



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Vehículos de combustible  
alternativo para la Ciudad de  
México mediante matrices de  
decisiones**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Rafael Alejandro Díaz de León

**DIRECTOR DE TESIS**

M.I. Antonio Zepeda Sánchez



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## índice de contenido

<b>Introducción</b> .....	4
<b>Objetivo</b> .....	4
<b>Antecedentes de los vehículos de combustible alternativo</b> .....	5
<b>Cuadro resumen de la historia del automóvil</b> .....	8
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Normas de los vehículos de combustible alternativo</b> .....	9
1.1.- Vehículos a Gasolina, Flexfuel y Alcoholes .....	9
1.2.- Vehículos Eléctricos e Híbridos .....	9
1.3.- Vehículos Solares y de Otros combustibles .....	10
1.4.- Vehículos con Biodiesel .....	10
1.5.- Vehículos a Gas LP .....	11
1.6.- Vehículos a Hidrógeno .....	11
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Tipos de vehículos de combustibles alternativos ventajas y desventajas</b> .....	13
¿Que son los vehículos de combustible alternativos? .....	13
2.1.- Vehículos de combustible tipo Flexfuel .....	13
2.1.1.- Ventajas de los vehículos combustible Flex .....	16
2.1.2.- Desventajas de los vehículos combustible Flex .....	16
2.2.- Vehículos de combustible etanol .....	17
¿Qué es el etanol? .....	17
2.2.1.- Producción a nivel mundial de etanol .....	17
2.2.2.- Etanol a nivel económico por cada país .....	18
2.2.3.- Ventajas y desventajas de los vehículos de combustible etanol .....	21
2.3.- Vehículos de combustible de hidrógeno .....	22
2.3.1.- Infraestructura y obtención del hidrógeno .....	23
2.3.2.- Ventajas y Desventajas de los vehículos de hidrógeno .....	25
2.4.- Vehículos de combustible agua .....	25
2.4.1.- Ventajas y Desventajas de los vehículos de combustible agua .....	27
2.5.- Vehículos de combustible aire .....	27
2.5.1 Ventajas y desventajas de los vehículos de aire .....	29
2.6.- Vehículos solares .....	29
2.6.1 Ventajas y desventajas de los vehículos solares .....	33
2.7.- Vehículos Híbridos .....	34
2.7.1.- Tipos de vehículos híbridos .....	34
2.7.2.- Ventajas y desventajas de los vehículos híbridos .....	38
2.8.- Vehículos eléctricos .....	40
2.8.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos .....	42
2.9.- Vehículos de combustible gas .....	43
2.9.1.- Vehículos a leña .....	43
2.9.1.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos de gas de madera .....	45
2.9.2.- Vehículos a gas metano o biogas .....	46
2.9.2.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos a biogas .....	47
2.10.- Vehículos a Gas Natural Vehicular (GNV) .....	48
2.10.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos de gas natural .....	53

<b>Capítulo 3</b>	
<b>Kits de conversión a automóvil eléctrico .....</b>	<b>54</b>
3.1.- Cuanto consumen los automóviles eléctricos para su recarga en su rendimiento....	56
3.2.- Contaminación de los vehículos electricos.....	56
3.3.- Encuesta de recorrido en automóvil, elección de combustible alterno y conversión del vehículo.....	60
3.4.- Vehículos que se comercializan en México.....	63
3.5.- Población de vehículos en la Ciudad de México.....	64
<b>Capítulo 4</b>	
<b>Matrices de decisiones, matriz de selección, matriz de necesidades y toma de tiempo para la recarga de los vehículos eléctricos.....</b>	<b>65</b>
4.1.- Matriz de selección de los diversos combustibles.....	70
4.2.- Matriz de necesidades de los consumidores.....	72
4.3.- Calculo del tiempo de recarga de un vehículo eléctrico.....	74
<b>Conclusiones para determinar el mejor vehículo de combustible alterno para la Ciudad de México .....</b>	<b>76</b>
<b>Aspectos políticos de nuestro gobierno en tendencia al cambio .....</b>	<b>78</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>80</b>

## **Introducción**

En este trabajo se investigó desde los inicios del automóvil, hasta los orígenes de los combustibles alternos, retomando esta idea que surgió desde del año 1904 siendo no muy actual este tema, indagando en los vehículos que existen actualmente como son los de etanol, eléctricos, híbridos, a gas natural entre otros más, se busca el modo de implementar que las estaciones de recarga sean sustentables así mismo cuánto tarda un vehículo eléctrico en cargar su batería.

Por otra parte, se realizó un comparativo de cuanta contaminación genera producir la energía eléctrica aquí en México y en otros países y el costo de inversión para realizar una conversión ya sea a vehículo eléctrico o a Gas Natural Vehicular.

Mediante matrices de decisión y de necesidades buscamos el mejor vehículo que se adapte a las necesidades de las familias mexicanas y en especial a las condiciones de manejo en la Ciudad de México para así ya no depender tanto ya de la gasolina o el diésel como principal combustible.

## **Objetivo**

Proponer el mejor automóvil de combustible alternativo para las condiciones sociales y de manejo en la Ciudad de México, mediante el uso de matrices de decisiones, dicho vehículo debe tener como base de su funcionamiento una tecnología limpia, ya sea eléctrico, híbrido o de esa índole, que el desempeño de combustible sea el más óptimo y en su costo beneficio sea muy bajo, esto entre los diferentes fabricantes que ofrecen este tipo vehículos en sus concesionarios.

Por otro lado, se establece el tiempo de recarga teórico de un automóvil eléctrico respecto al tiempo que dice el fabricante que se carga completamente, estudiamos el mercado potencial mediante una encuesta para determinar que combustible es el preferido por la gente y determinar entre ellos cual es el que tiene mayor aceptación de los que se proponen.

## Antecedentes de los vehículos de combustible alternativo

Para comprender la evolución de los vehículos automotores y sus combustibles, es necesario abordar el primer medio de energía para realizar trabajos mecánicos, el vapor. Esto se consiguió mucho antes de que se inventara la gasolina en 1857.<sup>1</sup>

El primer vehículo de propulsión fue inventado por Nicolas-Joseph Cugnot en 1769 que era prácticamente un triciclo el cual lleva por nombre “Fardier”, posteriormente fue la base de otros automóviles que funcionaban bajo el principio del vapor, en el transcurso del año de 1784 William Murdoch construyó un vehículo que usaba este medio para moverse.

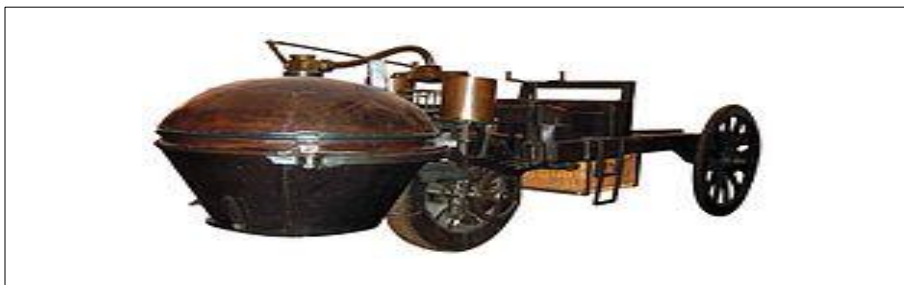


Figura 1.- triciclo Fardier de Cugnot

Sacada de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_autom%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_autom%C3%B3vil)

Se encuentra asimismo el primer vehículo propulsado con aceite diseñado por Josef Bozek en 1815, otro medio de combustible alterno, Robert Anderson creo un automóvil propulsado por células eléctricas entre los años 1832 a 1839<sup>2</sup>, para el año de 1860 el belga Etienne Lenoir logro hacer funcionar un auto de combustión interna con gas de carbón<sup>3</sup>.

Charles Jeantau en 1881<sup>4</sup> construyo un auto eléctrico que era propulsado por 21 baterías y este es considerado como el primer vehículo de combustible alternativo, por que en esos tiempos ya existía el combustible fósil es decir “la gasolina” junto con el motor de combustión interna. Considerando a Charles Jeantau como el pionero en la innovación de los vehículos de combustibles alternativos en su época, donde finalizaban los autos impulsados a vapor e iniciaba la nueva era con los autos con motor de combustión interna propulsados por la gasolina.

---

1 [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_explosi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_explosi%C3%B3n)

2 C.D. Buchanan (1958). “*Mixed Blessing: The Motor in Britain*”. Leonard Hill. Georgano, G.N. “*Cars: Early and Vintage*”, 1886-1930. (London: Grange-Universal, 1985).

3 [http://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_autom%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_autom%C3%B3vil)

4 <http://www.autopasion18.com/HISTORIA-JEANTAUD.htm>

Su gama de vehículos incorporaba una gran cantidad de diversos modelos a lo largo de toda su producción finalizada alrededor de 1906, contenía desde el segmento de los “sedanes” (vehículos del tipo familiar para cuatro personas) particulares, incluyo también autos de carreras imponiendo varios récords en su época, incluso contaba con una flota de taxis utilizados para el servicio público, esa idea ha sido retomada nuevamente debido a los problemas que existen hoy actualmente acerca de la contaminación, siendo ayudado de la nuevas tecnologías de vanguardia que existen hoy en día para cuidar el medio ambiente.

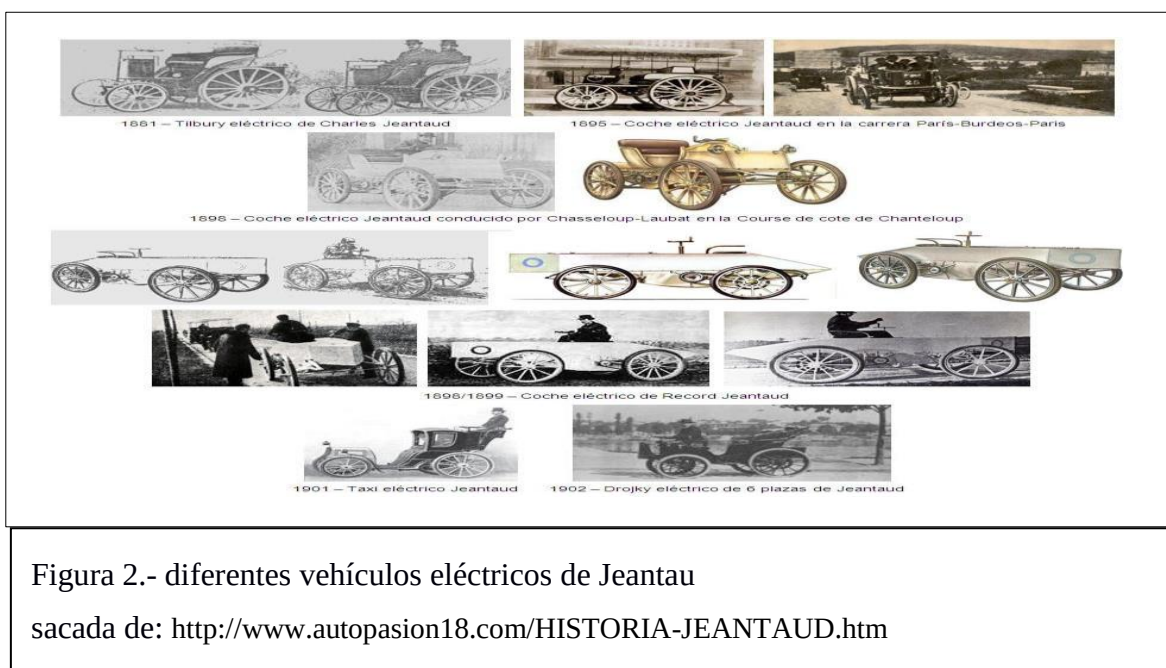


Figura 2.- diferentes vehículos eléctricos de Jeantau

sacada de: <http://www.autopasion18.com/HISTORIA-JEANTAUD.htm>

También existió el primer vehículo de combustible flexible este fue el modelo “T” en el año de 1904 de la compañía Ford, este podía operar con gasolina o con etanol no importaba cual fuera el porcentaje de la mezcla de ellos donde el carburador operaba sin problemas<sup>5</sup>, en esos tiempos predominaba la gasolina debido al bajo costo del refinamiento del petróleo.

El origen de los vehículos de combustible alternativo se remonta a más de cien años, donde tuvieron una mayor aceptación, fue en el año de 1973 debido a la primera gran crisis del petróleo<sup>6</sup>, en ese entonces el gobierno de Estados Unidos dio oportunidad a los combustibles alternativos como el etanol y el metanol, ya que la dependencia del petróleo era indispensable en esos tiempos.

5 <http://www.telegraph.co.uk/motoring/news/2753506/Ford-Model-T-reaches-100.html>

6 [http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis\\_del\\_petr%C3%B3leo\\_de\\_1973](http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_del_petr%C3%B3leo_de_1973)

Esta idea fue retomada posteriormente a causa de la segunda crisis del petróleo en 1979 donde Fiat decide crear un vehículo que funcione con la mezcla del cien por ciento de etanol, dicho modelo fue el “147”, para el año 2003 tuvo una segunda oportunidad la producción de vehículos con capacidad flexible este fue el Volkswagen Gol que era totalmente flexible posteriormente se incorporaron otros fabricantes como Chevrolet, Ford, Fiat, Citroen, Renault, Peugeot, Honda, Mitsubishi y Toyota en el año 2008<sup>7</sup>.

La idea de la búsqueda de un vehículo que funcione con un combustible diferente a la gasolina sigue vigente en nuestros días, aunque sus antecedentes vienen desde hace cien años, cabe mencionar no se estará conforme hasta que los vehículos se vuelvan totalmente sustentables para beneficio del medio ambiente y así desligarnos un poco de los combustibles fósiles.



Figura 3.- Fiat 147 funcionando al 100% de etanol


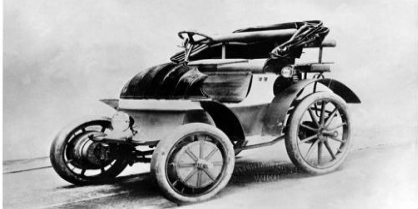




Sacada de: <http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1234087-9658,00.html>

---

7 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_combustible\\_flexible](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_flexible)



## Cuadro resumen de la historia del automóvil<sup>8</sup>

	<p>El primer automóvil considerado en la historia diseñado por Nicolas Cugnot era un triciclo de 4 toneladas de peso en el año 1769.</p>
	<p>Charles Jeantou construyó un auto eléctrico que era propulsado por 21 baterías y este es considerado como el primer vehículo eléctrico en el año de 1881; Contando con diversos modelos para el sector privado y público.</p>
	<p>El empresario alemán Karl Benz, obtiene la patente del primer motor a GAS esto en el año de 1886.</p>
	<p>Panhard &amp; Levassor desarrolla el System Panhard, según el cual el motor se dispone en la parte delantera del vehículo, accionando las ruedas traseras en 1891.</p>
	<p>Henry Ford funda la Ford Motor Company en Detroit, Estados Unidos, donde inicia la primera producción de vehículos en serie con el modelo A, para dar origen a la producción en serie, tenía la capacidad de operar con alcohol.</p>
	<p>La evolución de los automóviles hasta nuestros días donde han ido mejorando las tecnologías dentro de ellos tanto en motor como en seguridad para los pasajeros.</p>

<sup>8</sup> <http://aumovilw.blogspot.mx/>

## Capítulo 1

### Normas de los vehículos de combustible alternativo

En este capítulo se investigan las diversas normas que deben aplicarse a los automóviles normales, a los respectivos combustibles que estos usan ya sea gasolina o alternos, en un nivel local o internacional respecto a cada país donde se distribuyan los vehículos, sin embargo todos los automóviles ya sea de combustible alternativo o convencional deberán cumplir, lo establecido en la norma ISO/ TS 16949<sup>9</sup>, la cual englobó a todas las normas locales automovilísticas para crear una sola norma que se encargara de regular la calidad en toda la industria automotriz.

#### 1.1.- Vehículos a Gasolina, Flex fuel y Alcoholes

El objetivo de la norma ISO/ TS 16949 que ya se encuentra avalada por el sector automotriz era homologar los parámetros en la parte de calidad hablemos de ensamblado, interiores y piezas de terceros (tapicería, audio, video, etc.) ya que actualmente se requieren características más específicas que garanticen el control tanto a los fabricantes sobre sus proveedores y viceversa, esto se hizo para asegurar la competitividad, productividad y mejorar continuamente la calidad a nivel mundial en el segmento automotor. En dicha norma se encuentran establecidos los requisitos que se deben de seguir para el diseño, fabricación e instalación de cualquier producto para este sector.

#### 1.2.- Vehículos Eléctricos e Híbridos

La norma aplicada a vehículos eléctricos es la ISO/DIS 6469<sup>10</sup> que se encuentra con el título “automóviles de carretera propulsados eléctricamente”, sin embargo también existen otras normas que regulan el interior de las conexiones entre los componentes internos de los vehículos y es la norma europea prEN 50066, además existe una norma alemana que se encarga del equipamiento eléctrico del auto más que nada sobre valores nominales y ensayos prácticos para la obtención de información en términos de seguridad de estos mismos, la norma es la DIN/VDE 0122<sup>11</sup>.

Por otro lado, están por aprobarse otro tipo de regulaciones a estos vehículos ya que no emiten ruido pueden pasar desapercibidos siendo un riesgo para los peatones y las

---

9 <http://www.normas-iso.com/iso-16949>

10 [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_browse.htm?commid=46946](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46946)

11 Larrodé Pellicer, Emilio; “Automóviles Eléctricos”; INO reproducciones S.A ;1997

personas invidentes según la NHTSA (National Highway Traffic Administration)<sup>12</sup>, se está buscando el modo de regular estos vehículos de modo que sea internacional, los parámetros de seguridad para estos.

Los países de la Unión Europea junto a Estados Unidos y Japón, colaboran para progresar en las normas internacionales, esto es poder impulsar la producción de estos vehículos, fomentando su uso, quedando expuesto en el foro mundial de la armonización de las regulaciones de automóviles en Ginebra.

### **1.3.- Vehículos Solares y de Otros combustibles**

Para este tipo de vehículos no existen normas que se encarguen de regular su fabricación, aunque estos no son producidos en masa y no poseen un uso oficial, ya sea de transporte público, auto privado o de carga, la mayoría de estos son prototipos o se encuentran en etapa de experimentación como son los siguientes tipos de vehículos propulsados por:

- Solares
- Café
- Materia Orgánica (leña, carbón, hojas secas, biogás)
- Agua
- Aire
- Metano

### **1.4.- Vehículos con Biodiesel**

Para este combustible existen tres tipos de normas diferentes comenzando por la norma americana (Estados Unidos de América), esta ha estado elaborándose desde el año 2001, a finales de ese año la Asociación Americana para la Evaluación y Materiales (ASTM) puso en vigor la norma D6751, en otro plano, buscando un modo de impulsar voluntariamente a los productores y distribuidores de estos combustibles para unirse en la barra nacional del biodiesel, dando como resultado la norma BQ-9000.

La Unión Europea se ha propuesto impulsar el desarrollo tanto para los productores del biodiesel, como el de los fabricantes de autos específicamente los alemanes promovieron

---

<sup>12</sup> <http://vehiculoelectrico.info/category/leyes-y-normativas/>

la norma DIN 51606 esta norma remplazó a una anterior la EN 14214 del comité europeo de normalización.

En el caso de México no contamos con normas específicas para el biodiesel, ya que el país tiene poca experiencia en este aspecto, de hecho se tienen tres plantas que producen este combustible una de ellas se encuentra en Cadereyta en Nuevo León, la otra está en la universidad Vasconcelos en Oaxaca está en etapa de investigación haciendo mezcla B20 (véase parte de Biodiesel), la última está en Tapachula Chiapas, sin embargo se está promulgando la “Ley para el desarrollo y promoción de los bioenergéticos”, esta permitirá impulsar el desarrollo de los combustibles como el bioetanol, biodiesel entre otros, junto con otra ley que se encuentra en proceso de discusión que es la “Ley para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía”<sup>13</sup>.

### **1.5.- Vehículos a Gas LP**

En México la norma se encarga de regular los vehículos propulsados a Gas LP, tanto el cilindro de almacenamiento del gas ubicado en el vehículo, la calidad de estos mismos, así como a las estaciones de carburación y que principalmente se encarga de vigilar que se cumplan los requisitos mínimos en materia de seguridad en estos vehículos es la norma NOM-010- SECRE-2002.<sup>14</sup>

### **1.6.- Vehículos a Hidrógeno**

Estos vehículos se rigen bajo la norma 79/2009 en el presente reglamento europeo, establece las normas relativas a la homologación de vehículos de motor impulsados por hidrógeno, el reglamento se aplicará a los vehículos de categoría M y N estas están definidas en el Anexo II de la directiva CE (comunidad europea) de los vehículos de motor. Establece una referencia para la instalación de componentes y sistemas de hidrógenos, el cual deberán seguir los fabricantes como parte de una obligación al nuevo reglamento, de igual manera brindar a las autoridades correspondientes la información pertinente a las especificaciones de los vehículos producidos.

Las exigencias relativas a los componentes y a los sistemas de hidrógeno deberán cumplir ciertos requisitos comunes:

---

13 <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/2/biodiesel.pdf>

14 Diario oficial de la federación, “Norma Oficial Mexicana NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio”, miércoles 23 de octubre de 2002, tercera sección.

1. Ser resistentes a las condiciones eléctricas, mecánicas, térmicas y químicas de funcionamiento.
2. Ser resistentes a las temperaturas y presiones previsibles durante su vida útil.
3. Ser resistentes al intervalo de temperaturas de funcionamiento establecido en las medidas de ejecución.
4. Ser diseñados de forma que puedan instalarse de conformidad con los requisitos del Anexo VI;
5. Estar fabricados de materiales compatibles con el hidrógeno.
6. Ser compatibles con las estaciones que suministran hidrógeno.
7. Los sistemas de hidrógeno contarán con protección contra la sobrepresión, mientras que los componentes de hidrógeno deberán estar marcados con arreglo en las medidas de ejecución<sup>15</sup>.

---

15 Reglamento (UE) n° 406/2010 de la Comisión, de 26 de abril de 2010, por el que se aplica el Reglamento (CE) n° 79/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsado por hidrógeno.

## Capítulo 2

### **Tipos de vehículos de combustibles alternativos ventajas y desventajas**

#### **¿Que son los vehículos de combustible alternativos?**

Para dar respuesta a esta pregunta en este capítulo expondremos los diferentes automóviles que existen en el mercado actual, estos son los que operan con otras fuentes de energía que no son derivadas del petróleo principalmente, son llamados de combustibles alternativos aquellos que hacen funcionar un motor de combustión interna sin emplear la gasolina o diésel, más bien emplean la electricidad para generar una fuerza de desplazamiento, este tipo de vehículos son capaces de dar una mayor autonomía, previamente modificando el motor al combustible alternativo deseado.

Ya en la actualidad se está retomando estas alternativas que existían desde hace más de cien años (ver antecedentes), la tecnología actual es mucho más avanzada que en esos tiempos, permitiendo así obtener una mayor eficiencia en este tipo de automóviles de combustibles alternos.

En estos últimos años la distribución de este tipo de vehículos ha aumentado a partir del año 2010 principalmente los del tipo Flex fuel (combustible flexible) alrededor de 20.6 millones de unidades, seguidos de los de gas natural estos vehículos oscilan los 11.2 millones de unidades, posteriormente se encuentran los vehículos de alcohol puro es decir etanol al cien por ciento (E100) se encuentran entre los 2.4 millones muy cercano de las 3 millones de unidades y finalmente están los híbridos y eléctricos están por encima de las 4 millones de unidades<sup>16</sup>.

#### **2.1.- Vehículos de combustible tipo Flex fuel**

Este es un vehículo equipado con un motor de combustión interna convencional de cuatro tiempos con la singularidad de poder trabajar con dos o más tipos diferentes de combustibles en el mismo depósito<sup>17</sup>, entre sus combinaciones más convencionales se encuentran el etanol o metanol con sus respectivos porcentajes de mezcla con la gasolina, el más empleado es la E85.

---

16 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_combustible\\_alternativo#cite\\_note-ANFAVEA4-2](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_alternativo#cite_note-ANFAVEA4-2)

17 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_combustible\\_flexible](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_flexible)



Figura 2.1: Foto del Ford modelo T considerado el primer automóvil Flex fuel Sacada de: <http://www.boldride.com/ride/1912/ford-model-t-touring>

El primer automóvil de este tipo fue el Ford modelo T (ver antecedentes), existió una versión capaz de operar con un carburador que permitía el uso de gasolina o alcohol o una mezcla de ambos este fue producido desde 1902 a 1928 inclusive otros fabricantes ofrecían este tipo de opción en esa época.

En el transcurso del tiempo los primeros modelos de combustible flexible fueron desarrollados en 1982 tomando en cuenta que eran tres modelos diferentes de autos esto fue el modo de experimentar el rendimiento de ellos, entre los años 1985 y 1992 donde en esa época fueron creadas y aprobadas diversas leyes para la producción de vehículos de combustible flexible pero no fue hasta 1996 cuando salió el Ford Taurus como el primer auto de combustible flexible moderno<sup>18</sup>.

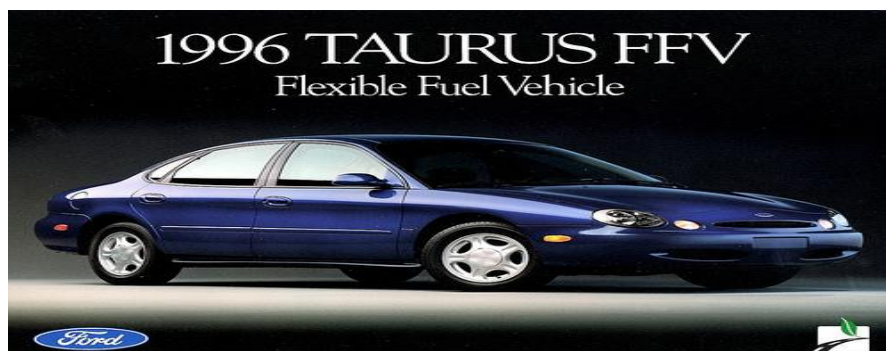


Figura 2.2: Foto del primer vehículo comercial Flex fuel un Ford Taurus Sacada de <https://www.flickr.com/photos/autohistorian/5203747650/>

Existen diferentes tipos de vehículos flexibles que técnicamente son flexibles pero la diferencia consiste en que poseen dos depósitos diferentes para el almacenamiento de cada combustible, quemándolos por separado, estos son conocidos como vehículos bivalentes o de bicomcombustible, principalmente el segundo tanque es de gas natural o LP<sup>19</sup>.

18 <http://www.theautochannel.com/news/date/19960123/news00023.html>

19 <http://www.bigas.com.br/sistema/?modulo=gnvnews&acao=abrir&id=22>

Existe una variante de estos vehículos llamada Multiflex o de Multicombustibles estos pueden trabajar con más de dos y hasta cuatro tipos diferentes de carburantes, la mayoría de estos fueron implementados en el año 2004, el primero en implementarlo fue el fabricante de carros de la marca Chevrolet con el modelo Astra 2.0 en ese mismo año<sup>20</sup>, para el 2008 Fiat introdujo el Siena este automóvil posee la capacidad de cambiar automáticamente el combustible según las condiciones del manejo<sup>21</sup>, la diferencia con respecto al Astra es que el cambio de combustible era mediante un interruptor manual, estos vehículos fueron enfocados para los servicios públicos como son taxis, camiones de transporte público y de reparto.



Figura 2.3: Foto del Fiat Siena multiflex y motor del Chevrolet Astra multiflex  
Sacada de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fiat\\_Siena](http://en.wikipedia.org/wiki/Fiat_Siena)

La última variante de estos vehículos Flex es la que se conoce como Híbrido-Flexible, tienen la peculiaridad que poseen un motor de combustión interna capaz de operar con gasolina o etanol ya sea E100 o E85 (véase parte de Etanol) conectado a un motor eléctrico que usa la fuerza del motor flexible para recargar las baterías o de igual manera puede conectarse a la corriente convencional del hogar<sup>22</sup>, el primer prototipo de esta categoría fue de la marca Ford un modelo Escape denominado Plug-in-Hybrid, uno de los primeros en comercializarse al público de esta categoría fue el Chevrolet Volt a partir del 2010<sup>23</sup> posteriormente surgieron otros modelos que emplean esta tecnología.

20 [http://carsale.uol.com.br/opapocarro/testes/aval\\_040825astra.shtml](http://carsale.uol.com.br/opapocarro/testes/aval_040825astra.shtml)

21 <http://www.caradisiac.com/Nouvelle-Fiat-Siena-2008-sans-complexe-20347.htm>

22 Sherry Boschert, "Plug-in Hybrids: The Cars that will Recharge America"; illustrated ed, 231 pp.; 2006

23 <http://gm-volt.com/2008/06/05/moving-the-chevy-volt-to-production-status/>



Los principales países que más producen los vehículos Flex fuel se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 2.1.- Producción de autos Flex de los principales países productores.

País	Total, de unidades	Años
Brasil*	9,355,384	2003-2010
Estados Unidos de América**	7,289,907	1998-2008
Suecia***	296,328	2001-2005

Tabla: \*<http://www.icis.com/Articles/2007/11/12/9077311/brazils-flex-fuel-car-production-rises-boosting-ethanol-consumption-to-record-highs.html>  
 \*\* <http://www.afdc.energy.gov/data/categories/vehicles>  
 \*\*\* <http://www.baff.info/english/>

### 2.1.1.- Ventajas de los vehículos combustible Flex

Los vehículos fabricados con este tipo de tecnología cuentan con una mayor red de distribución y de fabricación por parte de casi todas las marcas automotrices, han sido aceptados por el mercado automotor, cuando recién salieron la mayoría de los dueños no sabían que sus automóviles poseían la capacidad Flex.

La principal ventaja de los vehículos de combustible Flex es que puede operar con una variante de alcohol o de gas, sin emplear el uso de la gasolina, dando una mayor autonomía en el rendimiento del combustible, el mantenimiento es igual que el de un automóvil normal, otro punto a favor es que existen kits de conversión para volver cualquier automóvil al tipo Flex y la mayoría de los fabricantes de auto tienen algún modelo en sus pisos de ventas.

### 2.1.2.- Desventajas de los vehículos combustible Flex

No se cuenta con una red de distribución de los otros combustibles quiere decir que no en todas las estaciones de servicio se cuenta con una variante de alcohol ya sea E85 o E100 y las estaciones de carburación de gas están muy retiradas de la ciudad, muchos países tuvieron que reformar sus estaciones de servicio tal es el caso de EUA, Brasil y la Unión Europea. En México, a pesar de que ya se cuentan con vehículos Flex en circulación, desgraciadamente no existen estaciones de servicio que cuenten con una variante de alcohol en nuestro país.

## 2.2.- Vehículos de combustible etanol

### ¿Qué es el etanol?

El etanol es un compuesto obtenido a partir de la fermentación de azúcares y este puede ser utilizado como combustible ya sea en estado puro o con una porción mezclada con gasolina, muchos países lo consideran como bioetanol esto se debe al origen de su obtención.

Existen dos modos para su obtención uno de ellos y el más común es por medio de materias renovables o materia orgánica, es decir, de la caña de azúcar, remolacha, sorgo dulce y melazas, en específico de ciertas plantas de azúcar a este tipo de etanol es al que se le llama bioetanol, el otro modo de obtener el etanol es mediante un proceso químico modificando al etileno por medio de hidrogenación y este es conocido como etanol anhídrido<sup>24</sup>.

### 2.2.1.- Producción a nivel mundial de etanol

Desde el año 2006 la producción ha ido en aumento con respecto a cada año que pasa. Los dos principales productores de este alcohol son Brasil y Estados Unidos de América, se encargan de producir cerca del 70% de la producción a nivel mundial, seguidos de otros países que han empezado a aumentar su producción de etanol, que son los siguientes: China, India, Francia, Alemania, Rusia, Canadá, España, Sudáfrica, Tailandia, Reino Unido, Ucrania, Polonia y Arabia Saudita.

Tabla 2.2.- Producción anualmente de etanol



Fuente: Basado en datos de la OCDE-FAO, 2008.

24 [http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible))

Por otra parte, con la creciente demanda del etanol y la disminución de algunos aranceles han sido objeto de que ciertos países se pongan a la vanguardia tal es el caso de Tailandia, Guatemala, Filipinas, Colombia y República Dominicana<sup>25</sup>.

### **2.2.2.- Etanol a nivel económico por cada país**

#### **Brasil**

Los principales países que se dedican a la producción de etanol cuentan con algún tipo de apoyo gubernamental para incentivar el uso de este combustible, este es el caso de Brasil que ha logrado ser la primera economía en lograr el uso sustentable del etanol.

Brasil es el segundo productor de etanol a pesar de no ser el primer productor este puesto le pertenece a los Estados Unidos de América este produce cerca de ocho veces más que él, la principal diferencia radica que el etanol hecho en Brasil, proviene de la caña de azúcar y el que está hecho en Estados Unidos es procedente de los cultivos de maíz, al igual que área que destina cada uno para su producción, es decir, Brasil solo destina el 1% de sus áreas de cultivo mientras que Estados Unidos aprovecha el 3.7% de sus áreas de cultivo para su producción de etanol.

#### **Estados Unidos de América**

Es el mayor productor de etanol, casi en su totalidad el etanol producido por ellos es de los campos de maíz, este etanol es de menor clase que el producido por el de la caña de azúcar, uno de los principales problemas que enfrenta es el poder distribuir el etanol en las estaciones de servicio del país ya que solo ciertas partes se encuentran disponible el etanol y no está disponible a nivel nacional.

La caña de azúcar no se siembra en todo el territorio más que en ciertos estados específicamente teniendo que importarlo de Brasil y de otros países, no obstante, tuvieron que reacondicionar ciertas plantas productoras de azúcar en destiladoras para producir el etanol en ellas a partir de la caña de azúcar.

#### **Colombia**

Este país tuvo que desarrollar programas gubernamentales para poder introducir el etanol como combustible, el cual consistía en el enriquecimiento en oxígeno de la gasolina, originalmente se propuso para reducir las emisiones de monóxido de carbono posteriormente con ciertas regulaciones más recientes se decidió excentar al etanol o mejor dicho al bioetanol

---

25 <http://www.ethanolproducer.com/articles/2222/its-a-global-thing/>

de los impuestos que eran gravados en la gasolina, esto ocasiono que el etanol se volviera un poco más barato que la gasolina<sup>26</sup>.

Ahora que la producción de etanol no se daba el abasto para producir este combustible suficientemente para usarlo en todo este país, se tomó la iniciativa de invertir en las plantas procesadoras de azúcar y de yuca aumentando su infraestructura industrial, para el año 2009 el gobierno hizo este decreto el 1135<sup>27</sup> este decreto menciona que los motores menores a 2 litros deben ser 100% a etanol y los motores mayores de 2 litros deben de soportar la mezcla de combustible E85, causando ciertos descontentos con los fabricantes automotrices.

### **Venezuela**

Busca la manera de ya no importar el etanol desde Brasil construyendo plantas destiladoras de etanol a partir de la caña y del maíz manteniendo una tendencia de desarrollo sustentable para la economía local del país.

Sin aumentar los precios de los productos con los que se fabrica el etanol, se confía en que las plantas de etanol desarrollarán el sector agropecuario del país, permitiendo crear áreas de procesamiento para que los productos del campo puedan ser comercializados sin verse afectado por la producción del etanol.

### **Europa**

En este continente tienen la tendencia que los automóviles sean de baja cilindrada pero con una alta eficiencia, al contrario de Estados Unidos donde los carros eran de mayor cilindrada dejando en segundo plano el tema de la autonomía de combustible hasta hace poco (visto anteriormente en este capítulo), la ventaja con la que cuenta este continente es que tiene un gran extensión en el sector del ambiente agrícola, vastas extensiones de desperdicio aprovechables para producir el etanol, tomando en cuenta la poca disponibilidad del petróleo.

Sin embargo en estos tiempos han tomado medidas para implementar el uso del etanol como combustible, construyendo diversas plantas productoras, de hecho la marca sueca Saab diseño un motor llamado Biopower<sup>28</sup> básicamente un motor Flex fuel que permite usar la gasolina y el etanol sin importar su combinación, esto fue para seguir la vanguardia que esta hoy en día de parte de las empresas europeas, se empiezan a desarrollar nuevos modelos de automóviles mucho más desarrollados tecnológicamente para aprovechar al máximo el

---

26 Decreto que aumenta el uso de etanol prendió polémica. El País. 25-04-2009. Consultado el 18-10-2014.

27 <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3413488>

28 <http://es.wikipedia.org/wiki/BioPower>

combustible de etanol.

## **México**

Existe la posibilidad de la importación del etanol producido en Brasil a partir de la caña de azúcar, ya que la industria automovilística está buscando una nueva visión acerca de los combustibles flexibles, buscando un punto para ya no depender del petróleo extranjero, el principal obstáculo que se tiene es la poca eficiencia en el procesamiento de refinamiento del petróleo nacional.

La opción de importar el etanol para que PEMEX se encargue de distribuirlo en sus diferentes formatos como son el E10, E20 o E85, está teniendo una historia muy controvertida hasta hace poco dado que no existe una unanimidad en este tema, unos apoyan esta idea, ya que con este combustible se reducirían las emisiones contaminantes, por otro lado, están los que se oponen diciendo que hay que hacer toda una infraestructura para la distribución y almacenamiento del etanol.

Otro punto que tenemos a favor aquí en México es que podemos producir el etanol o mejor dicho el bioetanol a partir de diversos productos como es la caña de azúcar, algas, agave tequilero o maíz sin ver afectados el precio de estos productos, hay que tener en cuenta que leyes o incentivos se pueden aplicar al campo mexicano<sup>29</sup>, para empezar a usar vehículos del tipo Flex con una base E85, durante el 2006 se empezó a construir tres plantas productoras de etanol en el estado de Sinaloa donde se producirá este biocombustible<sup>30</sup>.

Existen pruebas pilotos que se han hecho en el área metropolitana con las mezclas E5 y E10 para ver su efectividad a mediano y largo plazo, posteriormente ver su implementación en todo el país, esto fue el año 2009 ya en el 2010 Brasil eliminó los aranceles de importación del etanol con esto se podrá cooperar conjuntamente con México para capacitarnos a producir nuestro propio etanol ya que actualmente en el 2017 el etanol es preferido por la población frente a la gasolina siendo más eficiente y barato.

En México, sólo 9.5% de la oferta total de energía es renovable, mientras que en Brasil 38.7% de su energía es de fuentes renovables. Además, habría que aclarar que México produce muy poca energía renovable, a diferencia de Brasil, donde es básicamente hidráulica, solar y eólica, hasta el momento no se utiliza para la producción comercial de los

---

29 <http://www.imagendelgolfo.com.mx/resumen.php?id=165907>

30 <http://www.quiminet.com/noticias/inicia-construccion-de-tres-plantas-de-etanol-en-sinaloa-mexico-2287270.htm>

biocombustibles.

Uno de los principales objetivos es reactivar el campo mexicano, para disminuir la contaminación del país en ciertas zonas de la megalópolis (Ciudad de México, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo), ayudando a PEMEX para poderlo distribuir, a pesar de ya hay plantas en operación el punto fue implementarlo en el transporte público mas no aún en el consumo personal<sup>31</sup>.

### **2.2.3.- Ventajas y desventajas de los vehículos de combustible etanol**

#### **Ventajas**

Una de las principales ventajas de este combustible es que cualquier vehículo se puede transformar a Flex comparten mucha tecnología estos dos (etanol y los Flex fuel), es de mayor octanaje que la gasolina, es de fácil producción y puede mitigar la dependencia del petróleo.

Las emisiones de los vehículos con este combustible son muy bajas y su autonomía es mayor que los vehículos convencionales de gasolina, puede reactivar la economía en el sector agricultor del país donde se produzca.

#### **Desventajas**

Los precios de los productos con los que se fabrican pueden alzar su valor en el mercado, al momento de producirlo se genera contaminación acuática controlable de cierto modo, hay que checar el balance energético en cada región donde se produzca y sopesar costos contra rendimiento, el exceso de aranceles de importación y no todos los automóviles son compatibles al E100 o totalmente de uso de etanol.

---

31 <http://www.fuelflexmexico.com.mx/compras.php> consultado el 13 de septiembre del 2014

### 2.3.- Vehículos de combustible de hidrógeno

Un vehículo propulsado por este combustible entra en la categoría de vehículo de combustible alterno, cuenta con dos modos de operación; uno de ellos es el de combustión es decir, que el hidrógeno entra a una cámara de combustión operando como si fuera un motor de gasolina convencional, mientras que el otro modo emplea una batería de conversión, su funcionamiento es mediante un motor eléctrico, aquí se usa el hidrógeno diatómico este pasa por la batería de conversión separando los electrones y redireccionándolos hacia el motor eléctrico para su funcionamiento y este tipo de vehículo recibe el nombre de “cero emisiones”.<sup>32</sup>



Figura 2.4: Fotos de algunas marcas que ya fabrican modelos a hidrógeno  
Sacada de:

[https://www.google.com.mx/search?q=veh%C3%ADculos+a+hidr%C3%B3geno&client=ubuntu&espv=2&biw=1299&bih=635&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=2PMIVbvJDsiaNu\\_mgcgK&ved=0CAYQ\\_AUoAQ#tbm=isch&q=autos+a+hidr%C3%B3geno](https://www.google.com.mx/search?q=veh%C3%ADculos+a+hidr%C3%B3geno&client=ubuntu&espv=2&biw=1299&bih=635&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=2PMIVbvJDsiaNu_mgcgK&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=autos+a+hidr%C3%B3geno)

En estos tiempos los fabricantes de autos como son BMW, Honda, Toyota y Volkswagen han empezado a preocuparse por el medio ambiente buscando combustibles alternos al petróleo, siendo el hidrógeno una manera viable, ya que los subproductos de combustión o de su separación de electrones son simplemente agua<sup>33</sup>.

Las principales características de los automóviles de hidrógeno son las siguientes:

1. **Tanque de hidrógeno:** almacena el hidrógeno líquido a 700 bares de presión y 253 grados bajo cero. Los principales problemas que se deben resolver son tanto la seguridad del depósito como su peso.

32 <http://cocheshidrogeno.es/>

33 [http://www.themanufacturer.com/us/content/5990/Fuel\\_cell\\_vehicles\\_at\\_COP15](http://www.themanufacturer.com/us/content/5990/Fuel_cell_vehicles_at_COP15) consultado el 7 de octubre del 2016

2. **Células de combustible:** una caja que reúne hasta 400 unidades. Otro de los retos de esta tecnología, es mejorar el rendimiento reduciendo el número y peso de las células.
3. **Batería:** almacena la electricidad de las células de combustible, al igual la que se genera en el frenado del automóvil. Se utiliza para los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo: luces, radio y accesorios.
4. **Unidad de control de energía:** sistema electrónico que gestiona la producción y consumo de energía según las necesidades del vehículo.
5. **Motores eléctricos:** Puede ser uno central o uno en cada rueda. Únicos elementos mecánicos.

El principal conflicto con el hidrógeno es el almacenamiento en los automóviles, puesto que hace falta bastante cantidad de este material, otro punto que hay que tener en mente es que el hidrógeno es un elemento altamente inestable. Ciertas investigaciones respaldan que el almacenamiento a presión en estado líquido o gaseoso se necesita un depósito muy grande y pesado para evitar que se evapore, en otros aspectos el vehículo se vuelve mucho más pesado.

Otras investigaciones mencionan la opción de depósitos que llevan dentro una especie de malla metálica que captura el hidrógeno y lo libera poco a poco esto sería para el caso de vehículos eléctricos siendo esta la tendencia con más posibilidades de aplicarse con el método de reformación de hidrocarburos, consiste en llevar el automóvil a gasolina o diésel, colocarle un dispositivo que separa al hidrógeno del resto de los elementos del combustible, en cuestión, es más contaminante, pero es una manera más limpia de operar con el hidrógeno.

Con respecto a las emisiones contaminantes que genera un coche de hidrógeno hay que mencionar que no es 100% “cero emisiones”, este tipo de motor de combustión alimentados por hidrógeno, genera muy poca cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno casi imperceptibles<sup>34</sup>.

### **2.3.1.- Infraestructura y obtención del hidrógeno**

Primero hay que aclarar que el hidrógeno es un combustible y no una fuente de energía, su obtención no es tan sencilla como se piensa, requiere una mayor cantidad de energía invertida para a penas obtener un poco de él, se puede obtener de varias formas, una de ellas es por medio de la electrólisis del agua, otra es mediante la biomasa y la última es mediante un

---

34 <http://www.xataka.com/gadgets-y-coches/el-coche-de-hidrogeno-asi-es-su-tecnologia>



combustible fósil es decir carbón, gas natural o petróleo.

Prácticamente el 96% del hidrógeno consumido en el mundo provino de un combustible fósil, es muy evidente decir que se puede obtener del agua y que la energía para producirlo se puede obtener de un modo sustentable ya sea solar, eólica, mareomotriz, incluso se podrá decir también que es cero emisiones, lo cual no será cierto ya que siempre existirá un residuo en la energía de producción por muy sustentable que sea su obtención<sup>35</sup>.

Una de las principales preguntas que se hacen entorno al hidrógeno es el ¿cómo se va distribuir? en las regiones donde se implemente, no se puede hacer un cambio radical para quitar el combustible tradicional, esto implicaría una reestructuración total de la industria, sin tomar en cuenta a la oposición.

Sin embargo, un cambio paulatino en la introducción del hidrógeno en conjunto a los hidrocarburos, ha demostrado la reducción de partículas contaminantes en la gasolina, diésel, gas natural o gas LP, con este último comparte muchos puntos a fines:

1. Comparten tecnologías similares para su almacenamiento y en los sistemas de recarga.
2. La mayor parte del hidrógeno se obtiene actualmente del gas natural.
3. Parte del hidrógeno puede ser distribuido a través de los gaseoductos existentes en las regiones.

Su eficacia ha sido ya probada obteniendo resultados positivos, el detalle radica en poner una red de distribución de hidrógeno como si fueran estaciones de servicio convencionales, esto implicaría una gran inversión, otro punto que hay que tomar es que los fabricantes del sector automotriz están apenas experimentando con prototipos tanto en el sector público como en los autos de uso particular<sup>36</sup>.

---

35 <http://www.interstatetraveler.us/Reference-Bibliography/Bellona-HydrogenReport.html>

36 [http://www.rmateriales.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=123:uso-del-hidrogeno-como-combustible-urbano&catid=42:n8&Itemid=65](http://www.rmateriales.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=123:uso-del-hidrogeno-como-combustible-urbano&catid=42:n8&Itemid=65)

### **2.3.2.- Ventajas y Desventajas de los vehículos de hidrógeno**

#### **Ventajas**

Sus emisiones son prácticamente limpias con un mínimo de residuos contaminantes casi imperceptibles, la eficiencia de este es mucho mayor que los combustibles fósiles, puede mezclarse como aditivo para disminuir las emisiones contaminantes en los hidrocarburos, puede ser suministrado de dos formas, es uno de los combustibles más limpios que existen y los fabricantes ya están creando automóviles con el sistema de propulsión de hidrógeno.

#### **Desventajas**

Su producción requiere una mayor cantidad de energía, en el proceso de este se generan emisiones contaminantes, los materiales puestos en los vehículos son de características especiales para evitar su degradación con este elemento, los depósitos son bastante pesados, las baterías de hidrógeno o celdas de este son de poca eficiencia en el momento de cargarlas o reabastecerlas.

La red de distribución es muy escasa o casi nula, el cambio hacia este combustible requiere un mayor gasto de inversión, al igual que una reforma política que regule el uso de él, siendo que es costoso su reabastecimiento ya sea por gas para combustión o por batería de hidrógeno, aún hay que considerar que su obtención proviene en su mayor parte de un combustible fósil y no ha sido posible deslindarnos de ello en su totalidad, ya que producirlo mediante el agua genera otro dilema de carácter ambiental.

### **2.4.- Vehículos de combustible agua**

Este es un vehículo muy peculiar ya que en sus inicios solo fue para estafar a los inversionistas, era un misterio hasta hace poco, en principio su funcionamiento se basaba en puras teorías donde se decía que el agua se volvía combustible en la cámara de combustión, siendo esto totalmente falso.

El agua es básicamente hidrógeno totalmente oxidado, su energía útil se libera cuando se genera el agua, por lo tanto, el agua no se puede quemar, sin embargo, si se puede separar mediante un proceso llamado electrólisis.

El proceso de electrólisis, divide el agua en hidrógeno y oxígeno, pero se necesita más energía para desarmar una molécula de agua que la energía que se libera cuando el hidrógeno se oxida al formar agua. De hecho, al convertir agua en hidrógeno para después emplearlo se perdería gran parte de su energía útil, porque en las transformaciones se produce más calor

siendo esta la mayor parte de energía gastada.

La liberación de la energía química a partir del agua, no cumple con la primera o la segunda ley de la termodinámica, a pesar que se investiga otro modo de obtención de hidrógeno, este es mediante pulsaciones eléctricas de alta frecuencia que hagan resonar el agua y de este modo se haga más eficiente la obtención del hidrógeno y no perder toda su energía en forma de calor<sup>37</sup>.

Hasta hace poco una empresa japonesa a patentado un vehículo de combustible agua con su sistema WES (Water Energy System) y un sistema de membrana denominada MEA (Membrane Electrode Assambly) que es el punto clave siendo esta la que se encarga de separar el hidrógeno del agua mediante reacciones químicas, según la empresa GENEPAX su prototipo es capaz de circular una hora a una velocidad promedio de 80 km/h con solo un litro de agua, a penas esta tecnología se encuentra en experimentación y su costo asciende a unos 12,000 euros, si este sistema de propulsión se produjera en masa su costo según GENAPAX bajaría a unos razonables 3,000 euros siendo más baratos que la producción de motores de combustión interna.



Figura 2.5: Foto del automóvil que funciona con agua  
Sacada de: <http://www.diariomotor.com/2008/06/16/el-primer-coche-cuyo-combustible-es-unicamente-agua/>

Una de las principales ventajas de este sistema (WES) es que puede operar con cualquier tipo de agua ya sea agua potable, agua salada (agua de mar), agua residual e incluso se llegó a comentar que hasta con té se pudo hacer funcionar<sup>38</sup>.

37 <http://www.popularmechanics.com/cars/alternative-fuel/gas-mileage/4271579>

38 <http://www.diariomotor.com/2008/06/16/el-primer-coche-cuyo-combustible-es-unicamente-agua/>

De este sistema surgieron autos propulsados por agua salada, usan un sistema similar al WES, es decir que estos autos comparten el mismo principio siendo gemelos de la misma tecnología, que los fabricantes ya sea que empleen agua “normal” o salada el principio de funcionamiento siempre va ser el mismo, pasaríamos de la dependencia del petróleo a la del agua, donde en algunas partes se encuentra de manera escasa y otro punto en contra es que la industria dependientes del petróleo no ven con buenos ojos este cambio, simplemente por intereses financieros.

#### **2.4.1.- Ventajas y Desventajas de los vehículos de combustible agua**

##### **Ventajas**

Sus emisiones son puro oxígeno, su autonomía es bastante aceptable, no se requiere de mucho mantenimiento, su producción ayudara a disminuir la contaminación en el área metropolitana y el agua está disponible en casi todas partes.

##### **Desventajas**

Se encuentran en etapa de experimentación, la dependencia del agua no es buena ambientalmente hablando, no será útil a la hora de tráfico pesado, el costo de implementación de este genera controversia a nivel empresarial dando margen a disputas de intereses económicos respecto a este tema.

#### **2.5.- Vehículos de combustible aire**

Este es un vehículo que usa un motor neumático y no uno de combustión interna, este tipo de vehículos en particular parece ser la solución a la contaminación en el mundo y con ello deslindarnos un poco del petróleo siendo este un producto no renovable y de precio variable.

El uso de motores neumáticos, que funcionan con aire comprimido, no es nada nuevo, existen desde el siglo XIX, en este tiempo se contaban con locomotoras propulsadas por motores de aire comprimido.

Charles B. Hodges fue el primero en aplicar el motor de aire comprimido a un coche, además de inventar el auto con motor a aire comprimido, tuvo un considerable éxito comercial en su época. En 1925, Louis C. Kiser, consiguió convertir un motor de gasolina en un motor aire comprimido. En 1926, Lee Barton Williams de Pittsburg, inventó un motor híbrido, que arrancaba con gasolina, pero llegando a la velocidad de 10 millas por hora (16 km/h) se desconectaba el motor de combustión interna y empezaba a funcionar con aire.

En 1934 Johannes Wardenier, mencionó el desarrollo del primer automóvil sin combustible del mundo, el diseño del motor fue robado, tiempo después, se supo que su idea era un motor que funcionaba con aire, según su diseño el aire caliente era presionado en un motor que contenía un número de cilindros no especificados, como si fuera un motor de combustión interna, donde el cigüeñal forzaba un movimiento rotativo.

La diferencia principal era que el aire después de haber pasado a través de los cilindros, volvía a pasar otra vez mediante un compresor, causando una circulación continua y así generando un movimiento cíclico del aire<sup>39</sup>. Después la idea de estos motores fue olvidada, cobrando fuerza en el año del 2007, donde se está retomando una aplicación en particular, esta es para servicios públicos, el motor de aire comprimido está regresando para así eliminar el uso del combustible derivado del petróleo, ya que antes de este año se encontraba en etapa de investigación y de desarrollo<sup>40</sup>.

Guy Negre creó un motor neumático, eso fue tras el fracaso de su motor “W12”, se vio en la necesidad de crear un motor más económico y de menor impacto ambiental, fue en el año 1991 que crea la empresa MDI (Motor Development Internacional) comenzando a trabajar en motores de aire comprimido<sup>41</sup>.

MDI está desarrollando una gama amplia de vehículos basándose en dos conceptos propios de ellos siendo los siguientes<sup>42</sup>:

Los Citycats son modelos de tipo camión, monoplaza, taxis, pickup y van, estos disponen de un motor de 25 hp su autonomía oscila entre los 160 a 240 km en un entorno urbano y una velocidad máxima de 110 km/h, tiempo de recarga entre cuatro y seis horas este es con su propio sistema, con tanque de alta presión, el tiempo de llenado no rebasa los tres minutos y peso aproximado de 900 kg.

---

39 <http://usuaris.tinet.cat/sje/transport/aire.htm>

40 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_aire\\_comprimido](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_aire_comprimido)

41 <http://www.veoverde.com/2012/12/los-autos-de-aire-comprimido-se-imponen-en-india/>

42 <http://www.mdi.lu/>



Figura 2.6: Foto de un taxi con motor de aire comprimido  
Sacada de: <http://aireauto.blogspot.mx/>

El otro tipo es el denominado Minicat este se basa en un vehículo de tamaño compacto para tres ocupantes, su autonomía oscila entre los 180 y 200 km en ciudad y aproximadamente 80 km en carretera su velocidad máxima es de 112 km/h, el tiempo de recarga es de cuatro horas con su propio sistema, el peso es de 550 kg para una carga de 270 kg.

Ambos tipos de vehículos se encuentran ya en comercialización bajo la marca Tata, en el 2007 compra la idea de MDI y produce los autos con motor de aire comprimido poniéndolos a prueba en India, en las calles de Mumbai, obteniendo una autonomía muy aceptable contra el costo de “combustible”, con tan solo 1.30 euros (25 pesos mexicanos) de carga se pudo recorrer 150 kilómetros, se tiene contemplado la producción del “Onecat” un vehículo de costo aproximado de 3500 euros que emplea aire comprimido y que a su vez se exportara a España bajo la firma de Mazel<sup>43</sup>.

La solución primordial a la contaminación del medio ambiente, implementando este tipo de vehículos en el área metropolitana se verá reflejado en una mejor calidad de aire, su distribución no requiere una reestructuración de la industria incluso se ha visto que puede ser recargado en el hogar, el único punto que hay que destacar es que la producción del aire comprimido tiene que ser medios sustentables para poder ver los resultados a corto plazo.

### **2.5.1 Ventajas y desventajas de los vehículos de aire**

#### **Ventajas**

El costo energético de comprimir el aire es inferior al costo energético de fabricación de un motor de combustión, otro punto a favor es que el aire es abundante, económico, transportable, almacenable y no contaminante, es de menor costo de producción y el mantenimiento del vehículo es poco, no es inflamable, es menos peligroso que el hidrógeno

---

43 <http://www.deautomoviles.com.ar/articulos/tecnologia/motor-aire-comprimido.html>

y los tanques de almacenamiento de estos se pueden reciclar.

No requiere mayor cambio en las industrias actuales dado que es independiente de la industria de los hidrocarburos, ya existen vehículos para comercialización ya sea de importación o exportación, las emisiones de estos vehículos sí son “cero emisiones” su uso no produce contaminantes.

### **Desventajas**

Los vehículos no se encuentran regidos bajo ninguna norma o alguna ley, en ciertos países los consideran como peligrosos, por el motivo que en un accidente la colisión del tanque de almacenamiento del aire comprimido emula 3.2 kg de dinamita, no se puede exceder el límite de carga permitido en los vehículos, producir el aire siempre es mediante energía no renovable, no se puede exportar a todos los países, no existen piezas de repuesto y alguno de los modelos llegan a ser de costo muy elevado.

### **2.6.- Vehículos solares**

El principio de los autos solares se remonta al año de 1982, con sus creadores Hans Tholstrup, y el piloto de carreras Larry Perkins, construyeron el primer auto solar, el “BP Quiet Achiever”, recorriendo desde Perth hasta Sídney, cruzando Australia de oeste a este un total de 4058 km., tomó 20 días, el propósito de este primer auto y de ellos, fue el de demostrar al mundo tres aspectos principalmente:

1. Que la energía solar es una fuente importante, como para sustituir a los combustibles fósiles.
2. Que los vehículos cuentan con alternativas de energía limpia.
3. Crear el interés en el mundo para perfeccionar el desarrollo de esta energía.

El origen de estos prototipos se surgió en el año de 1985, cuando el suizo Urs Muntwyler crea la primera carrera mundial de autos solares llamada el “Tour de Sol”, contando con una gran aceptación, desde entonces esta carrera se celebra anualmente en Europa. A pesar de que la historia del automóvil eléctrico es más antigua, el gran valor que a tomado la idea de un vehículo eléctrico solar a partir de este tipo de competencias, definitivamente logró captar el interés del mundo, enfocándolo a desarrollar este tipo de tecnología.



Figura 2.7: Vehículo de carrera solar mexicano Tonatiuh 1995-1996

Sacada de: <http://www.taringa.net/posts/autosmotos/primervehiculomexicano/carrera/solar>

Un automóvil solar es aquel que usa la energía del sol, mediante celdas fotovoltaicas transforma la luz solar en energía eléctrica, esta puede ser utilizada directamente por un motor eléctrico o ser almacenada en baterías, la diferencia de estos vehículos de carga solar a los eléctricos es que estos usan energía renovable para su funcionamiento.

Los vehículos solares aun no son una forma práctica de transporte, de hecho, solo se han limitado a competir en carreras, se sabe que hay vehículos que pueden operar sin energía solar por distancia limitadas, las celdas son bastante frágiles para montarlas en la carrocería, los eventos de estas carreras solares son patrocinadas por ciertas firmas automovilísticas y dependencias gubernamentales buscando con esto exponer esta tecnología a la vida cotidiana<sup>44</sup>.

En la actualidad no existen muchos fabricantes que se dediquen a producir los automóviles solares, aún existe un principal problema que es la conducción nocturna y la recarga de las baterías, también hay que tomar en cuenta el costo que llevan los paneles solares, prácticamente no sería un coche económico para producir en masa dado que aún no se puede llegar a ser autosustentable por sí solo. Solo hay tres fabricantes que hay hecho prototipos para su implementación urbana son Toyota, Ford y Honda, siendo este el que más se ha dado a la tarea de implementar esta energía para reabastecer a sus autos eléctricos e híbridos volviendo sustentable a los vehículos con las estaciones de carga<sup>45</sup>.

44 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_solar)

45 <https://www.youtube.com/watch?v=mieW07--tgo>





### **2.6.1 Ventajas y desventajas de los vehículos solares**

#### **Ventajas**

Son totalmente limpios no existe emisión contaminante, es sustentable casi en su totalidad, los fabricantes han estado experimentando este medio de energía, aunque sea para los accesorios adicionales del vehículo, el primero en implementarlo en un vehículo de serie es la marca de Toyota comercialmente hablando es el único que se comercializa al público en general.

#### **Desventajas**

Estos vehículos son de costo muy elevado por los paneles o las celdas solares, su límite de rendimiento se ve muy reducido en las noches, aun no se encuentran en producción, más que en pura etapa de experimentación, su uso ha sido exclusivamente para las carreras o en eventos de exhibición, los paneles deben ser fabricados para que aguanten los golpes y las vibraciones del camino para que no sean tan frágiles y no existe norma que los regule más que las indicadas en los vehículos de tipo eléctrico para sus conexiones internas.

## **2.7.- Vehículos Híbridos**

Estos vehículos son una combinación de un motor de combustión interna junto con un motor eléctrico, existiendo diferentes tipos de ellos, siendo el más común el híbrido eléctrico este es el más comercializado por las marcas automotrices, cuentan con una mayor aceptación en el mercado en casi todos los sectores que hay como es el público, el privado, el agropecuario y el mercantil.

Henri Pieper en 1899 desarrolló el primer vehículo híbrido “Petro-eléctrico” en el mundo, seguido de Ferdinand Porsche desarrollando una serie de híbridos en 1900 usando dos motores, un motor de cubo de rueda ensamblado junto a un generador de combustión para proporcionar la energía eléctrica a sus vehículos. Los combustibles híbridos-eléctricos de líquidos se remontan a finales del siglo XIX, el tipo híbrido regenerativo de frenado fue inventado por David Arthurs, entre los años 1978 y 1979, este sistema se ha mejorado considerablemente con el regreso de este tipo de automóviles<sup>48</sup>.

### **2.7.1.- Tipos de vehículos híbridos**

El primer tipo de este vehículos que es el más común en el sector automotriz internacional, se pueden clasificar a su vez en varios segmentos; El primero, el más empleado es del tipo combustible-eléctrico, el cual cuenta con un motor de combustión interna y un motor eléctrico, este tipo híbrido utiliza con mayor frecuencia el motor a gasolina o diésel, para velocidades mayores o cuando se requiere mayor fuerza en el vehículo, en las velocidades bajas trabaja el motor eléctrico para así disminuir el consumo de gasolina del motor de combustión dando una mayor rendimiento de combustible.

Algunos ejemplos de los vehículo híbrido Petro-eléctrico son los siguientes: Saturn Vue, Toyota Prius, Toyota Yaris, Toyota Camry Hybrid, Ford Escape Hybrid, Toyota Highlander Hybrid, Honda CR-Z, Honda Insight, Honda Civic Hybrid, Lexus RX 400h y 450h, Chevrolet Volt, Spark EV, Volkswagen Toureg, Infinity serie QX, serie RX, Kia Niro entre otros más.

---

48 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_h%C3%ADbrido](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido)

### **Vehículo híbrido eléctrico continuamente recargado por el exterior (COREV)**

Este tipo de vehículos es usualmente cargado por una línea exterior ya sea por cables aéreos, por inducción en carretera o por un tercer riel (funcionamiento de los metros y sistemas férreos)<sup>49</sup>, además de contar con un motor a gasolina o diésel este tipo de vehículos son usualmente usados en los transportes públicos, un ejemplo muy común de ellos es el sistema de transporte trolebús<sup>50</sup>.



Figura 2.9: Foto de un trolebús ejemplo clásico de los vehículos COREV  
Sacada de: <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-hibridos/cuanto-hemos-tardado-en-usar-autobuses-hibridos-mas-de-40-anos>

### **Vehículos híbridos eléctricos de batería**

La diferencia de estos respecto a los anteriores radica en que estos no requieren ser recargados continuamente por ningún medio exterior, se auto-sustentan; Esto es mediante la combinación de un motor eléctrico y un motor de combustión, su fuerza proviene de varias baterías situadas en el automóvil, estas pueden ser auto-recargadas gracias al motor de combustión o por medio de sistemas regenerativos y en su defecto pueden ser cargados por medio de estaciones de servicio o bien con una toma de corriente convencional del hogar.

Estos vehículos son conocidos como “plug-in”<sup>51</sup>, son los más usuales actualmente, se encuentran en producción distribuidos ya al público en general, ejemplos de ellos se encuentra, Honda CR-Z junto con el Civic Híbrido, Ford por su parte cuenta con C-MAX,

49 [http://es.wikipedia.org/wiki/Tercer\\_riel\\_\(alimentaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Tercer_riel_(alimentaci%C3%B3n))

50 <http://es.wikipedia.org/wiki/Troleb%C3%BAs>

51 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_h%C3%ADbrido\\_el%C3%A9ctrico\\_enchufable](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido_el%C3%A9ctrico_enchufable)

Escape y el Fusion<sup>52</sup>, Toyota con el Prius, Chevrolet con el Volt<sup>53</sup>, entre otros modelos más, solo cuatro de estos se comercializan en México y son el Prius de Toyota, los dos de Honda el CR-Z y el Civic y por último el Nissan Leaf.



Figura2.10: Foto de ejemplos de vehículos de batería y plug-in  
Sacada de: <http://cocheselectricos365.com/autonomia-de-los-coches-electricos-11177.html>

### **Híbrido de potencia de fluidos**

Un vehículo híbrido hidráulico conjunta un motor de aire comprimido y un motor de combustión para cargar su acumulador de presión, esto es para accionar las ruedas a través hidráulica o neumática esto mediante unidades accionamiento ubicadas en ellas, la mayoría de las veces el motor convencional se desconecta del tren de transmisión sólo para intercambiar energía.

### **Híbrido Petro-aire**

La empresa MDI, ha diseñado varios vehículos equipados con motores híbrido Petro-aire, siendo un motor complejo que utiliza una mezcla de aire comprimido y gasolina inyectada en la cámara de combustión a la vez, la clave según ellos es la "cámara activa", que es un sistema de calefacción de aire a través del depósito de combustible duplica la energía que se produce en el motor.

Tata Motors fabricante de la India evaluó la fase de diseño a la producción total para el mercado indio, enfatizándose a complementar el desarrollo en su totalidad del motor de aire comprimido en vehículos específicos y a ciertas aplicaciones específicas del mercado, la firma Peugeot y Citroën presentaron un motor de aire-híbrido en el salón del automóvil de Ginebra en el 2013<sup>54</sup>

---

52 <http://es.ford.com/>

53 <http://es.chevrolet.com/2014-volt-electric-car.html>

54 <http://www.theguardian.com/environment/2013/mar/24/peugeot-hybrid-air-car-future>

## **Híbrido Petro-hidráulico**

La industria automotriz se centró recientemente en esta configuración híbrida, a pesar de ya tener décadas en el mercado industrial, ya que ahora se muestra favorable para introducirla en vehículos particulares de uso personal, los híbridos Petro-hidráulicos su tasa de recuperación de energía es la más alta en las configuraciones híbridas por lo tanto el sistema es mejor y de mayor eficiencia que otros que utilizan las tecnologías recientes.

Su recuperación es de 60% a 70% en economía energética según las pruebas realizadas en la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), el funcionamiento del motor de carga para un uso normal. La propulsión de un híbrido Petro-hidráulico se compone de, un motor de combustión, un acumulador de presión y un depósito, las unidades hidráulicas comprimen un colchón de gas a través de un líquido hidráulico y el líquido y el gas se separan.

En el colchón de gas se almacena energía, dependiendo la cantidad de energía que se puede almacenar dependiendo del tamaño del sistema. Durante este proceso, el gas se comprime de forma parecida a un muelle, alcanzando en el sistema una presión de hasta 300 bares, una vez que se libera la presión en el colector, el sistema funciona a la inversa, el gas se vuelve a expandir, proporcionando una fuerza de compresión al líquido hidráulico que acciona el motor hidráulico, el cual la transmite al vehículo a través de la transmisión.

En comparación con una batería de litio de un vehículo eléctrico, el colector de presión tiene menos capacidad y alcance. Sin embargo, se carga mucho más rápido y puede utilizar la energía adicional del motor de combustión de forma más eficiente.

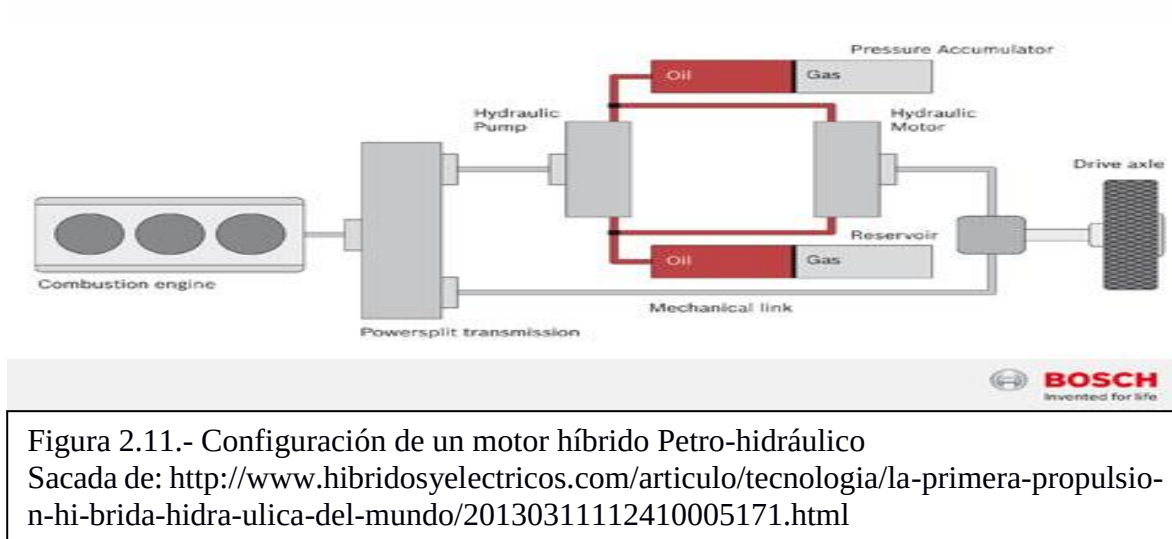
El motor de carga funciona con la velocidad, los ensayos de la EPA fueron en diversos tipos de vehículos, pasajeros, carga y de trabajo pesado dando un buen resultado en este tipo de configuración híbrida, un ejemplo de ellos es la Ford Expedition.<sup>55</sup>

Aunque la configuración Petro-híbrida se conoce desde hace décadas, utilizada en trenes y grandes vehículos de la construcción e industria pesada, el costo elevado de este sistema no era factible implementarlo en vehículos pequeños y de uso particular, reveló su viabilidad primero en un Volkswagen Beetle convertido por un grupo de estudiantes de la universidad de Minneapolis por el año de 1978 obteniendo un consumo de 70 mpg (milles per galon)

---

55 <http://epa.gov/otaq/technology/research/demonstration-vehicles.htm#suv>

siendo que el automóvil antes de las adaptaciones obtenía 32 mpg.<sup>56</sup>



La compañía BMW convirtió un automóvil el 530i como banco de pruebas para demostrar la viabilidad de esta configuración, obteniendo el doble de millas por galón en la ciudad en comparación con el coche estándar, el motor fue un 3000 cc estándar<sup>57</sup>.

En enero de 2011 el grupo Chrysler anunció una alianza con la EPA para diseñar y desarrollar un sistema de propulsión híbrido Petro-hidráulico<sup>58</sup>, experimental, adecuando su uso en vehículos de pasajeros, para el 2012 una minivan de la línea de producción existente se le adaptará el nuevo sistema de propulsión hidráulico.

### Vehículos híbridos eléctricos-fuerza humana

Otra forma de vehículos híbridos son del tipo híbrido eléctrico-fuerza humana, estos vehículos son ejemplos tales como el Sinclair C5<sup>59</sup>, el Twike, bicicleta eléctricas y patinetas eléctricas, son de dimensiones pequeñas y tuvieron mucho impacto en el año de 1985, existiendo estos vehículos, aunque en la actualidad sea está retomando de nuevo, incluso mejorando el diseño y el desempeño de ellos.

56 <http://www.motherearthnews.com/Green-Transportation/1978-03-01/This-Car-Travels-75-Miles-on-a-Single-Gallon-of-Gasoline.aspx> consultado el 22 de octubre de 2014

57 [http://centrodeartigo.com/articulos-enciclopedicos/article\\_87920.html](http://centrodeartigo.com/articulos-enciclopedicos/article_87920.html)

58 <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/0/837c1d022dba18448525781d005995be?OpenDocument>

59 <http://www.bbc.com/news/uk-wales-south-east-wales-28219291>



Figura2.12: Foto del Sinclair C5

Sacada de: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1326823/Sinclair-C5-inventor-Sir-Clive-returns-new-twist-battery-powered-car.html>

## 2.7.2.- Ventajas y desventajas de los vehículos híbridos

### **Ventajas**

Son bastantes ahorradores de combustible, ya que su consumo es menor al de los coches normales, incluso en los de tipo eléctrico las baterías que utiliza son de carácter ecológico, el mercado está abierto a recibir estos vehículos, los fabricantes cuentan con uno o varios modelos de serie en su línea de producción, las diferentes configuraciones se adaptan a todas las necesidades del mercado.

### **Desventajas**

El costo de adquisición de estos vehículos es elevado, los del tipo eléctricos tienden a usar más el motor de combustión que el propio motor eléctrico, el resto de las combinaciones híbridas se encuentran en etapa de experimentación y no todos los modelos son exportados a nuestro país.



## **2.8.- Vehículos eléctricos**

Es un automóvil de combustible alternativo que es impulsado únicamente por uno o varios motores eléctricos, estos fueron los primeros en fabricarse mucho antes que los automóviles de motor de combustión interna, la fecha exacta se desconoce según datos se encuentra entre los años 1832 y 1839 mucho antes que los autos eléctricos de Jeantau (ver antecedentes), su creador fue Robert Anderson.

Con la mejora de la pila eléctrica, en 1865, dio un giro inesperado la producción de este tipo de vehículos, los principales países que apostaron en ese tiempo a estos motores fueron Francia y Gran Bretaña, en 1881 el inventor francés Gustave Trouvé demostró un automóvil de tres ruedas en la Exposición Internacional de la Electricidad de París.

A finales del año de 1930, la industria del automóvil eléctrico vio su fin por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales específicas, tales como el montacargas en 1923, elevadores de batería eléctrica, o la más recientemente carros de golf eléctricos, esto con los primeros modelos de Lektra en 1954, esta es la aplicación más común en nuestra época.

### **Los elementos básicos que conforman un vehículo eléctrico son los siguientes:**

**Cargador.** - El cargador o mejor dicho “transformador convertidor” es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna, directamente desde la red doméstica y la transforma en corriente continua, para cargar la batería principal del vehículo.

**Batería.** - Las baterías son principalmente de Litio-ion, estas almacenan la energía que cede el cargador en forma de corriente continua, esta batería principal es el medio por el que se alimenta todo tipo de coche eléctrico, en los coches que poseen un motor eléctrico de corriente continua, esta batería iría directamente conectada al motor y en los coches eléctricos que tienen un motor eléctrico de corriente alterna, la batería va conectada a un inversor para su funcionamiento.

**Convertor.** - Este transforma la alta tensión de la corriente continua, que entrega la batería principal en baja tensión de corriente continua, este tipo de corriente es el que se utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12V integradas en los vehículos, que son las encargadas de alimentar a los componentes adicionales eléctricos del vehículo.

**Inversores.** - Conocidos también como onduladores son los encargados de transformar la corriente continua que cede la batería principal en corriente alterna, esta es la manera en que

se puede alimentar el motor en corriente alterna del coche eléctrico y este componente no existe si es un motor de corriente continua.

**Motor eléctrico.** - Puede ser de dos tipos de motor de corriente alterna o de corriente continua, su diferencia que radica entre estos dos tipos, es la forma de alimentación:

1. El de corriente continua se alimenta directamente desde la batería principal
2. El de corriente alterna se alimenta a través de la energía que emite la batería previamente transformada en corriente alterna a través del inversor<sup>60</sup>.

### **Tipos de recarga para el coche eléctrico**

La recarga eléctrica convencional aplica niveles de potencia, que implican una carga con una duración de unas ocho horas aproximadamente, la carga convencional emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la red doméstica, que la potencia eléctrica que puede entregar el consumo para este tipo de carga es de aproximadamente 3.7 kW, el tiempo de carga de la batería principal tarda unas ocho horas aproximadamente, principalmente este método de recarga es usado por la noche.

La recarga semi-rápida aplica niveles de potencia de carga mayor, con una duración de unas cuatro horas aproximadamente, este tipo de carga semi-rápida emplea 32 Amperes y 230 Voltios, esto implica que la potencia eléctrica que entrega este tipo de recarga es de 7.3 kW, esta solución es óptima, como en el caso de la recarga convencional, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche o antes de usarlos por las mañanas.

La carga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica, además entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida de 50kW, utilizando la recarga rápida, en quince minutos se puede cargar hasta el 65% de la batería, esta solución es la que se asemeja al hábito de reabastecimiento de combustible de un vehículo de combustión interna, aun así la recarga rápida debe ser concebida como una extensión de la autonomía del vehículo y tiene que ser en estaciones de servicio especializadas y esto puede implicar la optimización de la red eléctrica existente en el país<sup>61</sup>.

---

60 [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico)  
61 [http://www.fae.es/batterie/Recarga\\_vehiculo\\_electrico.pdf](http://www.fae.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf)

## 2.8.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos

### Ventajas

Son totalmente ecológicos, los fabricantes han estado produciendo este tipo de vehículos sean cien por ciento eléctricos o una variante híbrida<sup>62</sup>, su impacto ambiental es favorable, algunos son libre de mantenimiento, su anatomía es menos compleja, no requieren sistemas adicionales como son circuito de refrigeración, no emplea el uso de aceite, es de menor tamaño y su producción en masa es más económica que los motores de combustión, no producen contaminación auditiva, no requieren sistemas de transmisión complejos más que un indicador para ir hacia adelante o hacia atrás y generan un par máximo a cero revoluciones por minuto.

### Desventajas

Su tiempo de carga es muy largo, la mayoría de la electricidad se genera a partir de un medio fósil, tiene que ser recargado continuamente, las baterías tienen fecha de caducidad y conforme pasa el tiempo estas se debilitan y no mantienen la carga, el hecho de no generar ruido es un problema para el resto de las personas sean transeúntes o conductores y se ven obligados a corregir este detalle en los vehículos.



Figura 2.13: Recarga de un vehículo eléctrico  
Sacada de: <http://cocheselectricos365.com/coches>

<sup>62</sup> <http://cocheselectricos365.com/coches>

## 2.9.- Vehículos de combustible gas

Con este combustible se hablará de las diferentes variantes que existen en los vehículos que usan gas, como tal no existe un primer automóvil que haya trabajado a gas en su totalidad, en sus inicios los autos funcionaban con vapor de agua una especie de gas, desde la invención del automóvil se crearon varios prototipos que funcionaban a gas, uno de ellos era producido por la combustión de carbón (ver antecedentes), otro auto fabricado fue el que empleaba la madera para su funcionamiento en el año de 1930 el cual tuvo mucho éxito en ese tiempo.

La idea de convertir un automóvil a gas es para bajar las emisiones contaminantes del aire, reduciendo los denominados gases de efecto invernadero.



Figura2.14: Foto de la instalación de un tanque de gas a un automóvil  
Sacada de: <http://www.bolivia.com/actualidad/nacionales/sdi/53883/entidad-de-conversion-transformo-30477-coches-a-gnv-en-2012>

### 2.9.1.-Vehículos a leña

La primera aplicación que se le dio a la quema de la madera fue para el alumbrado público, eso fue en 1870, al igual para el uso doméstico empleado en las cocinas, pero no fue hasta el año de 1920 que se perfeccionó el generador de gas de madera para uso automotriz, esto gracias al trabajo del ingeniero George Imbert, a finales de 1930, el parque vehicular que contaban con este sistema era cercano a los 9,000 automóviles exclusivamente en Europa.

En la segunda guerra mundial, la mayoría de los vehículos a gasolina se pasaron a este sistema, esto a consecuencia del racionamiento del combustible, en estos tiempos existían estaciones de servicio denominadas “leñeras”, aquí los usuarios se podían abastecer de leña y estas daban servicio a todo tipo de unidades siempre y cuando estuvieran equipadas el sistema de gasificación de madera.

Al finalizar la guerra, la gasolina volvió a quedar disponible para todos, este tipo de

vehículos cayeron en el abandono, así como su tecnología casi de forma inmediata a finales de 1950, siendo el año de 1957 el único país que decidió investigar a fondo esta tecnología fue Suecia, el principal objetivo de ellos es que no poseen una reserva de petróleo suficiente, pero cuenta con inmensos bosques que estos los puede utilizar como combustible. Esta investigación fue apoyada por la firma de automóviles Volvo, la cual solo se quedó en puro conocimiento teórico y pruebas de carretera.

El combustible para un vehículo de gas de madera se compone principalmente de virutas de madera o trozos de madera, cualquier material orgánico se puede utilizar, durante la Segunda Guerra Mundial, el carbón y la turba<sup>63</sup> (material esponjoso de origen natural) se utilizaron también, pero la madera era el combustible principal en esa época.

Su motor se denominaba gasógeno por su funcionamiento, este gasificaba la madera, siendo más eficiente que la propia quema de ella, se pueden comparar sus emisiones con las de un motor de gas natural, el rendimiento de un automóvil de gas de madera es bastante razonable desde el punto de vista ecológico, esto en comparativa de otros combustibles alternativos, este puede ser mayor que el automóvil de gasolina, el punto a considerar es que la energía para producir la gasolina (extracción, refinación y distribución) hasta el punto de reabastecimiento, el gas de madera es mucho menos costoso que la gasolina, tomando en cuenta que la madera es un recurso renovable y el petróleo no.

Este tipo de motor ocupa un volumen adicional al volumen del automóvil original y esto le ocasiona agregar unos cientos de kilos extra aun estando vacío, esto es debido al poco poder energético de la madera en comparación a la gasolina e inclusive del gas natural, la composición del gas de madera es la siguiente:

- 50% nitrógeno
- 20% monóxido de carbono
- 18% hidrógeno
- 8% dióxido de carbono
- 4% metano

---

63 <http://es.wikipedia.org/wiki/Turba>



Figura 2.15: Foto de un vehículo propulsado por la combustión de leña  
Sacada de: <http://noticias.coches.com/noticias-motor/los-desconocidos-coches-a-lena/44237>

Debido a que el gas se quema lentamente, no es posible un motor de altas revoluciones siendo inútil fabricar un automóvil del segmento deportivo con este sistema<sup>64</sup>, incluso en nuestros días están viendo la posibilidad de regresar estos vehículos, pero controlando la tala de árboles para evitar la deforestación<sup>65</sup>.

#### **2.9.1.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos de gas de madera**

##### **Ventajas**

Sus emisiones son bastantes limpias, fue una de las mejores soluciones cuando se restringió el uso del petróleo y la gasolina, cualquier automóvil puede convertirse a este sistema.

##### **Desventajas**

Su principal desventaja es que no se permite el consumo de madera en exceso (tala de bosques), son de baja velocidad, son de peso y dimensiones excesivas, actualmente no existiría una norma que los regule, se desconocería el costo para volverlos a producir y los principales opositores son los ambientalistas.

64 <http://elretronauta.blogspot.mx/2011/10/automoviles-lena.html>

65 <http://www.cookingideas.es/vuelven-los-woodmobiles-los-coches-que-se-mueven-con-madera-20100124.html>

### 2.9.2.- Vehículos a gas metano o biogás

La empresa GENeco está trabajando para adaptar un modelo de la marca Volkswagen, el modelo elegido fue el nombrado “escarabajo” (beetle), esto para reemplazar la gasolina que usa, por el gas que produce el excremento y otros desechos caseros.

Esto llamo la atención de la prensa y la opinión pública, un poco escandaloso el anuncio de este prototipo, pero muy efectivo, básicamente su funcionamiento es mediante el metano, este es obtenido por plantas de biogás que usan los desechos orgánicos, de los cuales el que resalta más la atención es el excremento humano.

En promedio el desperdicio de unos 70 hogares es capaz de proveer suficiente combustible para el automóvil por un poco más de un año esto está basado en un recorrido de 16,000 km, este tipo de vehículos es una solución bastante aceptable para los países donde el petróleo no es muy abundante.

Este tipo de automóviles ofrecen una nueva alternativa según datos de la empresa GENeco, en Reino Unido, adquirió equipo especializado para el tratamiento de gas metano, dicho prototipo lleva días de prueba en la ciudad de Bristol.



Figura2.16: Foto del beetle a gas metano de la empresa GENECO  
Sacada de: <http://cocheseeco.com/volkswagen-new-beetle-bio-bug-a-excrementos-humanos/>

Las ventajas de este combustible no es únicamente para los vehículos, su director general Mohammed Saddiq, menciona que durante el proceso de la producción del biogás se consumen aproximadamente unas 19,000 toneladas de dióxido de carbono, un gas causante del calentamiento global, con este proceso se pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, pretenden utilizar desechos de alimentos y desechos humanos en los próximos años para tener suficiente abastecimiento de biogás para surtir varias ciudades del Reino Unido, consiguiendo bajar el

volumen de basura que va dirigida hacia los tiraderos sanitarios o a plantas de tratamiento<sup>66</sup> y solo hay un fabricante que lo produce al público en general y es Volkswagen con un Golf 1.4 TGI a gas metano<sup>67</sup>.

Los precios estimados son los siguientes:

- 1.4 TGI 110 CV Advance 25.690 €
- 1.4 TGI 110 CV Advance DSG 27.500 €
- Variant 1.4 TGI 110 CV Advance 26.530 €
- Variant 1.4 TGI 110 CV Advance DSG 28.340 €



Figura 2.17: Foto de la Golf a metano que se comercializa en Europa  
Sacada de: <http://annunci.autoscout24.it/Volkswagen-Golf-14-TGI-METANO-TRENDLINE-Metano-Bianco-251574220>

### 2.9.2.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos a biogás

#### Ventajas

Su producción ayuda al medio ambiente en disminuir el dióxido de carbono y reducir la basura que va hacia los tiraderos sanitarios, es un combustible que se encuentra fácil, su procesamiento no es muy caro, las unidades no despiden malos olores, ya hay un fabricante que produce este vehículo y no hay mucha diferencia entre este automóvil y uno a gasolina en cuanto a su rendimiento.

#### Desventajas

No llega a exportarse en todo el resto del mundo, México es un país rico en petróleo y no vería viable esta tecnología, no todo el mercado ve con buenos ojos que este hecho de desechos humanos y se desconoce qué tipo de emisiones arrojan los vehículos.

66 <http://www.fayerwayer.com/2010/08/bio-bug-el-volkswagen-que-funciona-con-excremento/>

67 <http://es.autoblog.com/2014/10/27/ya-a-la-venta-el-volkswagen-golf-1-4-tgi-a-metano/>



## 2.10.- Vehículos a Gas Natural Vehicular (GNV)

El tema ambiental preocupa cada día más a la humanidad, la contaminación originada por combustibles fósiles cada día es más severa, el dióxido de carbono, es ya considerado como contaminante, hoy es uno de los principales causantes del efecto invernadero.

### ¿Qué es el gas natural?

El gas natural o LP (licuado de propano) es el combustible gaseoso fósil más liviano y menos contaminante que existe. Está conformado por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno ( $\text{CH}_4$ ), a diferencia de la gasolina que en promedio tiene siete puntos seis átomos de carbono y doce átomos de hidrógeno ( $\text{C}_7\text{H}_{12}$ ).

Cuando se quema un combustible lo que hace combustión son los gases de dicho combustible, puesto que la gasolina es un líquido se le obliga a vaporizarse para que pueda hacer la combustión, el gas natural por estar en estado gaseoso se quema fácil y completamente sin dejar productos de combustión, combinándose totalmente con el aire y produciendo menos contaminación.

El gas natural, es un combustible que proviene de los pozos petroleros y puede estar asociado con el petróleo crudo o puede estar libre, en el primer caso se le llama gas asociado y en el segundo se denomina gas libre<sup>68</sup>.

### Tabla de composición del gas natural (porcentaje en volumen):

- Dióxido de carbono 0.37
- Nitrógeno 1.29
- Metano 97.76
- Etano 0.38
- Propano 0.20

Para que el gas natural rinda dentro del vehículo y evitar recargas periódicamente, se debe comprimir a 207 bares de presión y almacenar en tanques especialmente diseñados a este gas se le denomina como Gas Natural Comprimido para Vehículos (GNCV)<sup>69</sup>.

---

68 <http://gasnatu.blogspot.mx/>

69 <http://profesores.fi-b.unam.mx/l3prof/Carpeta%20energ%EDa%20y%20ambiente/Gas%20Natural.pdf>

### **El gas natural es:**

1. Es abundante en el país con una red de abastecimiento que continúa creciendo.
2. El combustible más económico, ofreciendo ahorros substanciales con respecto a otros combustibles.
3. El combustible más seguro, disipándose más rápidamente elevándose al ser más liviano que el aire.
4. Por su forma de transporte y almacenamiento no hay manera que existan derrames que afecten el agua o la Tierra.
5. Puesto que casi no contiene contaminantes, el gas natural se quema en una forma más limpia.

### **Comparación con respecto a otros combustibles**

El gas natural ofrece ventajas muy importantes con respecto a otros combustibles en lo que se refiere a la calidad, a las emisiones y a la seguridad. Un combustible que es ambientalmente más puro entre menos carbón contenga es mejor.

El gas natural es el combustible fósil más liviano y con la más alta relación hidrógeno/carbono de 4, como se observa en la siguiente tabla, en donde también se presentan las relaciones hidrógeno/carbono de otros combustibles.

### **Tabla Relación hidrógeno / carbono de varios combustibles**

Composición de combustible en Relación a Hidrógeno / Carbono:

- Diésel C16-H34 2.10
- Gasolina C18-H18 2.25
- GLP (Propano) C3-H8 2.67
- Gas Natural C-H4 4.00

Este combustible ofrece un mayor potencial para la reducción de emisiones contaminantes (HC, CO, CO<sub>2</sub>, Humo, Partículas, etc.). Adicionalmente el gas natural y concretamente el GNCV tiene un alto número de octano, que es la capacidad antidetonante de un combustible para evitar el cascabeleo del motor y permitir una conversión eficiente de la energía química,

almacenada en el combustible, en energía mecánica o de movimiento. En la tabla, se compara el número de octano del gas natural con la gasolina normal y la extra (Premium).

### **Comparación combustible y octanaje de cada uno:**

1. Gasolina Motor Corriente 86
2. Gasolina Extra 94
3. Gas Natural 120

En términos de seguridad, el gas natural por ser un combustible de tipo gaseoso es más liviano que el aire, se disipa con facilidad, tiende a subir rápidamente en el aire en caso de una fuga de este en cualquiera de los diferentes sistemas de almacenamiento ya sea, en un vehículo, en una estación de servicio o en una línea de conducción, haciéndolo el más seguro.

Por otra parte, el porcentaje en volumen del gas natural requerido en el aire para encenderse en presencia del fuego, está situado entre el 5% y 15%, siendo un rango relativamente estrecho para quemarse, para cualquier otro porcentaje volumétrico de gas en el aire, diferente al rango mencionado, la posibilidad de que el gas natural se encienda en presencia de fuego es nula, situación que lo hace más seguro que otros combustibles.

Debido a que el GNCV, se maneja como gas, su densidad energética es baja comparada con la gasolina líquida, aproximadamente cinco veces menos, por esta razón el GNCV se comprime a 207 bares de presión, para que los vehículos grandes lo usen se deben de colocar varios cilindros de almacenamiento<sup>70</sup> un ejemplo de ello son los microbuses o las grúas de tránsito.

### **El gas natural en el uso automotriz**

Para adaptar un vehículo, taxi, autobús o un auto particular, al servicio de GNCV, se debe instalar un kit de conversión de tal forma queda habilitado para utilizar gasolina o gas, accionando desde el tablero del vehículo un “switch” de dos posiciones, correspondiente a los dos combustibles mencionados.

En primer lugar, se tiene el cilindro de almacenamiento de alta presión con su conexión de llenado por donde se inyecta el gas en la estación de servicio. Luego la tubería de conducción del gas, desde el tanque de almacenamiento de alta presión hasta el regulador, cuya función principal es reducir sustancialmente la presión del gas para conducirlo al kit de conversión y mezclarlo con el aire en proporciones adecuadas, por acción de una chispa se

---

70 <http://www.aficionadosalamecanica.net/gas-natural-comprimido.htm>

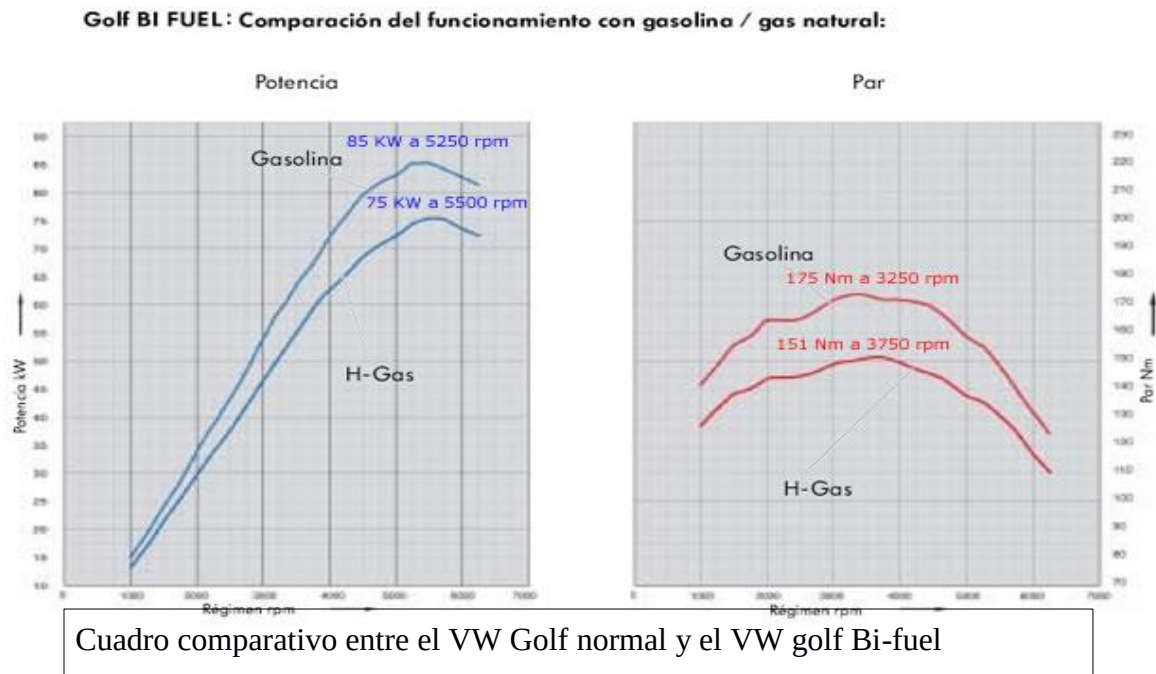
realiza la respectiva combustión.

El kit permite también, cuando el conductor lo considere conveniente, la utilización de la gasolina en vez de GNCV, para vehículos de alto consumo el sistema de conversión es idéntico, pero se requiere un mayor número de cilindros de almacenamiento de gas, los cuales se pueden distribuir en diferentes formas, siguiendo siempre las respectivas normas de instalación.

### Equivalencia entre la gasolina y el GNCV

- 1 galón de gasolina = 3.40 metros cúbicos de gas
- 1 galón de diésel o ACPM = 3.97 metros cúbicos de gas

**NOTA:** Las equivalencias entre la gasolina y el GNCV, dependen del poder calorífico del gas. Adicionalmente, es importante hablar sobre las eficiencias comparativas de motores a gas, gasolina y ACPM (Aceites Combustibles Para Motores).



Un vehículo a gas natural hace los mismos kilómetros por galón equivalente que un vehículo a gasolina. Sin embargo, un vehículo a gas natural pierde entre un 10% a un 15% de potencia, dependiendo de la altura, que se encuentre, esta disminución de potencia no es crítica especialmente cuando se trata de transporte de pasajeros como es el de autobuses y taxis.

Para el caso de vehículo de transporte pesado a diésel, el gas natural tiene en algunos motores, un consumo de combustible más alto equivalente a un 25%, esto irá mejorando a medida que los desarrollos tecnológicos de motores a gas se vayan refinando.

Algo parecido pasa con la gasolina y el diésel que funciona con ACPM, es más eficiente el ciclo Diésel que el ciclo Otto, que funciona la mayoría de los motores de combustión esto es por trabajar a mayores temperaturas y presiones, haciendo que el proceso sea menos entrópico. Así que el motor Diésel es aproximadamente más eficiente entre un 25% a 30% que el motor a gasolina.

#### **Componentes para automóviles de GNVC<sup>71</sup>:**

1. Cilindro de GNVC
2. Válvula de cilindro
3. Válvula de llenado
4. Válvula de cierre manual
5. Regulador
6. Electro válvula de gas
7. Electro válvula de gasolina
8. Tubería de alta presión
9. Mangueras de baja presión
10. Mezclador
11. Vareador de avance de encendido
12. Emulador de inyección
13. Sistema Lambda de control de mezcla
14. Selector de combustible
15. Indicador de carga y cableado eléctrico
16. Soporte para cilindros

---

71 <https://german7644dotcom.wordpress.com/gas-natural-vehicular/>

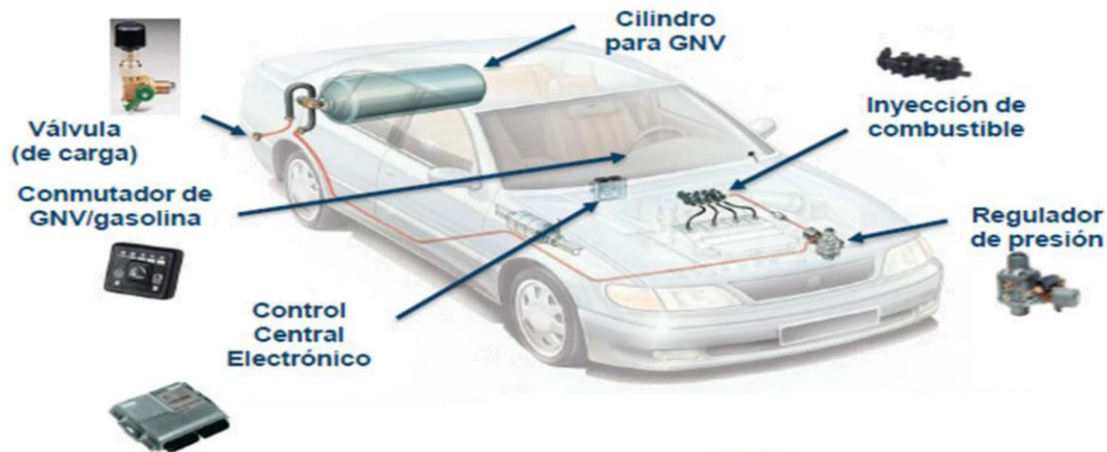


Figura 2.18: Foto de los componentes de un automóvil a gas GNV  
 Sacada de: [http://www.autobodymagazine.com.mx/abm\\_previo/2012/05/ahorran-40-de-combustible-vehiculos-a-gas-natural-vehicular/](http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2012/05/ahorran-40-de-combustible-vehiculos-a-gas-natural-vehicular/)

### 2.10.1.- Ventajas y desventajas de los vehículos de gas natural

#### Ventajas

El combustible se encuentra disponible en casi todas partes, cualquier vehículo puede ser transformado a GNVC, en México se encuentra vehículos equipado a GNV, existen estaciones de servicio para estos y su mantenimiento no es elevado.

#### Desventajas

Los motores equipados con ellos pierden potencia respecto a la altura, en subidas pronunciadas no son muy ágiles, sus emisiones producen el aumento de gases de efecto invernadero, la producción del combustible llega a generar más contaminación que la misma que producen los vehículos.

### Capítulo 3

#### Kits de conversión a automóvil eléctrico

En este capítulo vamos a estudiar los diferentes costos de los diferentes kits de conversión que ofrece la empresa EVZERO México, esta se dedica a la venta de refacciones para convertir cualquier automóvil de combustión interna a uno eléctrico dicha empresa provee todas las piezas necesarias para la conversión, pero no se dedica a la instalación de las mismas.

Los precios mostrados a continuación son en dólares: Los kits más básicos son descritos en la siguiente tabla al igual que sus aplicaciones estos mismos:

Tabla 3.1.- Especificaciones técnicas de los kits de conversión

Kit #	Motor	Aplicación	Voltaje	Controlador-Curtis	Corriente	HP	Par motor
1	AC-9-C-FACE	Carro de Golf	36-48	1237-5371	350	10	44
2	AC-9-C-FACE	Carro de Golf	48	1236-5301	450	17	56
3	AC-9-C-FACE	Carro de Golf	48	1238-5601	650	18	81
4	AC-12-C FACE	Carro de Golf	72	1236-6301	300	16	45
5	AC-12-C FACE	Carro de Golf	72	1238-6501	550	29	82
6	AC-15-C FACE	Carro de Golf, Moto	72	1236-6301	300	15	37
7	AC-15-C FACE	Carro de Golf, Moto	72	1238-6501	550	27	68
8	AC-15-C FACE	Carro de Golf, Moto	96	1238-7601	650	38	81
9	AC-20-C FACE	Carro de Golf, Auto	48	1238-5601	650	25	75
10	AC-20-C FACE	Motos y Autos ligeros utilitarios	72	1238-6501	550	37	63
11	AC-20-C FACE	Motos y Autos ligeros utilitarios	96	1238-7601	650	50	72

Tabla sacada de: <http://www.evzero.com.mx/precios-y-formas-de-pago/>

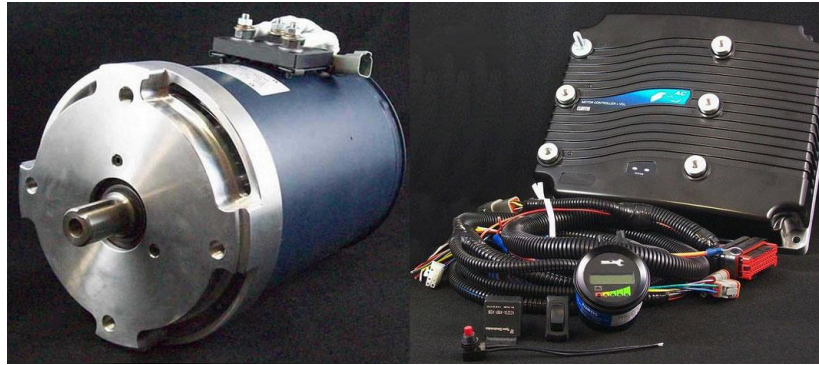


Figura3.1: Foto sacada de: <http://www.evzero.com.mx/kits-ac/ac-x-ac-1x-ac-2x/>

Cuestan alrededor de \$4000 dólares más gastos de envío, sin contar el gasto de la mano de obra por su instalación.

El siguiente kit es ac-3x, cuenta con un AC-35, 72A a 96V, 63Hp y 123 pie/lb con controlador Curtis 1238-6501 o si se desea con un controlador Curtis 1238-7601; Sus aplicaciones son más para motocicletas, vehículos utilitarios y automóviles pequeños.



Figura 3.2: Foto sacada de: <http://www.evzero.com.mx/kits-ac/ac-3x/>

Tiene un costo aproximado sin instalación de \$5,120 dólares; sus precios varían según las necesidades del cliente para cubrir sus necesidades de movilidad.



### 3.1.- Cuanto consumen los automóviles eléctricos para su recarga en su rendimiento

La mayoría de los dueños de automóviles siempre andamos al pendiente de cuanto consume de gasolina nuestros vehículos, nuestra gran pregunta es ¿qué tanto consume de energía eléctrica al recargarse un automóvil del tipo eléctrico?, plug in o híbrido, en la siguiente tabla se muestra una pequeña comparativa entre un auto a gashol (alcohol), gasolina y eléctrico.

Tabla 3.2- Comparación de costo por litro

Iser®	Coche eléctrico		Gasoil			Gasolina		
	Valor	Unidades	Valor	Unidades	% sobre coste	Valor	Unidades	% sobre coste
Insumos autogenerados	1.467,99	kWh	-	litros		-	litros	
Insumos a terceros	40,00	kWh	519	litros		614	litros	
Total Insumo	1.507,99	kWh	519	litros		614	litros	
Energía total cargada	1.508	kWh	4.545	kWh		6.139	kWh	
Kilometros recorridos	9.445	km	9.445	km		9.445	km	
Insumo por kilómetro	0,16	kWh/km	5,50	l/100 km		6,50	l/100 km	
Energía por km	0,16	kWh/km	0,48	kWh/km		0,65	kWh/km	
Coste de la energía	0,15	€/kWh	1,137	€/litro		1,246	€/litro	
Coste total	220,20	€	590,64	€	268%	764,95	€	347%
Coste a los 100 km	2,33	€/100km	6,25	€/100km	268%	8,10	€/100km	347%

Tabla sacada de: [http://iser.es/wp-content/uploads/2015/12/Tabla\\_Coche\\_electrico.jpg](http://iser.es/wp-content/uploads/2015/12/Tabla_Coche_electrico.jpg)

Por otra parte, la situación es muy diferente aquí en México, dado que cada propietario de un auto eléctrico o híbrido debe de dar de alta su vehículo ante la CFE (Comisión Federal de Electricidad), la tensión de este debe de estar a 220 volts para su recarga, el trámite por llamarlo así no tarda más de 48 horas para su instalación.

### 3.2.- Contaminación de los vehículos eléctricos

En este apartado compararemos el principal estigma que se encuentra oculto entorno a los automóviles eléctricos, que tan cierto es que no contamina, de donde proviene la producción de energía, que tanto CO2 produce el vehículo para su recarga de batería, entre otros aspectos relacionados con ellos. Para ello se necesita saber de dónde proviene la energía eléctrica aquí en México, como es producida esta misma y que tanto aporta con la contaminación a nivel de gases de efecto invernadero.

Primero hablaremos de cuáles son los métodos de producción de energía eléctrica que están en operación en nuestro país, Una gran parte proviene de productores independientes quienes generan un 21.7 % del total de la capacidad efectiva instalada de energía con 20 centrales en operación comercial.

El principal método de producción de energía en México, es por medio de centrales termoeléctricas, seguido de las centrales carboeléctricas, otros modos de generación poco empelados son las plantas geotérmicas, nucleoeeléctricas, eoloeléctricas e hidroeléctricas, en la siguiente lista se indica su producción de energía eléctrico en Mega Watts (MW).

### Fuentes de energía en México (2007) \*

- 1) Centrales Termoeléctricas de Productores Independientes (PIE): 10,386.90 MW,
- 2) Centrales Termoeléctricas de la CFE: 22,258.86 MW.
- 3) Centrales Carboeléctricas: 2,600.00 MW.
- 4) Centrales Geotérmicas: 959.50 MW.
- 5) Central Nucleoeeléctrica: 1,364.88 MW. Ésta es la Central de Laguna Verde.
- 6) Central Eoloeléctricas: 2.18 MW.
- 7) Centrales Hidroeléctricas: 10,284.98 MW.



Figura 3.3.- Grafica de producción de energía en México

\* Información y grafica sacada de <http://electrizados-5192.blogspot.mx/2011/03/de-donde-viene-la-energia-electrica-en.html>

Compararemos entre Canadá, EUA y México los diversos tipos de gases efecto invernadero que arrojan al medio ambiente, cabe mencionar que en México no poseemos un gran número de plantas productoras de energía; La contaminación a nivel nacional por producir la energía eléctrica es del 30%, por lo que se produce en la Ciudad de México es equivalente al 7% de la contaminación a nivel nacional.

CONTAMINANTES	País	Total de emisiones anuales de las plantas incluidas	Número de plantas incluidas (con cierta cantidad de emisiones notificadas)*	Producción total de electricidad de las plantas incluidas (GWh) <sup>b</sup>	Índice Tasa de emisión colectiva de las plantas incluidas
SO <sub>2</sub>	Canadá	0.62 millones de toneladas	38	N/A	N/A
	México	1.6 millones de toneladas	82	0.137 million	11.35 kg/MWh
	EU	9.2 millones de toneladas	836	2.4 million	3.79 kg/MWh
NO <sub>x</sub>	Canadá	0.26 millones de toneladas	70	N/A	N/A
	México	0.25 millones de toneladas	82	0.137 millones	1.83 kg/MWh
	EU	4.0 millones de toneladas	897	2.4 millón	1.66 kg/MWh
Hg	Canadá	1,986 kg	22	N/A	N/A
	México	1,025 kg	3	0.003 millón	0.034 kg/GWh
	EU	44,231 kg	376	1.9 millón	0.023 kg/GWh
CO <sub>2</sub>	Canadá	128 millones de toneladas <sup>c</sup>	N/A	0.154 millón <sup>c</sup>	831 kg/MWh <sup>c</sup>
	México	94 millones de toneladas	82	0.137 millón	688 kg/MWh
	EU	2,178 millones de toneladas	899	2.4 millón	893 kg/MWh

Tabla 3.3.- Comparativo de GEI entre México, Canadá y EUA

Sacada de: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2165-north-american-power-plant-air-emissions-es.pdf>

El principal gas de efecto invernadero que nos interesa es el CO<sub>2</sub> este el principal causante del calentamiento global, sin menospreciar a los NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> ellos son los causantes la lluvia acida; dichas regulaciones se encuentran en la norma mexicana **NOM-085-SEMARNAT-2011 CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA – NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE LOS EQUIPOS DE COMBUSTIÓN DE CALENTAMIENTO INDIRECTO Y SU MEDICIÓN.**\*

Un punto comparativo entre los países de Francia, Alemania, Reino Unido, EUA, China y Japón nos demuestra que el vehículo eléctrico sigue siendo el menos contaminante pero la diferencia que radica principalmente en cómo es producida dicha energía para su reabastecimiento, como lo muestra la figura 3.4 en unos es mucho más limpia su producción que en otros siendo Francia el más limpio en su producción de electricidad.

\* [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5232012&fecha=02/02/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5232012&fecha=02/02/2012)

### How Much Cleaner?

Depends on how a country generates its power and its standards for fuel efficiency

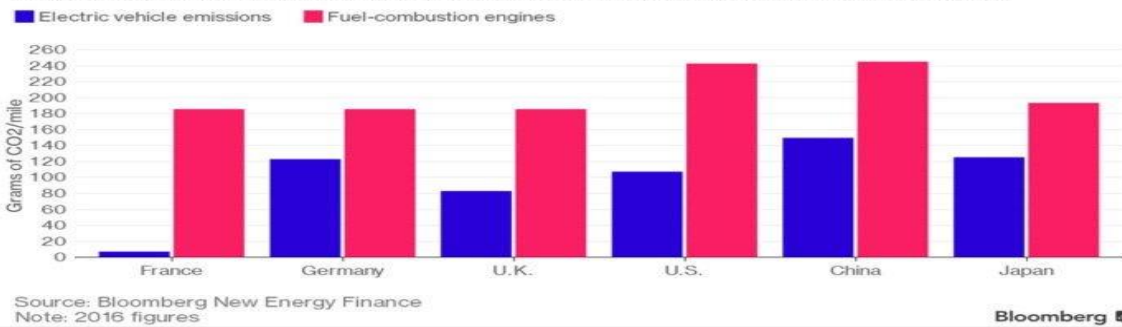


Figura 3.4.- Comparativa entre la contaminación de un vehículo eléctrico y un convencional en diferentes países.

Fuente Bloomberg.

Otra pregunta que surge es que tantos gramos de CO<sub>2</sub> de emisiones producen dichos vehículos como se muestra en la tabla 3.4 siguen siendo menor que un automóvil a diésel este factor de las emisiones dependerá de cada país esto está sujeto a como producen la energía eléctrica en cada uno de ellos.

Tabla 3.4.- Diferencia entre emisiones de un vehículo eléctrico y uno diésel

Sacada de: <http://elperiodicodelaenergia.com/cuanto-contamina-un-coche-electrico/>

	Consumo	Emisiones	Emisiones por 100 km	Emisiones por km
<b>Coche eléctrico</b>	15 kWh/100 km	277.6 gCO <sub>2</sub> /kWh	4.164 kg	41.64 g
<b>Coche diésel</b>	5 l/100 km	2.6 kgCO <sub>2</sub> /l	13 kg	130 g

El punto principal es producir la energía eléctrica de manera sustentable para evitar contaminar al medio ambiente, siendo que México tiene varias opciones para producirla de manera ecológica, la manera más efectiva es por medio del sol, mareomotrices, eólicas, y así realmente volver al automóvil eléctrico 100% ecológico y libre de gases de efecto invernadero para su reabastecimiento.

### 3.3.- Encuesta de recorrido en automóvil, elección de combustible alternativo y conversión del vehículo

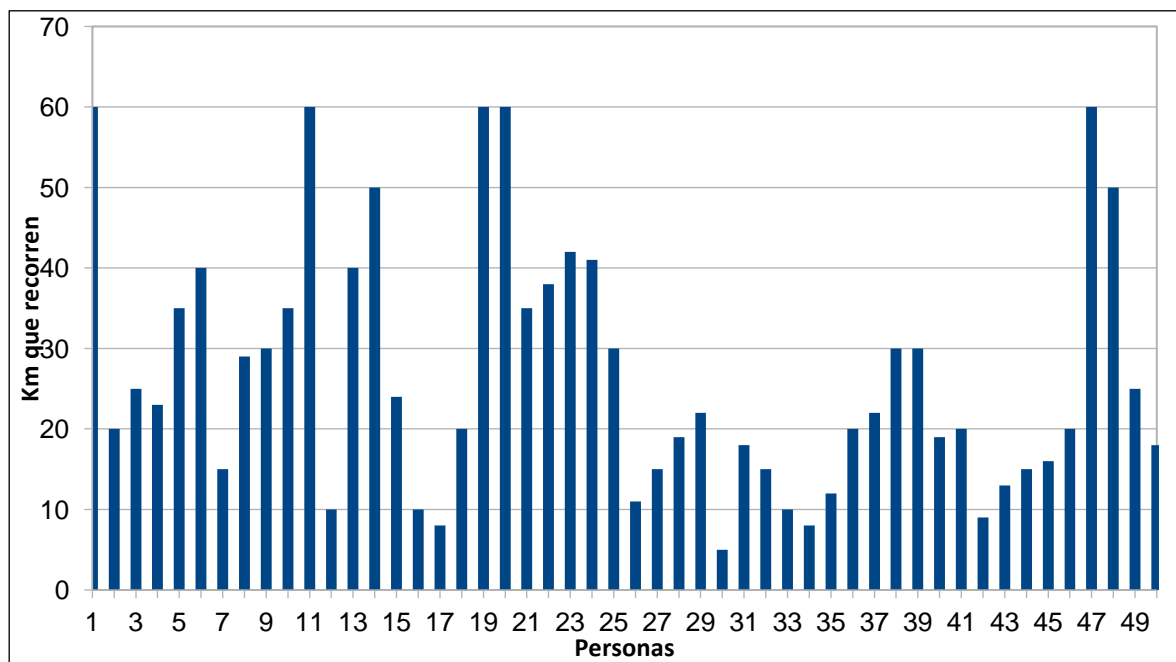
En la siguiente tabla se muestra una encuesta realizada a 50 personas donde se muestra el recorrido diario usando su automóvil, ¿qué tipo de combustible usarían? y si estarían dispuesto a hacer la conversión a eléctrico de su vehículo.

Tabla 3.3.- Resultado de las encuestas

Persona	Distancia recorrida Km	Tipo de combustible	Conversión
1	60	aire	No
2	20	híbrido	Sí
3	25	híbrido	No
4	23	aire	No
5	35	agua	No
6	40	eléctrico	No
7	15	eléctrico	No
8	29	eléctrico	No
9	30	aire	No
10	35	aire	No
11	60	aire	No
12	10	híbrido	Sí
13	40	híbrido	Sí
14	50	híbrido	Sí
15	24	híbrido	Sí
16	20	agua	No
17	8	agua	No
18	20	agua	No
19	60	eléctrico	No
20	60	eléctrico	No
21	35	eléctrico	No
22	38	eléctrico	No
23	42	eléctrico	No
24	41	eléctrico	No
25	30	eléctrico	No
26	11	híbrido	No
27	15	híbrido	No
28	19	híbrido	No

29	22	eléctrico	Sí
30	5	eléctrico	Sí
31	18	eléctrico	Sí
32	15	aire	No
33	10	aire	No
34	8	eléctrico	No
35	12	eléctrico	No
36	20	agua	No
37	22	híbrido	No
38	30	híbrido	No
39	30	eléctrico	Sí
40	19	agua	Sí
41	20	aire	Sí
42	9	eléctrico	Sí
43	13	eléctrico	No
44	15	agua	No
45	16	híbrido	No
46	20	híbrido	No
47	60	híbrido	Sí
48	50	híbrido	Sí
49	25	híbrido	Sí
50	18	eléctrico	Sí

De los datos recabados se obtuvo la siguiente información gráfica:

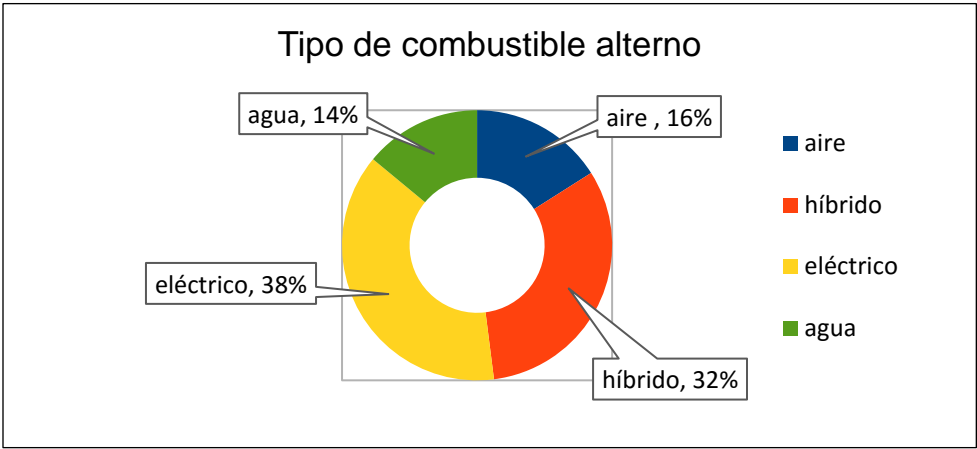


Esta gráfica muestra el recorrido diario en automóvil en kilómetros de estos datos obtenemos los siguientes valores estadísticos:

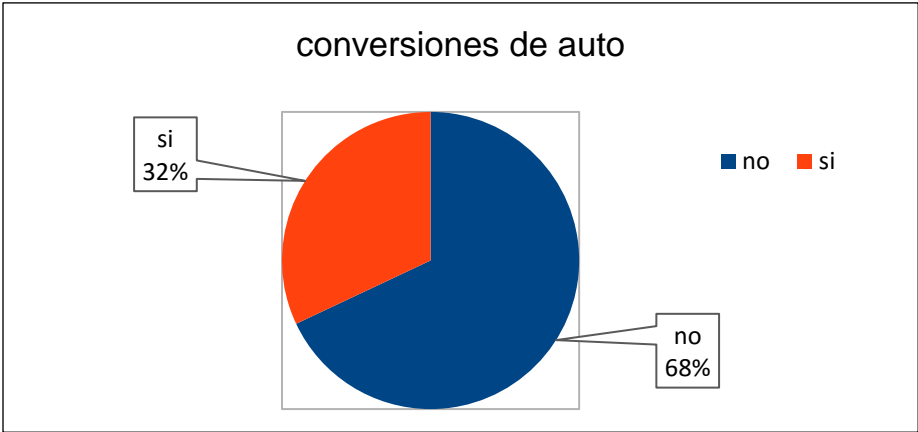
Tabla 3.5.- Resultados estadísticos de la encuesta

Promedio	24 km
Desviación estándar	15.6214 km
Media	20 km

También se obtuvo una preferencia del tipo de combustible alternativo que prefiere la gente, se muestra gráficamente a continuación:



Esto quiere decir que la gente prefiere los automóviles del tipo eléctrico o híbridos, siendo este último la combinación del tipo eléctrico/gasolina, por otra parte, las personas no están dispuesta a invertir en una conversión a sus vehículos, prefieren comprar un automóvil de agencia que convertir sus vehículos a eléctricos, esto se muestra a gráficamente continuación:



### 3.4.- Vehículos que se comercializan en México

Tabla 3.6.- Listado de marcas y modelos de vehículos de combustible alternativos que se distribuyen en México.			
Modelo	Tipo de combustible	Disponibilidad	Marca
Tahoe	Flex	Actual	Chevrolet
Suburban	Flex	Actual	Chevrolet
Explorer	Flex	Actual	Ford
Fusion	Híbrido	Actual	Ford
Civic	Híbrido	2013- ????	Honda
CR-Z	Híbrido	Descontinuado	Honda
Prius	Híbrido/Solar	Actual	Toyota
Touareg	Híbrido	Actual	VW
Leaf	Eléctrico	Actual	Nissan
i3	Eléctrico	Actual	BMW
i8	Eléctrico	Actual	BMW
Spark EV	Eléctrico	Actual	Chevrolet
Volt	Híbrido	Actual	Chevrolet
Serie 3	Híbrido	Actual	BMW
Fusion	Híbrido	Actual	Ford
Tesla motor	Eléctricos	Actual	TESLA
Twizy	Eléctrico	Actual	Renault
Zilent	Eléctrico	Actual	ZILENT
Niro	Híbrido	Actual	KIA
QX60	Híbrido	Actual	Infiniti
Iqonic	Híbrido	Actual	Hyundai

Estos son los modelos que se comercializan en México la gran mayoría que circulan son del tipo Flex o híbridos, ya están disponibles en las agencias automotrices, un inconveniente que existe es que aún no existe una red de estaciones de recarga para los del tipo flexible que pueden operar con otros combustibles alternativos que existen, la gran mayoría de los propietarios de estos vehículos no saben que puede operar con otro combustible diferente a la gasolina.

En el caso de los híbridos son los de mayor ventaja a comparación de los Flex la diferencia principal es que usan la mayor parte del tiempo el motor eléctrico y solo emplean el motor de gasolina cuando deben de recargarse, por otra parte los vehículos eléctricos necesitan ser



recargados mediante las estaciones de carga eléctrica o por medio de la red doméstica, para ellos dichas estaciones son muy escasas viéndose obligados a cargar en el hogar estando siempre al pendiente de la carga del motor.

### 3.5.- Población de vehículos en la Ciudad de México

En la siguiente tabla se muestra la población que existe actualmente en la Ciudad de México, la mayoría de ellos son de autos particulares, se prevé que en los siguientes años la cifra de estos aumente. Sin contar al Estado de México ya que la mayor parte de ellos circula por las calles de la Ciudad de México.

Tabla 3.7.- Número total de vehículos en la CDMX

Tipo de vehículo	Número de vehículo			
	CDMX	Estado de México	ZMVM	
			NUMERO	%
Autos particulares	1,545,595	795.136	2.341.731	71.81
Taxis	103.298	6.109	109.407	3.36
Combis	3.944	1.555	5.499	0.17
Microbuses	22.931	9.098	32.029	0.98
Pick ups	73.248	262.832	336.880	10.31
Camiones de carga a gasolina			154.647	4.74
Vehículos diésel <3 toneladas			4.733	0.15
Tractocamiones diésel			70.676	2.17
Autobuses diésel	9.236	3.269	12.505	0.38
Vehículos diésel =3 toneladas	28.580	62.360	90.940	2.79
Camionetas de carga a gas lp	29.968	-----	29.968	0.92
Motocicletas	72.280	424	72.704	2.23
Total	2.118.096	1.142.823	3.260.919	100

Tabla sacada de: <http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>

## Capítulo 4

### Matrices de decisiones, matriz de selección, matriz de necesidades y toma de tiempo para la recarga de los vehículos eléctricos

En el capítulo vamos a exponer los diferentes criterios que existen en las matrices de decisiones, crearemos una matriz de selección y una matriz de calidad (QFD) referente a los consumidores, al igual se proponen los costos de reabastecimientos de combustibles mediante investigación de campo y calcularemos teóricamente el tiempo que se toma en recargarse un vehículo del tipo eléctrico respecto a lo que dice el fabricante.

Para el primer paso para construir la matriz usamos el costo de repostar los combustibles en estudio por cada 4 semanas (1 mes) y usando los eventos naturales de tráfico, normal y despejado con sus respectivos porcentajes que dio la investigación de campo nos queda de la siguiente forma:

Sucesos Investigados	1	2	3
Estados Naturales	Trafico	Normal	Despejado
Probabilidades	60%	30%	10%
Estrategias			
Agua	\$560	\$280	\$140
Aire	\$638.40	\$425.60	\$106.40
Eléctrico	\$1386.64	\$693.32	\$346.66
Híbrido	\$1386.64	\$1553.16	\$693.32
Gas Natural Vehicular	\$1140	\$760	\$380
Gasolina	\$3200	\$2400	\$1500

Los criterios para determinar estos costos fueron los siguientes:

**Agua.** - Con la especificación del carro de recorrer 80 Km con un litro de agua (etapa de experimentación) se propuso que en el estado de tráfico el carro consumía 2 litros de agua, una de las ventajas de este auto es que circula con cualquier tipo de agua, se decidió hacerlo con agua comercial para beber que su costo es de \$10 litro, por los dos litros que usaría por los siete días de la semana y por las cuatro semanas de prueba el costo asciende a los \$560.

Para el estado normal la propuesta fue de un litro de agua, el costo es el mismo de \$10 por litro de agua embotellada, es decir por los siete días serian \$70 por las cuatro semanas da un costo total de \$280, con la misma ideología en el estado natural de despejado se propuso utilizar medio litro así que el costo se disminuyó a la mitad del estado normal dando un total de \$140 por las cuatro semanas.

**Aire.** - Una recarga por cada 200km cuesta unos 4.78<sup>72</sup> euros haciendo la conversión monetaria nos da un costo de \$106.40 pesos mexicanos, en el estado natural de tráfico se propuso una recarga y media de tanque, por semana queda un costo de \$159.60 esto multiplicado por las cuatro semanas da un total de \$638.40.

En el estado natural normal se empleó la carga semanal de \$106.40 por las cuatro semanas da un costo de \$425.60, en la situación de despejado usamos como criterio la carga semanal de \$101.30.

**Eléctrico.**- Esta información se obtuvo del periódico “El financiero”<sup>73</sup> en este artículo menciona el costo mensual que ocupan los autos eléctricos, en el estado natural de tráfico el gasto mensual total asciende a \$1386.64, para estado natural normal se tomó la tarifa mensual de CFE de \$693.32 y en el estado de despejado se propuso la mitad de la tarifa mínima utilizada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que es de \$693.32<sup>74</sup> dando un total de \$346.66.

**Híbrido.** - Para el estado natural de tráfico utilizamos la misma tarifa como si fuese eléctrico los \$1386.64, para la situación normal se utilizó el criterio de carga combustible de tres litros de gasolina premium que era de \$18.49 por los 3 litros de carga por siete días y por las cuatro semanas el costo es de \$1553.16 y en el estado natural de despejado usamos el criterio de tarifa mínima eléctrica de recarga que es de \$693.32.

**Gas Natural Vehicular.**- En situación de tráfico se propuso una recarga y media del tanque, su capacidad es de 25 litros, dando un recorrido de 250km, el precio por litro de gas vehicular es de \$7.60 este gasto semanal \$285 por cuatro semanas da un total de \$1140, en estado normal el gasto semanal se puso a una carga de tanque completo por semana de \$190 por las semanas de estudio el costo da de \$760 y en la situación de despejado se propuso una carga

---

72 [www.motorpasionfuturo.com/mecanica-eficiente/cuanta-energia-consume-un-coche-con-motor-de-aire-comprimido](http://www.motorpasionfuturo.com/mecanica-eficiente/cuanta-energia-consume-un-coche-con-motor-de-aire-comprimido)

73 <http://m.elfinanciero.com.mx/lo-que-debes-de-saber-de-los-autos-electricos.html>

74 [cfe.com/tarifas-electricas](http://cfe.com/tarifas-electricas)

cada dos semanas dando un total de \$380.

**Gasolina.-** Utilizamos un vehículo de la firma coreana KIA, el modelo una Sorento 2.4 litros de 4 cilindros, para determinar los costos en este caso de estudio, en situaciones de tráfico la carga que se hacía a la semana era de \$800 por tanque este por las cuatro semanas el costo era de \$3200, en situaciones normales la carga por semana era de \$600 dando un total en el gasto mensual de \$2400, el estado natural de despejado la carga era cada dos semanas de \$750 dando un costo de \$1500 precio por litro del combustible era de \$18.49.

El valor esperado de cada uno de los sucesos investigados:

Sucesos Investigados	1	2	3	
Estados Naturales	Trafico	Normal	Despejado	Total
Probabilidades	60%	30%	10%	
Estrategias				
Agua	\$560	\$280	\$140	336+84+14
	560*.6= <b>\$336</b>	280*.3= <b>\$84</b>	140*.1= <b>\$14</b>	= <b>\$434</b>
Aire	\$638.40	\$425.60	\$106.40	383+127+10.64
	638.4*.6= <b>\$383.4</b>	425.6*.3= <b>\$127.68</b>	106.4*.1= <b>\$10.64</b>	= <b>\$521.72</b>
Eléctrico	\$1386.64	\$693.32	\$346.66	831.9+207.9+34.6
	1386.6*.6= <b>\$831.98</b>	693.32*.3= <b>\$207.99</b>	346.6*.1= <b>\$34.66</b>	= <b>\$1074.63</b>
Híbrido	\$1386.64	\$1553.16	\$693.32	831.9+465.9+69.3
	1386.6*.6= <b>\$831.98</b>	1553.1*.3= <b>\$465.94</b>	693.32*.1= <b>\$69.3</b>	= <b>\$1367.22</b>
Gas Natural	\$1140	\$760	\$380	684+228+38
	1140*.6= <b>\$684</b>	760*.3= <b>\$228</b>	380*.1= <b>\$38.00</b>	= <b>\$950</b>
Gasolina	\$3200	\$2400	\$1500	1920+720+150
	3200*.6= <b>\$1920</b>	2400*.3= <b>\$720</b>	1500*.1= <b>\$150</b>	= <b>\$2790</b>

Si dado caso no se conoce la probabilidad de que estado natural nos suceda es decir tráfico,

normal o despejado para conducir, se considera una situación de incertidumbre, entonces se debe de aplicar alguno de los siguientes criterios<sup>75</sup>:

- el criterio optimista (maxi-max)
- criterio pesimista o de Wald (mini-max)
- criterio de La place
- criterio de Hurwicz
- el criterio de Savage

Para un primer caso de incertidumbre empleamos el criterio de La place, en él se consideran que todos los sucesos son iguales, sus probabilidades que ocurran son iguales en este caso es del 33%, es decir que los estados naturales de tráfico, normal o despejado ocurren por igual, quedando la matriz de la siguiente forma:

<b>Matriz del criterio de La place:</b>				
Sucesos Investigados	1	2	3	
Estados Naturales	Trafico	Normal	Despejado	
Probabilidades	33%	33%	33%	
Estrategias				
Agua	\$560	\$280	\$140	
	560*.33= <b>\$184.8</b>	280*.33= <b>\$92.4</b>	140*.33= <b>\$46.2</b>	<b>\$323.4</b>
Aire	\$638.40	\$425.60	\$106.40	
	638.8*.33= <b>\$210.67</b>	425.6*.33= <b>\$140.44</b>	106.4*.33= <b>\$35.11</b>	<b>\$386.22</b>
Eléctrico	\$1386.64	\$693.32	\$346.66	
	1386*.33= <b>\$457.59</b>	693.32*.33= <b>\$228.79</b>	346.66*.33= <b>\$114.39</b>	<b>\$800.77</b>
Híbrido	\$1386.64	\$1553.16	\$693.32	
	1386*.33= <b>\$457.59</b>	1553.16*.33= <b>\$512.54</b>	693.32*.33= <b>\$228.7</b>	<b>\$1198.83</b>
Gas Natural	\$1140	\$760	\$380	
	1140*.33= <b>\$376.20</b>	760*.33= <b>\$250.80</b>	380*.33= <b>\$125.40</b>	<b>\$752.40</b>
Gasolina	\$3200	\$2400	\$1500	
	3200*.33= <b>\$1056</b>	2400*.33= <b>\$792</b>	1500*.33= <b>\$495</b>	<b>\$2343</b>

75 Fraylend A. (2010). Investigación de Operaciones. México: Pinersa.

En este caso de incertidumbre podemos determinar la opción más viable en cuanto al costo de recarga mensual en la siguiente lista:

- Agua con \$323.40
- Aire con \$386.22
- Gas Natural Vehicular con \$752.40
- Eléctricos con \$800.77
- Híbridos con \$1198.83
- Gasolina con \$2343

Con el criterio de La place podemos determinar que el combustible que cuesta menos mensualmente es el agua seguido del aire por una pequeña diferencia.

En el caso del criterio de incertidumbre de Hurwicz, decidimos que el coeficiente de optimismo sea de  $\alpha = .7$ , quedando como el coeficiente de pesimismo de  $.3$ , aplicando la fórmula del criterio que es  $(1-\alpha)N$  sustituyendo es  $(1-.7=.3)$  este valor es aplicado al suceso que menos probabilidades tenga de ocurrir en este caso el despejado, la matriz nos queda de la siguiente forma:

<b>Matriz del criterio de Hurwicz:</b>				
Sucesos Investigados	1	2	3	
Estados Naturales	Trafico	Normal	Despejado	
Estrategias				
Agua	\$560	\$280	\$140	392+42
	$560 \cdot .7 = \mathbf{\$392}$		$140 \cdot .3 = \mathbf{\$42}$	<b>=\$434</b>
Aire	\$638.40	\$425.60	\$106.40	446.8+31.92
	$638.40 \cdot .7 = \mathbf{\$446.88}$		$106.4 \cdot .3 = \mathbf{\$31.92}$	<b>=\$478.80</b>
Eléctrico	\$1386.64	\$693.32	\$346.66	970.6+103.99
	$1386 \cdot .7 = \mathbf{\$970.64}$		$346.66 \cdot .3 = \mathbf{\$103.99}$	<b>=\$1074.63</b>
Híbrido	\$1386.64	\$1553.16	\$693.32	970.64+207.9
	$1386 \cdot .7 = \mathbf{\$970.64}$		$693.32 \cdot .3 = \mathbf{\$207.9}$	<b>=\$1178.54</b>
Gas Natural	\$1140	\$760	\$380	798+114

	1140*.7= <b>\$798</b>		380*.3= <b>\$114</b>	<b>=\$912</b>
Gasolina	\$3200	\$2400	\$1500	2240+450
	3200*.7= <b>\$2240</b>		1500*.3= <b>\$450</b>	<b>=\$2690</b>

Las opciones de reabastecimiento mensual quedan de la siguiente forma:

- Agua con \$434
- Aire con \$478.80
- Gas Natural Vehicular con \$912
- Eléctricos con \$1074.63
- Híbridos con \$1178.54
- Gasolina con \$2690

En el caso del criterio de Hurwicz nos da como resultado que el combustible agua y aire sigue siendo los más económicos para su reabastecimiento mensual, seguido del gas natural, lo curioso que el gasto mensual entre la recarga de un vehículo eléctrico y uno híbrido es muy poca la diferencia que radica entre ellos.

#### **4.1.- Matriz de selección de los diversos combustibles**

En esta matriz se compararán a los diversos combustibles alternativos (ver capítulo 2) para poder seleccionar uno en base a un promedio dependiendo de las necesidades de la sociedad y del mercado, en una escala de código numérico del 1 al 10 donde:

1 pésimo

2 muy muy malo

3 muy malo

4 malo

5 regular

6 mejor

7 bueno

8 muy bueno

9 muy muy bueno

10 excelente

Combustible	Precio	Rendimiento	Disponibilidad	Reabastecimiento	Promedio
Flex fuel	7	8	10	9	8.5
Etanol	6	9	8	8	7.7
Hidrógeno	4	8	3	4	4.7
Agua	-	8	1	10	4.7
Aire	7	9	8	8	8.0
Solares	4	7	4	6	5.2
Híbridos	7	9	10	10	9.0
Eléctricos	6	9	10	8	8.2
Gas	8	8	5	7	7.0
Leña	-	6	1	5	3.0
Metano	6	8	7	7	7.0
GNV	8	8	8	8	8.0

Dando como preferencia a los vehículos híbridos entre todos ellos, seguido de los automóviles Flex fuel, siendo no muy difíciles de conseguir gracias a su alta disponibilidad que existen en el mercado y su fácil reabastecimiento, por ultimo están los eléctricos; Quedando entre los peores los combustibles de hidrógeno, agua y leña debido a que no existen versiones para el consumidor y solo existen en etapas de experimentación a excepción del combustible de leña este vehículo existió, pero cayó en desuso.



#### 4.2.- Matriz de necesidades de los consumidores

En esta matriz se expone las necesidades principales de los consumidores referente a lo que buscan en un automóvil nuevo, tomando en cuenta a los vehículos de combustible alternativo que existen en el mercado actualmente<sup>76</sup>.

Simbología:

- Cuenta con ello
- \* El número de reabastecimientos
- B Bueno
- MB Muy Bueno
- N Normal
- ± Puede tenerla o no

Necesidades	Vehículos de combustibles alternos						
	Hidrógeno	Agua	Aire	Eléctrico	Híbrido	GNV	Gasolina
Precio económico		●	●			●	●
Precio moderado					●	●	●
Precio alto	●			●	●		●
Circular diario 2 años						●	●
Circular diario siempre	●	●	●	●	●		
Exento de impuestos	●	●	●	●	●		
Disponibilidad en el mercado			●	●	●		●
Fácil manejo	●			●	●	●	●
Reabastecimiento semanal *	0	0	0	1	1/2	1	1
Reabastecimiento mensual *	2	2	2	3	1.5	3	4
Que se vea bien estéticamente	●			●	●	●	●
Seguridad del vehículo	●			●	●	+/-	●
Rendimiento de combustible	B	MB	MB	B	B	N	N
Refacciones disponibles				+/-	●	●	●
Servicio cada 5000 km	●	●	●	●			
Servicio cada 10000 km					●	●	●
Costo bajo de servicio					●	●	●

76 A. Zaidi. (1993). Q.F.D. Despliegue de la función de calidad. Marsella: Diaz de Santos.

Cuadro comparativo de precios, reposición de combustible y relación peso potencia					
Combustible	Costo de reabastecimiento	Relación Peso/potencia	Rango de precio (pesos mexicanos)	Emisiones de CO2	Pesos/Km
Agua	\$323.4	17.77 kg/hp	\$56,000 a \$75,000 Etapa experimental	0 g/km	---
Aire	\$367.6	36 kg/hp	\$110,000 a \$180,000	60 g/km	\$2.69
Eléctrico	\$1248.2	11.55 kg/hp	\$383400 a \$\$\$\$\$	41.6 g/km	\$2.25
Híbrido	\$1170.4	11.64 kg/hp	\$380,000 a \$1,000,000	70-90 g/km	\$3
Gas Natural	\$553.57	16 kg/hp	\$300,000 a \$800,000	80 g/km	\$3.4
Gasolina	\$1716	10.72 kg/hp	\$100,000 a \$\$\$\$\$	80-100 g/km Mayores	\$4.2

En estos casos los consumidores se van a características muy específicas como es la seguridad del auto, su consumo de combustible, su desempeño del motor, los gadgets de interacción e incluso su apariencia estética, esto es para satisfacer sus necesidades respecto a la compra de un vehículo nuevo, a pesar de existir mucha competencia entre las marcas automotrices, hay que mencionar que la gente ya no se va por la marca, si no que busca entre todas las que hay en el mercado el modelo de automóvil que cubra sus necesidades.



Figura 4.1.- Diferentes marcas automotrices que existen

### 4.3.- Cálculo del tiempo de recarga de un vehículo eléctrico<sup>77</sup>

#### Especificaciones técnicas de una estación de recarga de la empresa General Electric

- Indicador LED para ver el estado de carga
  - ✓ Verde: Estación de carga activa
  - ✓ Verde intermitente: Vehículo conectado, pero no cargando.
  - ✓ Amarillo: Cargando
  - ✓ Rojo: Caso de fallo
- Protección corrientes residuales y sistema de rearme
- Circuito de control de puesta a tierra de los vehículos

### Especificaciones

<b>Cumplimiento IEC</b>	Modo 3 para IEC 61851
<b>Interface con el vehículo</b>	IEC 62196 EV Conector tipo 2
<b>Tensión e intensidad nominal</b>	230Vac a 16A ó 400Vac a 32A
<b>Máx. potencia de carga AC<sup>(1)</sup></b>	22kW (400vac a 32A) ó 3,6kW (230Vac a 16A)
<b>Entrada AC</b>	230Vac solo con L1, N y E a tierra 400Vac solo con L1, L2, L3, N y E a tierra
<b>Interruptor recomendado</b>	En poste, mural, pedestal individual: 1 interruptor 4P-40A ó 2P-20A con circuito dedicado Pedestal doble: 2 interruptores 4P-40A ó 2P-20A con circuito dedicado
<b>Protección a tierra</b>	30mA interruptor diferencial con rearme
<b>Arranque en frío</b>	Arranque aleatorio entre 0 y 15 minutos para protección contra picos
<b>Redes locales</b>	Ethernet CAT5
<b>Protocolo de comunicación</b>	TCP/IP
<b>Lector RFID</b>	Según ISO 15693 e ISO 14443
<b>Potencia en "standby"</b>	5W tipo
<b>Material de la envolvente</b>	Acero inoxidable 304 con protección de poliéster - RAL 9006
<b>Grados de protección</b>	Envolvente IP54-IP65, toma de enchufe IP44
<b>Seguridad</b>	De acuerdo con IEC 61851 e IEC 62196
<b>Protección</b>	6kV a 3kA
<b>Cumplimiento EMI</b>	De acuerdo con IEC 61851-22
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-30°C hasta +50°C
<b>Humedad</b>	Hasta 95% sin condensación
<b>Pesos aproximados</b>	Pedestal individual: 21kg Pedestal doble: 45kg Montaje mural: 15,5kg Montaje en poste: 15,5kg
<b>Dimensiones (AlxAxPxPr)</b>	Pedestal individual: 1250 x 200 x 270mm Pedestal doble: 1250 x 300 x 300mm Montaje mural: 800 x 200 x 237mm Montaje en poste: 800 x 200 x 237mm

(1) El consumo máximo de potencia está determinado por el estación de carga. El consumo actual de potencia lo determina el vehículo eléctrico

GE POWER CONTROLS IBÉRICA, S.L.  
Pol. Ind. Clot del Tufau s/n  
08295 Sant Vicenç de Castellet

Potencia del motor eléctrico de un Renault Twizy es de: 4 kW

Potencia de estación de carga del vehículo es de: 6 kW/h

Voltaje de la estación de carga: 230 Vac / 400 Vac

Potencia de la estación de carga: 3.6 kW / 22 kW

Obtención del tiempo de recarga, para esto es necesario transformar los kilowatts por hora a

77 Arthur. F Kip. (1974). Fundamentos de la Electricidad y Magnetismo. España: Mc Graw Hill.

Joules usando el siguiente factor de conversión para determinar la energía consumida:

1 KW/h = 1000 watts \* 3600 segundos (equivalencia de una hora en segundos) =  $3.6 \cdot 10^6$  Joules.

Para nuestro caso de estudio tenemos el dato de la potencia de la estación de carga es de 22kW/h, aplicando el factor de conversión queda de la siguiente manera:

22 kW/h = (22) (1000) \*3600= 79,200,000 Joules (Watts\*segundos).

Por otro lado, tenemos que saber la potencia del vehículo en esta ocasión tenemos un vehículo de la marca Renault el modelo Twizzy de 4 kW de potencia.

Tenemos la ecuación para determinar la energía:

$$E=UT$$

donde:

- E= Energía consumida (Joules)
- U= Potencia del Vehículos
- T= Tiempo

Haciendo el despeje correspondiente la nueva ecuación queda:

$$T=E/U$$

Reescribiendo en términos de los valores numéricos:

$$T=79,200,000/4000=19800 \text{ segundos.}$$

Análisis dimensional:

$$T = \frac{\text{Watts} * \text{segundos}}{\text{Watts}} = \text{segundos}$$

El resultado es de 19800 segundos convirtiéndolos a horas:

$$\frac{19800 \text{ segundos} * 1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}} = 5.5 \text{ horas}$$

Se toma un tiempo aproximado de 5.5 horas para recargar el vehículo teóricamente, el fabricante menciona en las especificaciones un tiempo de recarga de aproximadamente 6 horas.

## **Conclusiones para determinar el mejor vehículo de combustible alternativo para la Ciudad de México**

En el capítulo previo se examinaron las principales alternativas que existen actualmente en el mercado automotriz para sustituir o disminuir el uso de vehículos a gasolina o diésel dando como resultado los combustibles de agua y de aire.

El propósito esencial de este trabajo es determinar que vehículo de combustible alternativo es el más adecuado para todas las condiciones y necesidades que hay en la Ciudad de México, lo que se busca con ello es reducir las emisiones contaminantes causadas por los vehículos que utilizan combustible fósil, realizando un estudio mediante matrices de decisión de los siguientes combustibles:

1. agua
2. aire
3. eléctricos
4. híbridos
5. gas natural
6. gasolina

Después del análisis de las matrices de decisión correspondiente a los diferentes combustibles que usan los vehículos, los que entregaron un mejor resultado en base a los criterios de “La place” y de “Hurwicz”, siendo el criterio de La place el más adecuado para tomar la decisión con apoyo de la experimentación de campo, esto se debe a que el porcentaje de los eventos naturales nunca fue fijo a pesar de salir a diferentes horas a hacer los recorridos establecidos, nunca se pudo establecer un estado natural fijo siempre fue cambiante, saliendo a la misma hora hubo ocasiones donde había tráfico ligero, otras veces estaba despejado y en ocasiones existía un tráfico totalmente pesado, dada estas situaciones el criterio de La place es el más preciso ya que este iguala las posibilidades que suceda cualquier evento en un porcentaje igualitario.

Dando como resultado en este criterio al vehículo de combustible alternativo que usa agua, aire o gas natural vehicular para su funcionamiento estos son los más adecuados para la Ciudad de México, en cuanto se refiere al consumo y rendimiento del combustible.

Empezando por el combustible de aire, este ya se encuentra implementado actualmente en Países de Medio Oriente<sup>78</sup>, donde existen vehículos que lo emplean, sigue siendo el más limpio para el medio ambiente favoreciendo a mejorar la calidad del aire en la Ciudad de México.

El único inconveniente que presentan estos vehículos es que requieren de un mantenimiento constante y un poco elevado en costo; Esto se debe al diseño del vehículo como tal, dado que cuenta con tres tanques situados en la parte baja del automóvil donde se almacena el aire, siendo la calidad deficiente de las calles de la Ciudad de México el principal problema, incrementando la necesidad de revisar constantemente los tanques, para que sean reparados o sustituidos según sea el caso, otro punto es que no se pueden exceder la capacidad de carga que menciona el fabricante.<sup>79</sup>

En el caso del vehículo que usa el agua como combustible el principal inconveniente es que se encuentra en etapa experimental y aun no pasa al proceso de producción en masa, en estos vehículos solo se deben de cuidar las celdas electrolíticas y el tipo de agua con el que se abastezca estos serían ideales para la Ciudad de México.

Otro resultado conveniente fue el Gas Natural Vehicular este se encuentre en tercera posición, estos vehículos no se venden en masa al contrario su importante atractivo, es que cualquier automóvil se puede convertir a este combustible, el costo de conversión no excede más allá de los \$45,000 a diferencia de las conversiones a automóviles eléctricos su costo de conversión asciende hasta los \$350,000 o más.

El inconveniente es que las estaciones de recarga del Gas Natural Vehicular son muy escasas o están muy alejadas dentro de la ciudad, su eficiencia se ve comprometida por la altura de la Ciudad de México y en calles con pendientes muy pronunciadas.

Acerca de estas nuevas tendencias en combustibles alternativos hay un “boom” en todos los aspectos en la sociedad, en la industria y en lo político, sintiéndose favorable una tendencia al cambio hacia estos vehículos, dado que no están viendo lado negativo que existía de ellos, una medida que ha facilitado la distribución en los concesionarios automotrices, son los beneficios gubernamentales como son las dispensas de impuestos, incentivos para la

---

78 Sin autor, Huellas para la humanidad, 25/Agosto/2012, link:

<http://centrohuellas.wordpress.com/2012/08/25/automovil-que-funciona-con-aire-comprimido/>

79 Alexis Sonido Chile, 08/08/2008, “la solución a la contaminación”, YouTube link:

[https://www.youtube.com/watch?v=Jui\\_nuFj4PE](https://www.youtube.com/watch?v=Jui_nuFj4PE)

producción de los combustibles y la implementación de estaciones de recarga en lugares públicos específicos para el abastecimiento de los vehículos del tipo eléctrico junto con una nueva mercadotecnia.

Otro punto que es de consideración es la parte ecológica en que tanto contaminen los otros combustibles aire o eléctricos son realmente no contaminantes, la respuesta es si son contaminantes, esto es por la forma en que se produzca la energía en el caso de los eléctricos para su reabastecimiento y en los de aire la compresión y almacenamiento de estos requieren una mayor energía para su realización sin embargo siguen siendo los menos contaminantes en otros países, ya que en México la mayor parte de la energía es por un medio fósil o por centrales de ciclo combinado, hay que buscar la manera en su producción sea de una manera sustentable para que realmente se vuelvan 100% ecológicos y menos contaminantes.

Aunque existen diversas fuentes para producir energía eléctrica como es la eólica, geotérmica, mareomotriz, solar e hidráulica estas resultan poco viables adaptarles un sistema de compresión de aire por la complejidad que este requiere para poderlo comprimir, quedando más factible la producción de electricidad.

### **Aspectos políticos de nuestro gobierno en tendencia al cambio**

Los gobiernos del mundo preocupados por la calidad de vida de los ciudadanos del mañana, comienzan a tomar medidas para la preservación de nuestro planeta, en nuestro país un punto principal políticamente hablando es que la percepción económica de nuestro país es muy dependiente del petróleo, donde no aceptarían tan fácil la idea de reducir el consumo de este mismo.

No obstante, la incursión hacia este tipo de vehículos de combustibles alternativos tiene poco tiempo aquí en el país, por medio del “Honda civic híbrido” el cual fue el primer carro de combustible alternativo del tipo híbrido (eléctrico y gasolina) que se comercializa a la venta al público, poco después fue el Toyota “Prius” que actualmente está implementando un programa de taxis híbridos junto con el Nissan “LEAF”<sup>80</sup> ambos ya se comercializan.

Dando un nuevo panorama para los vehículos diferentes a la gasolina o diésel, siendo que ya no hay tantos mitos y paradigmas políticos y sociales con respecto a estos combustibles, el gobierno de la Ciudad de México ha visto una nueva oportunidad para progresar en materia

---

80 Animal político, 22/mayo/2012 link: <http://www.animalpolitico.com/2012/05/dan-banderazo-a-taxis-electricos-en-el-df/#axzz2yX4OKPju>

ambiental donde ya no es indispensable depender de la gasolina para el uso cotidiano.

Por otro lado, se encuentra el entorno político industrial de nuestro país, de cierto modo frenan la implementación de estos vehículos de combustibles alternos. Dado que implicaría una nueva infraestructura en su totalidad, esto requeriría mucho dinero y tiempo que se tiene que invertir para su implementación en nuestro país, esto sería conveniente por las fuentes de trabajo que originaría.

Un factor importante en los precios de los vehículos es que se ven afectados directamente por los aranceles de importación (impuestos de aduanas) esto perturba su precio final de venta volviéndolos más costosos.

Se ha implementado la manera de que las estaciones de recarga sean autosustentables, es decir que las mismas generen su propia electricidad, un ejemplo de ello es Japón donde existen estaciones de recarga con paneles solares para el abastecimiento de los vehículos eléctricos, sin depender de una producción de electricidad fósil<sup>81</sup>, la mayoría de los países está adoptando esta idea, para hacer aún más sustentable la recarga de estos vehículos.

Por otro lado, la industria automotriz está tomando cartas en el asunto debido a que ya la producción de motores muy grandes específicamente los V8 están desapareciendo, fabricando motores más pequeños y de una mayor eficiencia en cuanto al consumo de combustible sin sacrificar la potencia, otro punto que hay que destacar es que en todas las marcas de automóviles tienen por lo menos un modelo del tipo alternativo en su inventario de venta.

En la actualidad hay una sola marca de fabricante que ha decidido eliminar en un futuro próximo la producción de vehículos a gasolina y solo fabricar automóviles eléctricos estamos hablando de la firma Volvo donde quiere ser la primera en dar este paso.

A lo que se pretende llegar es el disminuir los paradigmas o estigmas políticos, sociales y económicos sobre los vehículos a gasolina, donde existen actualmente diversas alternativas en combustible que brindan una mejora en el aspecto ambiental y ecológico.

Sabiendo que los avances tecnológicos han progresado tanto llegara el día en que ya los automóviles ya no dependan de un combustible fósil para su funcionamiento, dejando el concepto de auto como lo conocemos actualmente, y que tengamos la oportunidad de poder ver esto con nuestros propios ojos a estos tipos de vehículos circulando por las calles de

---

81 <http://www.xataka.com/automovil/las-estaciones-de-recarga-para-coches-electricos-se-vuelven-solares>



nuestro país, con combustibles alternativos, donde el mejor para la Ciudad de México son los vehículos que usan electricidad, Gas Natural Vehicular o aire por último lugar, la razón es que la generación de electricidad puede ser adaptada a un sistema renovable o de producción verde, los vehículos a gas el punto principal es ampliar las estaciones de abastecimiento y respecto a los de aire es implementar tarifas para su venta y producirlo de manera mas eficiente sin tantas perdidas y de una manera ecológica.

## Bibliografía

- 1 [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_explosi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_explosi%C3%B3n)
- 2 C.D. Buchanan (1958). “*Mixed Blessing: The Motor in Britain*”. Leonard Hill. Georgano, G.N. “*Cars: Early and Vintage*”, 1886-1930. (London: Grange-Universal, 1985).
- 3 [http://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_autom%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_autom%C3%B3vil)
- 4 <http://www.autopasion18.com/HISTORIA-JEANTAUD.htm>
- 5 <http://www.telegraph.co.uk/motoring/news/2753506/Ford-Model-T-reaches-100.html>
- 6 [http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis\\_del\\_petr%C3%B3leo\\_de\\_1973](http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_del_petr%C3%B3leo_de_1973)
- 7 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_combustible\\_flexible](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_flexible)
- 8 <http://aumovilw.blogspot.mx/>
- 9 <http://www.normas-iso.com/iso-16949>
- 10 [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_browse.htm?commid=46946](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46946)
- 11 Larrodé Pellicer, Emilio; “Automóviles Eléctricos”; INO reproducciones S.A ;1997
- 12 <http://vehiculoelectrico.info/category/leyes-y-normativas/>
- 13 <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/2/biodiesel.pdf>
- 14 Diario oficial de la federación, “Norma Oficial Mexicana NOM-010-SECRE-2002, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad para estaciones de servicio”, miércoles 23 de octubre de 2002, tercera sección.
- 15 Reglamento (UE) n° 406/2010 de la Comisión, de 26 de abril de 2010, por el que se aplica el Reglamento (CE) n° 79/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsado por hidrógeno.
- 16 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_combustible\\_alternativo#cite\\_note-ANFAVEA4-2](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_alternativo#cite_note-ANFAVEA4-2)
- 17 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_combustible\\_flexible](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_flexible)
- 18 <http://www.theautochannel.com/news/date/19960123/news00023.html>
- 19 <http://www.bigas.com.br/sistema/?modulo=gnvnews&acao=abrir&id=22>
- 20 [http://carsale.uol.com.br/opapoecarro/testes/aval\\_040825astra.shtml](http://carsale.uol.com.br/opapoecarro/testes/aval_040825astra.shtml)
- 21 <http://www.caradisiac.com/Nouvelle-Fiat-Siena-2008-sans-complexe-20347.htm>
- 22 Sherry Boschert, “*Plug-in Hybrids: The Cars that will Recharge America*”; *illustrated ed*, 231 pp.; 2006
- 23 <http://gm-volt.com/2008/06/05/moving-the-chevy-volt-to-production-status/>

- 24 [http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible))
- 25 <http://www.ethanolproducer.com/articles/2222/its-a-global-thing/>
- 26 Decreto que aumenta el uso de etanol prendió polémica. El País. 25-04-2009.Consultado el 18-10-2014.
- 27 <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3413488>
- 28 <http://es.wikipedia.org/wiki/BioPower>
- 29 <http://www.imagendelgolfo.com.mx/resumen.php?id=165907>
- 30 <http://www.quiminet.com/noticias/inicia-construccion-de-tres-plantas-de-etanol-en-sinaloa-mexico-2287270.htm>
- 31 <http://www.fuelflexmexico.com.mx/compras.php> consultado el 13 de septiembre del 2014
- 32 <http://cocheshidrogeno.es/>
- 33 [http://www.themanufacturer.com/us/content/5990/Fuel\\_cell\\_vehicles\\_at\\_COP15](http://www.themanufacturer.com/us/content/5990/Fuel_cell_vehicles_at_COP15) consultado el 7 de octubre del 2016
- 34 <http://www.xataka.com/gadgets-y-coches/el-coche-de-hidrogeno-asi-es-su-tecnologia>
- 35 <http://www.interstatetraveler.us/Reference-Bibliography/Bellona-HydrogenReport.html>
- 36 [http://www.rmateriales.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=123:uso-del-hidrogeno-como-combustible-urbano&catid=42:n8&Itemid=65](http://www.rmateriales.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=123:uso-del-hidrogeno-como-combustible-urbano&catid=42:n8&Itemid=65)
- 37 <http://www.popularmechanics.com/cars/alternative-fuel/gas-mileage/4271579>
- 38 <http://www.diariomotor.com/2008/06/16/el-primer-coche-cuyo-combustible-es-unicamente-agua/>
- 39 <http://usuaris.tinet.cat/sje/transport/aire.htm>
- 40 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_de\\_aire\\_comprimido](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_aire_comprimido)
- 41 <http://www.veoverde.com/2012/12/los-autos-de-aire-comprimido-se-imponen-en-india/>
- 42 <http://www.mdi.lu/>
- 43 <http://www.deautomoviles.com.ar/articulos/tecnologia/motor-aire-comprimido.html>
- 44 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_solar)
- 45 <https://www.youtube.com/watch?v=mieW07--tgo>
- 46 <http://noticias.coches.com/noticias-motor/el-toyota-prius-con-paneles-solares/3446>
- 47 <http://mexico.cnn.com/tecnologia/2014/01/03/autos-impulsados-con-energia-solar-ford-no-se-quiere-quedar-atras>

48 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_h%C3%ADbrido](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido)

49 [http://es.wikipedia.org/wiki/Tercer\\_riel\\_\(alimentaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Tercer_riel_(alimentaci%C3%B3n))

50 <http://es.wikipedia.org/wiki/Troleb%C3%BAs>

51 [http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_h%C3%ADbrido\\_el%C3%A9ctrico\\_enchufable](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido_el%C3%A9ctrico_enchufable)

52 <http://es.ford.com/>

53 <http://es.chevrolet.com/2014-volt-electric-car.html>

54 <http://www.theguardian.com/environment/2013/mar/24/peugeot-hybrid-air-car-future>

55 <http://epa.gov/otaq/technology/research/demonstration-vehicles.htm#suv>

56 <http://www.motherearthnews.com/Green-Transportation/1978-03-01/This-Car-Travels-75-Miles-on-a-Single-Gallon-of-Gasoline.aspx> consultado el 22 de octubre de 2014

57 [http://centrodeartigo.com/articulos-enciclopedicos/article\\_87920.html](http://centrodeartigo.com/articulos-enciclopedicos/article_87920.html)

58 <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/0/837c1d022dba18448525781d005995be?OpenDocument>

59 <http://www.bbc.com/news/uk-wales-south-east-wales-28219291>

60 [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educar/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educar/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico)

61 [http://www.faen.es/batterie/Recarga\\_vehiculo\\_electrico.pdf](http://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf)

62 <http://cocheselectricos365.com/coches>

63 <http://es.wikipedia.org/wiki/Turba>

64 <http://elretronauta.blogspot.mx/2011/10/automoviles-lena.html>

65 <http://www.cookingideas.es/vuelven-los-woodmobiles-los-coches-que-se-mueven-con-madera-20100124.html>

66 <http://www.fayerwayer.com/2010/08/bio-bug-el-volkswagen-que-funciona-con-excremento/>

67 <http://es.autoblog.com/2014/10/27/ya-a-la-venta-el-volkswagen-golf-1-4-tgi-a-metano/>

68 <http://gasnatu.blogspot.mx/>

69 <http://profesores.fi-b.unam.mx/l3prof/Carpeta%20energ%EDa%20y%20ambiente/Gas%20Natural.pdf>

70 <http://www.aficionadosalamecanica.net/gas-natural-comprimido.htm>

71 <https://german7644dotcom.wordpress.com/gas-natural-vehicular/>

72 [www.motorpasionfuturo.com/mecanica-eficiente/cuanta-energia-consume-un-coche-con-motor-de-aire-comprimido](http://www.motorpasionfuturo.com/mecanica-eficiente/cuanta-energia-consume-un-coche-con-motor-de-aire-comprimido)

73 <http://m.elfinanciero.com.mx/lo-que-debes-de-saber-de-los-autos-electricos.html>

74 cfe.com/tarifas-electricas

75 Fraylend A. (2010). Investigación de Operaciones. México: Pinersa.

76 A. Zaidi. (1993). Q.F.D. Despliegue de la función de calidad. Marsella: Diaz de Santos.

77 Arthur. F Kip. (1974). Fundamentos de la Electricidad y Magnetismo. España: Mc Graw Hill.

78 Sin autor, Huellas para la humanidad, 25/Agosto/2012, link:

<http://centrohuellas.wordpress.com/2012/08/25/automovil-que-funciona-con-aire-comprimido/>

79 Alexis Sonido Chile, 08/08/2008, “la solución a la contaminación”, YouTube link:

[https://www.youtube.com/watch?v=Jui\\_nuFj4PE](https://www.youtube.com/watch?v=Jui_nuFj4PE)

80 Animal político, 22/mayo/2012 link: <http://www.animalpolitico.com/2012/05/dan-banderazo-a-taxis-electricos-en-el-df/#axzz2yX4OKPju>

81 <http://www.xataka.com/automovil/las-estaciones-de-recarga-para-coches-electricos-se-vuelven-solares>

82 [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5232012&fecha=02/02/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5232012&fecha=02/02/2012)