figura 3.3. Esquema simplificado de un automóvil eléctrico.

La unidad de control es la que gobierna a la etapa de potencia o amplificación y a través de la batería alimenta al motor. El motor, ya sea de alterna o de continua, mueve el eje de la transmisión que a través del grupo reductor-diferencial, hace llegar el movimiento a las ruedas. Si no existe grupo reductor-diferencial, las ordenes que envía la unidad de control dosifican la energía para cada uno de los motores, haciendo de esta manera la función de diferencial.

Anexo 4: Energía y Sociedad. ¿Por qué el vehículo eléctrico?

1.3 Ventajas de los coches eléctricos

La apuesta por el vehículo eléctrico viene respaldada por una serie de ventajas que justifican el cambio a esta tecnología y que, además, incorpora otra serie de elementos del ámbito ambiental. Se resumen a continuación siguiendo el documento de "Vehículo Eléctrico" de AELEC:

- **Ventajas ambientales**

- Nula emisión de gases contaminantes procedentes de la combustión.
- Importante mejora de la calidad del aire.
- Prácticamente nula emisión de ruido procedente de la propulsión.

- **Ventajas energéticas**

- Menor huella ecológica al no ser necesario importar crudo de terceros países
- Rendimiento energético muy superior (en torno al 77%) que cualquier otra tecnología de propulsión.
- Eficiencia energética que no tiene ningún otro sistema de propulsión.
- Aprovechamiento de las energías autóctonas, sin que haya que importar combustibles fósiles de terceros países y pudiendo optimizar los recursos renovables.

- **Ventajas económicas**

- Mantenimiento casi inexistente en el vehículo por la ausencia de piezas de rozamiento, líquidos y fluidos, disponiendo además de frenada regenerativa, lo que evita el desgaste de las pastillas de freno con un uso adecuado del vehículo.
- Coste eléctrico muy eficiente, por un lado, por la elevada eficiencia del motor, y por otro por el coste

3. DESCRIPCIÓN DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El esquema simplificado de un automóvil eléctrico consta principalmente de los siguientes sistemas:

- Sistema de motorización.
- Sistema de control.
- Sistema de alimentación.
- Sistema de transmisión-traslación.
- Carrocería y chasis.
- Sistema de elementos auxiliares.

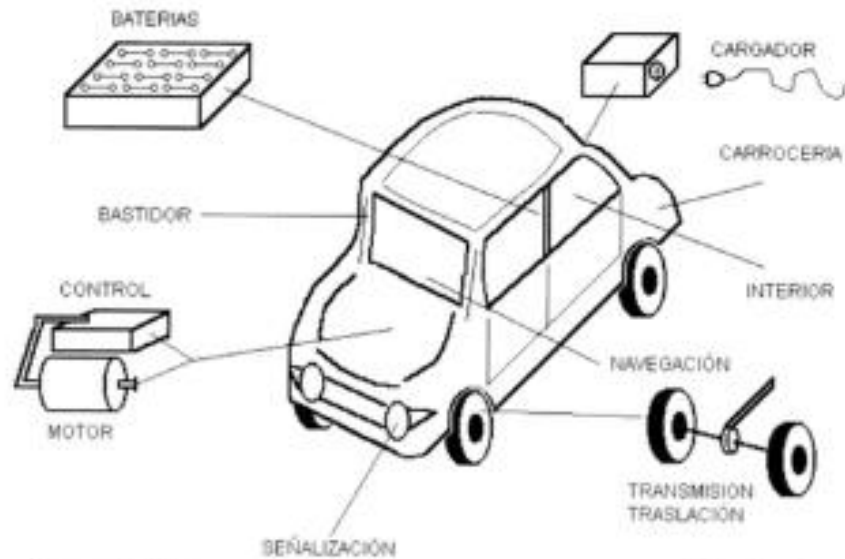


Figura 3.1 Sistemas principales que componen un automóvil eléctrico.

El sistema de motorización, se compone de el motor o los motores que accionan el vehículo. Dependiendo de las características del vehículo y de las prestaciones que se le quieran conferir, se elegirán entre los diferentes tipos de motores. Existe la posibilidad además de introducir a demás del motor o motores eléctricos, un motor

Anexo 5: Maza Ortega, J., & Gómez Expósito, A. Sistema de recarga de vehículos eléctricos: revisión tecnológica e impacto en el sistema eléctrico

SISTEMA DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: REVISIÓN TECNOLÓGICA E IMPACTO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

JOSÉ MARÍA MAZA ORTEGA
ANTONIO GÓMEZ EXPÓSITO
Universidad de Sevilla

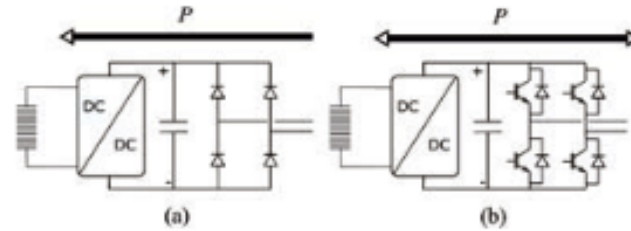
Hoy en día existe un claro consenso en que la actividad humana es la causante del cambio climático. El incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera se correlaciona con el paulatino aumento de las temperaturas. Es necesario, por tanto, tomar una serie de actuaciones si se quiere poner freno a un deterioro paulatino e irreversible del medioambiente. En este sentido, es imprescindible tener en cuenta que la generación

eléctrica y el transporte por carretera representan casi el 80% del total de las emisiones de efecto invernadero. Es lógico centrar esfuerzos en estas dos actividades para reducir al máximo sus emisiones asociadas. En el caso de la generación eléctrica, la transición hacia un modelo energético descarbonizado, en el que las energías renovables reemplacen a las tecnologías convencionales basadas en combustibles fósiles, se encuentra en un estado avanzado. En España, a modo de ejemplo, durante 2017 la contribución media anual de las renovables para cubrir la demanda ha sido del 33.7% y en algunos meses el porcentaje de participación ha sido incluso mayor, como en marzo en el que se alcanzó el 57%. En el caso del transporte por carretera este cambio de modelo está en sus inicios, siendo necesario incentivar con diferentes medidas y estímulos la adaptación del vehículo eléctrico como medio de transporte de referencia. Esta sustitución tecnológica, de forma adicional, contribuyó a reducir la emisión de partículas, que afectan notablemente a la salud pública especialmente en núcleos urbanos densamente poblados [1].

En la actualidad, el stock de vehículos eléctricos a nivel mundial ha sobrepasado los 4 millones de unidades previstos para 2017 y se espera que crezca de forma paulatina hasta los 228 millones en 2030 [2]. Los vehículos eléctricos, ya sean híbridos o puramente eléctricos, están provistos de una batería que proporciona la energía necesaria para su funcionamiento y que ha de ser cargada desde una fuente externa. La capacidad de la batería está directamente relacionada con la autonomía del vehículo. Para vehículos híbridos su valor oscila entre 5 y 15 kWh, mientras que para vehículos puramente eléctricos se sitúa en valores sensiblemente superiores entre 15 y 80 kWh [3]. Por estos motivos, el despliegue del vehículo eléctrico afectará de forma significativa a la planificación y operación del sistema eléctrico, debido a la necesidad de establecer puntos de recarga que proporcionen la energía necesaria en el tiempo requerido por el usuario final.

Este artículo presenta una revisión de los aspectos tecnológicos asociados a los puntos de recarga y su afectación al sistema eléctrico de potencia. En primer lugar, se realiza una clasificación de los puntos de recarga

FIGURA 1
CARGADORES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS MONOFÁSICOS. (A) CARGADOR BASADO EN PUENTE DE DIODOS. (B) CARGADOR BASADO EN IGBTs



Fuente: elaboración propia

atendiendo a diferentes criterios. Posteriormente, se analiza la normativa y estándares que afectan a estos sistemas de recarga. Finalmente, se detalla el impacto sobre la red eléctrica y las posibles soluciones que se han propuesto hasta la fecha para mitigarlo.

ASPECTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE RECARGA ELÉCTRICA

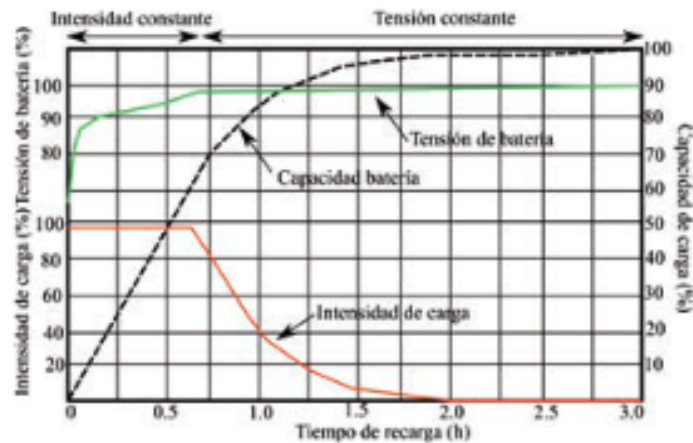
La tecnología de recarga del vehículo eléctrico no es única, existiendo diferentes opciones en función de la forma en que se suministra la potencia desde la red eléctrica al vehículo. La tecnología utilizada tiene importantes implicaciones tanto en el equipamiento que es necesario embarcar en el vehículo, el tiempo de recarga requerido para conseguir la plena carga de las baterías y el impacto en la red eléctrica. Por estos motivos, es conveniente realizar una clasificación de los sistemas de recarga atendiendo a diferentes criterios:

- **Naturaleza de la energía suministrada al vehículo.** La red eléctrica es de corriente alterna, mientras que las baterías operan en corriente continua. Por tanto, es imprescindible incorporar una etapa de acondicionamiento de potencia, denominada rectificación, para realizar la recarga de las baterías. Esta rectificación puede realizarse en un dispositivo embarcado en el vehículo o bien fuera del mismo. En el primer caso, la alimentación del vehículo sería alterna, mientras que en el segundo sería continua. Debido a que el volumen y peso del rectificador son función de su potencia, es habitual que la alimentación de alterna esté asociada a potencias bajas y la alimentación de continua, en la que el rectificador es externo, a potencias elevadas.
- **Modo de transferencia de energía.** La recarga usual de los vehículos eléctricos se realiza por conducción, para lo cual existe una estandarización de conectores que será analizada posteriormente. De forma alternativa, también se están desarrollando sistemas de recarga sin contacto en el que la energía se transmite a través de un acoplamiento magnético [4]. Por último, y con el objetivo de disminuir los tiempos de espera durante la recarga se han propuesto estrategias de intercambio o sustitución de baterías (swapping) [5]. No obstante, no se prevé un despliegue masivo de esta tecnología debido al reducido número de vehículos actuales compatibles con esta opción.

Flujo de energía. Los cargadores convencionales permiten un flujo de potencia desde la red de distribución hacia el vehículo eléctrico. Habitualmente estos dispositivos están formados por un rectificador de entrada basado en un puente de diodos tal y como se observa en la Figura 1.(a) [6]. La utilización de esta tecnología tiene asociado un impacto negativo en la red eléctrica debido al consumo de potencia reactiva y generación de armónicos de órdenes bajos que empeoran la calidad de suministro eléctrico. Alternativamente, existen cargadores que permiten un flujo de potencia bidireccional. Para ello es necesario que el convertidor electrónico que se conecta a la red eléctrica esté formado por interruptores autoconmutados (MOSFETs o IGBTs) mostrados en la Figura 1.(b). Con este tipo de tecnología es posible conseguir un flujo de potencia inverso, de forma que el vehículo eléctrico puede inyectar potencia a la red. Este modo de operación, conocido como vehicle to grid-V2G, podría resultar muy interesante en un futuro en el que los vehículos eléctricos podrían ser utilizados como un recurso de almacenamiento distribuido que podría prestar servicios complementarios a la compañía de distribución y al operador del sistema [7]. Por otra parte, y en lo referente a la afectación a la calidad de suministro, esta tecnología tiene también como ventaja un reducido contenido armónico de órdenes bajos y la posibilidad de operar con potencia reactiva nula.

- **Velocidad de recarga.** Está condicionada por la potencia demandada de la red y por la energía inicial y final almacenada por la batería. El tiempo de recarga será tanto menor cuanto mayor sea la

FIGURA 2
PROCESO DE CARGA DE UNA BATERÍA DE COCHE ELÉCTRICO



Fuente: elaboración propia

potencia demandada de la red, si bien esta relación no es lineal tal y como se pone de manifiesto en la Figura 2. Existen distintos niveles de recarga en función de la potencia demandada de la red eléctrica:

- **Nivel 1 (recarga lenta).** Es la recarga más segura y práctica, puesto que puede realizarse un particular en su domicilio a través de un enchufe convencional. Para ello se emplea el sistema monofásico de corriente alterna a 230 V con intensidades de hasta 16 A. Suele ser el sistema de recarga utilizado para motos eléctricas.
- **Nivel 2 (recarga media o acelerada).** Este tipo de recarga pone en juego potencias más elevadas por lo que suelen utilizarse conexiones trifásicas con demanda de intensidades de hasta 63 A.
- **Nivel 3 (recarga rápida).** Es con diferencia el método que demanda una mayor potencia de la red. Se emplea corriente continua, por lo que el cargador es estacionario y no embarcado en el vehículo, con tensiones alrededor de 500 V e intensidades reguladas entre 60 y 500 A.

ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECARGA

Con el objetivo de aumentar la interoperabilidad entre las infraestructuras de recarga y los vehículos eléctricos es necesario recurrir a la estandarización de cada uno de los componentes que los integran. Así, la normativa internacional IEC 61851 [8] trata de estandarizar los sistemas de recarga internos y externos al vehículo para

niveles de tensión de hasta 1000 V en alterna y 1800 V en continua. En dicho estándar se realiza una clasificación de los diferentes modos en los que se puede realizar la recarga:

- **Modo 1.** La recarga se efectúa con corriente alterna mediante conectores normalizados con intensidades limitadas a 16 A por fase. Si la recarga se realiza de esta manera, el vehículo se conecta directamente a la red convencional sin necesidad de utilizar ningún equipo o sistema adicional específico. La potencia máxima asociada a este tipo de recarga es de 3,7 kW en sistemas monofásicos (230 V) y 11 kW en sistemas trifásicos (400 V). Este modo de recarga requiere, como medida de seguridad para protección frente a contactos indirectos, la utilización de una protección diferencial con toma de tierra. Este modo es muy práctico para vehículos pequeños, como bicicletas o ciclomotores, si bien en coches está prohibido en algunos países.
- **Modo 2.** En este modo la intensidad máxima permitida es de 32 A, aunque suelen ser habituales intensidades de 16 A. Los niveles de potencia máximos son de 7,4 kW para sistemas monofásicos (230 V) y 22 kW para sistemas trifásicos (400 V). Este modo está provisto de funciones adicionales, como la comprobación de que el vehículo está bien conectado, detección de tierra en el conector, activación o desactivación del sistema, etc. Por estos motivos, el cable de conexión con el vehículo debe incorporar, además de los circuitos de potencia, los correspondientes a seguridad y control requeridos para realizar estas funciones. La mayor parte de los fabricantes incluyen junto con el vehículo eléctrico cargadores basados en este

FIGURA 3
 CONECTORES DE LOS SISTEMAS DE RECARGA POR CONDUCCIÓN. (A) SCHUKO. (B) SAE J1772. (C) MENNEKES. (D) SCAME. (E) CHADEMO. (F) COMBO.



Fuente: [10]

modo de recarga, por lo que están muy extendidos.

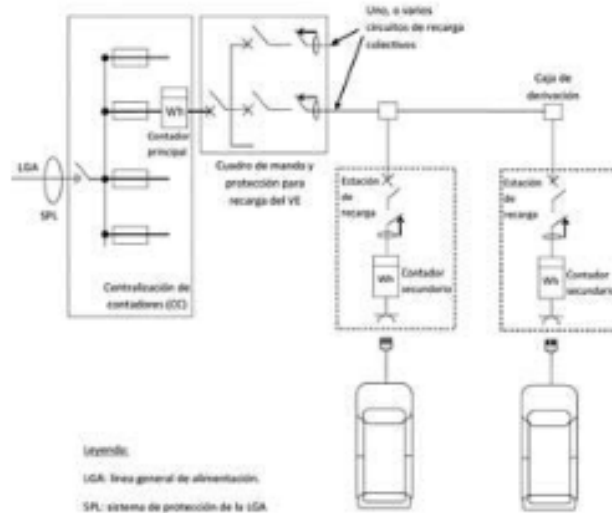
- **Modo 3.** La recarga se realiza utilizando una toma de corriente específica para vehículos eléctricos. Las intensidades máximas que se permiten alcanzan los 63 A, aunque lo más usual es 32 A, si bien en la actualidad se están desarrollando prototipos de 250 A. Por tanto, el máximo nivel de potencia es de 48 kW. Las funciones de protección y control se encuentran fijas de forma permanente en la infraestructura de recarga en el sistema SAIE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o wall box. La norma indica que debe existir un cable piloto de control entre esta infraestructura de recarga y el vehículo eléctrico de forma que el proceso de recarga sólo pueda ser iniciado si el vehículo se encuentra inmovilizado. Este modo está siendo fuertemente promovido en la Unión Europea, pues se permite la recarga controlada del vehículo eléctrico lo cual está alineado con el desarrollo de las futuras redes inteligentes.
- **Modo 4.** Esta forma de recarga se realiza en corriente continua a través de un rectificador externo al vehículo que regula la recarga, para lo cual es necesario un canal de comunicación con el vehículo. Este modo está destinado exclusivamente a recarga rápida, y permite elevar la corriente hasta 400 A. En España la potencia empleada en las recargas en modo 4 suele ser de 125 kW. La infraestructura necesaria suele ser de gran tamaño y elevado coste en comparación con las anteriores.

Además de los modos en los que se realiza la recarga, es importante señalar que existe una estandarización

de los diferentes conectores que se utilizan para conectar el vehículo eléctrico a la infraestructura de recarga. Los principales, mostrados en la Figura 3, son los siguientes:

- **IEC 7/4 type F (Schuko).** Se utiliza principalmente en Europa en la modalidad de recarga lenta. Por estos motivos, es adecuado para la recarga de pequeños vehículos eléctricos como bicicletas y motocicletas eléctricas. Está dotado de conexión a fase, neutro y tierra siendo apto exclusivamente para sistemas monofásicos con intensidades inferiores a 16 A.
- **SAE J1772.** Este conector es similar al anterior pues está dotado de fase, neutro y tierra, de aplicación a sistemas monofásicos y con origen estadounidense. Sin embargo, incorpora un canal de comunicación que permite detectar la conectividad entre el vehículo y la infraestructura de recarga y el intercambio de datos entre los mismos. Este tipo de conector está incluido en la normativa IEC 62196-2 [9] y se designa como conector Tipo 1. El conector permite cargas de niveles 1 y 2. Geográficamente su utilización se extiende principalmente por Estados Unidos y Japón.
- **VDE-AR-E 2623-2-2 (Mennekes).** Está diseñado para efectuar recargas del Modo 2 y 3 conforme al estándar IEC 61851 anteriormente comentado. Se utiliza principalmente en Europa, siendo su diseño similar al SAE J1772. El conector permite la recarga trifásica y la recarga lenta. Este conector está incluido en la norma IEC 62196-2 y se designa como conector Tipo 2.

FIGURA 4
ESQUEMA UNIFILAR DE UNA INSTALACIÓN COLECTIVA TRONCAL CON CONTADOR PRINCIPAL EN EL ORIGEN Y CONTADORES SECUNDARIOS EN LAS ESTACIONES DE RECARGA



Fuente: [14]

- **Scame.** Este conector está prácticamente en desuso debido al apoyo que desde el sector industrial se ha realizado a los conectores Tipo 2. No obstante está incluido en la normativa IEC 62196-2 como Tipo 3. La potencia máxima que admite es de 22 kW y cuenta con una protección de los terminales de conexión.
- **CHAdeMO.** Es un conector diseñado por TEPCO (Tokyo Electric Power Company) específico para el Modo 4 de recarga en corriente continua y nivel 3. Soporta potencias de hasta 62,5 kW y utiliza CAN bus como sistema de comunicación. Este tipo de conector se clasifica como Tipo 4 dentro de la normativa IEC 62196-2.
- **COMBO (Sistema de Carga Combinada CCS).** Son variantes del SAE J1772 y del Mennekes que incorporan un par de hilos DC para posibilitar los modos 2 a 4 de recarga.

De forma adicional a los modos de recarga y conectores, existe también una extensa lista de normas por estandarizar:

- **Comunicaciones.** La normativa ISO 18118 [11] establece los protocolos de red y aplicación, así como los requerimientos de las capas físicas y de datos. Por otra parte, la normativa IEC 61851-24 [12] indica las características de la comunicación entre las estaciones de recarga y los vehículos eléctricos en caso de carga en corriente continua.

- **Seguridad de las personas e instalaciones.** El estándar ISO 6469-3 [13] realiza la especificación de la protección necesaria para evitar riesgos eléctricos de las personas que realizan la recarga del vehículo. Por último, la ISO/IEC 17409 [14] indica los requerimientos de seguridad que deben tenerse en cuenta para realizar la conexión de los vehículos a una fuente externa.

Por último, y desde el punto de vista de los requerimientos de instalación, en España es de aplicación la Instrucción Técnica Complementaria ITC 87-82 [15] que proporciona información de los siguientes aspectos:

- **Esquemas de instalación.** Se indican los esquemas unifilares a seguir para distintos tipos de instalaciones entre las que se distinguen dos grandes grupos: viviendas y estaciones de recarga públicas. En los correspondientes a viviendas se establecen diversos esquemas con diferentes propuestas para realizar la ubicación de los contadores de energía. A modo de ejemplo, la Figura 4 presenta un esquema unifilar para una instalación colectiva troncal con contador principal en el origen de las instalaciones y secundarios ubicados en las estaciones de recarga. En el caso de las estaciones de recarga públicas, directamente conectadas a la red de distribución, es posible distinguir dos tipologías: autoserivicio y con asistencia. En el primer caso, este tipo de instalaciones podrán utilizar cualquier modo de carga. En el segundo caso,

**TABLA 1
AUTONOMÍA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS
ACTUALES**

Modelo	Autonomía (km)
Tesla Model S	527
Tesla model 2	500
Tesla Model X	475
Chevy Bolt	352
Nissan Leaf	350
Renault Zoe	300
Volkswagen e-Golf	300
Hyundai Ioniq	250
BMW i3	200
Kia Soul	200

Fuente: <https://www.robvision.com/10-electric-car-range-new/>

preferentemente 3 ó 4, si bien podrán equiparse en modo 1 ó 2 cuando esté previsto realizar recarga de vehículos de baja potencia. Se proporcionan además las potencias asociadas a los circuitos de recarga y recomendaciones de reparto de carga entre las fases para evitar desequilibrios.

- **Previsión de cargas.** Se realiza una previsión de cargas con factores de simultaneidad que dependen del esquema tipo de instalación utilizado, si bien en la mayor parte de los casos se considera que existe una simultaneidad unidad entre las cargas del vehículo eléctrico con el resto de las cargas de la instalación.
- **Requisitos generales de la instalación.** Se indica la forma en que debe ser realizadas las instalaciones, potencia instalada, sistemas de iluminación, máximas caídas de tensión, sistema de neutro, canalizaciones, punto de conexión y medida de energía.
- **Protecciones.** Se especifican, como en toda instalación de baja tensión, medidas de protección frente a contactos directos e indirectos siguiendo la ITC 81-24 [16] indicándose la necesidad de instalar protección diferencial. Adicionalmente, es necesario establecer protecciones frente a sobreintensidades y sobretensiones. Finalmente es necesario realizar protección mecánica contra penetración de cuerpos sólidos, penetración de agua e impactos mecánicos.
- **Condiciones particulares de la instalación.** Es imprescindible que la instalación cuente con la debida red de tierras para evitar tensiones de contacto superiores a 24 V.

IMPACTO EN LA RED ELÉCTRICA ¶

El impacto de la recarga de los vehículos eléctrica dependerá fundamentalmente del parque existen-

te de este tipo de vehículos y de la forma en que se realice dicha recarga. Si bien en la actualidad el número de vehículos eléctricos es muy reducido, se pronostica un paulatino incremento del grado de penetración de esta tecnología. Sin embargo, para ello será necesario vencer una serie de barreras de índole técnica, económica y de infraestructura:

- **Barreras técnicas.** La autonomía del vehículo eléctrico es posiblemente uno de sus principales inconvenientes. El promedio de las baterías actuales está en un rango comprendido entre los 20-30 kWh que permiten autonomías de 100 a 200 km, si bien hay excepciones con modelos que incorporan baterías de 75 kWh con autonomías de 500 km tal y como se muestra en la Tabla 1. Esto provoca ansiedad de autonomía en los conductores, al establecerse una comparación de esta nueva tecnología con los motores de combustión interna convencionales, en los que es posible recorrer distancias mayores y llenar el depósito de combustible en muy poco tiempo [17].
- **Barreras económicas.** El coste asociado a los vehículos eléctricos es hoy en día muy superior a los vehículos de combustión convencionales con prestaciones similares. Esto se debe a que el coste de la batería, con tecnología de ión-litio, es todavía muy elevado. Sin embargo, existe una clara tendencia de reducción de coste debido al proceso de madurez de la tecnología. En el período comprendido entre 2008 (1000 \$/kWh) y 2015 (268 \$/kWh) se ha conseguido una disminución del coste promedio de las baterías de un 73% [18]. De forma adicional, la mayor parte de los estudios indican que se conseguirá la competitividad de los vehículos eléctricos con costes de baterías de alrededor de 100 \$/kWh. Por estos motivos, si se logran alcanzar estos costes será posible equipar a los vehículos con mayores baterías que aumenten su autonomía, eliminándose la barrera técnica descrita anteriormente.
- **Barreras asociadas a la infraestructura de recarga.** Sin lugar a dudas la infraestructura de recarga es clave para que se produzca la transición hacia un sistema de transporte por carretera totalmente eléctrico. No obstante, se trata de un problema complejo al ser difícil satisfacer de forma simultánea los intereses de los propietarios de los vehículos y los agentes de recarga durante los primeros años del despliegue (¿quién fue primero: el huevo o la gallina?). Debido a la escasez de vehículos eléctricos, no se realizará una instalación masiva de puntos de recarga, pues esta nueva actividad no resulta atractiva desde un punto de vista económico. Esta escasez de infraestructura de recarga, a su vez, dificulta la adquisición de vehículos eléctricos e impide su utilización en largas distancias. Por estos motivos, en [10] se justifica la necesidad de ofrecer ayudas para la instalación de puntos de recarga, al

menos durante los primeros años hasta que se consiga un despliegue masivo de la nueva tecnología.

Tal y como puede comprarse del análisis de estas barreras, no existe ninguna de ellas insalvable y es de esperar un paulatino crecimiento del parque de vehículos eléctricos conforme disminuya su coste y aumente su autonomía, lo cual está ligado al desarrollo de las baterías. Por estos motivos, es de esperar que la movilidad eléctrica afecte al sistema eléctrico tanto a nivel global como local en las redes de distribución en las que se conectarán los sistemas de recarga eléctrica.

Por una parte, y desde un punto de vista global, en el año 2020 se prevé en España un parque de 500.000 vehículos eléctricos que supondrán un consumo adicional de 1,5 TWh sobre la demanda eléctrica anual prevista para 2020 (308,901 TWh), lo cual representa un 0,49% adicional [19]. A pesar de que esta cifra no es muy elevada, hay que tener en cuenta que si en un futuro se reemplaza la totalidad del parque de vehículos nacional, más de 22 millones de turismos, el consumo adicional subiría hasta los 66 TWh que representaría alrededor de un 22% de la energía anual. Además de incrementarse la potencia total demandada por el sistema, se afectará también la curva de demanda diaria dependiendo de cuándo y cómo se realice el proceso de carga. Desde este punto de vista, si la carga se realiza de forma incontrolada sería posible un aumento del pico de demanda del sistema [20], que tendría como consecuencia un aumento del coste de explotación del mismo [21].

Por otra parte, y analizando el impacto local sobre las redes de distribución de energía eléctrica, es posible afirmar que la introducción de los cargadores de vehículos eléctricos provocará un aumento de la carga a la que se verán sometidas las redes de media y baja tensión. Dicho aumento tendrá como consecuencia cinco efectos [22]:

- Aumento de las caídas de tensión debido al incremento de la carga de la red. Es posible que puedan originarse subtensiones en determinados momentos del día en las que se produzca una recarga simultánea de muchos vehículos eléctricos. Esto podría afectar desfavorablemente a la calidad de suministro percibida por el consumidor final que está regulada por normativas cada vez más exigentes [23].
- Congestión de líneas de baja tensión por tener cargas superiores a sus límites térmicos (límite de ampacidad) en caso de funcionamiento simultáneo de muchos cargadores eléctricos.
- Aumento de las pérdidas del sistema de distribución debido a una mayor carga del mismo.
- Disminución de la vida útil de los transformadores de distribución debido a un incremento de carga [24].

- Aumento de los niveles de desequilibrio. Tal y como se ha visto en la sección anterior, los cargadores de poca potencia suelen ser monofásicos. En este sentido, es importante realizar un reparto adecuado entre las diferentes fases para mantener, en la medida de lo posible, la carga igualmente repartida entre las mismas. De otra forma, operación con carga desequilibrada, podrían aumentar de forma considerable las pérdidas del sistema de distribución [25]. Adicionalmente, el funcionamiento con carga desequilibrada empeora notablemente la calidad de suministro pues se incrementaría el desequilibrio de tensión, limitado por la normativa vigente [23].

- Por último, y tal y como se ha comentado anteriormente, todos los dispositivos de recarga eléctrica están formados por componentes de electrónica de potencia que realizan la adaptación de corriente alterna a corriente continua. Este tipo de dispositivos es no lineal, es decir, que alimentados con una tensión sinusoidal responden consumiendo una intensidad no sinusoidal. Dicha intensidad, si no se toman las medidas correctoras oportunas, puede tener un contenido armónico muy elevado que afecta de forma negativa a la calidad de suministro de la red de distribución [26].

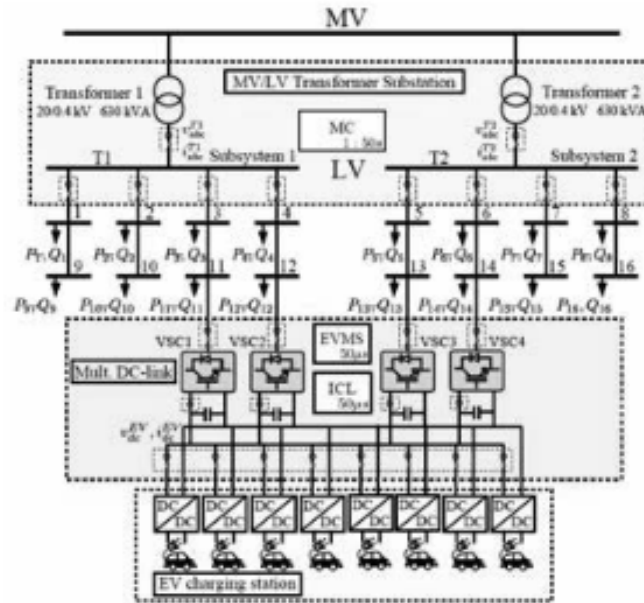
Si en el futuro va a existir un despliegue masivo de coches eléctricos, es imprescindible buscar las estrategias necesarias para minimizar los aspectos negativos enumerados anteriormente.

ESTRATEGIAS PARA MINIMIZAR EL IMPACTO EN LA RED [1]

Es necesario buscar estrategias para minimizar al máximo el impacto de la recarga del vehículo eléctrico sobre la red. Las estrategias propuestas hasta la fecha pueden clasificarse en función de la manera en que gestionan la carga adicional debida al vehículo eléctrico:

- **Refuerzos clásicos de red.** Este es la forma más básica de solucionar el problema, pues el vehículo eléctrico es considerado como una carga convencional que no puede controlarse. Por estos motivos, se recurre a aumentar las inversiones asociadas a activos clásicos de red, instalación de nuevas líneas y transformadores, para evitar las congestiones (subtensiones y sobrecargas) producidas por la recarga. En este sentido, se han realizado trabajos en los que se consideran modelos de planificación de red óptima teniendo en cuenta el incremento de carga de los vehículos eléctricos [27]. Sin embargo, hay que tener en cuenta que realizar refuerzos de red en áreas densamente pobladas es complicado debido a que la red de distribución suele ser subterránea. En estos casos, es necesario abrir zanjas a lo largo de las calles que ocasionan numerosas molestias (ciere temporal de calles con reordenación del tráfico, ruidos debidos a las obras, etc.) [28]. Por estos motivos, y teniendo en cuenta que existe la

FIGURA 5
ESTACIÓN DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ALIMENTADA DE FORMA SIMULTÁNEA DE VARIOS ALIMENTADORES PARA REPARTIR LA DEMANDA EN FUNCIÓN DE LA CARGA DE LOS MISMOS



Fuente: [44]

madres tecnológica de las redes inteligentes, es posible plantear otras alternativas.

- **Localización óptima de las estaciones de recarga.** El objetivo de estas estrategias es encontrar la ubicación óptima y potencia asociada a cada una de las estaciones de recarga teniendo en cuenta una determinada función objetivo. Existen multitud de aproximaciones al problema, desde aquellas que simplemente minimizan el coste del sistema [24] o los costes de inversión y explotación del sistema [80], hasta otras más complejas en las que se analiza la planificación de red multiperíodo [81],[82] e incluso teniendo en cuenta la presencia de sistemas de almacenamiento y aporte de energías renovables [83].
- **Algoritmos de carga controlada.** Estos algoritmos intentan repartir la carga del coche eléctrico a lo largo del día para evitar las congestiones de red y, de forma simultánea, cumplir los requerimientos impuestos por los usuarios individuales. Existen multitud de algoritmos que realizan este cometido y pueden clasificarse en función de la arquitectura de control utilizada y de la función objetivo que se intenta optimizar. Desde el punto de vista de la

arquitectura de control, existen implementaciones centralizadas y descentralizadas. En el primer caso, los algoritmos calculan los perfiles de recarga óptimos atendiendo a un objetivo global de operación. Para ello, es necesario conocer el estado del sistema a través de medidas eléctricas, para lo cual es necesario contar con una compleja infraestructura de comunicaciones. Dicha infraestructura es utilizada, de forma adicional, para comunicar el centro de control con las estaciones de recarga, y así enviar las consignas de operación adecuadas que optimizan el funcionamiento del sistema [84],[85]. Sin embargo, y a pesar de los beneficios de obtener un óptimo global, este tipo de aplicaciones dependen en gran medida de una infraestructura de comunicaciones que está sometida a fallos [86] y, adicionalmente, su complejidad computacional puede ser bastante elevada en caso de un despliegue masivo de estaciones de recarga [87]. Por el contrario, los algoritmos de control descentralizados distribuyen la toma de decisiones entre los controladores independientes de las estaciones de recarga. Existen multitud de implementaciones, desde aquellas en las que los controladores, dotados de cierta capacidad de

comunicación, comparten información con sus vecinos [37],[38] o otros más simples que operan basándose exclusivamente en medidas locales [39]. Si se analizan las funciones objetivo que han sido utilizadas para establecer los perfiles de recarga óptimas pueden encontrarse criterios técnicos y económicos. Los objetivos técnicos más comunes son controlar las tensiones dentro de los límites reglamentarios [39] y minimizar las pérdidas de la red [35]. En el caso de los objetivos económicos, se persigue la minimización del coste de operación de la compañía distribuidora [34], el gestor de recarga [38] o el usuario final [40].

- **Tarifas eléctricas con coste variable en el tiempo.** El objetivo de estas estrategias es establecer una política de costes de recarga a través de tarifas variables en el tiempo, que dan al usuario final una señal económica para así modular la recarga de los vehículos [41]. En aquellos momentos del día en el que se prevían congestiones del sistema se impondrán precios elevados, mientras que momentos con poco consumo se reducirá el precio para incentivar la recarga.
- **Utilización de generación renovable distribuida.** Estas estrategias tienen como objetivo reducir la demanda de potencia y energía consumida de la red eléctrica durante la recarga mediante la operación local de generación [42]. Esta generación podría integrarse en la propia estación de recarga o próxima a ella para, de esta forma, reducir el impacto en la red de distribución.
- **Utilización de sistemas de almacenamiento.** El objetivo de esta estrategia es aplanar la curva de demanda de las estaciones de recarga y reducir la punta de consumo [43]. Nótese que la utilización de sistemas de almacenamiento no disminuye la energía demanda de la red, sino que tan sólo se consigue repartir dicho consumo energético a lo largo del día.
- **Reparto de la demanda de las estaciones de recarga entre varios alimentadores.** Si bien los métodos de reducción de la demanda de las estaciones de recarga son muy interesantes desde el punto de vista del operador de la red de distribución, pues retrasa la inversión en nuevos activos de red, presenta algunos problemas. Por una parte, el aporte de las renovables, como la fotovoltaica, en estaciones de recarga ubicadas en zonas urbanas es discutible debido a la necesidad de disponer de grandes extensiones de terreno para conseguir potencia suficiente. Por otra parte, el coste actual de los sistemas de almacenamiento es una clara barrera económica que dificulta su utilización. Sin embargo, como alternativa, es posible pensar en una solución que se adapta fácilmente a los entornos urbanos. En las ciudades existen multitud de alimentadores de baja tensión que parten de los centros de transformación. La idea es instalar las estaciones de recarga de forma que puedan ser

alimentadas desde varios alimentadores de forma simultánea tal y como se muestra en la figura 8. De esta forma, es posible repartir la demanda de la recarga de los vehículos eléctricos entre los alimentadores en función de la carga que tengan en cada instante [44].

CONCLUSIONES

Este artículo ha presentado una revisión tecnológica de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos. Tal y como se ha puesto de manifiesto, existe una necesidad urgente de descarbonizar el sector transporte para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire de núcleos urbanos densamente poblados. Sin lugar a dudas, la transición hacia un modelo de movilidad eléctrica contribuirá a conseguir este objetivo. Sin embargo, para ello es necesario incluir las infraestructuras de recarga necesarias para un parque de vehículos que está en continuo aumento. El modo en que se puede realizar la recarga de los vehículos eléctricos es muy variado, por lo que se ha realizado una revisión de sus aspectos tecnológicos principales, así como una descripción de los estándares y normativas que regulan su conexión a la red eléctrica. En este sentido, y debido al volumen de vehículos eléctricos esperados, el impacto sobre la red eléctrica va a ser considerable. Por estos motivos, el trabajo finaliza con una revisión de las principales estrategias que es posible aplicar para mitigar dicho impacto.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Organización Mundial de la Salud. *¿La herencia de un mundo sostenible? Atlas sobre salud infantil y medio ambiente*. Ginebra, 2018.

[2] Agencia Internacional de la Energía. *Global EV Outlook 2016: Towards a zero-emission electricification*.

[3] J. García-Villalobos, I. Zamora, J.I. San Martín, F.J. Asensio, V. Aparicio. *Plug-in electric vehicles in electric distribution networks: A review of smart charging approaches*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 38, pp 717-731, 2014.

[4] Y.J. Jang. *Survey of the operation and system study on wireless charging electric vehicle systems*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2018.

[5] L. Chen, M. Wu, X. Xu. *The development and applications of charging/battery swap technologies for EVs*. *IEEE 2012 China International Conference on Electricity Distribution*, Shanghai, pp. 1-7, 2012.

[6] M. Yilmaz, P. T. Klein. *Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles*. *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 5, pp. 2151-2169, May 2013.

[7] W. Kempton, V. Udo, K. Mubaw, K. Kamara, S. Lefterak, S. Baker, D. Brunner, N. Peare. *A test of vehicle-to-grid (V2G) for energy storage and frequency regulation in the PJM system*. Jan, 2009.

[8] IEC 61851-1:2017. *Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements*.

[9] IEC 62196-2:2016. *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requi-*

todos aquellos usos de energías autónomas y limpias que técnicamente han demostrado ser viables y competitivas.

Además, en términos de imagen del servicio de recarga de los vehículos eléctricos, la instalación de paneles fotovoltaicos en los puntos de recarga aporta una ventaja competitiva con la que contarán algunas instalaciones de recarga y otras no.

1.3. EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA QUÍMICA

Los procesos de recarga de las baterías de los vehículos eléctricos, así como los procesos de descarga de las mismas en el vehículo para la producción de energía eléctrica consumida en el motor, son ejemplos clásicos de transformación de materia y energía a causa de las reacciones químicas en el interior de las baterías.

Las baterías eléctricas actúan como acumuladores de energía, que puede ser recibida o cedida gracias al carácter reversible de las reacciones químicas de óxido-reducción o reacciones redox que se dan en las celdas galvánicas que integran la batería. En estas reacciones se transfieren uno o más electrones entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación y generando una corriente eléctrica. Se trata de procesos objeto de la ingeniería química.

Tabla 2. Eficiencia energética y otras características de las baterías actualmente disponibles.

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 hidrurometalico (NiMH)	70	140-300	250-1.000	1.350	70,0
Níquel cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1.050	72,5
Plomo-ácido	40	60-75	180	500	82,5

Fuente: Santamaría, J. (2009)

Dependiendo del uso, precio, prestaciones y otras características requeridas, se emplean diversos tipos de baterías. En la tabla 2, vienen reflejados los principales tipos de baterías. [9]

Las características de las baterías recargables siempre han sido críticas en el desarrollo del vehículo eléctrico. Aunque el fabricante Tesla Motors tiene como objetivo una reducción del coste de las baterías de un 30% [15], el coste de un vehículo eléctrico depende de las baterías en un porcentaje determinante. El tipo y la capacidad de la batería condicionan la velocidad máxima, la autonomía entre recargas, el tiempo de recarga y la duración de la batería.

Sin embargo el esfuerzo de investigación dedicado a la tecnología de las baterías eléctricas ha sido muy pequeño en comparación con otras tecnologías. La capacidad

de almacenamiento de las baterías ha requerido diez años para duplicarse, y sólo en los últimos años con el desarrollo de la telefonía móvil se han empezado a realizar inversiones importantes.

Figura 4. Batería de iones de litio para un vehículo eléctrico.



Fuente: Santamaría, J. (2009)

En la actualidad, para el suministro de energía a los motores de los vehículos eléctricos las baterías más habituales son las de iones de litio (Li-Ion, figura 4). [3]

Su desarrollo es muy reciente y se ha debido a la telefonía móvil. Presentan una densidad energética aceptable, 0,125 kWh / kg, un volumen moderado, no son pesadas y además no sufren el efecto memoria. [16]

Sin embargo en la variable densidad energética reside la principal debilidad para la automoción eléctrica, así como la principal fortaleza de los vehículos con motor de combustión interna.

La gasolina tiene una densidad energética de 13 kWh / kg (8,9 kWh por litro), y el gasoil presenta 12,7 kWh / kg, frente a 0,125 kWh / kg de las baterías de iones de litio. [9]

La mayor densidad energética de los hidrocarburos garantiza una mayor autonomía, a pesar de su ineficiencia para convertir la energía química almacenada en kilómetros recorridos. Además, se requieren sólo unos minutos para llenar el depósito, frente a las varias horas necesarias para recargar, en modo recarga lenta, los actuales vehículos eléctricos. Por otra parte existe toda una infraestructura bien desarrollada de gasolineras, frente a su ausencia en el caso de los vehículos eléctricos.

2.1.1. ESTADIOS INTERMEDIOS: HÍBRIDOS E HÍBRIDOS ENCHUFABLES

Las limitaciones impuestas por las baterías a la expansión comercial del vehículo eléctrico han propiciado el desarrollo de soluciones intermedias entre los vehículos eléctricos y los de combustión interna, se trata de los vehículos híbridos.

Actualmente los vehículos eléctricos se pueden clasificar en:

1. Vehículos eléctricos puros (VE): aquellos en los que la red eléctrica carga unas baterías de tamaño importante que alimentan el funcionamiento de un único motor eléctrico. Los retos son el tamaño de las baterías, el precio, el peso, la infraestructura y la gestión de recarga. [25]
2. Vehículos híbridos (VEH, configuración mecánica en paralelo): cuentan con dos motores: un motor de combustión interna, generalmente de gasolina, que realiza la tracción principal del coche y permite cargar la batería conjuntamente con el freno de inercia, y un pequeño motor eléctrico de poca potencia que apoya la tracción y que es alimentado por una batería sin capacidad de conexión a la red. La batería es pequeña y la autonomía del vehículo es igual a la de un coche convencional. [25]
3. Vehículos híbridos enchufables, *plug-in hybrid* (VEHE): son coches híbridos con posibilidad de conexión a la red eléctrica. Cuentan con dos motores: uno de combustión interna y otro eléctrico. En la modalidad más extendida (configuración mecánica en serie), el motor de tracción es el eléctrico. Dispone de baterías más grandes y el motor de combustión interna sirve sólo para producir electricidad y no para mover el coche. En los primeros 60 Km usa solo electricidad y cuando la batería empieza a agotarse entra en funcionamiento el motor de gasolina. [25]

El desarrollo comercial de los vehículos eléctricos está abierto a las tres variedades de estos vehículos. Cada uno tiene sus fortalezas y debilidades.

Diversos fabricantes de automóviles han optado preferentemente por algunos de estos tipos, pero a priori nada permite concluir un crecimiento destacado de un tipo respecto a otro.

De hecho los expertos vaticinan un amplio periodo de coexistencia de todas estas variedades de vehículos eléctricos junto a los vehículos de combustión interna de gasolina y de gasoil. [26]

Se prevé que este periodo de coexistencia pueda extenderse a los próximos 15 o 20 años. Después se habría alcanzado la madurez tecnológica del nuevo tipo dominante de vehículo automóvil. [26]

2.2. INFRAESTRUCTURAS PARA EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Además del desarrollo tecnológico de las baterías, otro importante freno para el éxito comercial de los vehículos eléctricos es la necesidad de nuevas infraestructuras para su recarga. Ambas dificultades explican el desarrollo de los vehículos híbridos.

El combustible empleado por los vehículos eléctricos puros es la energía eléctrica recibida de la red eléctrica. En el caso de los vehículos híbridos enchufables también lo es a un mejor precio del combustible, dado que con la actual estructura de precios de los combustibles derivados del petróleo (fuertemente gravados por el impuesto de hidrocarburos) y de los precios de la energía eléctrica, la relación de precios es aproximadamente de 4:1. [27]

La circulación de los vehículos eléctricos (a excepción de los híbridos) requiere de la ejecución de una considerable red de puntos de recarga para los vehículos eléctricos. El crecimiento del parque de vehículos eléctricos irá ligeramente precedido en el tiempo por la instalación de esta red de puntos de recarga.

Desde hace muchos años, incluso una década, y dependiendo de las prestaciones de autonomía supuestas para el vehículo eléctrico comercial, se han estudiado varias estrategias para la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos.

Por supuesto estas estrategias, analizadas en parte por empresas externas a la fabricación de automóviles, dependen de las opciones y decisiones de los fabricantes de la industria del automóvil en cuanto a las características del sistema de recarga.

Se pueden destacar principalmente dos sistemas de recarga.

1. La instalación de electrolinerías de sustitución de baterías, según el sistema empleado por ejemplo por la empresa californiana Better Place, en las que en unos pocos minutos se completa el cambio de baterías sin que el conductor tenga que bajarse del vehículo. [28]

Una cadena automatizada utiliza dos plataformas para llevar a cabo el proceso. La primera extrae la batería vacía de la parte inferior del vehículo. Una vez retirada, la segunda instala una batería cargada procedente del almacén de la estación de servicio. En ningún momento hay flujo de corriente eléctrica hacia el vehículo. [28]

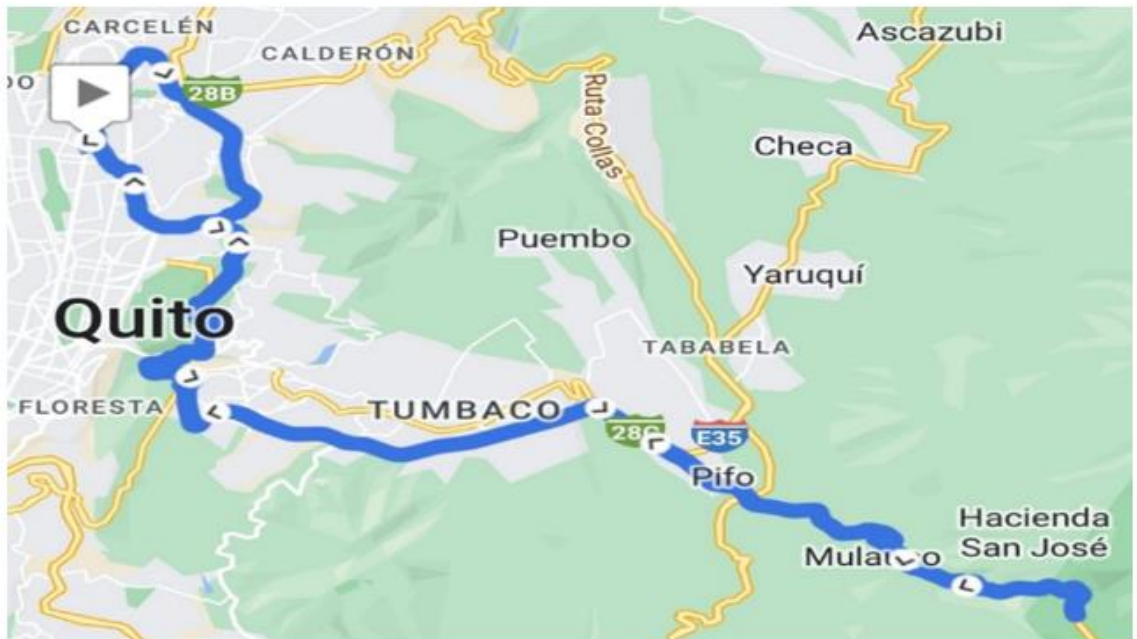
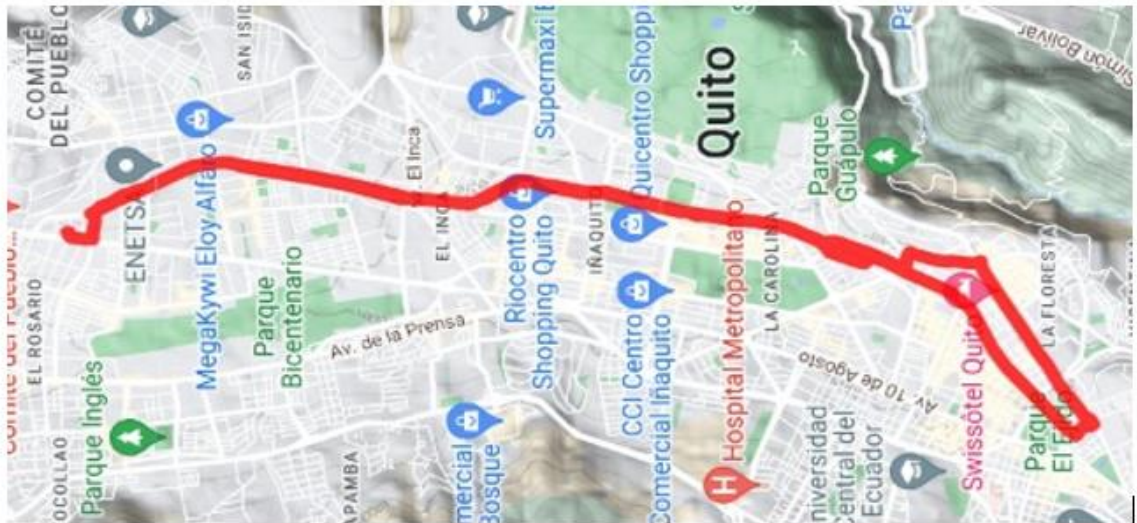
2. La implantación de terminales que recargan las baterías permanentes instaladas en los vehículos eléctricos. Estos puntos están distribuidos en los domicilios de los propietarios y en diversos puntos de la red viaria: en los parkings públicos y privados, en las bandas de aparcamiento municipales junto a los acerados, en las actuales Estaciones de Servicio que incorporen esta nueva actividad o en nuevas electrolinerías. En todos estos casos, la batería del vehículo se recarga, no se sustituye.

Es evidente que la expansión de uno u otro sistema de recarga, o la coexistencia de ambos, depende de las decisiones estratégicas de diseño de los vehículos eléctricos establecidas por los fabricantes de automóviles.

En Europa, sin excluir otras opciones en el futuro, parece que los fabricantes están alineados con la opción de recargar las baterías en el vehículo. Renault, PSA Peugeot – Citroën, y los fabricantes alemanes llevan años desarrollando vehículos eléctricos con la hipótesis de este sistema de recarga.

Anexos Resultados y Discusión

Anexo 7: Autores. Recorrido de prueba ciudad y carretera



Anexo 8: Autores. Pruebas Kia Soul EV – 1.6

4:04 jue, 18 de ago. 60%

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (18) Time 00:00:09

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	4.06	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	4.06	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Charge Power	62.56	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Discharge Power	90.00	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Auxiliary Battery Voltage	14.5	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	23	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	390.8	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Current	16.5	A
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	42	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Inlet Temperature	24	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Min Temperature	21	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Max Temperature	23	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	460.6	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	477395	Sec
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	2798	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	40	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	52	'C
<input type="checkbox"/>	ABSVDC	Motor	OFF	-

Actuation Test Stop Data Capture Clear Data

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (18)

Time 00:00:07

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	4.04	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	4.04	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Charge Power	62.56	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Discharge Power	90.00	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Auxiliary Battery Voltage	14.5	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	23	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	388.9	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Current	45.4	A
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	42	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Inlet Temperature	24	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Min Temperature	21	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Max Temperature	23	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	460.6	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	477392	Sec
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	2652	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	38	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	52	'C
<input type="checkbox"/>	ABSVDC	Motor	OFF	-

2:55 jue, 18 de ago. 64%

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (19) Time 01:52:23

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	3.96	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	3.96	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	381.0	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	21	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	42	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage No.	59	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Discharge Power	441.5	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	456.2	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Discharge Current	1247.6	Ah
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Current	1238.0	Ah
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	474082	Sec
<input type="checkbox"/>	BMS	Drive Motor Speed	0	RPM
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Cell Voltage 1	3.96	V
<input type="checkbox"/>	VMCU	Power Enable	FALSE	-
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	0	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Aux Battery Voltage	12.8	V
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	0	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Estimated Motor Torque	0.0	Nm
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	48	'C

⏪
⏹ Stop
📷 Data Capture
🔄 Clear Data
📄 Selective Display
⏩

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (19)

Time 01:49:28

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	3.98	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	3.96	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	381.2	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	21	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	42	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage No.	23	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Discharge Power	441.5	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	456.2	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Discharge Current	1247.5	Ah
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Current	1238.0	Ah
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	473931	Sec
<input type="checkbox"/>	BMS	Drive Motor Speed	1300	RPM
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Cell Voltage 1	3.96	V
<input type="checkbox"/>	VMCU	Power Enable	TRUE	-
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	18	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Aux Battery Voltage	14.4	V
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	1313	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Estimated Motor Torque	-29.4	Nm
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	55	'C

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display




Multi Data Analysis




KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW









 Multi Data Analysis (19)
 Time 01:42:32





<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	3.98	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	3.96	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	381.7	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	21	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	42	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage No.	61	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Discharge Power	440.7	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	455.9	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Discharge Current	1245.4	Ah
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Current	1237.3	Ah
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	473515	Sec
<input type="checkbox"/>	BMS	Drive Motor Speed	1500	RPM
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Cell Voltage 1	3.98	V
<input type="checkbox"/>	VMCU	Power Enable	TRUE	-
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	23	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Aux Battery Voltage	14.4	V
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	1620	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Estimated Motor Torque	13.0	Nm
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	42	'C


 Stop
  Data Capture
  Clear Data
  Selective Display
 

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (18) Time 00:28:13

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	3.96	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	3.94	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Charge Power	82.62	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Discharge Power	90.00	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Auxiliary Battery Voltage	14.6	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	380.5	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Current	65.9	A
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	6	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Inlet Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Min Temperature	23	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Max Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	463.0	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	479078	Sec
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	6955	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	101	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	59	'C
<input type="checkbox"/>	ABSVDC	Motor	OFF	-

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (18)

Time 00:22:02

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	4.08	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	4.06	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Charge Power	76.27	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Discharge Power	90.00	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Auxiliary Battery Voltage	14.6	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	392.3	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Current	-46.4	A
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	42	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Inlet Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Min Temperature	23	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Max Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	462.7	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	478708	Sec
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	5524	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	80	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	58	'C
<input type="checkbox"/>	ABSVDC	Motor	OFF	-

Multi Data Analysis

KNAJP81EFG7010977 SOUL EV(PS EV)/2016/80KW

Multi Data Analysis (18) Time 00:17:11

<input type="checkbox"/>	System	Sensor Name	Value	Unit
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage	4.00	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Min Cell Voltage	3.98	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Charge Power	69.20	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Available Discharge Power	90.00	'KW
<input type="checkbox"/>	BMS	Auxiliary Battery Voltage	14.6	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Module 1 Temperature	24	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Voltage	384.3	V
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery DC Current	95.8	A
<input type="checkbox"/>	BMS	Max Cell Voltage No.	1	-
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Inlet Temperature	25	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Min Temperature	22	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Battery Max Temperature	24	'C
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Charge Power	462.2	kWh
<input type="checkbox"/>	BMS	Accumulative Operating Time	478417	Sec
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Actual Speed	5577	RPM
<input type="checkbox"/>	VMCU	Vehicle Speed	81	km/h
<input type="checkbox"/>	VMCU	Motor Temperature	59	'C
<input type="checkbox"/>	ABSVDC	Motor	OFF	-

2:02 mar, 26 de jul. 12%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:24:56

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	1832	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	79.5	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	101.2	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	48	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	-1.2	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	0	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	0.77	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	0.39	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	

3:13 mar, 26 de jul. 6%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 01:36:29

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	704	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	84.8	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	103.5	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	0	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	-1.2	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	0	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	0.77	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	0.38	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

12:40 mar, 26 de jul. 30%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:02:20

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	662	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	84.0	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	83.2	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	0	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	0.2	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	0	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	0.77	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	0.39	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	

Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

1:47 mar, 26 de jul. 14%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:10:51

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	3007	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	94.5	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	113.2	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	58	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	-1.2	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	71	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	2.94	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	1.45	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

1:42 mar, 26 de jul. 15%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:04:59

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	2162	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	86.2	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	111.0	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	64	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	-1.2	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	21	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	1.49	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	0.75	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

1:07 mar, 26 de jul. 22%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:29:43

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	2582	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	84.8	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	102.8	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	66	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	-1.1	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	48	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	2.27	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	1.13	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

12:56 mar, 26 de jul. 25%

Data Analysis

KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:17:59

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	2605	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	82.5	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	99.0	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	78	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	0.1	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	83	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	3.25	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	1.62	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

1:48 mar, 26 de jul. 14%

Data Analysis

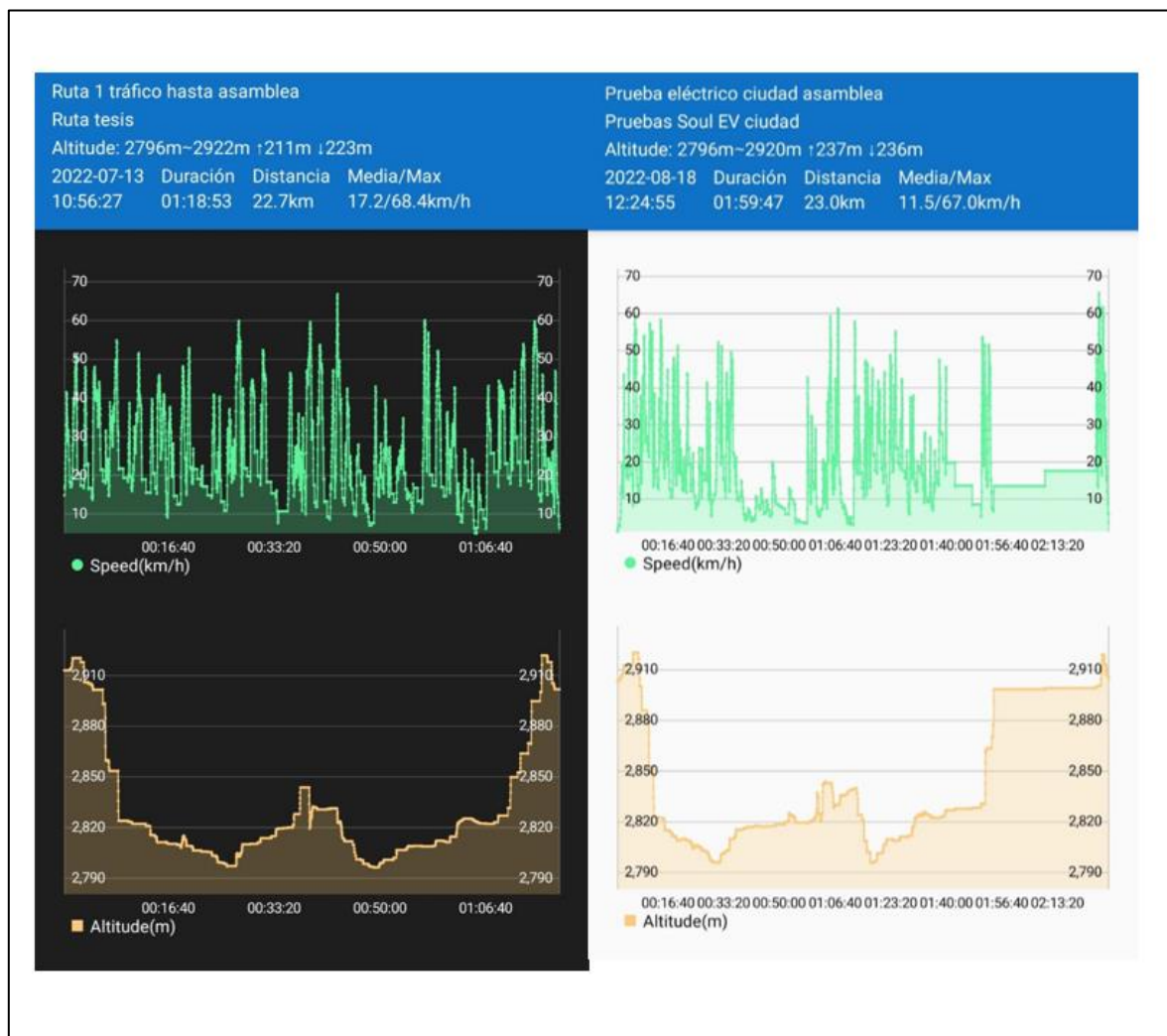
KNAJN811AH7873029 SOUL(PS)/2017/G 1.6 MPI GAMMA

Data Analysis (166) Time 00:10:57

<input type="checkbox"/>	Sensor Name	Value	Unit	Link Up
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Speed	2848	RPM	
<input checked="" type="checkbox"/>	Water Temperature	95.2	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Temperature	113.2	'C	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vehicle Speed	55	km/h	
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Mass Adaptation	-1.2	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position	74	%	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-1 Voltage(5V base)	3.02	V	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accelerator Pedal Position Sensor-2 Voltage(5V base)	1.50	V	
<input type="checkbox"/>	Immobilizer Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	SMART Key Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	MAP Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	MAF Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	A/Con Pressure Sensor Built-in	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Linear O2 Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Battery Sensor Built-in	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Leak Test Type - Under Pressure System	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Malfunction Indicator Lamp On	OFF	-	
<input type="checkbox"/>	Ignition Switch ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Fuel Pump ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>	Main Relay ON	ON	-	
<input type="checkbox"/>

Stop
 Data Capture
 Clear Data
 Selective Display
 Recorded Data

Anexo 9: Autores. Comparativa gráfica de pruebas



Anexo 10: Autores. Actividades de mantenimiento KIA.

DESCRIPCION DE OPERACIONES	Mantenimiento Preventivo KIA (Km. x 1,000)			
	Intermedio	10-30-70-90	20-40-60-80	50-100
Cambio aceite de motor	o	o	o	o
Cambio filtro de aceite	o	o	o	o
Diagnóstico de batería 12 voltios	o	o	o	o
Inspección visual de sistemas y mecanismos	o	o	o	o
Revisión y regulación de luces	o	o	o	o
Revisión de niveles	o	o	o	o
Revisión de tensión de bandas	o	o	o	o
Revisión presión de aire de neumáticos	o	o	o	o
Limpieza interior y exterior del vehículo	o	o	o	o
Cambio de filtro de aire		o	o	o
Cambio de filtro de aire acondicionado		o	o	o
Cambio filtro de combustible (*)		o	o	o
Diagnóstico computarizado		o	o	o
Limpieza cuerpo de aceleración		o	o	o
Limpieza y/o cambio de frenos delanteros y posteriores		o	o	o
Lubricación de cerraduras y bisagras de puertas		o	o	o
Reajuste de suspensión		o	o	o
Regulación freno de estacionamiento		o	o	o
Rotación de neumáticos		o	o	o
Cambio de bujías (NO 50K)			o	o
Cambio aceite de caja, transfer y diferencial				o
Cambio aceite de la dirección hidráulica				o
Cambio bandas de motor				o
Cambio correa de distribución				o
Cambio líquido de embrague				o
Cambio líquido de freno				o
Cambio refrigerante de motor				o
TOTAL OPERACIONES	9	19	20	27

Anexo 11: Autores. Actividades de mantenimiento KIA.

Soul Gasolina				Soul EV			
Combustibles				Eléctrico			
Galón extra		2,4		Kilovatio/hora		0,25	
Galón super		5,25		KW/h		9,2	
Cap tanque 12,68 gal	30,432		66,57	27 Kw		\$5 - \$7	
	extra		super	360 V			
Valor mantenimiento y combustibles Soul 1,6				Valor mantenimiento y combustibles Soul EV			
Mantto				*costo promedio			
Rev por (Km x1000)				Rev por (Km x1000)			
10 -30-70-90-110-130	257		1542	10-30-70-90-110-130			0
20-40-60-80-120-140-1	272		1904	20-40-60-80-120-140-160			136
50-150	387		774	50-150			0
100-200	519			100-200			249
Corto plazo 4 cargas				Cada 800 km			
Carga/combustible	\$ 30	\$ 5		Largo plazo a 100mil km		120	
	\$ 272	\$ 136					
	\$ 302	\$ 141					
% de ahorro	\$ 161	53,31					
Mantenimiento 1000 x Km				Mantenimiento 1000 x Km			
		Valor				Valor	
10	\$	257		10	\$	-	
20	\$	272		20	\$	136	
30	\$	257		30	\$	-	
40	\$	272		40	\$	136	
50	\$	387		50	\$	-	
60	\$	272		60	\$	136	
70	\$	257		70	\$	-	
80	\$	272		80	\$	136	
90	\$	257		90	\$	-	
100	\$	519		100	\$	249	
Total	\$	3.022		Total	\$	793	
*fuente				26,24% Ahorro en funcion de valor máximo			

Anexo 12: KIA Fichas técnicas Kia Soul

27/9/22, 16:52

Global Service Way - Technical Information

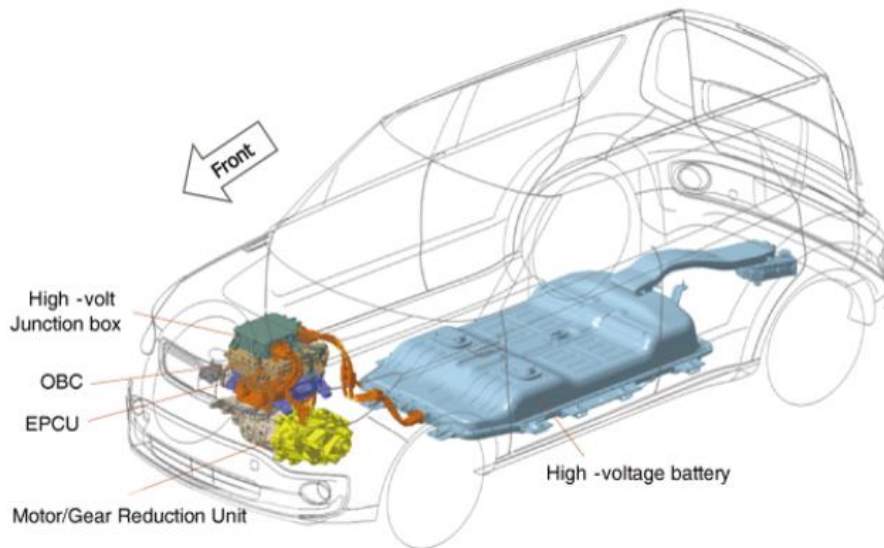
2016 > 80KW > 80KW > Emergency Response Guide > Main Electronic Systems > General Information

Please rate this document after reviewing at the bottom of this page.

Power Electronics Specification

Item		PSEV	
Motor	Type	Permanent magnet synchronous motor	
	Max. Output (kW)	81.4	
	Max Torque (Nm)	285	
Gear Reduction Unit	Maximum permissible torque (Nm)	300	
	Gear Ratio	8.206	
EPCU	Inverter	Input Voltage(V)	240 ~ 413
	LDC	Max. Output (kW)	1.7
OBC (On Board Charger)	Max. Output (kW)	6.6	
	Output density (kVA/l)	0.52	
Battery	Type	Lithium-ion polymer	
	Rated Voltage (V)	360	
	Capacity (Ah) /	75 / 27	
	Energy (kwh)		
	Number for Pack	192CELL / 8MODULE	
	(Cell / Module)		
	Power (kW)	90	
	Pack Energy density	97.6 Wh/kg	
Weight (kg) / Volume(ℓ)	277 / 241		

Power Electronics (PE)

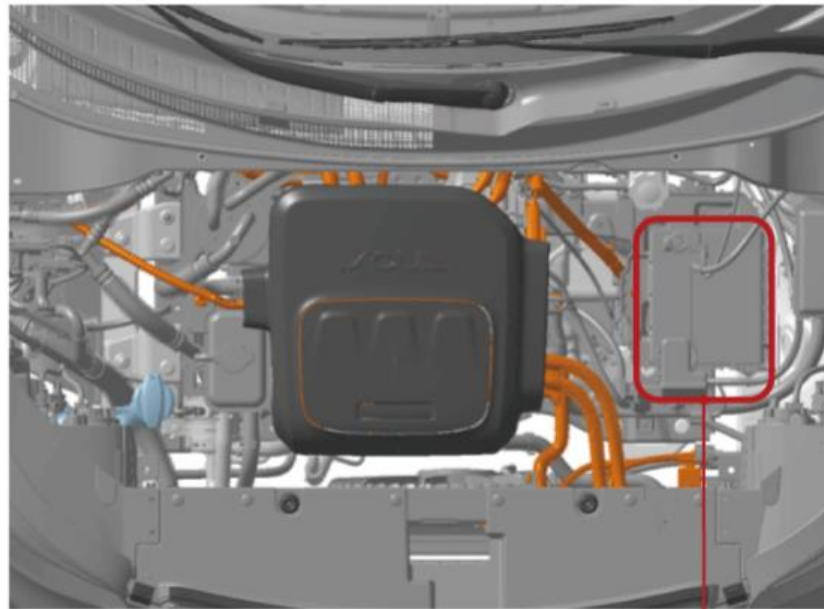


High-voltage Junction box	It supplies electricity from battery to the inverter, LDC, air conditioner compressor, PTC heater, etc...
OBC	On-Board Charger: Battery charging equipment (AC→DC)
EPCU	Electric Power Control Unit (Inverter + LDC)
LDC	Low Power DC-DC Converter: Charge 12V supplementary battery
Inverter	DC→AC (from battery to motor) AC→DC (charge using regenerative braking)
Motor	Current flows in the coil. It generates a rotating magnetic field and generates motor torque and output
Gear Reduction Unit	It increases Motor Torque and increased Torque is transferred to the wheels.
High voltage battery	It supplies and stores electric energy to traction motor.

Vehicle components

12V auxiliary battery

The 12V auxiliary battery is located in the right side of the electric motor room, and powers all of the vehicle's standard electronics like radio, air conditioner, etc. Also, it powers the EPCU (Electric Power Control Unit) which controls high voltage current to main electronic systems like the motor and high voltage junction box.



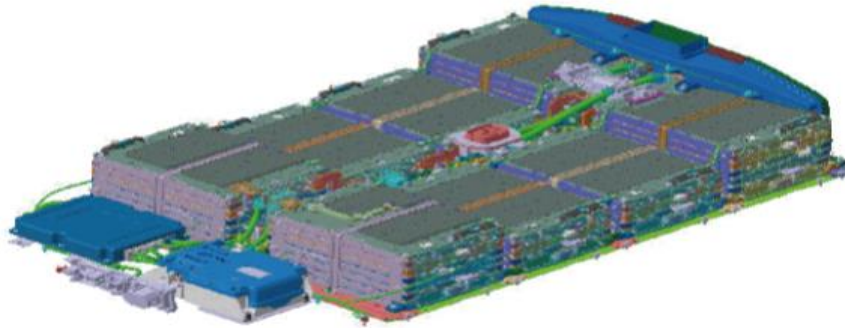
12V Auxiliary Battery

High voltage battery system

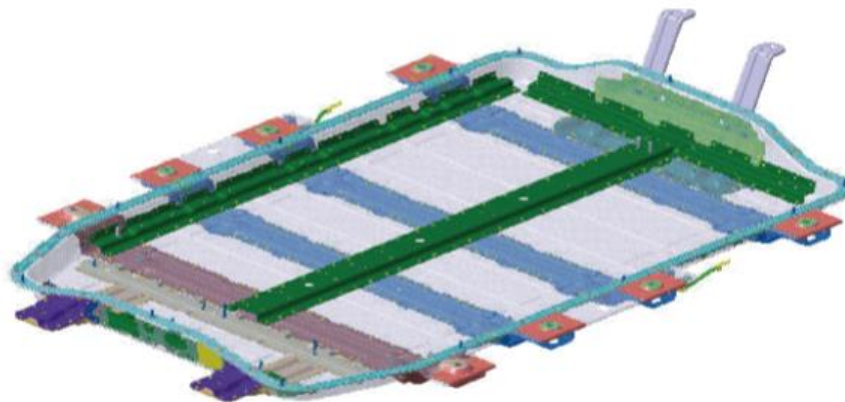
The High voltage battery system supplies and stores electric energy to traction motor and it is a Lithium ion polymer battery with specifications, 360V / 75Ah / 27 kWh. It is located under floor of the Soul electric vehicle.

High voltage battery upper case



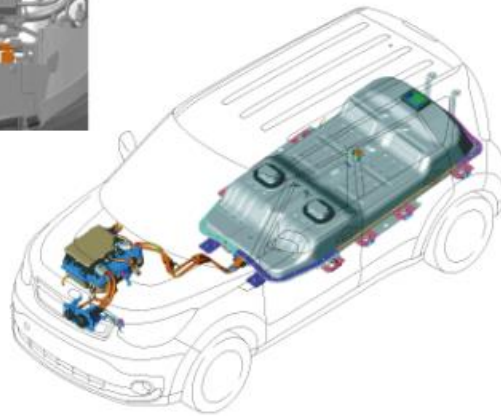
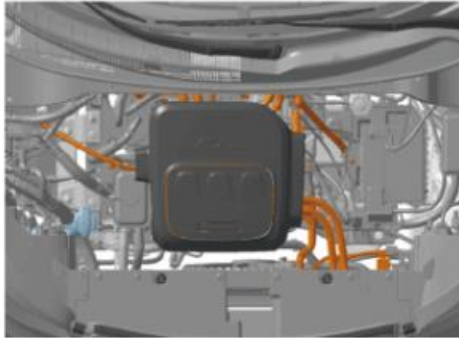


High voltage battery lower case



⚠ WARNINGEnglish 

- Do not cut or disconnect orange cabling and connectors. It might cause serious injury or death due to electrical shock.
- Exposed cables or wires may be visible inside or outside the vehicle. Never touch the wires, cables, connectors, or all electric components before disabling the system, to prevent injury or death due to electrical shock.

**Motor**

The motor of the electric vehicle converts electrical energy into propelling energy with a Max. power of 81.4 kW and Max. torque of 285 Nm.

**Gear Reduction Unit**

The Gear Reduction Unit increases Motor Torque and transfers increased Torque to the wheels with Max. torque of 300Nm.



Electric Power Control Unit (EPCU)

The EPCU includes an Inverter and LDC (Low Power DC-DC Converter) in one housing. The inverter converts DC to AC to supply electricity to the motor. It also converts AC to DC to charge the high voltage battery. The LDC transfers high voltage electricity to 12 voltage to charge 12V auxiliary battery.



OBC (On-Board Charger)

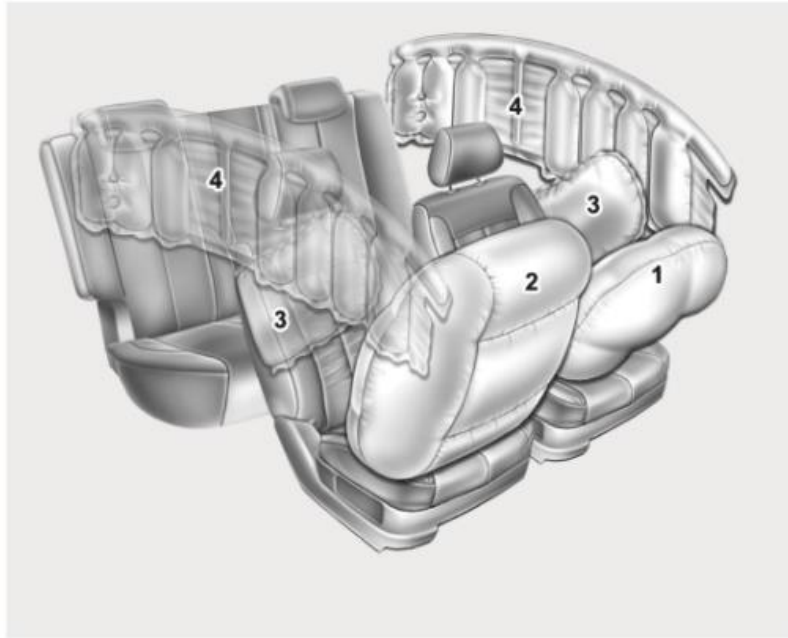
The OBC is a battery charging equipment to convert external AC to DC to charge the high voltage battery.



Airbag system (SRS: Supplemental Restraint System)

Airbag

Six airbags are installed in the Soul Electric Vehicle, located in standard area of the vehicle so that the first responder can find them immediately. Before emergency procedure, make sure the vehicle ignition switch is turned off, disconnect the negative cable from the 12V auxiliary battery to prevent accidental deployment of undeployed airbags.



- (1) Driver's front airbag
- (2) Passenger's front airbag
- (3) Side airbag
- (4) Curtain airbag



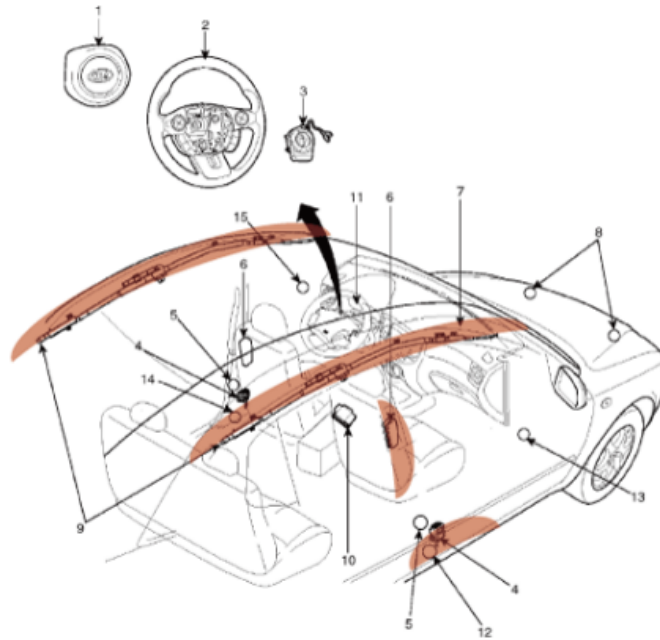
- (5) Passenger's front airbag ON/OFF switch

✦ The actual air bags and seats in the vehicle may differ from the illustration.

Seat Belt Pretensioner

The Soul electric vehicle is equipped with driver's and front passenger's seat belts with pretensioners. When the seat belt pretensioners are activated in a collision, a loud noise may be heard and fine dust, which may appear to be smoke, may be visible in the passenger compartment. These are normal operating conditions and are not hazardous. The seat belt pretensioner assembly mechanisms may become hot during activation, and may need several minutes to cool after they have been activated.

Airbag system components



- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Driver Airbag (DAB) | 8. Front Impact Sensor (FIS) |
| 2. Steering Wheel | 9. Curtain Airbag (CAB) |
| 3. Clock Spring | 10. Supplemental Restraint System Control Module (SRSCM) |
| 4. Seat Belt Pretensioner (BPT) | 11. Airbag Warning Lamp |
| 5. Side Impact Sensor (SIS) | 12. Emergency Fastening Device (EFD) |
| 6. Side Airbag (SAB) | 13. Pressure Side Impact Sensor (PSIS) |
| 7. Passenger Airbag (PAB) | 14. Emergency Fastening Device (EFD) |
| | 15. Pressure Side Impact Sensor (PSIS) |

WARNING

Explosion

- To prevent accidental deployment of undeployed airbags, do not cut the red colored part on the above layout.
- To prevent accidental deployment of undeployed airbags, make sure the vehicle ignition switch is turned off, disconnect the negative cable from the 12V auxiliary battery, and recommended wait at least 3 minutes to allow the system to deactivate.
- Failure to shut off and disable the vehicle before emergency response procedures are performed may result in serious injury or death from accidental deployment of the airbag system.

*** Thanks for your cooperation for the more quality. Please surely rate this document before closing.**

Rate this Document

Please rate the above contents on a scale of 1 to 5.

Little Value
 1
 2
 3
 4
 5
 Excellent Value

Clear

Submit

