



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICO

TEMA:

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECARGA  
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE BATERÍA EN PARQUEADEROS  
PÚBLICOS**

Previa la obtención del Título

**INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO**

ELABORADO POR:

Carlos Danilo Concha Quisnancela

Guayaquil, 02 de Marzo del 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Carlos Danilo Concha Quisnancela** como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO.

Guayaquil, 02 de Marzo del 2014

DIRECTOR

---

MsC. Luis Pinzón Barriga

REVISADO POR

---

Ing. NN.  
Revisor Metodológico

---

MsC. NN.  
Revisor de Contenido



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

CARLOS DANILO CONCHA QUISNANCELA

DECLARÓ QUE:

El proyecto de tesis denominado “Propuesta de Implementación de un Sistema de Recarga para Vehículos Eléctricos de Batería en parqueaderos públicos” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, 02 de Marzo del 2014

EL AUTOR

CARLOS DANILO CONCHA QUISNANCELA



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, CARLOS DANILO CONCHA QUISNANCELA

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “Propuesta de Implementación de un Sistema de Recarga para Vehículos Eléctricos de Batería en parqueaderos públicos”, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, 02 de Marzo del 2014

EL AUTOR

CARLOS DANILO CONCHA QUISNANCELA

## DEDICATORIA

EL AUTOR

CARLOS DANILO CONCHA QUISNANCELA

## **AGRADECIMIENTO**

EL AUTOR

CARLOS DANILO CONCHA QUISNANCELA

## Índice General

Índice de Figuras .....	9
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN..	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Antecedentes.....	12
1.3. Justificación del Problema. ....	13
1.4. Definición del Problema.....	14
1.5. Objetivos del Problema de Investigación. ....	14
1.5.1. Objetivo General. ....	14
1.5.2. Objetivos Específicos.....	14
1.6. Idea a Defender.....	14
1.7. Metodología de Investigación. ....	14
CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica.....	16
2.1. Vehículos eléctricos: Introducción.....	16
2.2. Vehículos eléctricos historia y fundamentos .....	17
2.3. Necesidad medioambiental.....	19
2.4. Partes generales de un vehículo eléctrico .....	20
2.5. Vehículos eléctricos eficiencia y sostenibilidad. ....	21
2.6. Tipos de módulos de propulsión y arquitectura general de vehículo. ....	24
2.7. Motores Eléctricos. Tipología y funcionamiento. ....	28
2.8. Requisitos del motor eléctrico.....	29
2.9. El motor Eléctrico .....	30
2.9.1. Motor de corriente continua.....	31
2.9.2. Motor de corriente alterna .....	32
2.10. Funcionamiento de un vehículo eléctrico.....	33
2.10.1. Red de Suministro y recarga.....	34

2.10.2. Modalidades de conexión y gestión de los vehículos eléctricos.

35

2.11. Normas Internacionales de vehículos Eléctricos.....	38
2.12. Desventajas de los vehículos eléctricos.....	41
2.13. Vehículos híbridos.....	42
2.13.1. Componentes generales del vehículo híbrido.....	42
2.13.2. Estructura y funcionamiento.....	42
2.13.3. Motores.....	44
2.13.4. Ventajas y desventajas.....	45
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RECARGA.....	47
3.1. Análisis de Instalaciones de Baja Tensión.....	47
3.2. Inconvenientes en la instalación de un tomacorriente de recarga.....	48
3.3. Potencia para recargas de baterías en vehículos eléctricos.....	48
3.4. Instalación para recargas de baterías en vehículos eléctricos.....	50
3.5. Ubicación de contadores para edificios de viviendas con garaje.....	52
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	56
4.1. Actividades a desarrollar en la instalación.....	56
4.2. Propuesta de parqueaderos públicos de recargas de baterías de vehículos eléctricos.....	57
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1. Conclusiones.....	62
5.2. Recomendaciones.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63



## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Influencia en el medio ambiente. ....	19
Figura 2. 2: Representación general del mapa de un vehículo eléctrico. ....	20
Figura 2. 3: Comparativa de los coches con motor de combustión interna y los coches eléctricos. ....	22
Figura 2. 4: Análisis del efecto de una introducción masiva de vehículos híbridos enchufables. ....	23
Figura 2. 5: Vehículo eléctrico Híbrido. ....	25
Figura 2. 6: Aspecto básicos de las Baterías. ....	26
Figura 2. 7: Batería compacta de ion de litio. ....	26
Figura 2. 8: Carga de batería de vehículos híbridos enchufados. ....	27
Figura 2. 9: Fibra Óptica Monomodo (SM). ....	28
Figura 2. 10: Partes fundamentales del motor eléctrico. ....	31
Figura 2. 11: Partes del motor eléctrico de corriente continua. ....	32
Figura 2. 12: Partes del motor eléctrico de corriente alterna de anillos rozantes. ....	32
Figura 2. 13: Recarga de un vehículo híbrido. ....	34
Figura 2. 14: Recarga de vehículos eléctricos a control remoto y por resonancia magnética. ....	35
Figura 2. 15: Componentes de un vehículo híbrido. ....	43
Figura 2. 16: Distribución de elementos de un vehículo híbrido en serie. ....	44
Figura 2. 17: Diagrama esquemático del láser FP. ....	44

### Capítulo 3

Figura 3. 1: Diagrama de instalación de enlace en edificios con medidores centralizados. ....	51
Figura 3. 2: Diagrama de instalación de enlace con acometida independiente. ....	51
Figura 3. 3: Sistema de recarga para baterías en vehículos eléctricos. ....	54
Figura 3. 4: Equipo para recargas de vehículos eléctricos. ....	55

## **Capítulo 4**

Figura 4. 1: Distribución de equipos de carga con pago por tarjeta. ....	58
Figura 4. 2: Distribución de equipos de carga con comunicaciones. ....	59
Figura 4. 3: Recarga de vehículos eléctricos en Islas Baleares. ....	60
Figura 4. 4: Recarga de vehículos eléctricos en Parque Tecnológico de Barcelona. ....	61

## Resumen

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **1.1. Introducción.**

En los primeros años del siglo 20, los vehículos eléctricos y de vapor despuntaban en la cantidad de los vehículos de combustión interna (gasolina) que para ese entonces llegaban en su totalidad a consumir energía de un 3%. En aquellos años (inicios del siglo 20), los motores eléctricos fueron diseñados para que no hagan demasiado ruido y por economía, estos dos eran adoptados con una excelente aceptación, debido a que los motores de combustión interna resultaban ser ruidosos e ineficientes.

Asimismo, a lo largo del siglo 20 predominaba el petróleo de la cual la gasolina era una derivación de la misma, también conocida como combustibles fósiles. Debido a que la gasolina imperaba en los vehículos no eléctricos, los vehículos de motor eléctrico quedaron relegados durante muchísimos años. Para aquel siglo, los costos de la gasolina resultaban ser muy bajos en relación a los vehículos de motor eléctrico, y otra ventaja, era que la potencia de los motores de combustión interna era muy alta en comparación a los eléctricos, lo que permitió el despliegue industrial automovilístico con motores de combustión interna. A pesar que los vehículos de combustión interna permanecieron inalterables en la mayoría de años del siglo 20, en los últimos años, aproximadamente en el año 1980 lograron realizar ajustes a los ciclos de sus motores, lo que permitiría disminuir la emisión del dióxido de carbono (contaminante que destruye la capa de ozono) y a la vez mejoraba su rendimiento en potencia.

### **1.2. Antecedentes.**

En la última década del siglo 20 (año 1990), ciertas industrias de automóviles de Europa, desarrollaron programas de investigación para fabricar una gama de vehículos o coches eléctricos, para posteriormente ser ofertados

a público de nivel económico medio-alto, ya sea mediante compra directa o leasing (arrendamiento). Estos vehículos eléctricos siguen rodando en las carreteras del continente europeo, aunque con muy pocas prestaciones en comparación con los vehículos eléctricos actuales. Para inicios del siglo 21, los vehículos eléctricos se mantenían por debajo de la cuota de producción y venta de los vehículos con motores de combustión interna, ya sea a diésel o gasolina.

### **1.3. Justificación del Problema.**

Actualmente, en el siglo 21, industrias que fabrican automóviles con motores de combustión interna, eléctricos e híbridos, tales como Chevrolet, Kia, Hyundai, Nissan, Toyota, Ford, Peugeot, etc.... presentan cada año en diferentes salones de automóviles modernos, un sin número de propuestas, por los vehículos híbridos y en especial por los vehículos eléctricos. Para el año 2007 se valoraron las definiciones de los automóviles eléctricos, de pila de combustible, de hidrógeno y en ciertos casos mejorarían la propulsión de estos vehículos, logrando hacerlos más limpios, ecológicos y menos ruidosos que los motores de combustión interna a diésel y gasolina.

Actualmente, el parque industrial de vehículos a nivel mundial ha superado los 1150 millones de unidades con motores de combustión interna, tanto a gasolina como diésel, y que de acuerdo a los fabricantes solo un 11% de estos vehículos emiten aun dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Se pronostica que para el año 2025, la producción de vehículos de combustión interna llegaría a los 3 millones de unidades.

Para ese entonces, se deberá obtener el porcentaje de vehículos que disminuyen la contaminación ambiental o quienes siguen incrementando las emisiones del dióxido de carbono, así como también conocer si después de 10 años hay disponibilidad de combustibles fósiles que permitan a los motores estar funcionando.

#### **1.4. Definición del Problema.**

Necesidad de disponer de un Sistema de Recarga para Vehículos Eléctricos de Batería en parqueaderos públicos.

#### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

##### **1.5.1. Objetivo General.**

Elaborar la propuesta de implementación de un Sistema de Recarga para Vehículos Eléctricos de Batería en parqueaderos públicos.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Describir el Estado del Arte de los Sistemas de Recarga en Vehículos Eléctricos de Batería.
- Analizar los principios electrotécnicos de baja tensión necesarios para el presente trabajo de titulación.
- Realizar la propuesta técnica para instalación eléctrica y económica que permita la ejecución del presente trabajo de titulación.

#### **1.6. Idea a Defender.**

Mediante la presente propuesta de implementar un Sistema de Recarga para Vehículos Eléctricos de Batería en parqueaderos públicos, permitirá que los propietarios de BEV dispongan de espacios públicos para poder recargar las baterías de su vehículos, considerando que los vehículos no son híbridos.

#### **1.7. Metodología de Investigación.**

De carácter **Exploratoria y Explicativa**, pues se pretende explorar el área no estudiada antes, describir una situación y pretender una explicación del mismo. Es exploratorio porque se centra en averiguar cómo son los sistemas de recargas para los BEV's y es explicativo porque se concluye con la propuesta del sistema eléctrico para el correcto funcionamiento del sistema de

recarga. El paradigma que se encuentra es el Empírico-Analítico, con enfoque Cuantitativo. El método es experimental, puesto que se pretenderá evidenciar las posibles relaciones de causa efecto.

## CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica.

### 2.1. <sup>1</sup>Vehículos eléctricos: Introducción

El vehículo eléctrico con el pasar de unos años se convertirá en el medio de transporte de personas y cargas más avanzado, siempre que el desarrollo de la ingeniería química y eléctrica permita disponer de mayor autonomía por el aumento de capacidad de almacenamiento en las baterías.

<sup>2</sup>El coche eléctrico se implantará de forma masiva. Probablemente mucho antes de lo que se pueda suponer. Hay dos hechos que configuran un entorno favorable a dicha implantación. Por un lado, está la cada vez más difícil situación del suministro de combustibles fósiles, en especial del petróleo por el enorme efecto que tiene en el transporte y por el otro el cambio climático, como resultado de la emisión de gases de efecto invernadero, en especial del CO<sub>2</sub>, es un hecho demostrado científicamente.

Muy poca gente duda ya de la necesidad de reducir dicha emisión. Cuanto antes, mejor. Pero además, se da la circunstancia de que la evolución tecnológica brinda soluciones ya disponibles que hace una década no lo estaban y que permiten a corto plazo la materialización del vehículo eléctrico como sustitución progresiva del vehículo con tracción basada en combustible fósil. La batería era el principal problema tecnológico.

Hoy se puede afirmar que ya está resuelto. Y en esta solución las TIC han jugado un papel nada desdeñable. El espectacular desarrollo de la telefonía móvil y los ordenadores portátiles han fomentado un desarrollo acorde en la tecnología de baterías que, sin duda, será muy aprovechado en los vehículos eléctricos.

---

<sup>1</sup> Jiménez Padilla, B. (2012). *Técnicas básicas de electricidad de vehículos*. Barcelona: IC Editorial .

<sup>2</sup> Pérez Arriaga, J. I. (2011). *La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España*. España: B - Real Academia de Ingeniería .



## 2.2. Vehículos eléctricos historia y fundamentos

A principios del siglo XIX (año 1801) aparecieron los primeros vehículos autopropulsados de uso público, gracias a la aplicación de la máquina de vapor. En paralelo, se inicia el refinado del petróleo como combustible para las necesidades de la sociedad del momento.

El primer uso social que se dio, fue para el alumbrado público sobre el año 1850. Sin embargo, las necesidades de movilidad en una sociedad que prosperaba rápidamente, gracias al desarrollo de la industria, hicieron que varias iniciativas en este campo convergieran. El resultado fue que, a finales del siglo XIX convivieron vehículos propulsados por la máquina de vapor, los primeros vehículos propulsados por motores de combustión interna ingenieros por el alemán Gottlieb Daimler en 1862; y el primer vehículo eléctrico construido por Jean Taud, accionado por 26 baterías.

En 1901, Ferdinand Porsche desarrolló un vehículo híbrido en el que un generador movido con gasolina producía electricidad para cargar baterías con las que alimentar motores eléctricos directamente acoplados a las ruedas. Dos años antes, se había establecido la empresa “*Woods Motor Vehicle Company*” en los EE.UU., que se convirtió en una de las empresas líderes de coches eléctricos, pero que solo duró hasta 1918.

La razón, muy clara: el modelo “*dual power*” que incluía un motor eléctrico y otro de combustión interna se ofrecía, en 1916, en 2.650 \$. El Ford T 4 costaba 750\$ y, sobre todo, la gasolina era abundante y barata. La abundancia del petróleo, sus bajos precios, su facilidad de almacenamiento y reposición así como la falta de consciencia sobre los efectos que los gases producidos por su combustión podrían tener en el planeta, lo convirtió en la energía hegemónica en la movilidad individual así como en el transporte de mercancías.

Pero no es menos cierto que también desde mediados de este siglo no han cesado las señales de advertencia del posible agotamiento del modelo: las

crisis de los años 70 advirtieron de los riesgos de unos precios altos del combustible y los primeros estudios basados en series estadísticas de la evolución de la temperatura mostraban indicios de incrementos anómalos de las temperaturas.

En el año 1990, el Estado de California EEUU, con uno de los mayores índices de contaminación atmosférica, dicta una normativa pionera en el mundo: La Zero Emission Vehicle Mandatory (ZEV). Esta ley en el estado de California pretendía obligar a los fabricantes de coches que el 2% de sus ventas correspondieran a vehículos que emitieran cero gramos de CO<sub>2</sub>.

Los fabricantes se pusieron a trabajar en ese aspecto y abordaron ambiciosos proyectos que, según cada fabricante apuntaban hacer los vehículos totalmente eléctricos (EV) con recarga en la red o bien los también eléctricos pero que producían su propia electricidad a través de un proceso químico que tiene como combustible el hidrógeno.

Se construyeron los primeros prototipos de coches eléctricos modernos por parte de GM y Toyota, mientras que Nissan y Mercedes optaron por el hidrógeno, con una modificación en la normativa indicada anteriormente esto es del 2% de vehículos de emisión cero se cambiaba a 2% de vehículos de bajo nivel de contaminación, nacieron los vehículos híbridos que seguían emitiendo CO<sub>2</sub>, pero en menor proporción, al combinar un motor de combustión interna con uno eléctrico.

En la actualidad una fuerte industria de automoción que en los primeros años del siglo XXI ha sido capaz de fabricar casi 200 millones vehículos anuales en todo el mundo. El parque mundial estimado es ahora de 800 millones, previéndose un fuerte aumento que puede llevar en 20 años a duplicar dicha cifra. Y este parque depende en su inmensa mayoría del petróleo. Hay que iniciar la transformación cuanto antes. Obviamente, se van a emplear los enormes avances descritos anteriormente en los que las TIC han

jugado una importancia creciente, pero la sustitución progresiva del papel del motor de combustión interna, como principal actor, por el motor eléctrico, introducirá cambios muy importantes en el sector de la automoción, en el que las TIC van a tener una función aún más destacada.

### 2.3. Necesidad medioambiental

Con el actual ritmo de desarrollo económico en los países industrializados, la contaminación ambiental ha llegado a ser un problema social, no solo por la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera sino por la enorme dependencia que se tiene de los derivados del petróleo.

En la figura 2.1 se muestra el gráfico de dos mundos uno que es contaminado por la tala de árboles, las refinerías la explotación del petróleo y el uso de vehículos a combustión y otro un mundo sin contaminación.

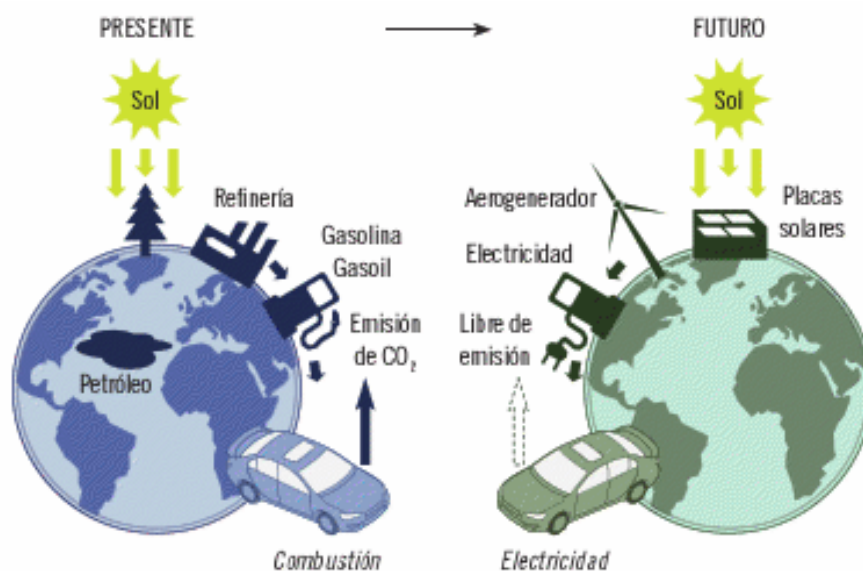


Figura 2. 1: Influencia en el medio ambiente.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

Un mundo limpio de CO<sub>2</sub> es hoy en día impensable, y el control que se está llevando a cabo de las emisiones de los vehículos a motor de explosión o combustión no es del todo suficiente. Es ahí donde la industria automovilística

ha intentado reformar la cultura de la contaminación desarrollando antiguos proyectos de vehículos eléctricos que tienen cero emisiones a la atmósfera terrestre, y que tan beneficiosos son para el medio ambiente.

#### 2.4. Partes generales de un vehículo eléctrico

Las partes que se van a presentar de un vehículo eléctrico en el gráfico 2.2 es solo de tipo general ya que cada fabricante de vehículo tiene una idea propia de cómo hacer más eficiente a estos medios de transporte, realizando siempre diferentes soluciones evolucionadas.

El progreso **del** vehículo eléctrico siempre ha estado unido al de las baterías de acumulación. Diferentes evoluciones en ellas han ido desde las de plomo-ácido, con gran capacidad y ciclo de vida, hasta las de níquel-hidrurometálico.

El volumen y peso de las baterías frenó esta evolución, hasta que se desarrolló la de ión-litio en la que se consiguen ciclos de vida mucho más elevados, con capacidades de voltaje de hasta tres veces superior que las anteriores.

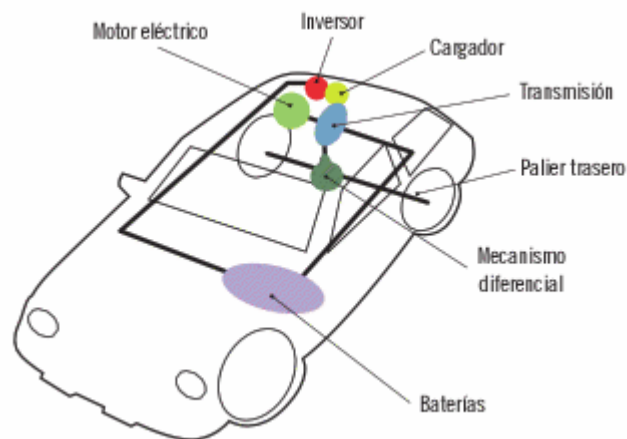


Figura 2. 2: Representación general del mapa de un vehículo eléctrico.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

## **2.5. Vehículos eléctricos eficiencia y sostenibilidad.**

La eficiencia energética en un vehículo a combustión interna es muy baja aproximadamente en un promedio del 18% para la gasolina y un 23% para el diésel, de la energía del combustible se utiliza en mover el coche. El resto se pierde en forma de energía térmica (transferida al escape y refrigeración), mecánica (fricción de muchas partes móviles) y acústica.

Por su parte, un motor eléctrico desarrolla una energía mecánica que puede llegar a ser el 80% de la energía almacenada en la batería. Teniendo en cuenta todo el conjunto de motor, transmisión y ruedas, se acepta generalmente una eficiencia del 65%.

En la figura 2.3 se puede observar la eficiencia energética del motor eléctrico es muy superior a la del motor de combustión interna. Sin embargo, la producción, transporte y distribución de electricidad tienen sus propias ineficiencias que deben ser incorporadas para comparar adecuadamente los dos vehículos desde el punto de vista de consumo de energía primaria. Es decir, el vehículo eléctrico con baterías tiene una mayor eficiencia energética, teniendo en cuenta toda la cadena energética, que la del vehículo de combustión interna. Si la energía primaria fuera en ambos casos petróleo, ello significa que el uso del coche eléctrico se traduce en una reducción del 6% en el consumo de petróleo. Pero la realidad es que sólo una pequeña parte de la electricidad generada procede del petróleo. En 2005, alrededor de un 6,5% en el mundo y algo menos, un 3,3% en EE.UU. y un 4,18% en la Europa de los 27.

En consecuencia, la sustitución del coche con motor de combustión interna por un coche eléctrico, se convierte directamente en una importante reducción del consumo de petróleo (del orden de un 25%), que es muy superior a la que se deriva exclusivamente de su mejor eficiencia energética. En cuanto se refiere a la sostenibilidad, ya se expuso que en la evolución hacia una mejora en la emisión, el CO<sub>2</sub> es el gas con mayor dificultad de reducción, siendo uno de los principales actores en el cambio climático. Es oportuno

comparar, desde el punto de vista de la cadena energética completa, los coches con motor de combustión interna y los coches eléctricos. La cantidad de CO<sub>2</sub> emitida en la combustión de gasolina o diésel, afectada por la eficiencia energética en la refinería, distribución y motor de explosión, ofrece un resultado de 1.619 g de CO<sub>2</sub>/Kwh. en el caso de la gasolina y 1.300 g de CO<sub>2</sub>/Kwh. en el caso del diésel.

Vehículo Motor combustión interna		Vehículo Eléctrico con baterías	
Refinería		35-42%	Central eléctrica
Transporte-Distribución	83%	92%	Transporte-Distribución
Depósito-ruedas	18-23%	65%	Batería-Ruedas
Total Refinería-Ruedas	15-19%	21-25%	Total Central-Ruedas

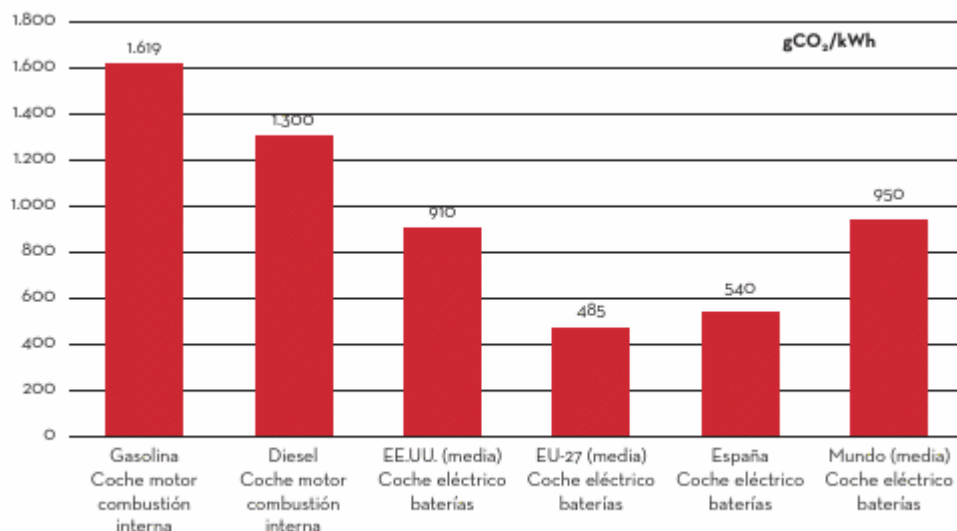


Figura 2. 3: Comparativa de los coches con motor de combustión interna y los coches eléctricos.

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

La cantidad de CO<sub>2</sub> emitida en la producción de un Kwh. de energía eléctrica, que es diferente en cada país, porque cada país tiene su mix energético diferente, afectada por la eficiencia de la generación, transporte y distribución de electricidad, así como la del motor eléctrico, ofrece un resultado comparable a los anteriores, para el caso de los vehículos eléctricos.

En la tabla 2.1 se reflejan los valores medios para los casos de EE.UU., Unión Europea y España, obtenidos a partir de los datos registrados en 2006. Es bien cierto que partir de valores medios de emisiones, no sólo geográficamente sino temporalmente, puede llevar a conclusiones equivocadas. En EE.UU. hay Estados con diferente mix y en alguno de ellos el carbón juega un papel muy relevante. También, en Europa,

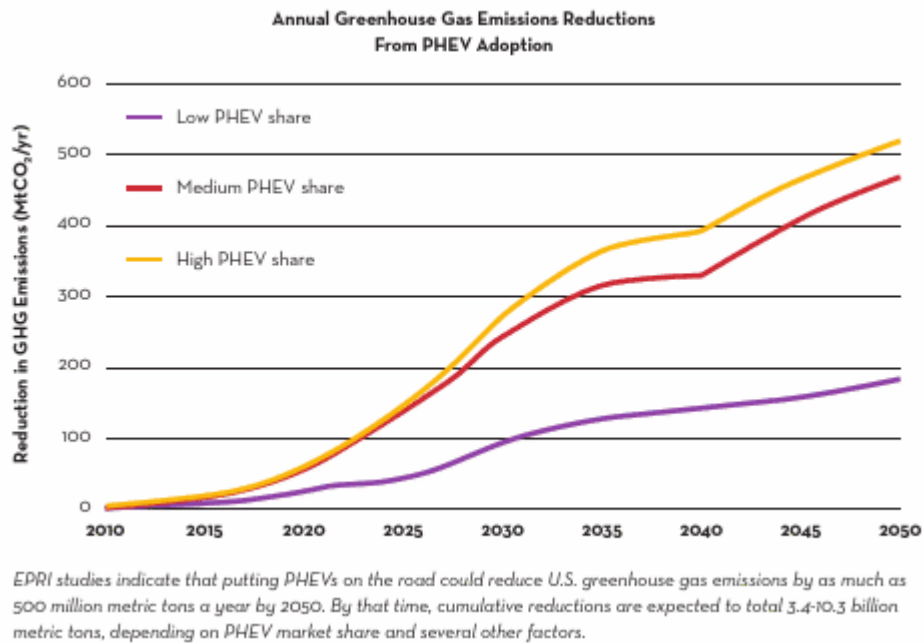


Figura 2. 4: Análisis del efecto de una introducción masiva de vehículos híbridos enchufables.

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

Como ocurre en Polonia. Además, la cobertura de la demanda del parque de vehículos eléctricos, en función de la disponibilidad del sistema de generación, en el período adecuado, no tiene por qué ser el de la media anual del sistema de producción. Se necesitan análisis muy detallados para extender la comparación favorable a cualquier lugar y en cualquier momento. Dos importantes conclusiones pueden obtenerse. La primera es que, con las salvedades anteriores, en términos de intensidad por Kwh. motriz, la emisión de CO<sub>2</sub> de un vehículo eléctrico es inferior a la del vehículo con motor de combustión interna en las regiones estudiadas. En Europa puede ser incluso

más de tres veces inferior al del motor de gasolina. La segunda es que si el mix energético evoluciona favorablemente, también lo hará, (en el sentido de reducirla), la intensidad de emisión de CO<sub>2</sub> motivada por el uso del coche eléctrico. En cierto modo, es otra de las grandes oportunidades de las energías renovables en cuanto a su contribución en el citado mix energético. El Electric Power Research Institute (EPRI) de los EE.UU., ha llevado a cabo un detallado análisis del efecto, en las emisiones de CO<sub>2</sub>, de una introducción masiva del vehículo híbrido enchufable en ese país, con el resultado de estimar una reducción anual, en el 2005, entre 200 y 500 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, dependiendo de los escenarios de penetración estudiados. La figura 2.4 resume esa estimación.

## **2.6. Tipos de módulos de propulsión y arquitectura general de vehículo.**

Un vehículo eléctrico, atendiendo a su definición, es todo aquel capaz de avanzar utilizando únicamente un motor eléctrico. Pero esta conversión de energía eléctrica a mecánica no es sencilla, y su principal problema se encuentra en la batería. Algunas han sido las propuestas de los fabricantes con respecto al alargue de la autonomía del vehículo con las baterías existentes, dando lugar a diferentes configuraciones híbridas que han supuesto una alternativa al empleo de vehículos propulsados únicamente por energías fósiles y, por consiguiente, un paso importante hacia la electrificación de la movilidad.

La estructura de un vehículo eléctrico es muy parecida a un vehículo de combustión interna. La principal diferencia radica en la energía que utiliza para accionar un motor y cómo se almacena y repone ésta. Es decir, en lugar de un tanque para una capacidad de 60 a 90 litros de combustible líquido, se encuentra una batería recargable de diversa capacidad y autonomía.

Precisamente la realidad actual de las baterías obliga a la combinación de los dos motores, el convencional de combustión interna y el eléctrico, surgiendo así el híbrido como la solución más adecuada para iniciar y potenciar la



transición desde el petróleo a la electricidad. De manera simplificada, pueden distinguirse tres tipos principales de vehículos eléctricos:

El vehículo híbrido obtiene la mayor parte de la energía motriz de la combustión interna del combustible de su depósito. El sistema de frenado regenerativo proporciona mejoras de eficiencia energética. El vehículo híbrido enchufable obtiene toda su energía motriz de la batería, que se carga de la red eléctrica cuando el vehículo se encuentra parado, beneficiándose también del sistema de frenado regenerativo, y utilizando el motor térmico como sistema de propulsión de reserva.

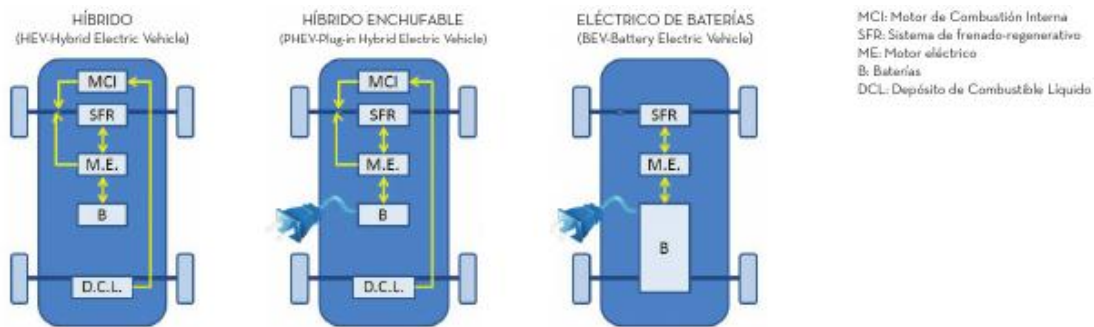


Figura 2. 5: Vehículo eléctrico Híbrido.

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

Los tres aspectos claves de las baterías son: materiales, estructura y control.

El cambio de los formatos cilíndricos a los planos laminados, así como la transición del níquel cadmio a ion de litio ha permitido importantes avances en las últimas dos décadas, como se ve en la figura 2.6. Asimismo, la utilización de nuevos materiales como la estructura de las celdas de espinela y manganeso ha incrementado la fiabilidad y seguridad. Por otro lado el módulo ha sido dimensionado para maximizar el volumen, eficiencia y capacidad de refrigeración de las celdas. El cátodo está hecho en litio manganeso y el ánodo en carbono. Vistos los avances en la potencia, formato y fiabilidad de las nuevas baterías, el otro gran reto está en la autonomía que son capaces de

ofrecer y los tiempos de recarga. En este sentido, cada fabricante está evolucionando con sus propias baterías.

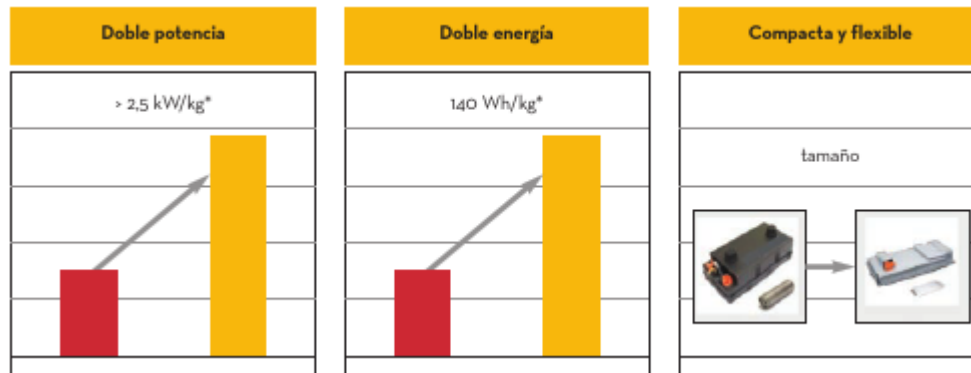


Figura 2. 6: Aspecto básicos de las Baterías.

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

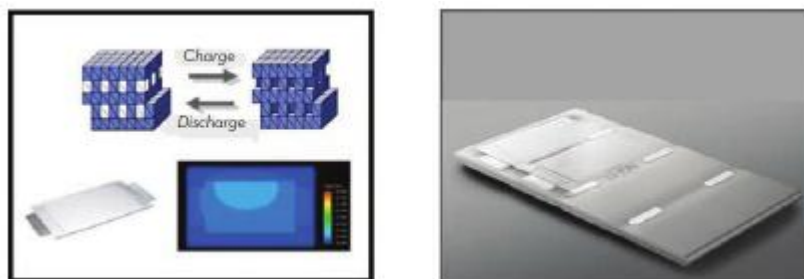


Figura 2. 7: Batería compacta de ion de litio.

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

Algunas cifras comunicadas por los propios fabricantes de coches van desde los 60 Km. del Chevrolet Volt hasta los 160 del Nissan modelo EV previstos para el año 2010. No obstante, al igual que ocurrió con los teléfonos celulares, la tecnología avanza muy rápidamente y es muy probable que se llegue a los 400 ó 500 Km. a principios de la próxima década. Una cifra muy similar a la de los vehículos actuales. En este aspecto, la flexibilidad que presenta el uso combinado de un motor auxiliar de combustión en el tipo híbrido hay que tenerla muy en cuenta a la hora de juzgar la autonomía. En la figura 11.6 se observa el régimen típico de carga de las últimas baterías empleadas en vehículos híbridos enchufables del tipo furgoneta para las que una carga, a 240 V a una potencia continua de 3 a 3,3 Kw., se consigue completar en un intervalo de 5 a 7 horas. En el caso de vehículos híbridos

enchufables del tipo sedán, en EE.UU., el EPRI espera una carga completa entre 4 y 8 horas, a 120 V con una potencia de 1,4 kW. Éstas son las llamadas “cargas lentas” que permitirán un número de ciclos de carga-descarga suficientes como para asegurar una vida útil de la batería.

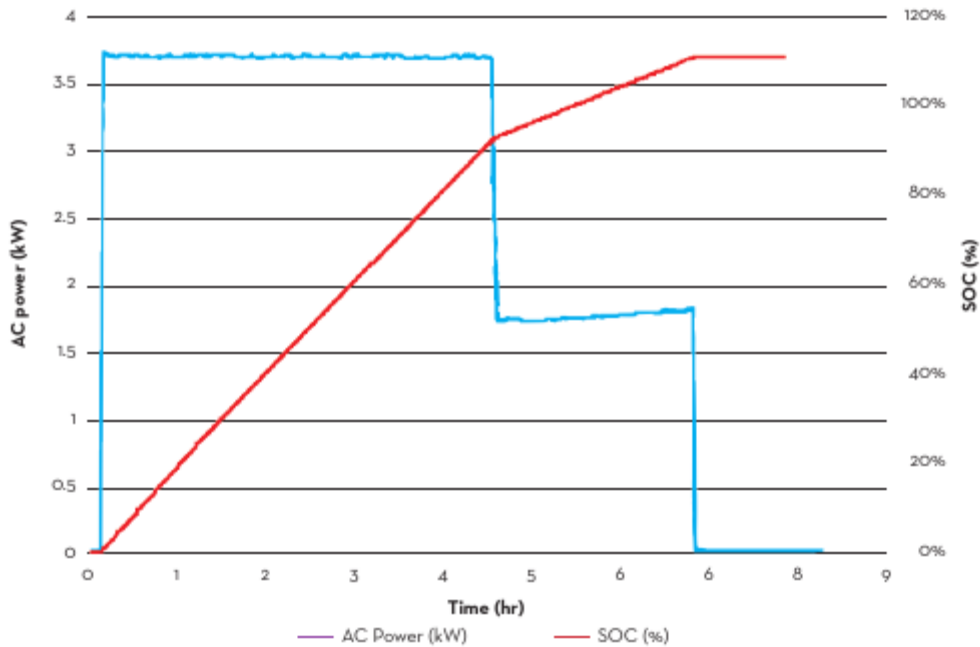


Figura 2. 8: Carga de batería de vehículos híbridos enchufados.

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

Las pruebas efectuadas recientemente por el EPRI y la empresa Southern California Edison demuestran que las baterías disponibles en la actualidad de Litio-ion, pueden mantener su capacidad útil durante 3.000 ciclos de descarga completa, lo que supone alrededor de 10 años de una conducción típica. También se consideran las llamadas cargas rápidas, en las que se puede conseguir con una mayor tensión y, en definitiva, potencia, alcanzar el 80% de la carga completa en unas decenas de minutos. Se volverá a mencionar esta carga en el apartado de conexión a la red eléctrica.

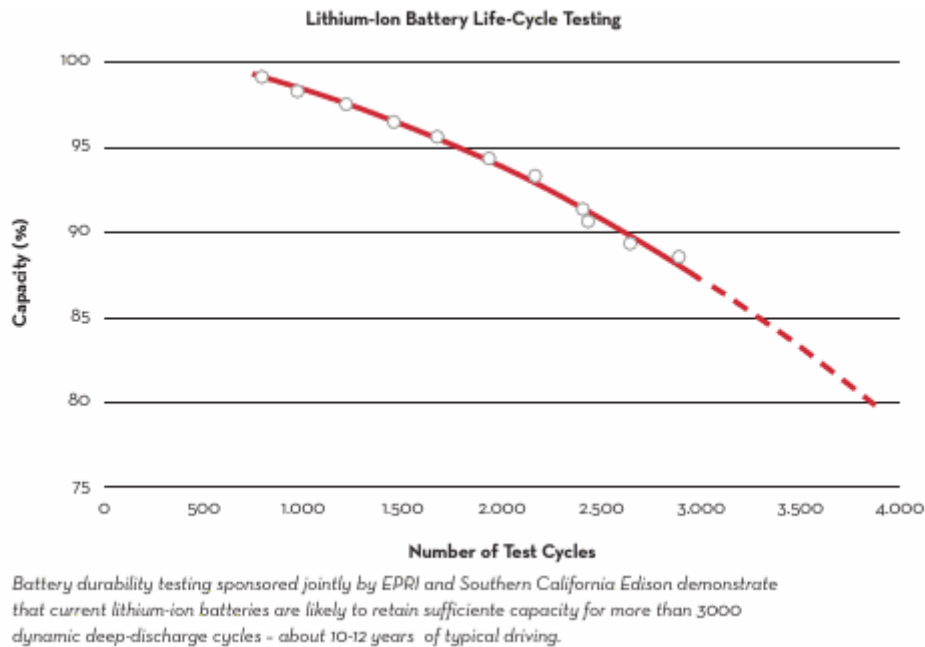


Figura 2. 9: Fibra Óptica Monomodo (SM).

Fuente: Pérez Arriaga, J. I. (2011).

## 2.7. Motores Eléctricos. Tipología y funcionamiento.

En este apartado trataremos el elemento más importante de un vehículo eléctrico el Motor. Es el corazón de la máquina es aquella que va a transformar la energía eléctrica en potencia mecánica en las ruedas cuando el conductor lo requiera.

La utilización del motor eléctrico es uno de los verdaderos puntales para promover el cambio tecnológico, ya que es un sistema motriz que consigue entregar potencia sin emitir ningún tipo de residuo.

Teniendo bien clara la ventaja comparativa que supone el uso de un motor eléctrico (emisiones cero) frente a uno de combustión, lo cierto es que es un arma de doble filo; los vehículos no emitirán gases contaminantes, consiguiendo así ciudades con aire más limpio, pero hay que tomar en consideración que energía se usa y como se transforma para generar la electricidad que necesitan, teniendo un motor eléctrico nos brinda la

oportunidad de usar energía renovable para la generación de electricidad que se requeriría para la flota automovilística y esto hay que considerarlo como una ventaja respecto al motor de combustión. Para que el cambio de una tecnología a otra sea energéticamente rentable hay que tener en cuenta de donde proviene cada uno de los kilovatios que van a alimentar los motores de los vehículos. El concepto de “Mix energético”, que aglutina el coste y la procedencia de cada unidad de energía que se consume, debe ser lo más limpio posible.

## **2.8. <sup>3</sup>Requisitos del motor eléctrico**

Un vehículo utilitario de uso diario o eventual, con dimensiones normales, el motor eléctrico que propulse debe poner a su disposición un nivel de potencia razonable sin que sus dimensiones imposibles de montar dentro del mismo vehículo. Es inadmisibles que un motor eléctrico que nos proporciona una potencia de 73kw sea más grande y pesado que un de combustión que da sobradamente esta cifra de potencia, con esto podemos determinar que un motor eléctrico debe tener una alta densidad de potencia, de forma que en ningún caso los ratios potencia/peso y potencia/dimensiones sean mucho menores que los que se pueden asignar a un motor de combustión interna.

Adicionalmente estos motores eléctricos deben tener una gran robustez mecánica y térmica. Hay motores de combustión capaces de alargar su vida útil hasta más allá del millón de kilómetros recorridos y los motores eléctricos no pueden ser la excepción.

Otra de las ventajas comparativas respecto al motor de combustión interna es la capacidad de sobrecarga. Los motores de combustión están dimensionados para que la potencia máxima que puedan entregar sea su potencia nominal.

---

<sup>3</sup> Sociedad de Técnicos de Automoción. (2011). *El Vehículo Eléctrico. Desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocio*. Barcelona: Libbooks.

Así el motor de un vehículo convencional de 350cv tiene que ser tan grande como para tener esa cifra de potencia nominal, aunque en la mayor parte de las situaciones de condición cotidiana no se use ni una tercera parte de esa potencia. En cambio un motor eléctrico admite entregar picos de potencia de hasta el doble de su potencia nominal durante periodos cortos de tiempo. Es decir que a pesar de equipar el vehículo con un motor relativamente pequeño, un vehículo eléctrico va a poder disponer de una potencia elevada en ocasiones puntuales distinta a su funcionamiento normal.

Otros de los requisitos de los motores eléctricos para vehículos se encuentran detallados a continuación:

- Alta potencia específica.
- Alta densidad de energía (Tamaño y peso reducido)
- Alta capacidad de sobrecarga (Alto par de arranque)
- Alta eficiencia (superior al 90% en condiciones nominales)
- Amplia gama de velocidades.
- Operación en los cuatro cuadrantes.
- Control sencillo.
- Niveles de ruido y vibraciones bajos.
- Robustez mecánica y térmica elevada.
- Fabricación y mantenimiento fácil.
- Bajo coste.

## **2.9. El motor Eléctrico**

Al principio se utilizó el motor de corriente continua en los vehículos eléctricos no obstante con el gran desarrollo de la industria se utiliza también en algunas aplicaciones el motor de corriente alterna controlados en cualquier caso por un inversor desde la batería de acumulación.

Cualquier motor está compuesto por dos partes distintas, que son el rotor (parte que gira) y el estator (parte que produce el giro). Además, existe una carcasa que hace de estructura, un ventilador movido por el propio rotor para refrigerar y una caja de bornes por donde se toma la electricidad para el funcionamiento. En la figura 2.10 se muestran las partes más importantes del motor.

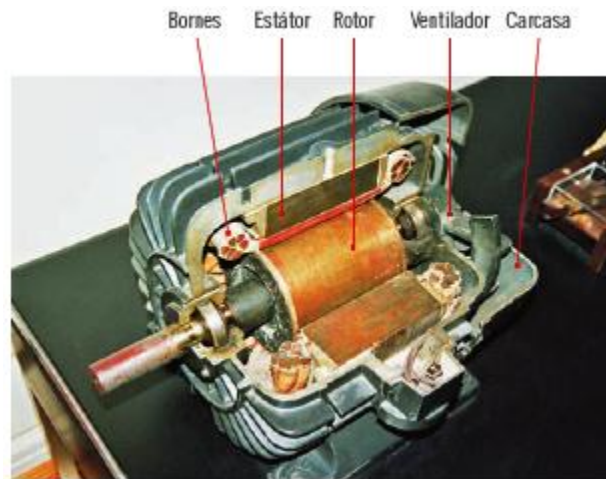


Figura 2. 10: Partes fundamentales del motor eléctrico.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

La propiedad electromagnética de la electricidad permite que se genere una corriente eléctrica inducida en un conductor que se mueve en el interior de un imán. Este imán en ocasiones es el estator y en otras es el rotor. Siempre depende de la aplicación para la que el motor eléctrico esté diseñado.

### **2.9.1. Motor de corriente continua**

Se compone del rotor y estator, así como por otras que aprovechan el electromagnetismo para hacerlo girar.

Cuando la electricidad de corriente continua entra por el cable positivo, el campo magnético que se genera en el bobinado del rotor hace que gire por la influencia del campo magnético que tiene el estator (polos norte N y sur S).

El rotor, formado por bobinas, se encuentra rozando con las delgas (láminas de cobre que forman el colector de una máquina de corriente continua) unidas a los conductores positivo y negativo, girando su eje y proporcionando la transmisión de movimiento por medio de poleas y correa.

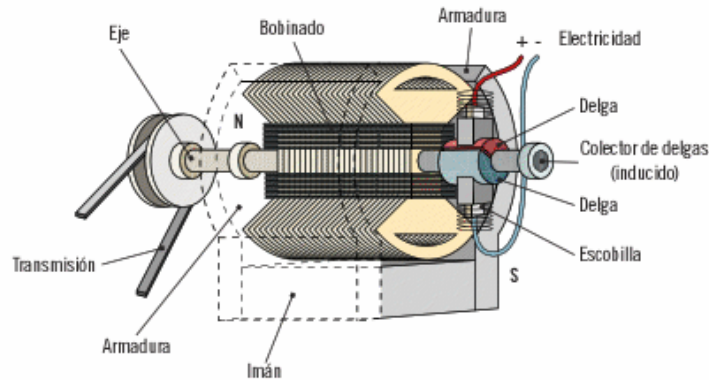


Figura 2. 11: Partes del motor eléctrico de corriente continua.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

### 2.9.2. Motor de corriente alterna

Este motor trabaja cuando recibe electricidad del tipo alterna, y es muy empleado en la industria en general por la facilidad y comodidad de montaje que proporciona. Cuando se suministra electricidad al estator del motor, se genera el campo magnético necesario para que el rotor pueda girar. En la figura 2.12 se muestra las partes de un motor eléctrico de corriente alterna.

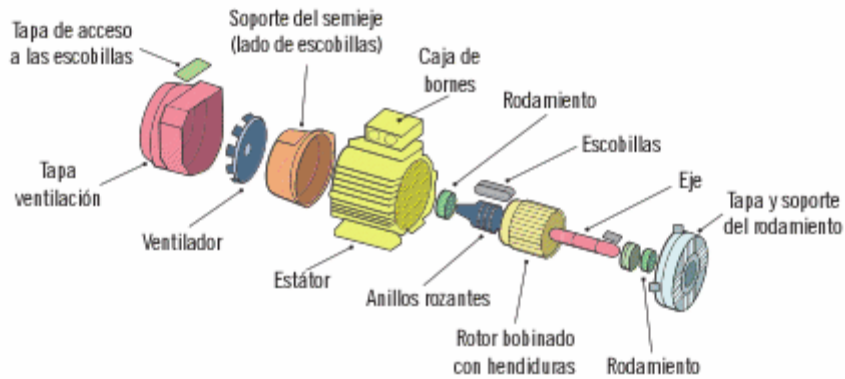


Figura 2. 12: Partes del motor eléctrico de corriente alterna de anillos rozantes.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).



El estator se encuentra dentro de la carcasa donde se realizan las conexiones mediante la caja de bornes.

Se compone de varios arrollamientos separados que crean el campo magnético que influye en el eje, soportado por rodamientos, donde se encuentra el rotor bobinado, los anillos rozantes y las escobillas.

El rotor está compuesto por láminas ferromagnéticas de material aluminio o cobre, montadas para dejar unas hendiduras llamadas entrehierro (espacio que existe entre la armadura y las piezas con polaridad), que guardan una mínima distancia entre el propio rotor y el estator.

De la misma forma que en el motor de CC, el eje se acopla a una polea que transmite el movimiento circular continuo a través de la correa de transmisión, o una rueda dentada que forma parte de un engranaje o mecanismo.

Otros elementos auxiliares son el ventilador de refrigeración, la tapa de ventilación y la tapa del soporte del rodamiento.

El motor genera el giro axial transmitiéndolo al grupo reductor, al diferencial y al palier unido a las ruedas del vehículo.

## **2.10. Funcionamiento de un vehículo eléctrico.**

A diferencia de los vehículos de combustión, los eléctricos no realizan emisión de gases a la atmosfera y suministra una mejor comodidad por su movimiento silencioso.

La velocidad del motor eléctrico se la controla por medio de un inversor, el cual recibe la corriente eléctrica que le proporciona la batería. Los

potenciómetros son las que adaptan la velocidad de giro del motor a las necesidades de potencia mecánica que en cada situación en particular se la necesita.

Adicionalmente el motor se encarga de impulsar el vehículo, ocupando la electricidad almacenada de las baterías que se recargan en estaciones de servicio o en la red eléctrica domiciliaria.

### **2.10.1. Red de Suministro y recarga.**

Las baterías cuando son utilizadas por un buen tiempo se descargan y una de las cuestiones que limitan más la utilización de los vehículos eléctricos es la escases y poco desarrollo de los puntos de recarga.

Las dos cuestiones expuestas en el párrafo anterior van de la mano, ya que el poco desarrollo del vehículo eléctrico frena el desarrollo de los puntos o red de recarga. Como red nacional de recarga actualmente Ecuador necesita un gran desarrollo de infraestructura que permita disponer de centros en cualquier sitio de la geografía del país, en países de Europa ya se dispone de estos puntos de recarga tal como se observa la figura 2.13.



Figura 2. 13: Recarga de un vehículo híbrido.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

También en la actualidad en países desarrollados se utiliza cargadores instalados en el suelo que realizan la carga de manera rápida por intermedio de un control remoto por resonancia, tal como se indica en la figura 2.14.



Figura 2. 14: Recarga de vehículos eléctricos a control remoto y por resonancia magnética.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

### 2.10.2. Modalidades de conexión y gestión de los vehículos eléctricos.

Existen varios tipos de conexión a la red, dependiendo de la velocidad deseada de la carga, que a su vez dependerá de las características del vehículo y de su utilización.

**Carga lenta**, típicamente monofásica, de poca potencia máxima (valores citados por los fabricantes entre 3 y 6 kW). Corresponderá a vehículos PHEV o EV que se recargan por la noche, o adicionalmente durante el día en varias horas (por ejemplo, en aparcamientos en los lugares de trabajo). La autonomía máxima eléctrica será inferior a 100 km., al estar dotados de capacidad de batería inferior a 20 kWh.

**Carga rápida**, necesariamente trifásica, de varias decenas de kW. de potencia máxima (se anuncian valores entre los 60 y los 200 kW). Será necesaria para vehículos que quieren realizar la carga, parcial o completa, en periodos inferiores a una hora. Se tratará normalmente de vehículos no híbridos, que requieran hacer esa carga de forma ineludible. Respecto a su efecto en el sistema eléctrico, como cualquier otra carga hay que considerarlo en los diferentes componentes. El hecho de que sean cargas nuevas, repetitivas, y que totalicen un volumen muy significativo, ofrece una

oportunidad para que su suministro se realice de forma óptima para el conjunto de los agentes involucrados: los propios EV, las redes, y la generación eléctrica, evitando inversiones cuantiosas en red con un factor de utilización muy bajo. Solamente con la gestión “inteligente” de estas cargas se podrá conseguir el adecuado control, con dos objetivos principales:

- Evitar problemas eléctricos en las redes: desequilibrio generación-carga, sobrecargas (en distribución), colapso de tensión (en transporte), y, en consecuencia, evitando inversiones (un mínimo de desarrollo de la red de baja tensión será necesario).
- Que la energía necesaria de los vehículos sea la producida de forma más eficiente: en la medida de lo posible, dicha carga tendrá lugar en valle (es decir, usando las centrales más eficientes), y preferiblemente empleará energías renovables que no tengan posibilidad de almacenamiento.

Para conseguir lo anterior, es necesario, que la gestión de las redes en tiempo real llegue hasta el punto de carga del vehículo, acomodando la carga de los diferentes vehículos según la situación de la red de distribución y transporte, y de la generación disponible. Se deberá establecer para ello un control a varios niveles:

- A nivel de centro de transformación (CT) media/baja tensión, que secuenciará las cargas, en base a la situación de la propia red y a consignas superiores desde los despachos de control. El CT se comunicará con el sistema de carga inteligente del vehículo, de forma indirecta a través del contador telegestionado.
- A nivel de despacho de distribución, que observa la red que alimenta los CTs. El empleo de aplicaciones, como el flujo óptimo de carga eléctrica, permitirá evaluar las capacidades de aumento de carga del sistema sin

ocasionar problemas de tensiones o sobrecargas, que serían sufridas por la totalidad de los clientes conectados.

- A nivel de operador del sistema de transporte, comunicado con los despachos de distribución anteriormente mencionados, que además de vigilar las condiciones de dicha red con aplicaciones de flujo de cargas y de estabilidad de redes, preparará las consignas de carga a nivel nacional o por nudos de transporte en base a la disponibilidad de la generación, dando prioridad a la energía renovable no almacenable, como es la eólica. Con esos criterios de seguridad ante, por ejemplo, una situación de carga valle y con gran presencia de eólica, se perseguirá la carga masiva de los vehículos eléctricos; o al contrario, ante un déficit de generación convencional y renovable, se limitarán las cargas a las prioritarias (típicamente, vehículos puros eléctricos).

Estas funciones constituyen la verdadera necesidad de las TIC para que la carga del vehículo eléctrico se pueda convertir en una realidad que, como se ha repetido, puede tener lugar, además, en un plazo muy corto. Los sistemas de control en tiempo real existen, siendo perfectamente posible la incorporación de la gestión de cargas, individuales o agregadas en los despachos de distribución y agregada a mayor nivel en el despacho del operador del sistema. Pero no basta con esa incorporación a nivel de aplicación en sistemas SCADA (tiempo real). Es necesario mantener una comunicación bidireccional con las cargas, para medirlas y para controlarlas. Éste es uno de los grandes retos al que se enfrenta un control de cargas dispersas y numerosas: el establecimiento de una red de telecomunicaciones de acceso que tenga la capilaridad y capacidad suficiente como para permitir el desempeño de esas funciones. Esta misma red de telecomunicaciones de acceso es la que se va a necesitar para el desarrollo de la inteligencia en red eléctrica que permitirá conseguir en un futuro no muy lejano las redes inteligentes (Smart Grids) con las que se gestionarán de forma mucho más eficaz unas redes eléctricas que hasta ahora no han empleado masivamente las TIC.

Los programas de tele-medida y telegestión que se están lanzando en numerosos países pueden y deben entenderse como un primer paso en la dirección de las “Smart Grids” y sólo teniendo en cuenta ese futuro amplio se podrán evitar errores en la adopción de esos programas. De hecho, en su conocida teoría de la tercera Revolución Industrial, el profesor de la Universidad de Pennsylvania, Jeremy Rifkin apunta a que “el cambio de nuestro régimen energético y de nuestra tecnología automovilística es el punto de entrada en la tercera revolución industrial y en una economía post-carbono durante la primera mitad del siglo XXI”, siendo uno de los elementos imprescindibles para ello, las existencia de las redes eléctricas inteligentes.

### **2.11. Normas Internacionales de vehículos Eléctricos**

<sup>4</sup>En este apartado se mostrará algunas normas internacionales que se deberían considerar en el país en el tiempo que sea más común el uso de los vehículos eléctricos, especialmente cuando se desarrolle la implementación de sistemas de recargas para este tipo de automotor.

El rol fundamental de estas normas es de establecer un relevante funcionamiento del sistema eléctrico de potencia, garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los componentes del vehículo.

Considerando los tres niveles de carga definidos por la *Electric Power Research Institute* (EPRI) y dados y compilados en la *National Electric Code* (NEC), se clasifican los diferentes sistemas de recarga puntualizados anteriormente como son los de carga lenta y carga rápida.

También se considera la norma SAE J1172 de octubre de 2009, la cual es un patrón de Norteamérica y hace referencia a los tipos de conectores eléctricos para este tipo de vehículos con el objetivo de precisar un conductor

---

<sup>4</sup> Álvarez, C. A. (31 de 10 de 2012). *Centro de Investigación y Desarrollo CIDET*.

estándar de carga para vehículos eléctricos que incluya características físicas y eléctricas del conector, de funcionamiento, de dimensiones y del conector de acoplamiento.

Esta norma se basa en conectores diseñados por Yazaki el cual debe resistir potencia de 16.8kwn, inyectados mediante corriente monofásica de  $120V_{ac} - 240V_{ac}$  y 70 A, este tiene características de ser redondo, con un diámetro de a 43mm, que posea 5 pines y tenga un canal de comunicaciones a través de la línea eléctrica para identificar al vehículo y controlar su carga.

El diseño de este conector le permite a norma que sea utilizado en lugares públicos como estaciones de recarga, en residencias o centros de oficina, adicionalmente debe cumplir las siguientes características:

Nivel 1:  $120V_{AC}$ , 1 fase hasta 16A

Nivel 2:  $240V_{AC}$ , 1 fase hasta 80A

Modo 1 de carga AC. Carga lenta utilizando un tomacorriente común, este se conecta a un toma corriente de baja tensión, este debe tener una capacidad de 16ª (3,7 a 11KW) a un voltaje inferior de 250v monofásico o 480v trifásico.

Modo 2 de carga AC. Carga lenta utilizando un conector normal, con un equipo específico de protección, este debe conectarse a la red eléctrica a baja tensión con un conector estándar a través de un cable especial permitiéndole una corriente máxima de 32A a tensión de 250V monofásico o 480v trifásico.

Modo 3 de carga AC carga lenta o rápida usando un conector específico multipines con funciones de control y protección, este es el más evolucionado pues este se conecta a la red de baja tensión AC con un conector y toma corriente específicos de 70A/250V monofásico y 63A /480V trifásico a través de un circuito de uso exclusivo.

Modo 4 de carga DC. Carga rápida usando una tecnología de carga especial, el vehículo se conecta a la red de baja tensión a través de un cargador externo que realiza la conversión AC/DC en la instalación fija la función de control y protección así como el punto de recarga están instalados en una estructura fija y manejan corriente máxima de 400<sup>a</sup> (Aproximadamente entre 50 y 150kW).

En la tabla 2.1 se realiza un resumen de las normas mencionadas anteriormente y los temas a lo que se refiere con equipos y características técnicas para la carga de vehículos eléctricos.

Tabla 2. 1: Algunas normas internacionales para vehículos eléctricos.





Norma	Temas
NTC 2050, 511-8	Equipos para carga de baterías
NTC 2050, 511-9	Ubicación de conectores y conectores de clavija
NTC 2050, 625	Niveles de tensión, conectores, equipos de suministro, rótulos, conductores, desenergización y dispositivos de protección y control
EPRI y NEC	Sistemas de carga (lenta, semi-rápida y rápida)
SAE J 1172	Conectores eléctricos
IEC 61851-1	Modos de carga (AC y DC)



Fuente: Álvarez (2012)

En la siguiente tabla la 2.2 se realiza un resumen del modo de carga de acuerdo a la norma IEC- 61851-1 y tipos de conectores.



Tabla 2. 2: Norma internacional IEC-61851-1.

Modo Salida	Conector específico para VE	Tipo carga	Corriente máxima	Protecciones	Características especiales
 Modo 1	No	Lenta en CA	16 A por fase (3,7 kW - 11 kW)	La instalación requiere de protección diferencial y magneto térmica	Conexión del VE a la red de CA utilizando tomas de corriente normalizadas
 Modo 2	No	Lenta en CA	32 A por fase (3,7 kW - 22 kW)	La instalación requiere de protección diferencial y magneto térmica	Cable especial con dispositivo electrónico intermedio con función de piloto de control y protecciones
 Modo 3	Si	Lenta o semi-rápida Monofásica o trifásica	Según conector utilizado	Incluidas en la infraestructura especial para VE	Conexión del VE a la red de alimentación de CA utilizando un equipo específico (SAVE)
 Modo 4	Si	En CC	Según cargador	Instaladas en la infraestructura	Conexión del VE utilizando un cargador externo fijo

Tipo conector	Nº pines	Tensión máxima	Corriente máxima	Normativas	Características especiales
 1	5 (L1, L2, N, PE, CP, CS)	250 V <sub>ca</sub> Monofásica	32 A monofásica (hasta 7,2 kW)	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
CA	 2	500 V <sub>ca</sub> Trifásica	63 A trifásica (hasta 43 kW)	IEC 62196-2	Un solo tipo para carga monofásica o trifásica
		250 V <sub>ca</sub> Monofásica	70 A monofásica		
	 3	500 V <sub>ca</sub> Trifásica	16 / 32 A monofásica	IEC 62196-2	Tipos diferentes según nivel de potencia
		250 V <sub>ca</sub> Monofásica	32 A trifásica (hasta 22 kW)		
CC	 4	500 V <sub>cc</sub> (2 Potencia, 7 de señal)	120 A <sub>cc</sub>	IEC 62196-1 UL 2551	Carga rápida en CC Conforme JEVS G105 Tipo CHAdeMO

## 2.12. Desventajas de los vehículos eléctricos

La principal desventaja con respecto a los de combustión interna es la corta autonomía de que disponen, ya que las baterías eléctricas de gran capacidad son de gran tamaño y habría que montar mucha cantidad en el vehículo con el peso propio que eso supone.

La recarga se realiza de manera mucho más lenta que lo que el usuario está acostumbrado a realizar en los vehículos con motor térmico, lo que supone una molestia añadida con tiempos de espera elevados, recarga doméstica durante 8 h e incomodidad en general.

Otra última desventaja será la que se genera en la conducción silenciosa, ya que en muchas ocasiones los peatones, que comparten las zonas urbanas con los vehículos, se guían por el constante sonido del tráfico en sus desplazamientos, y la ausencia de este supone un descontrol de la situación, que puede desencadenar en atropellos.

### **2.13. Vehículos híbridos**

Una solución intermedia entre los vehículos propulsados exclusivamente con motor eléctrico y los propulsados con motor térmico es el llamado vehículo híbrido, muy desarrollado en la actualidad, que se considera como un paso intermedio mientras el desarrollo de la ingeniería permita la utilización de baterías de acumulación eléctrica más ligeras, de mayor autonomía y que proporcionen más potencia al motor exclusivamente eléctrico.

#### **2.13.1. Componentes generales del vehículo híbrido**

Al igual que en el caso de los vehículos de propulsión exclusivamente eléctrica, se presenta solo una de las posibles soluciones, en la figura 2.15 Se describen las partes más relevantes de un vehículo híbrido.

#### **2.13.2. Estructura y funcionamiento**

En el funcionamiento, el motor eléctrico realiza la propulsión gracias a la acumulación eléctrica de las baterías. Cuando estas están en un nivel elevado de agotamiento se da paso al motor térmico para, mediante el generador (alternador), realizar la carga continua de las baterías, una vez se ha rectificado la señal de corriente alterna a continua.

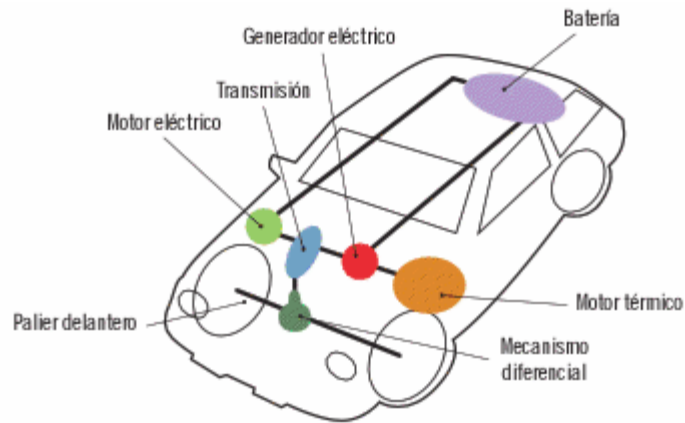


Figura 2. 15: Componentes de un vehículo híbrido.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

Además, en las frenadas del vehículo se puede aprovechar la energía cinética que se disipa en forma de calor para recargar la batería. Este dispositivo se puede encontrar en los coches de competición de Fórmula 1 en el llamado Kers. Se trata de frenos regenerativos.

La disposición general de los elementos en el vehículo híbrido puede ser de dos formas, en serie y en paralelo.

1. **La disposición en serie** relaciona desde el depósito de combustible el motor térmico de explosión o combustión interna, que hace mover el generador eléctrico en la recarga de las baterías. El motor eléctrico realiza la propulsión necesaria para el movimiento del vehículo, tomando la carga desde las baterías. El giro del motor eléctrico está controlado por el inversor o convertidor para adecuar la velocidad y potencia en la transmisión que mediante el diferencial y los palieres proporciona movimiento a las ruedas delanteras. La energía extra que el vehículo necesita, en los momentos de aceleración al realizar alguna maniobra de adelantamiento, la realiza el propio motor eléctrico.

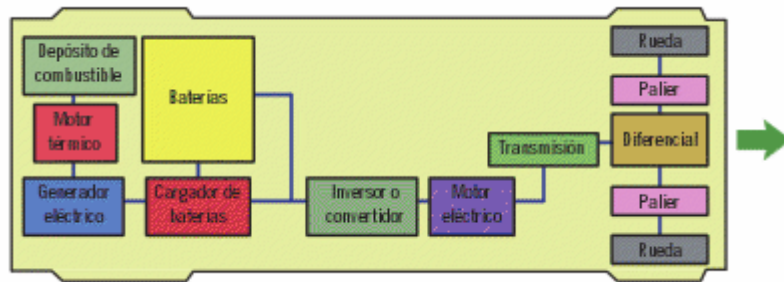


Figura 2. 16: Distribución de elementos de un vehículo híbrido en serie.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

2. **La disposición en paralelo** tiene la ventaja de que puede utilizar independientemente o de manera conjunta el sistema con el motor térmico o el sistema con el motor eléctrico. Los dos motores proporcionan movimiento circular a la transmisión, y esta al diferencial, palier y ruedas. Con esta segunda disposición en paralelo, en los casos en que se necesite un pico de potencia extra, entra en funcionamiento el motor térmico además del eléctrico que proporciona la marcha normal.

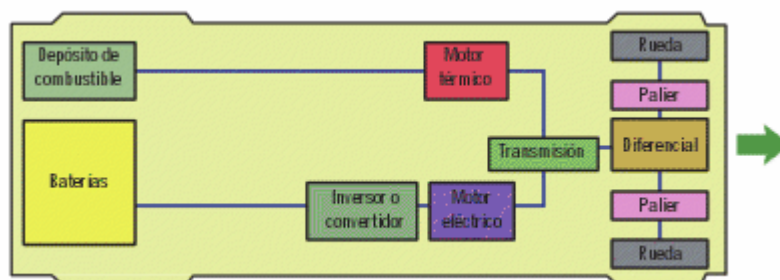


Figura 2. 17: Diagrama esquemático del láser FP.

Fuente: Jiménez Padilla, B. (2012).

### 2.13.3. Motores

Los motores térmicos se fabrican para conseguir una potencia extra que se pueda utilizar en las situaciones de peligro o de aceleración en los adelantamientos, lo que supone que en la mayoría de los casos están sobredimensionados para la utilización normal en la carretera. Los motores eléctricos tienen un régimen alto de utilización constante, aunque se debe

moderar por medio del inversor. Se puede decir que en la combinación eficiente de los dos tipos de motores está el equilibrio necesario para economizar el consumo y proporcionar una reducción de las emisiones al medio ambiente. Esta última razón es la más poderosa que ha llevado a los fabricantes de vehículos a plantearse el desarrollo de este tipo de vehículos, marcado por la cultura reinante de cuidado del medio ambiente, que tan beneficioso es para la sociedad en general.

El régimen de funcionamiento de un vehículo en las zonas urbanas recomienda motores de combustión de baja potencia, debido a la poca velocidad de circulación. El vehículo eléctrico en cambio es mucho más eficiente en la ciudad ya que no contamina el ambiente por la inexistencia de emisiones gaseosas, ni contamina acústicamente al ser muy silencioso. La combinación de los dos motores es la clave para el futuro de la automoción.

#### **2.13.4. Ventajas y desventajas**

Como ventajas que se encuentran en la utilización de los vehículos híbridos está la reducción del consumo de combustible de entre un 20 y un 60%, debido en gran parte a que los motores térmicos utilizados son de menor potencia, más adecuados a la marcha habitual de circulación.

Se reducen en gran medida las emisiones de gases nocivos para la atmósfera, al ser el motor de combustión más pequeño y utilizarse en la recarga de las baterías, además de la ausencia de emisión de gases en el motor eléctrico.

Como desventajas se encuentran que estos vehículos híbridos disponen de menor potencia en caballos que los tradicionales de explosión o combustión, por lo que las velocidades que se consiguen son consecuentemente menores.

El peso propio es elevado, aunque se eliminen mecanismos como el embrague, ya que aumenta mucho por el número de baterías del que hay que disponer.

La inversión monetaria inicial que se ha de realizar en la adquisición de un vehículo híbrido solo es devuelta con la alta utilización de este, ya que la complejidad mecánica es mayor, así como los arreglos en el taller en caso de averías.

Como resumen final, en la utilización de los vehículos de tipo eléctrico o de tipo híbrido, hay que señalar que aunque las emisiones directas a la atmósfera de gases contaminantes sea mucho menor que en los tradicionales vehículos con motor exclusivamente de tipo térmico, la electricidad necesaria para el funcionamiento del motor eléctrico también produce emisiones en las plantas generadoras, que en su mayoría son de combustibles fósiles como el carbón, que también producen emisiones nocivas a la atmósfera.

La mejor política de ayuda al medio ambiente siempre será la utilización responsable de los vehículos particulares, y la necesaria educación cívica para utilizar el transporte público y la bicicleta en las zonas urbanas.

## **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RECARGA**

Aunque no dispongamos de sistemas de recargas para vehículos eléctricos en parqueaderos públicos o en viviendas, realizamos un análisis de estos sistemas existentes en otros países, y que permitan a través de esta investigación posibles implementaciones a futuro en un mundo globalizado que desea reducir la contaminación ambiental utilizando vehículos eléctricos de batería y vehículos híbridos (motores de combustión interna y eléctrico).

### **3.1. Análisis de Instalaciones de Baja Tensión.**

Una vez revisado las NATSIM 2012 se pudo constatar que no se tiene reglamentada instalaciones de redes de baja tensión para recargas de baterías, es decir, que no existe un marco regulatorio para que los vehículos eléctricos recarguen sus baterías.

Debido a los avances tecnológicos serían necesarias las modificaciones en las redes de baja tensión (BT) mediante el reglamento electrotécnico, lo que permitirá estandarizar tecnologías emergentes. Actualmente los vehículos eléctricos e híbridos no se encuentran en dicho reglamento, porque no son compatibles si se quisiera recargas las baterías de los vehículos eléctricos.

Aunque los vehículos eléctricos e híbridos en el mercado Ecuatoriano no han sido de gran acogida, es necesario que se realicen cambios en las normativas en instalaciones de redes de baja tensión. Se estima que para el 2020 a causa del cambio de la matriz productiva los vehículos en mención se incrementará, para lo cual sería pertinente ofrecer redes eléctricas individuales o parqueaderos públicos para la recarga de baterías.

Debido a la falta de una normativa y de la no existencia de redes eléctricas de baja tensión para recargas de baterías, provocará ralentizar la demanda de vehículos eléctricos e híbridos por parte de la sociedad.

Finalmente, se deberá en futuros trabajos de titulación proponer una reglamentación para solucionar la no existencia de un marco regulatorio para instalar tomas eléctricas en redes de baja tensión que sirvan para recargar baterías.

### **3.2. Inconvenientes en la instalación de un tomacorriente de recarga.**

Actualmente, en Ecuador se dispone de pocos dueños de vehículos eléctricos e híbridos en la cual tienen en sus garajes, tomacorrientes para recarga de baterías sin las debidas precauciones o seguridades. Suponiendo que no existan inconvenientes en los tomacorrientes, debemos considerar ciertos obstáculos:

- a. Los tomacorrientes para recargar baterías sería una derivación de algún circuito que abastece de energía eléctrica a una vivienda, es decir, que este circuito fue diseñado para soportar una carga determinada y no para posibles recargas de los vehículos eléctricos.
- b. Otro obstáculo sería la dificultad de calcular el consumo de energía eléctrica en la factura que pagan los usuarios o clientes por la energía consumida en la recarga de baterías.
- c. La instalación de tomacorrientes para recarga de baterías no cumplen con los parámetros internacionales, para lo cual la empresa suministradora de energía eléctrica en este caso Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil deberá incrementar la potencia para la recarga de baterías.
- d. Muy lenta la recarga de baterías de vehículos eléctricos, debido a que no disponen de tomas bipolares ni del nivel de electrificación adecuado.

### **3.3. Potencia para recargas de baterías en vehículos eléctricos.**

La potencia resultará de sumar la carga total en viviendas (garajes propios) o edificios (parqueaderos públicos), en este último debemos considerar cuántos departamentos, locales comerciales, oficinas y garajes



dispone, obviamente sin considerar los puntos para recargar baterías. Como se explicó anteriormente, no disponemos de reglamentos que contemplen provisiones de potencia de energía eléctrica para recargar vehículos en parqueaderos públicos de edificios comerciales y/o departamentos. Obviamente, la potencia consumida haría imposible instalar tomacorrientes o enchufes en los parqueaderos públicos de cada propietario.

En países europeos como por ejemplo España, provisionen la carga total del parqueaderos públicos. En la tabla 3.1 se muestra la demanda de la potencia en España en relación a la recarga lenta de una gama de vehículos eléctricos disponibles en el mercado.

Tabla 3. 1: Potencia demandada en España para recargar vehículos eléctricos.

Tipo	Vehículo	Autonomía (km)	Voltaje de carga (v)	Potencia de carga (kW)	Capacidad Batería (kWh)	Carga 80%(h)	Carga 100% (h)	Carga rápida (h)
EV	Reva	80	220	2,2	13,0	2,5	8	-
EV	Zenn Car	64	110	2,4	4	4	8	-
EV	Think City	170	230	2,8	28,3	8	10	-
EV	Mitsubishi i-MiEV	121	200	2,3	16,0	0,5	7	0,5
EV	Miles ZX40S	72	110	1,2	10,8	-	10	-
EV	BG C100	97	220	3,0	21,0	3,5	7	-
EV	Dynasty II	50	120	1,6	11,5	-	7	-
EV	Mini E	168	220	3,5	35,0	-	10	-
EV	Renault Kangoo	100	220	2,1	15,0	-	7	0,5
EV	BYD E6	401	-	-	72,1	0,25	-	0,17
PHEV	BYD F3DM	109	220	2,5	17,5	-	7	-
PHEV	Chevrolet Volt	64	220	2	16,0	-	8	-
aHEV	Fisker Karma	80	220	-	22,6	-	-	-

En relación a la tabla 3.1 se concluye que los lugares de carga de vehículos sean estos parqueaderos en edificios o patios de centros comerciales, requieren en el peor de los casos una carga de potencia máxima de 3,5 kW.

Ahora, si el lugar de recarga de vehículos eléctricos dispone de un único tomacorriente, ya sean en parqueaderos privados (personales en el hogar) o lugares públicos, para estos el consumo es tipo residencial, la carga sería entre 5,75 kW y 7,36 kW. Debido a que el consumo es de tipo residencial, se tienen dos valores, uno para el tipo de calibre (25 A) del interruptor que llega a 5,75 kW; y el otro tipo de calibre (32 A) del interruptor que llega a 7,36 kW. Por lo tanto, se podrá instalar los dos tomacorrientes en un único parqueadero lo que permitirá recargar vehículos eléctricos e inclusive motos eléctricas, siendo como desventaja notable, el alto consumo de energía eléctrica.

Tabla 3. 2: Potencia en sistemas monofásicos.

Electrificación	Potencia (W)	Calibre Interruptor general automático (IGA) en (A)
Básica	5750	25
	7360	32
Elevada	9200	40
	11500	50
	14490	63

### 3.4. Instalación para recargas de baterías en vehículos eléctricos.

Primeramente debemos realizar el enlace, es decir, la unión entre la caja general de protección con los receptores del usuario, en otras palabras iniciará en el fin de la acometida y culminará en el dispositivo de mando y protección. Los elementos que forman parte de la instalación de enlace son: caja general de protección, línea general de repartición o alimentación, elementos para ubicación de medidores o contadores, derivación individual, cajas tanto para interruptores de control de potencia y para el dispositivo general de mando y protección. De acuerdo a la investigación realizada en trabajos realizados en España, procedemos a mostrar en la figura 3.1 la instalación de enlace en

edificaciones destinado a viviendas, es decir, la colocación de medidores de manera centralizada la misma que se denomina tablero de medidores.

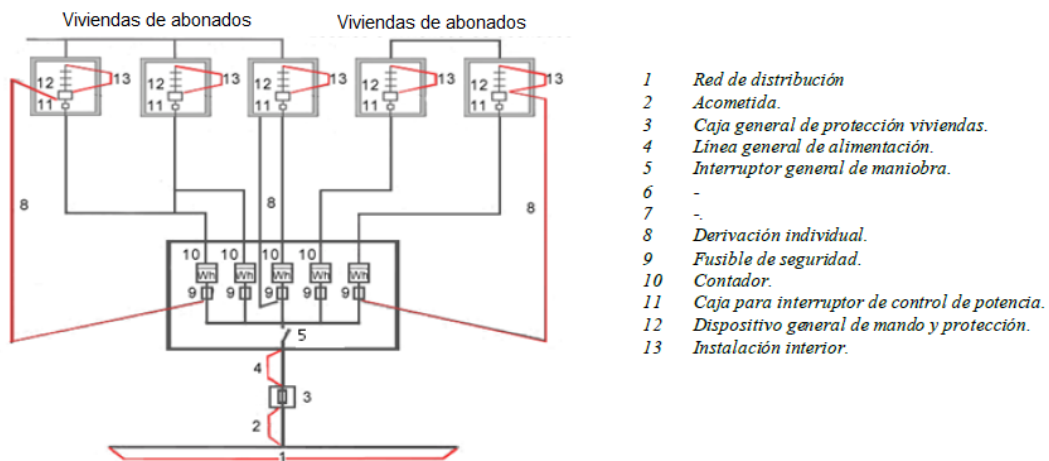


Figura 3. 1: Diagrama de instalación de enlace en edificios con medidores centralizados.

Fuente: Ceña, A. & Santamarta, J. (2009)

El sistema de recarga de baterías para vehículos eléctricos en parqueaderos públicos que menos comprometería al diagrama de la figura 3.1, es decir, que se modificará la acometida y la instalación independiente a la alimentación de las viviendas. Con esta modificación evitamos que los departamentos durante la reestructuración resistan los apagones, esto ocurre porque las líneas de acometida y suministro a hogares, así como los parqueos públicos, son instaladas de manera independiente.

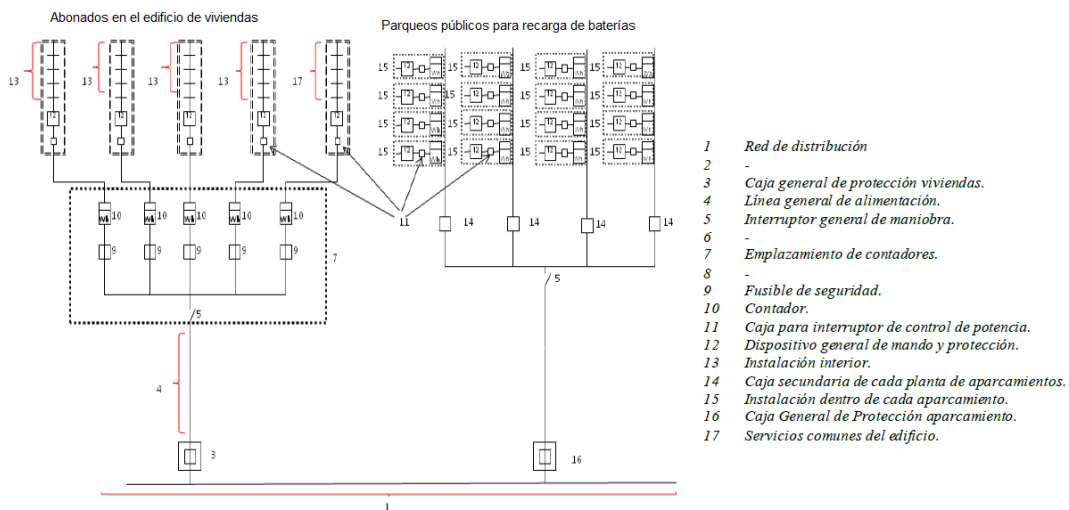


Figura 3. 2: Diagrama de instalación de enlace con acometida independiente.

Fuente: Ceña, A. & Santamarta, J. (2009)

Para el elemento 5 (véase la figura 3.2) o denominado interruptor (switch) de maniobra, es imperativo la agrupación de dos o más contadores. Él mismo tiene como única tarea dejar inoperativo el sitio de recarga de vehículos eléctricos en un edificio o parqueaderos públicos, esto es para evitar complicaciones, como por ejemplo un incendio.

Asimismo, del esquema mostrado por la figura 3.2 el componente, corresponde a la Caja General de Protección del Parqueadero o Aparcamiento, que por lo general son ubicadas en la parte exterior de la vivienda y el lugar donde se instale. Para lo cual, deberán ponerse de acuerdo entre los dueños y CNEL EP empresa encargada de suministrar energía. En otras palabras, el objetivo principal es cumplir con la protección de la línea general hasta el la caja secundaria del aparcamiento que permite realizar la derivación (véase elemento 14). Posteriormente, las cajas secundarias en cada planta de aparcamiento o parqueo, es distribuida la carga de consumo eléctrico en cada una de sus fases, debido a que es una instalación residencial, se utiliza sistemas monofásicos. Finalmente, en la parte interior del esquema de la figura 3.2, cada aparcamiento dispondrá de los dispositivos tanto de mando como de protección.

### **3.5. Ubicación de contadores para edificios de viviendas con garaje.**

Con respecto al sitio o posición de los contadores generales (encargados de registrar el consumo eléctrico) se debe tener flexibilidad al momento de añadir o no un sistema integral de telegestión. En Ecuador no existen empresas dedicadas a la construcción y/o fabricación de dispositivos que sirvan para el presente trabajo de titulación, se tomará como referencia a España, la empresa multinacional *CIRCUITOR*, es aquella que se encarga de diseñar y fabricar dispositivos para protecciones, mediciones y controlar el consumo de energía eléctrica, planteándose dos clases de tipologías para llevar el registro del el consumo:

- a. Dispositivos para recargar un sistema de comunicación de datos, mediante comunicaciones Ethernet.
- b. Dispositivos para recargar sistemas de identificación y para contadores individuales.

Cabe indicar que la empresa europea CIRCUITOR utiliza la plataforma o sistema de telegestión, que permite administrar la lectura de las cajas registradoras y ubicadas en forma conjunta a un servidor o computador central, este sistema permite emitir una factura donde detalla el valor por kilovatio hora consumido por la carga de vehículos eléctricos de cada usuario.

La expresión <<Telegestión>> manifiesta que es un conjunto de productos basado en las TIC's (tecnología de la Información y Comunicación), es decir, la combinación de sistemas informáticos, comunicaciones electrónicas y sistemas de telecomunicaciones, logrando así el total control, tanto para instalaciones eléctricas aisladas como las distribuidas. La telegestión abarca ciertas aplicaciones, tales como:

- Telealarma: permite alertar de manera automática daños por avería o si el vehículo eléctrico se ha desconectado del tomacorriente.
- Telecontrol: permite examinar constantemente la cantidad de vehículos eléctricos conectados a los tomacorrientes.
- Telegestión: permite obtener datos en tiempo real, con la finalidad de que los parqueaderos o aparcamientos funcionen correctamente, así como también el cálculo respectivo del consumo de potencia eléctrica instantánea.

En la figura 3.3 se muestra el esquema de configuración de un sistema de recarga de baterías eléctricas en vehículos eléctricos para parqueadero público, ya sea para condominios (conjunto de departamentos) o centros comerciales.



Figura 3. 3: Sistema de recarga para baterías en vehículos eléctricos. .  
 Fuente: Ceña, A. & Santamarta, J. (2009)

El sistema de recarga (véase la figura 3.3) tiene incorporado un dispositivo electrónico inteligente, controlado remotamente a través de los puestos destinados para que los vehículos eléctricos puedan recargar sus baterías, y a la vez puede identificar al cliente (dueño del vehículo) mediante una tarjeta de banda magnética. Es decir, que el cliente que ha sido identificado, éste deberá dar clic en la pantalla táctil (tipo LED o LCD) para que el tomacorriente se active y proceda con la recarga de la batería eléctrica. Como se explicó anteriormente, en este tipo de sistema la plataforma debe tener un servidor o computador central, dedicado a notificar incidentes, cargas (kW) y estadística del consumo (semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual) de energía eléctrica.

Finalmente, si en el parqueadero no hay presencia de vehículos eléctricos, los tomacorrientes solo son capaces de realizar conexiones a ello, pero si alguien desea conectar cualquier dispositivo electrónico (que no sea el vehículo eléctrico), los tomacorrientes instalados son capaces de evitar

conexiones no apropiadas. La desventaja principal de este sistema, es que el coste es muy elevado.

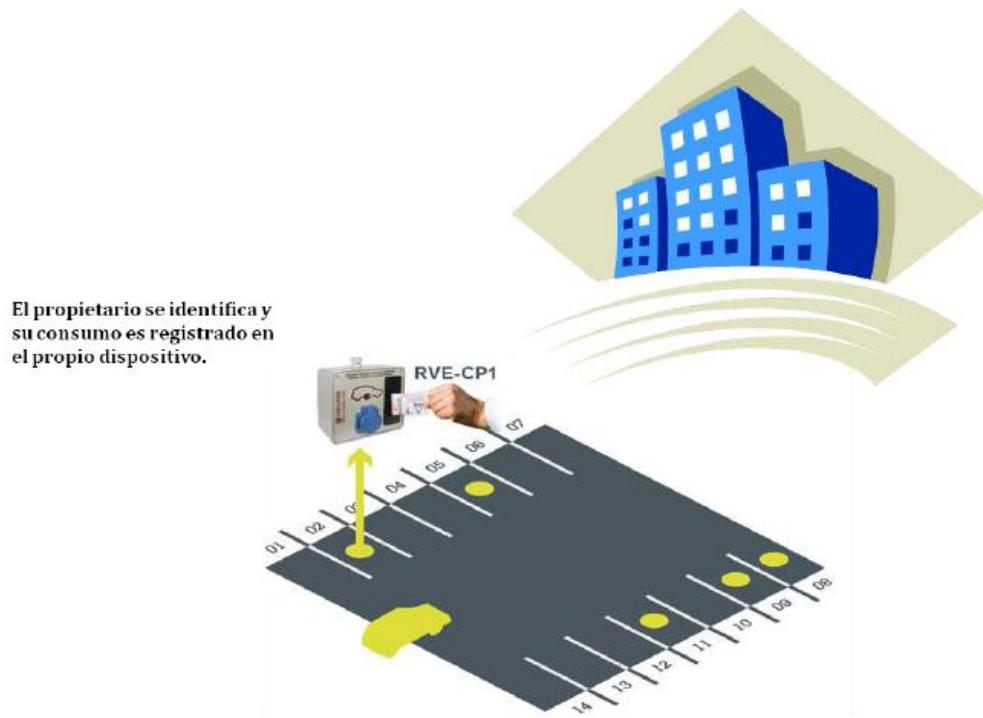


Figura 3. 4: Equipo para recargas de vehículos eléctricos.  
Fuente:

## CAPÍTULO 4: PROPUESTA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

### 4.1. Actividades a desarrollar en la instalación

Los tipos de actividades previas a la instalación eléctrica del parqueadero público, son:

- ✓ Estudio técnico previo, que permita escoger la ubicación adecuada de la etapa de transformación.
- ✓ Estudio técnico de la acometida eléctrica (aunque no está regulado en NATSIM 2012) desde la etapa de transformación hasta la Caja General de Protecciones.
- ✓ Desde la Caja General de Protección se inicia la derivación central e individual hasta el registro, que debe estar muy cercano a la C.G.P.
- ✓ Estudio técnico para realizar la instalación eléctrica, que inicia en la caja general hasta la caja secundaria, es decir, que para cada piso o planta se consideran dos tomacorrientes por cada piso.
- ✓ La acometida al aparcamiento se realizará en baja tensión desde el centro de transformación proyectado, que se encuentra próximo a la caja general de protección (C.G.P).

La alimentación principal, se inicia en la caja general de protección hasta el contador de registro, localizado cercanamente a la caja general de protección. Este tipo de diseño, cumple con el objetivo de medir el consumo de carga eléctrica total de cada uno de los parqueaderos o de los aparcamientos. Posteriormente al registro, se alimenta la línea de la caja general de protección de viviendas residenciales, en el mismo parten cada una de las líneas de distribución a cajas secundarias, que fueron proyectado en cada piso o planta del edificio. Por tanto, en cada grupo de tomacorrientes se alimentan de la caja secundaria y debe estar dispuesto a lado del mismo. Mientras que en cada uno de los pisos se dispondrá de dos cajas secundarias, cuya alimentación es desde la caja de protección. A continuación describimos la distribución de cada caja secundaria:



- ✓ Primera planta o primer piso: caja secundaria “A” y “B”.
- ✓ Segunda planta o segundo piso: caja secundaria “C” y “D”.
- ✓ Tercera planta o tercer piso: caja secundaria “E” y “F”.

Debido a que las instalaciones a realizarse son en locales públicos y de alta concurrencia, las cajas de distribución y cajas secundarias de distribución serán instaladas en sitios donde las personas no tengan acceso y también sus conexiones deben ser independientes de los locales comerciales, para evitar incendios o situaciones de pánico, que pongan en riesgo la vida humana.

Debido al análisis realizado de otros países como los del continente europeo, se propone que el tipo de instalación eléctrica y acometida sea de media tensión, de acuerdo al NATSIM 2012, que deberá regularse para este tipo de suministro de carga en vehículos eléctricos. Asimismo, se recomienda el uso exclusivo o dedicado de un único transformador, cuya instalación y ubicación del mismo sea en el subsuelo con ventilación y aislamiento en aceite, que pueda soportar hasta una potencia reactiva de 250 kVA.

Se deberá considerar futuras ampliaciones, es decir, el incremento de puntos de recarga de baterías en vehículos eléctricos. Si el dispositivo que permite la carga entre el punto y el vehículo eléctrico, deja de funcionar o queda obsoleto, se debe sustituir por otro dispositivo de mejores prestaciones (mayor potencia).

#### **4.2. Propuesta de parqueaderos públicos de recargas de baterías de vehículos eléctricos.**

El sector del aparcamiento debe prepararse para dar servicio a los usuarios y poder fidelizar a su clientes mediante su servicio y apuesta por el vehículo ecológico. El aparcamiento Público de rotación, subterráneo o en edificio, es un punto óptimo para la instalación de equipos de recarga de

vehículos, ya que los usuarios se sienten más seguros al dejar sus vehículos enchufados en una instalación controlada.

Las soluciones que propone la Empresa CIRCUTOR en este caso son:

- a. Equipos de recarga con Pago por tarjeta: con este sistema se instalan equipos que disponen de lector de tarjeta con sistema RFID. En este caso el propietario del parking puede fidelizar a sus clientes mediante el ofrecimiento de recarga si la compra supera cierta cantidad (en el caso de grandes superficies), o en el caso del parking público, añadir en el precio del parking el consumo de energía eléctrica. En la figura 4.2 se muestra el sistema propuesto sin comunicaciones.

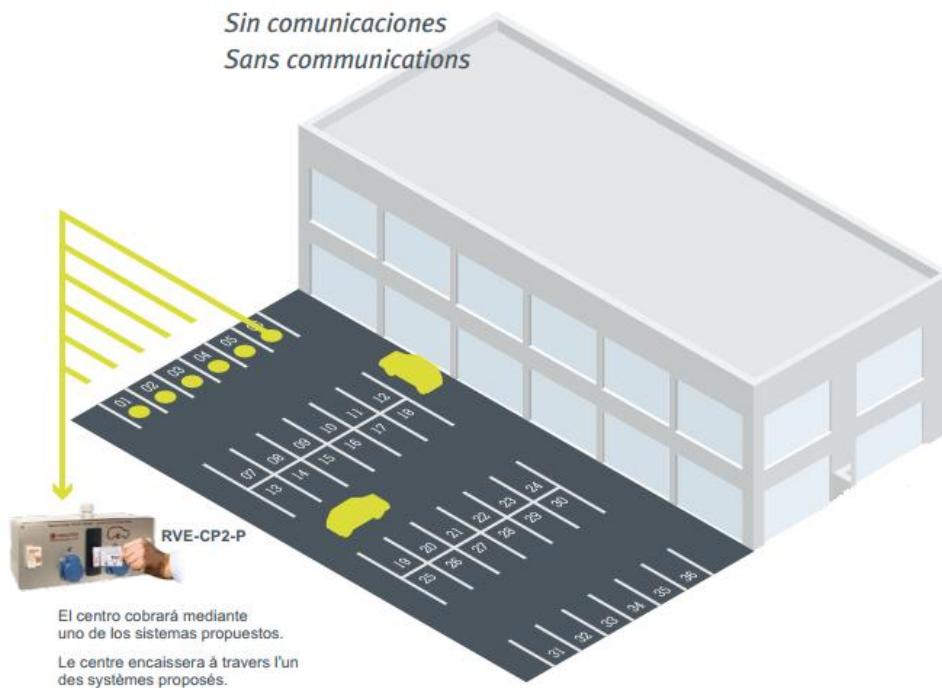


Figura 4. 1: Distribución de equipos de carga con pago por tarjeta.

Fuente: CIRCUTOR.

- b. Equipos de recarga con comunicaciones: con este sistema el propietario puede gestionar la recarga remotamente y realizar el cobro según sus necesidades. También le permite la gestión de la demanda y el control de perturbaciones en la red eléctrica (armónicos)



Figura 4. 2: Distribución de equipos de carga con comunicaciones.  
Fuente: Circuitor.





En las tablas 4.1 y 4.2 se muestran los modos de carga y tipos de conectores que son utilizados por CIRCUITOR en los parqueaderos públicos que dispongan de un sistema de recarga de batería para vehículos eléctricos.

Tabla 4. 1: Modos de carga para recargar vehículos eléctricos a batería.

Modo Salida	Conector específico para VE	Tipo carga	Corriente máxima	Protecciones	Características especiales
Modo 1	No	Lenta en CA	16 A por fase (3,7 kW - 11 kW)	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Conexión del VE a la red de CA utilizando tomas de corriente normalizadas
Modo 2	No	Lenta en CA	32 A por fase (3,7 kW - 22 kW)	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Cable especial con dispositivo electrónico intermedio con función de piloto de control y protecciones
Modo 3	Sí	Lenta o semi-rápida Monofásica o trifásica	Según conector utilizado	Incluidas en la infraestructura especial para VE	Conexión del VE a la red de alimentación de CA utilizando un equipo específico (SAVE)
Modo 4	Sí	En CC	Según cargador	Instaladas en la infraestructura	Conexión del VE utilizando un cargador externo fijo

Fuente: Circuitor.

Tabla 4. 2: Tipos de conectores para recargar vehículos eléctricos a batería.

Tipo conector	Nº pins	Tensión máxima	Corriente máxima	Normativas	Características especiales	
CA	 1	5 (L1, L2/N, PE, CP, CS)	250 V <sub>ca.</sub> Monofásica	32 A monofásica (hasta 7,2 kW)	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
	 2	7 (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	500 V <sub>ca.</sub> Trifásica 250 V <sub>ca.</sub> Monofásica	63 A trifásica (hasta 43 kW) 70 A monofásica	IEC 62196-2	Un solo tipo para carga monofásica o trifásica
	 3	4, 5 o 7 según modelo (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	500 V <sub>ca.</sub> Trifásica 250 V <sub>ca.</sub> Monofásica	16 / 32 A monofásica 32 A trifásica (hasta 22 kW)	IEC 62196-2	Tipos diferentes según nivel de potencia
CC	 4	9 (2 Potencia, 7 de señal)	500 V <sub>cc.</sub>	120 A <sub>cc.</sub>	IEC 62196-1 UL 2551	Carga rápida en CC Conforme JEVS G105 Tipo CHAdeMO

Fuente: Circuitor.

En países Europeos como por ejemplo, España disponen de sistemas de recargas de vehículos eléctricos a batería, en la figura 4.3 se muestra el sistema de recarga de vehículos eléctricos instalado en Formentera (Islas Baleares, España), la figura 4.4 se observa el sistema de recarga en el Parque Tecnológico de Barcelona (Barcelona, España).



Figura 4. 3: Recarga de vehículos eléctricos en Islas Baleares.

Fuente: Circuitor.



Figura 4. 4: Recarga de vehículos eléctricos en Parque Tecnológico de Barcelona.  
Fuente: Circuitor.

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. Conclusiones.**

- El incremento de las emisiones CO<sub>2</sub> y los constantes avances tecnológicos en la última década permitirán que se reduzca o minimice los niveles de contaminación ambiental mediante la aparición de los vehículos negros.
- Se pudo constatar que hay empresas multinacionales que cuentan con esta gama de vehículos tales como Chevrolet, Nissan, Hyundai, etc.
- El Sistema Eléctrico de Baja Tensión permite optimizar el consumo de energía eléctrica las recargas lentas realizadas en periodo nocturno, a la vez que permite disponer al usuario cada mañana de baterías totalmente cargadas al salir de su domicilio.
- La propuesta presentada de recarga de baterías para Vehículos Eléctricos resulta ser la más apropiada, pero deberá ser instalado en cada estacionamiento.

### **5.2. Recomendaciones.**

- A futuro realizar la instalación del sistema de recarga de baterías para Vehículos Eléctricos, siempre que el mercado tenga mayor grado de penetración de los Vehículos Eléctricos.
- Que la Carrera de Ingeniería Eléctrico Mecánica incentive académicamente a los estudiantes el desarrollo de proyectos de investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ceña, A. & Santamarta, J. (2009). *Coche Eléctrico, el futuro del transporte*. Energía Renovables, 75.

Cobo, S. (2011). *Estudio preliminar de las ITV para vehículos híbridos y eléctricos*. Proyecto Fin de Carrera de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid.

Galindo M., N. (2010). *Impacto de la incorporación del vehículo eléctrico en la integración de energías renovables en el sistema eléctrico*. Proyecto Fin de Carrera del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Carlos III de Madrid.

Jasna, T., & Willett, K. (2005). *Vehicle to grid power implementation*. IEEE.

Jiménez Padilla, B. (2012). *Técnicas básicas de electricidad de vehículos*. Barcelona: IC Editorial

Karner, D. & Francfort, J. (2007). *Hybrid and plug-in hybrid electric performance testing by the US Department of Energy Advance Vehicle Testing Activity*.

Olmos, L., Glachant, J., Ruester, S., & Liong, S. (2011). *Energy efficiency actions related to the rollout of smart meters for small consumers, application to the Australian system*. Elsevier.

Pérez Arriaga, J. I. (2011). *La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España*. España: B - Real Academia de Ingeniería

Lowry, J. & Larminie, J. (2003). *Electric Vehicle Technology Explained*. Editorial Wiley.