



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

## **ANÁLISIS GENERAL DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y SU FUNCIONAMIENTO**

**Oswaldo Antonio Zelaya Mira**

Asesorado por el Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS GENERAL DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y SU  
FUNCIONAMIENTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**OSWALDO ANTONIO ZELAYA MIRA**

ASESORADO POR EL ING. ALVARO ANTONIO ÁVILA PINZON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pablo Rodolfo Zúñiga Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. Hector Alexander Juarez Reyes
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS GENERAL DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y SU FUNCIONAMIENTO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 29 de agosto de 2005.

Oswaldo Antonio Zelaya Mira

## **AGRADECIMIENTO A:**

- DIOS** Por haberme permitido culminar este trabajo, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.
- MI ABUELA** **Virginia López de Mira**  
Quien me ha dado su apoyo incondicional durante toda mi vida y le estaré eternamente agradecido.
- MI PADRE** Manuel Antonio Zelaya Soriano. Por su sacrificio y dedicación hacia mí
- MI FAMILIA** Mi madre Cristina de Zelaya y mi Hermana Melissa. A quienes agradezco su apoyo y ayuda.
- MI ASESOR** El ingeniero Álvaro Ávila por su ayuda y asesoría para hacer este trabajo.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	IX
<b>GLOSARIO</b> .....	XI
<b>RESUMEN</b> .....	XV
<b>OBJETIVOS</b> .....	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XIX
<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1 Vehículos híbridos.....	1
1.2 Evolución de los vehículos híbridos.....	3
1.3 Incentivos ambientales y económicos.....	9
1.3.1 Leyes de emisiones.....	10
1.3.2 Regulaciones sobre el consumo de carburantes.....	12
1.3.3 Incentivos ambientales.....	12
1.4 Fabricantes y vehículos en el mercado.....	13
<b>2. FUNCIONAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS</b>	
2.1 Tipos de estructura y sistemas.....	17
2.1.1 Híbridos en serie.....	18
2.1.2 Híbrido en paralelo.....	19
2.2 Componentes de los vehículos híbridos.....	20
2.2.1 Motor de combustión interna.....	20
2.2.1.1 Partes del motor.....	22
2.2.1.2 El motor de ciclo Otto.....	24
2.2.2 Motor eléctrico.....	29
2.2.2.1 Principio de funcionamiento.....	29

2.2.2.2	Fuerza contraelectromotriz inducida en un motor.....	30
2.2.2.3	Números de escobillas.....	30
2.2.3	Generador.....	32
2.2.4	Transmisión.....	34
2.2.4.1	El sistema de división de potencia de Toyota.....	34
2.2.5	Sistema de control eléctrico de la transmisión.....	37
2.2.6	Sistema de baterías recargables.....	40
2.2.6.1	La batería recargable de un vehículo híbrido.....	41
2.2.6.2	Baterías de litio.....	43
2.2.6.3	Supercapacitores.....	44
2.2.7	Neumáticos de baja resistencia.....	46
2.2.8	Sistema de frenos regenerativos.....	48

### **3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS FRENTE A LOS CONVENCIONALES**

3.1	Potencia.....	51
3.2	Torque.....	54
3.3	Eficiencia.....	56
3.4	Consumo de combustible.....	57
3.5	Emisiones.....	58
3.6	Costos y mantenimiento.....	59

### **4. TECNOLOGÍAS RELACIONADAS**

4.1	Biodiesel.....	63
4.1.1	Ventajas y desventajas.....	64
4.1.2	Estándares y regulación.....	65
4.2	Híbridos diesel.....	65
4.3	Biocombustibles.....	68
4.3.1	Etanol.....	69



4.3.2 Combustible sintético.....	70
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>79</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Bicicleta híbrida.....	1
2. Vehículo convencional de gasolina.....	2
3. Vehículo eléctrico.....	3
4. Sistema de híbrido en serie.....	18
5. Sistema híbrido en paralelo.....	19
6. Diagrama con los componentes de un vehículo híbrido.....	20
7. Corte transversal de un motor de gasolina moderno.....	21
8. Gráfica del ciclo Otto Presión vs. Volumen.....	25
9. Posición de las válvulas y pistones a lo largo del ciclo Otto.....	27
10. Campo magnético que mueve el eje de un motor eléctrico .....	29
11. Sistema de propulsión híbrido.....	31
12. Corte en la transmisión del Toyota Prius.....	33
13. Diagrama básico del tren de potencia de un vehículo híbrido.....	35
14. Diagrama básico de los engranes del sistema de división de potencia de Toyota.....	36
15. Despiece de la transmisión de un vehículo híbrido.....	37
16. Flujo de comunicación entre los componentes de un híbrido .....	38
17. Partes de celdas de baterías .....	42
18. Módulos de baterías utilizados en los vehículos híbridos.....	42
19. Un supercapacitor utilizado en un vehículo híbrido.....	45
20. Curva de potencia del Toyota Prius.....	51
21. Curva de Potencia vs. Revoluciones del motor del Toyota Prius...	52
22. Gráfica de potencia máxima.....	53
23. Curva de torque del Toyota Prius.....	55

24. Gráfica de torques máximos de los vehículos híbridos.....	56
25. Gráfica de consumo de gasolina de los vehículos híbridos.....	57
26. Reacción química que produce el Biodiesel.....	63
27. Gráfica del ciclo diesel.....	67
28. Diagrama de las partes de un bus diesel de General Motors.....	68

## TABLAS

I. Vehículos híbridos disponibles en el mercado.....	15
II. Descripción técnica de los vehículos a comparar.....	53
III. Potencia máxima y RPM al que se produce.....	54
IV. Torque máximo y RPM al que se produce.....	55
V. Consumo de combustible en ciudad y autopista.....	58
VI. Precio base de los vehículos.....	60



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>ABS</b>	Sistema de frenos antibloqueo
<b>Amp</b>	Amperios
<b>AWD</b>	Tracción en todas las ruedas (All Wheel Drive)
<b>CAA</b>	Acta de aire limpio
<b>CAFÉ</b>	Economía de combustible corporativa media
<b>CCCR</b>	Corriente de arranque en frío de batería
<b>CVT</b>	Transmisión continuamente variable
<b>EPA</b>	Agencia de Protección del Medio Ambiente
<b>EUA</b>	Estados Unidos de América
<b>EVC</b>	Compañía de vehículos eléctricos
<b>GM</b>	General Motors
<b>Hp</b>	Potencia en caballos de fuerza
<b>Km/h</b>	Velocidad en Kilómetros recorridos en una hora
<b>Kmpg</b>	Kilómetros recorridas por galón de combustible
<b>Km/h</b>	Kilómetros por hora
<b>Lb</b>	Libras
<b>m</b>	Metros
<b>M.C.I</b>	Motor de Combustión Interna
<b>N</b>	Newton
<b>NiMh</b>	Baterías recargables de Níquel metálico
<b>N*m</b>	Torque en Newton por metro
<b>psi</b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>Q</b>	Calor
<b>RPM</b>	Sociedad de ingenieros Automotrices
<b>V</b>	Voltios
<b>VA</b>	Válvula de Admisión

**VE**

Válvula de Escape

**\$**

Dólar de los Estados Unidos de América





## GLOSARIO

<b>Aceite Sintético</b>	Aceites que utilizan elementos lubricantes obtenidos de forma sintética en un proceso industrial.
<b>Adiabático</b>	Es una propiedad térmica que designa a aquellos procesos en los cuales no hay ganancia ni pérdida de Calor.
<b>AWD</b>	<i>(All Wheel Drive)</i> Es un mecanismo que permite a un vehículo tener tracción en sus cuatro ruedas, pero esta diseñado para mayor agarre en curvas en la carretera y no para terreno difícil.
<b>Batería</b>	Es un medio de almacenaje de energía eléctrica, esta se almacena en forma de energía química.
<b>Batería Recargable</b>	Es una batería que por su diseño especial le permite utilizar totalmente su energía y luego recargarse para utilizarse nuevamente.
<b>Caja Automática</b>	Sistema que permite variar la relación de transmisión de forma automática sin necesitar ninguna actuación por parte del conductor sobre la caja de cambios ni tampoco, sobre el embrague.

<b>Caja Secuencial</b>	Es una transmisión que varía las diferentes marchas de una transmisión pasando por una secuencia predeterminada gradual, cambiando relaciones una tras otra. La palanca selectora tiene un movimiento longitudinal hacia delante (reducir marcha) o hacia atrás (ascender marcha). Este cambio permite un accionamiento más rápido y preciso.
<b>Celdas de Baterías</b>	Son básicamente baterías pequeñas que se unen para conformar un paquete de almacenaje de energía más grande.
<b>Cilindrada</b>	Es la suma de los volúmenes unitarios de cada cilindro de un motor, se suele indicar en centímetros cúbicos o litros. Esto sería el área circular de un cilindro por la carrera del pistón y por el número de cilindros. También es conocida como desplazamiento.
<b>Controlador de Motor</b>	Es una computadora que controla los dispositivos electrónicos de un motor.
<b>Diesel</b>	Combustible que es mezcla de hidrocarburos, volátiles e inflamables y se obtienen por el refinamiento del petróleo crudo. Debido a que su producción requiere menor refinamiento tiene un menor precio que la gasolina.
<b>DIN EN14214</b>	Norma que rige la composición y propiedades del Biodiesel .
<b>DOCH</b>	Se utiliza para designar motores que utilizan dos ejes de

Levas en la cabeza de cilindros, normalmente un eje de levas para válvulas de admisión y uno en las de escape .

<b>Embrague</b>	Sistema que permite controlar el acoplamiento mecánico entre el motor y la caja de cambios. El embrague permite que se puedan insertar las diferentes marchas o interrumpir la transmisión entre el motor y las ruedas.
<b>Gasolina</b>	Combustible inflamable que es una mezcla de hidrocarburos líquidos, volátiles e inflamables obtenidos de la destilación del petróleo crudo.
<b>Híbrido</b>	Denominación que reciben los automóviles que pueden funcionar con dos tipos diferentes de motor o propulsión.
<b>Motor</b>	Máquina que transforma una forma de energía en movimiento.
<b>Motor de Combustión Interna</b>	Es una máquina térmica que funciona con la energía producida por la combustión de una mezcla de aire y un combustible inflamable.
<b>Petróleo</b>	Líquido natural oleaginoso e inflamable, que se compone por una mezcla de hidrocarburos, que se extrae de lechos geológicos continentales y marítimos y tiene múltiples aplicaciones químicas e

industriales.

<b>Potencia</b>	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.
<b>Ralenti</b>	Número de revoluciones por minuto mínimo al que se ajusta un motor para mantener su funcionamiento forma estable aunque no se esté accionando el acelerador.
<b>Relación de Compresión</b>	Indica la cantidad de veces que está contenido el volumen de la cámara de combustión en el volumen total del cilindro.
<b>Transmisión</b>	Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de el motor o motores a las ruedas de un vehículo, alterando generalmente su velocidad, su sentido o su forma.
<b>Transmisión Continuatamente Variable</b>	También denominados cambios de variador continuo CVT ( <i>Continuous Variable Transmission</i> ). Consisten en una caja de transmisión formada por dos poleas de diámetro variable y unidas por una correa trapezoidal. En función de los diámetros de las correas se puede establecer diferentes relaciones de cambio. Esto es controlado en tiempo real por una computadora.

## RESUMEN

Un vehículo híbrido es un vehículo, en el cual la energía eléctrica que lo impulsa proviene de baterías y alternativamente de un motor de combustión interna que mueve un generador. Normalmente, un motor de combustión interna también puede impulsar las ruedas en forma directa. En el diseño de un automóvil híbrido, el motor térmico es la fuente de energía que se utiliza como última opción, y se dispone un sistema electrónico para determinar qué motor usar y cuándo hacerlo.

En el caso de híbridos gasolina-eléctricos, cuando el motor de combustión interna funciona, lo hace con su máxima eficiencia. Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga las baterías del sistema. En otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en el paquete de baterías. En algunos es posible recuperar la energía cinética al frenar, convirtiéndola en energía eléctrica este sistema se conoce como frenos regenerativos.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen mejores rendimientos que los vehículos convencionales.

Todos los vehículos eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas. Esta queja habitual se evita con los vehículos híbridos. Además muchos de los vehículos híbridos tienen un excelente desempeño en carretera.

Los vehículos híbridos se pueden clasificar por el modo en que están dispuestos sus componentes en el tren de potencia, y también por la capacidad del motor eléctrico de propulsar de manera independiente al vehículo.

En este trabajo de graduación los vehículos híbridos presentan más ventajas, además de ecológicas, entre estas la reducción de peso y volumen de trenes de potencia sin reducir el trabajo útil que estos pueden hacer, esto le da versatilidad al diseño del vehículo. Los vehículos con tracción delantera o trasera podrían recibir AWD eléctrico sin grandes modificaciones de la plataforma, compensando significativamente el costo adicional del equipamiento híbrido, En este trabajo se analiza de forma mas detallada el funcionamiento de estos nuevos vehículos.

# OBJETIVOS

## General

Hacer un documento de consulta acerca de los vehículos híbridos que están disponibles en el mercado así como los que están siendo diseñados, además hacer un análisis de los mecanismos, como se interrelacionan entre ellos así como las ventajas y desventajas de estos frente a los vehículos convencionales mediante un estudio bibliográfico y observaciones de campo.

## Específicos

1. Describir las generalidades de los vehículos híbridos.
2. Hacer un resumen de la evolución de los vehículos híbridos.
3. Describir los principales componentes de un vehículo híbrido y su funcionamiento.
4. Hacer una comparativa de ventajas y desventajas de manufactura, mantenimiento, costo entre los vehículos híbridos y los vehículos propulsados por motores Otto y Diesel.
5. Hacer un resumen de los avances y mejoras que se han hecho al MCI de Gasolina y Diesel desde su invención hasta la actualidad.
6. Explicar los motivos por los cuales se deben implementar los vehículos híbridos, cuáles ya están disponibles en el mercado y dónde se están usando.





# INTRODUCCIÓN

Desde hace muchas décadas, los fabricantes han estado investigando y desarrollando formas de aumentar la potencia y al mismo tiempo disminuir el consumo de combustible de los vehículos, todo esto con el afán de disminuir el consumo total de petróleo un recurso no renovable, disminuir la contaminación del ambiente y desde luego mejorar sus ventas. Estos desarrollos incluyen turbocargadores, aceites sintéticos, inyección electrónica de combustible y neumáticos avanzados.

En la última década se comenzó a desarrollar una nueva clase de vehículo para su uso particular, el vehículo híbrido eléctrico-gasolina, este fue desarrollado, con el fin de disminuir de forma considerable, tanto el consumo de combustible, como las emisiones de gases nocivos de escape. Este vehículo ha sido desarrollado no como una solución total del problema mundial del petróleo, sino más bien como una transición entre los vehículos convencionales que utilizan solamente petróleo y vehículos del futuro que utilizarán una forma de propulsión que tal vez aun no se ha inventado.

La salida al mercado de los vehículos híbridos fue posible gracias al desarrollo y aplicación de tecnologías totalmente nuevas y desarrollo de nuevos mecanismos, todos estos deben de trabajar en conjunto y al unísono para que los híbridos sean seguros, fáciles de manejar y prácticos. Si bien un vehículo híbrido es una máquina muy compleja estos cumplen lo anterior de manera admirable.

Desde el comienzo del siglo XXI se ha visto un acelerado aumento en el precio del barril de petróleo esto debido a eventos mundiales y catástrofes naturales, la alta volatilidad del costo de los combustibles ha quedado demostrada, debido a esto las ventas de los vehículos que utilizan combustible alternativos a los combustibles fósiles y los vehículos híbridos a aumentado a máximos históricos, también a aumentado el interés del público en general en estas nuevas tecnologías pues se hace cada vez mas evidente que el precio del galón de gasolina y diesel no bajara a lo que alguna vez fue .

El siguiente trabajo se enfoca en los vehículos híbridos Gasolina-Eléctricos por ser éstos los más desarrollados y predominantes hasta el momento, también se analizaran en menor medida los vehículos híbridos Diesel-Eléctricos y otras tecnologías relacionadas con combustibles alternativos.

En países como Guatemala, el precio del petróleo tiene un gran impacto, si bien aun es escasa la población que tiene acceso a este tipo de vehículo considero que es de importancia para la ingeniería mecánica hacer un estudio básico de el funcionamiento y diversos sistemas que conforman un Híbrido, pues esto servirá para un mejor aprovechamiento de esta tecnología en un futuro próximo.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Vehículos híbridos

Cualquier vehículo es híbrido cuando combina dos o mas fuentes de poder, de hecho los vehículos híbridos no son nada nuevo por ejemplo; una bicicleta motorizada también conocida como Moped es un tipo de híbrido porque utiliza el poder de un motor de gasolina y el de la persona por medio de los pedales; también existían bicicletas con una fuente de poder eléctrica además de los pedales. Los submarinos de la segunda guerra mundial contaban con una fuente de impulso diesel y una eléctrica cuando se sumergían; otro ejemplo se puede encontrar en los navíos de guerra del antiguo Egipto pues obtenían su impulso del viento pero también contaban con remos para utilizar la fuerza humana.

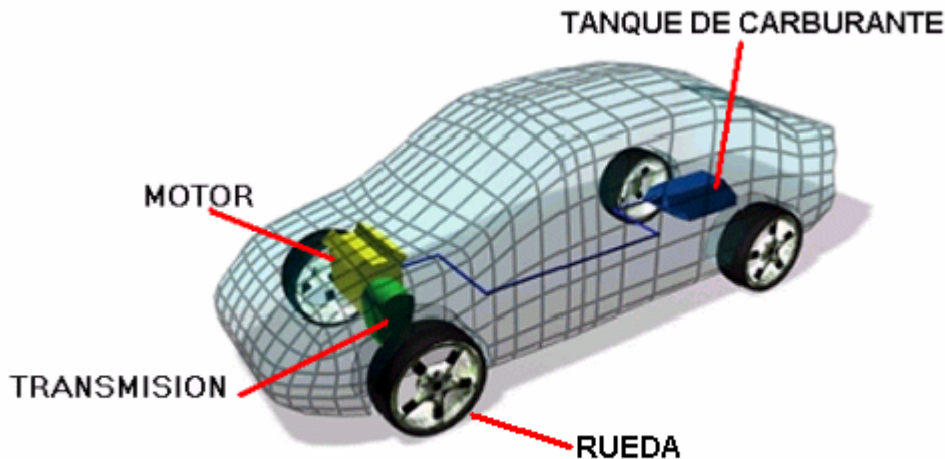
**Figura 1. Bicicleta híbrida**



FUENTE: [www.jvbike.com](http://www.jvbike.com) ,2006

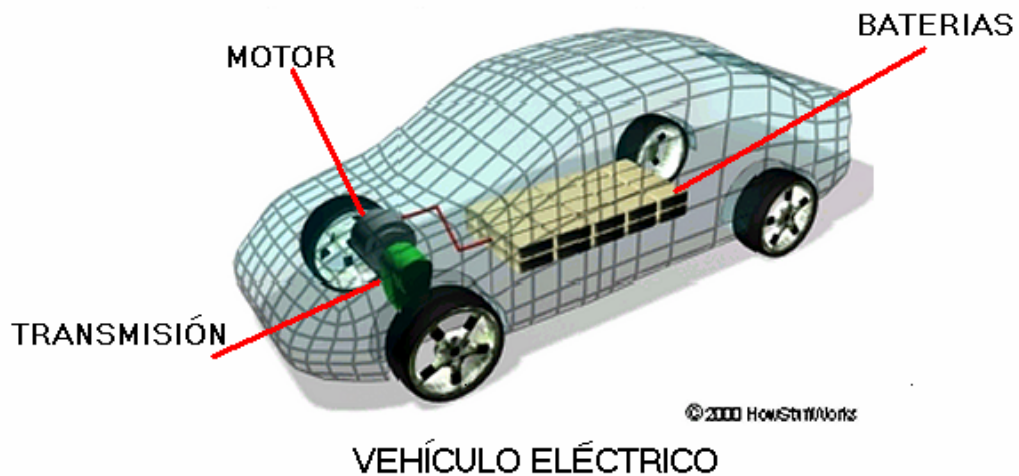
Los vehículos híbridos están a nuestro alrededor. La mayoría de locomotoras son unidades híbridas Diesel-Eléctricas. Ciudades como Seattle tienen buses Diesel-Eléctricos estos pueden obtener energía eléctrica de un cableado especial o funcionar con combustible diesel cuando no están cerca del cableado. Los grandes camiones de minería son comúnmente híbridos diesel eléctricos. Los submarinos son también vehículos híbridos nucleares eléctricos y algunos son diesel eléctricos. Cualquier vehículo que combine dos o más fuentes de poder que pueden directa o indirectamente proveer propulsión es un medio de transporte híbrido. El híbrido gasolina eléctrico es justamente eso una mixtura entre un vehículo impulsado por gasolina y uno eléctrico. Comencemos con unos cuantos diagramas para explicar las diferencias.

**Figura 2. Vehículo convencional de gasolina**



FUENTE: [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

**Figura 3. Vehículo eléctrico**



FUENTE : [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

## **1.2 Evolución de los vehículos híbridos**

El vehículo híbrido es un reto. Intenta disminuir significativamente el consumo de combustible y reducir las emisiones de gases de escape de un vehículo a gasolina, además este no debe tener las inconveniencias de un vehículo totalmente eléctrico. Los vehículos híbridos tienen una historia variada y generalmente desconocida por la mayoría de las personas, los desarrollos hechos en el siglo IXX y XX se hicieron posible los vehículos híbridos de la actualidad. A continuación se presenta una reseña histórica de los desarrollos más importante de la industria automotriz que tiene relación con los vehículos híbridos:

## **1900**

En el año 1900 las compañías fabricantes de autos de Estados Unidos fabricaron 1681 vehículos de vapor, 1575 vehículos eléctricos y 936 vehículos de gasolina. En una encuesta hecha en el primer salón del Automóvil en Nueva York, la mayoría de personas dijeron favorecer al vehículo eléctrico como el auto del futuro, seguido muy de cerca por el de vapor.

El fabricante de automóviles Pieper originario de Bélgica, produjo el "voiturette" en el que un pequeño motor de gasolina estaba unido a un motor eléctrico bajo el asiento, cuando el vehículo estaba en movimiento el motor eléctrico era en efecto un generador y recargaba las baterías, pero al encontrarse cuesta arriba el motor eléctrico montado coaxialmente con el de gasolina le daba fuerza adicional. Las patentes de Pieper fueron utilizadas por una firma belga Auto Mixte, para construir vehículos comerciales desde 1906 a 1912.

## **1904**

La compañía de EVC (*Electric Vehicle Company*) construyó un total de 2000 taxis, camiones y buses colocando compañías subsidiadas en Chicago y Nueva York, un total de 57 plantas hicieron 40000 autos.

Henry Ford venció los desafíos impuestos por el vehículo impulsado por gasolina – ruido, vibración, costo de fabricación, y olor; comenzando así la producción masiva en línea de ensamblaje de vehículo livianos, baratos e impulsados por gasolina. En pocos años las compañías de vehículos eléctricos no existirían.

## **1905**

Un ingeniero norteamericano H. Piper; obtuvo una patente para un vehículo híbrido eléctrico; su idea era utilizar un motor eléctrico para asistir un motor de combustión interna, permitiéndole alcanzar 40 km/h.

## **1905-1910**

La producción comercial de un camión híbrido que utilizaba un motor de cuatro cilindros para impulsar un generador, eliminando la necesidad de la transmisión y el paquete de baterías; este híbrido se fabricó en Philadelphia hasta 1918.

## **1913**

Con la invención y desarrollo del motor de arranque para motores de gasolina por Cadillac, se hizo más sencillo y seguro el arrancar los motores a gasolina de los vehículos, el sistema de manivela utilizado hasta entonces era muy poco práctico, inseguro y difícil de utilizar especialmente para las damas. La invención de este dispositivo provoco que los vehículos con motores de vapor y eléctricos fueran eliminados del mercado muy rápidamente por estar en desventaja de potencia y prestaciones con el de gasolina. En este año las ventas de vehículos eléctricos cayeron a solo 6000, mientras que el modelo T de FORD vendió 182,809 unidades.

## **1920-1965**

Fue un período con una producción de vehículos eléctricos e híbridos casi nula.



## **1966**

El Congreso de los Estados Unidos introdujo la primera Legislación que recomendaba el uso de vehículos eléctricos como medio para reducir la contaminación ambiental del aire por los gases de escape de los vehículos.

## **1969**

El GM 512, un vehículo muy liviano híbrido, funcionaba completamente con energía eléctrica hasta 16km/h; de 16 a 20km/h funcionaba con una combinación del motor eléctrico y el motor a gasolina. Sobre las 20km/h el GM 512 funcionaba con el motor de gasolina. Solo podía alcanzar una velocidad de 65km/h.

## **1970**

Con el embargo de petróleo árabe de 1973, el precio de la gasolina se elevó mucho, lo cual llamó la atención a tecnologías olvidadas como los vehículos eléctricos. El departamento de Energía de Estados Unidos hizo varias pruebas en varios fabricantes, incluyendo un híbrido conocido como el taxi VW producido por Volkswagen en Wolfsburg Alemania. El taxi, que utiliza lo que actualmente se conoce como sistema híbrido paralelo intercambiando un motor eléctrico y de gasolina dependiendo de las necesidades, acumuló 8000 millas en pruebas y fue exhibido en los shows de Estados Unidos y Europa.

## **1975**

AM general una división de *American Motors* , comenzó la fabricación de 352 carritos de correo para hacerles pruebas. El departamento de Investigación y Energía comenzó un programa del gobierno para desarrollo de la tecnología híbrida eléctrica.

## **1976**

El congreso de Estados Unidos creó la ley 94-413 de desarrollo de vehículos eléctricos e Híbridos; entre los objetivos de esta ley se encontraban: mejorar las baterías, motores, controladores y otros componentes híbridos.

## **1977-1979**

*General Motors* gastó cerca de 20 millones de dólares en desarrollo de vehículos eléctricos y predijo que estos podrían estar en producción para mediados de los años ochentas.

## **1979**

Dave Arthurs de Sprindale Arkansas invirtió \$1500, convirtiendo un Opel Gt estándar en un híbrido que podía dar 75 millas por galón, utilizando un motor de 6hp de una podadora, un motor eléctrico de 400amp y un arreglo de baterías de 6 voltios.

## **1982**

En este año fue publicado "*All About Electric & Hybrid Cars*" (Todo sobre vehículos híbridos y eléctricos) escrito por Robert J. Traister . En este libro el autor se pregunta, si el mayor problema de las baterías, es decir, el poco almacenaje, puede ser resuelto al incorporar un generador al diseño del auto permitiendo que se carguen las baterías automáticamente mientras el auto viaja camino abajo.

## **1991**

El consorcio de baterías avanzadas de EUA, un departamento del programa de energía, lanza un masivo programa para crear una súper batería; que pudiera ser viable la construcción de vehículos eléctricos lo mas rápido posible. El resultado fue la creación de la batería de Níquel Hidratado, la cual acepta el triple de carga que una normal.

## **1992**

La Corporación Toyota anunció su plan vibración de la tierra, en el cual se proponían la meta de hacer vehículos con la menor cantidad de emisiones posibles.

## **1997**

Sale a la venta el Toyota Prius en Japón, las ventas en el primer año fueron de 18000.

## **1997-1999**

Una pequeña selección de vehículos eléctricos de grandes fabricantes incluyendo; el Honda EV plus, el GM EV1, pickup S10, una Ford Ranger y otros salieron al mercado de California. A pesar del entusiasmo inicial de sus dueños solo se vendieron algunos cientos de cada modelo a nivel mundial. En algunos años la mayoría de programas estaría cerrados.

## **1999**

Honda saca al mercado el Insight un vehículo de dos puertas el cual fue el primer híbrido japonés en llegar al mercado estadounidense. Este vehículo

ganó numerosos premios y recibió un rango de consumo de la EPA; de 61 MPG en ciudad y 70 MPG en carretera.

## **2000**

Toyota introdujo el modelo Prius el primer sedan híbrido en venderse en masa.

## **2002**

Honda creó el Honda Civic híbrido, su segundo vehículo híbrido eléctrico gasolina; la apariencia y según Honda el manejo eran idénticos al Civic normal. Pero sin embargo el precio es más alto.

## **2004**

El Toyota Prius gana el premio del auto del año de la famosa revista *Motor Trend* y en el Salón del Automóvil de Detroit. Sorprendidos por la demanda Toyota aumenta la producción a 47000 unidades para el mercado estadounidense. Se estima una espera de 6 meses para obtener un Prius. En Septiembre Ford saca al mercado la Escape Híbrido, el primer Agrícola híbrido.

### **1.3 Incentivos ambientales y económicos**

Son muchos los factores que influirán en la rapidez con la que los vehículos híbridos se incorporan al mercado. Entre estos están; incentivos del gobierno de los países, descuentos y leyes nuevas.

### 1.3.1 Leyes de emisiones

La primera regulación de emisiones de gases de escape fue hecha en los Estados Unidos en 1970 y se le llamo *Clean Air Act* (CAA) o el Acta del Aire limpio, esto se debió a un movimiento en la industria iniciado con la seguridad de los automóviles, cada fabricante debe de cumplir con las normas de emisión de gases de cada país y en algunos casos como California, un estado tiene su propia reglamentación.

Las reglamentaciones de emisiones regulan entre otras cosas los siguientes contaminantes

- Hidrocarburos (HC), humo común
- Óxidos Nítricos (NO<sub>x</sub>), irrita los pulmones
- Monóxido de carbono (CO), gas venenoso
- Partículas en Suspensión (PM), congestionan
- Formaldehído (HCHO), cancerígeno

El dióxido de carbono no es regulado pues esta relacionado con el consumo de combustible, un galón de gasolina consumido generara 19 libras de CO<sub>2</sub> de una forma consistente y es regulado por las agencias que regulan el consumo de combustible.

Las agencias alrededor del mundo que regulan las emisiones son:

- La agencia de Protección del Medio ambiente de los Estados Unidos o E.P.A. (*Environmental Protection Agency*).
- El departamento de recursos del Aire de California o C.A.R.B. (*California Air Resources Board*).

- La asociación de control de emisiones del catalizadores AECC
- Control de Emisiones de Europa EEC (*Europe Emissions Control*).

Muchos países incorporan sus propios reglamentos aunque muchos no son tan exigentes como los mencionados. Actualmente, los reglamentos más exigentes del mundo son los de California, los vehículos híbridos que según ese estado son vehículos parcialmente de cero emisiones pues cuando utilizan su propulsión eléctrica no emanan gases nocivos.

Los reglamentos de emisiones de gases de escape y los avances tecnológicos que han resultado de estos han sido muy exitosos en reducir la contaminación de los vehículos en un 90% desde 1970, desafortunadamente la mayoría de las personas están manejando más autos más tiempo disminuyendo el buen efecto de estas regulaciones .

Las regulaciones de los vehículos han sido cada vez más exigentes, pero siempre han favorecido vehículos pesados o de trabajo lo cual cambiara en el 2007 cuando se comenzará a exigir que todos los vehículos tengan las misma normas, hay que tomar en cuenta que estas normas solo se aplican para vehículos de el año en que rige la ley en adelante, no se pueden exigir los mismos estándares del 2004 a un ford mustang 69, mas sin embargo se están requiriendo que algunos de estos autos que son de más de 20 años sean modificados para ser menos contaminantes ni utilizar gasolinas con plomo.

En los últimos años varias compañías han creado y han sacado provecho de esto, al crear sistemas de inyección de combustible electrónicamente controlada y catalizadores para vehículos clásicos o de alta edad, estos sistemas no sólo reducen las emisiones sino que también, aumentan el desempeño y reducen el consumo de combustible de estos vehículos.

### **1.3.2 Regulaciones sobre el consumo de carburantes**

Las ventajas de los vehículos híbridos son grandes al hablar de consumo de combustible. En una ciudad con congestionamiento, esto es aún mayor, pues a baja velocidad el vehículo es prácticamente un vehículo eléctrico, los dueños de estos vehículos pueden ahorrar mucho en gastos de gasolina y por la misma razón los países en combustible, transporte y manejo de este.

La agencia encargada de el control y regulación del consumo de combustible es la CAFE o economía de combustible corporativa media (Corporate Average Fuel Economy); esta institución fue creada en 1975 y rápidamente esto resultó en la reducción de la economía de los automóviles de la época a la mitad y ahorra unos 55 mil millones de dólares en los Estados Unidos cada año.

Actualmente esta institución ha replanteado sus regulaciones para hacerlas mas exigentes, por ejemplo; para el 2011, la economía media de los pickups grandes como el ford f350 tendrá que ser una media de 24 MPG , pero la desventaja es que estas regulaciones se basan en el peso del vehículo por lo que los fabricantes pueden doblar las reglas añadiendo peso.

### **1.3.3 Incentivos ambientales**

Además de los beneficios en emisiones de combustible también hay que analizar el hecho de que el consumo de combustible esta directamente ligado a las emisiones, un vehículo híbrido contamina menos por el simple hecho de que en algunos momentos funciona como un vehículo eléctrico y es en los momentos en que un vehículo convencional consume más combustible y contamina más. Un vehículo híbrido consumirá menos que un vehículo normal, lo cual se traduce en un ahorro de dinero para su dueño, ahora si miramos al futuro la proliferación de los vehículos híbridos puede resultar en una baja del

consumo mundial del petróleo y con esto en una baja en los costos del barril de petróleo, ahorrando a los países mucho dinero y conservando mejor el medio ambiente.

Muchos países han comenzado a mirar al futuro y han visto los beneficios que estos vehículos podrían traerles y han comenzado a tratar de incentivar a las personas para que adquieran un vehículo que sea híbrido. Muchos gobiernos han implementado incentivos que van desde, pagar menos impuestos sobre el vehículo, hasta mayores derechos de vía. No solo los gobiernos han notado las ventajas de estos vehículos, muchos ejecutivos y dueños de empresas han notado los beneficios que estos vehículos pueden traer al ambiente, sus trabajadores y su comunidad y han dado incentivos también; estos incluyen ayuda económica y financiamiento para adquirir un vehículo híbrido.

#### **1.4 Fabricantes y vehículos en el mercado**

Actualmente, se cree que prácticamente todos los grandes fabricante de automóviles tienen más de algún proyecto, para crear un vehículo híbrido propio, cada fabricante tiene su enfoque sobre la forma en que podrá lograr esto.

Cuando los precios del petróleo se dispararon hasta llegar a un máximo histórico como en el año 2005, debido al huracán Katrina, las ventas del pequeño vehículo híbrido Toyota Prius también llegaron a niveles récord. En determinado momento, los concesionarios de los Estados Unidos informaban de que las listas de espera llegaban a hasta ocho meses, y aún ahora, tras un



tercer aumento en la capacidad de producción, el gigante automotriz continúa luchando por satisfacer la demanda.

Con su tradicional escepticismo sobre la tecnología, y con su poca voluntad de comprometerse a la producción, el éxito del Prius ha despertado a los fabricantes de automóviles en Detroit y en Europa. Ford ha lanzado recientemente su primer híbrido, una versión del SUV Escape, y ha anunciado planes de fabricar otros cuatro modelos. General Motors y DaimlerChrysler han formado un emprendimiento conjunto para producir un nuevo tipo de vehículo híbrido de "dos modalidades", mientras que hasta Volkswagen, que desde hace mucho ha defendido la tecnología diesel, ha cedido a la necesidad de crear un vehículo híbrido.

Honda y Toyota continúan teniendo una ventaja en el segmento emergente de los vehículos híbridos, y ambos han sugerido que pronto ofrecerá opciones de trenes motrices a gasolina y eléctricos en la mayoría de sus líneas de productos. Pero si bien sus primeros modelos pueden haberse concentrado en la economía de combustible por encima de todo lo demás, los dos fabricantes parecen estar listos para cambiar de marcha y demostrar que la tecnología híbrida es mucho más versátil de lo que muchos suponían. En ese proceso, la próxima generación de vehículos híbridos podría darles una importante ventaja competitiva.

El nuevo Honda Accord híbrido nos da la oportunidad de vislumbrar qué es lo que esta por venir. La versión de gasolina y eléctrica del Accord utiliza esencialmente el mismo motor de 3.0 litros que el sedán convencional, por lo cual no ofrece el mismo mejoramiento de las millas por galón que el Insight o el Civic Hybrid. Pero al pisar el pedal, se obtiene una considerable potencia de 255 hp y un torque de 232 libras-pie. Esto es 15 caballos de fuerza y 20 lbs-pie torsión más que el Accord V-6 convencional, y es suficiente para propulsar al

híbrido de 0 a 60 mph en 7.5 segundos, medio segundo menos que el modelo sólo de gasolina. El Lexus RX400h que sufrió muchos retrasos, es el primer vehículo híbrido de lujo en el mundo y sigue una estrategia similar, y el E sedan GS450h del año que viene será puro rendimiento. Es decir, que estos fabricantes dan la opción híbrida como una alternativa a vehículos sobrealimentados o con un motor de mayor desplazamiento pero que comparativamente tienen mayor consumo y emisiones.

Ahora bien los fabricantes que en la actualidad tienen un vehículo híbrido a la venta o a punto de salir a la venta son: Toyota, Honda, Chevrolet y Ford. A continuación se da un listado de los vehículos híbridos en el mercado actual y su consumo de combustible.

**Tabla I. Vehículos híbridos disponibles en el mercado**

<b>Modelo</b>	<b>Km/gal Ciudad / autopista</b>
Chevrolet Silverado Hybrid	29/34
Ford Escape Hybrid	58/50
GMC Sierra Hybrid	29/34
Honda Accord Hybrid	48/59
Honda Civic Hybrid	78/82
Honda Insight	96/105.6
Lexus RX Hybrid	53/45
Mercury Mariner Hybrid	53/46
Toyota Highlander Hybrid	53/45
Toyota Prius	96/82

FUENTE : [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006



## 2. FUNCIONAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS

### 2.1 Tipos de estructura y sistemas

Se puede combinar las dos fuentes de poder que se encuentran en un híbrido de diferentes maneras o estructuras esto resulta en variados sistemas y vehículos, cada fabricante tiene su forma de aproximar el reto de un vehículo híbrido. Se puede clasificar a los vehículos híbridos en dos grandes grupos:

- Híbrido en Serie
- Híbrido en Paralelo

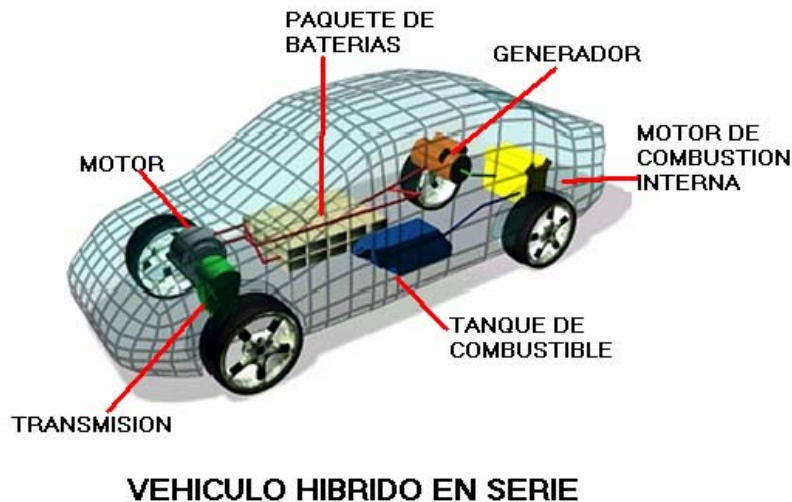
También se puede clasificar a los vehículos híbridos en otros subgrupos de acuerdo a que tan híbridos son, es decir basándose en la capacidad de un vehículo en poder funcionar con ambas fuentes de impulso de manera independiente en un momento dado, de acuerdo a esto los vehículos híbridos se sub-clasifican así:

- Híbrido total: Puede impulsarse solo con el motor eléctrico sin necesidad del impulso del motor híbrido.
- Híbrido por Asistencia Alta: Utiliza un motor de combustión interna muy pequeño y eficiente, además de un motor eléctrico para asistir con fuerza extra; no se puede impulsar solo con el motor eléctrico.
- Híbrido Básico: Este es un sistema híbrido a secas pues normalmente utiliza solo un motor de arranque sobredimensionado que asiste al motor de gasolina en los momentos y circunstancias en las que este consume más gasolina.

### 2.1.1 Híbridos en serie

Este se conoce en serie pues tiene su sistema eléctrico en serie, tiene un motor de combustión interna pequeño y eficiente con una transmisión de la forma tradicional que tiene nuestros vehículos, pero que además cuenta con un generador eléctrico que se encuentra conectado al motor de gasolina, este sistema impulsa el tren delantero o trasero, además tiene uno o varios motores eléctricos para impulsar las llantas del tren restante. El uso de varios motores eléctricos en lugar de uno permite, un mejor aprovechamiento del espacio y también un mejor control de la tracción y estabilidad. En un híbrido en serie el motor de gasolina mueve un generador y este, puede cargar las baterías o accionar el motor eléctrico que mueve la transmisión. Por lo tanto el motor de gasolina nunca mueve directamente el vehículo.

**Figura 4. Sistema de híbrido en serie**



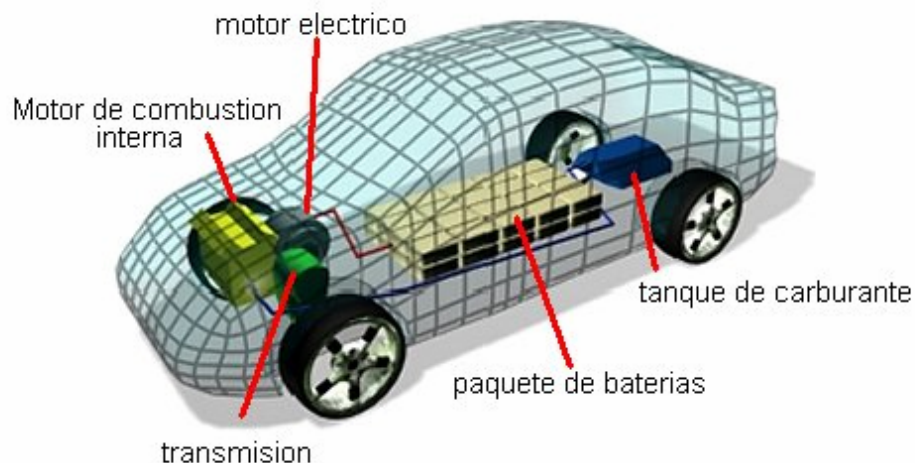
FUENTE: [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

### 2.1.2 Híbrido en paralelo

Este sistema híbrido se conoce así debido a que los ejes del M.C.I. (Motor de Combustión Interna), el generador y el motor eléctrico se encuentran en paralelo y unidos en un solo mecanismo, normalmente en el tren delantero. Habitualmente ambos motores están unidos a la transmisión y esta a las ruedas.

Este sistema también tiene un tanque de combustible que provee de gasolina a un motor de gasolina, pero también tiene un juego de baterías que proporciona energía a un motor eléctrico. El motor eléctrico y el de gasolina pueden accionar la transmisión al mismo tiempo y esta a su vez mover las ruedas.

**Figura 5. Sistema híbrido paralelo**



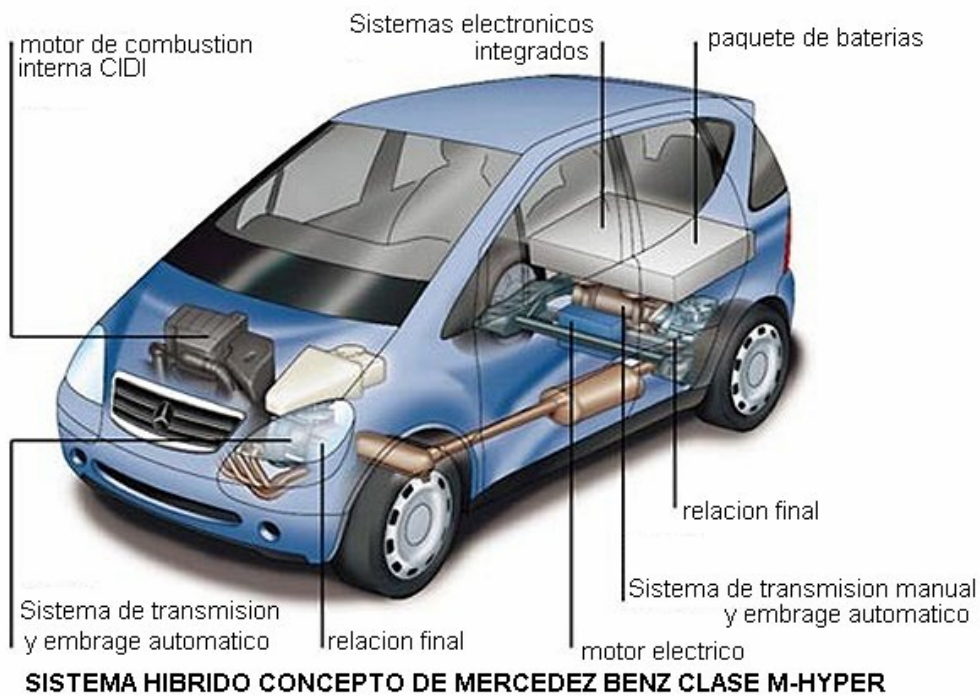
#### **SISTEMA HIBRIDO EN PARALELO**

FUENTE: [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

## 2.2 Componentes de los vehículos híbridos

Los componentes de los vehículos híbridos se pueden distribuir de forma diferente, pero son básicamente los mismos en principio, cada uno de estos componentes ha sido diseñado para máxima eficiencia.

**Figura 6. Diagrama con los componentes de un vehículo híbrido**



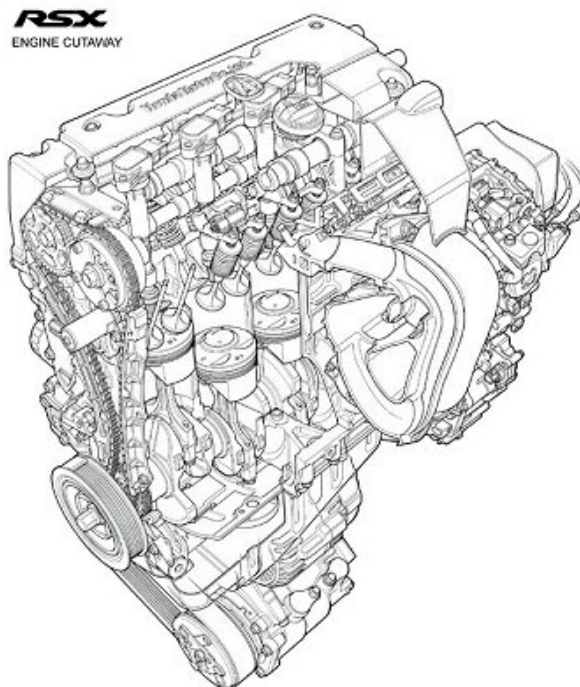
Fuente: Daimler Benz AG

### 2.2.1 Motor de combustión interna

Esta maquina aún no ha podido ser reemplazada pero, se ha hecho lo más eficiente posible y solo tan grande y fuerte como sea necesario, pues la potencia extra cuesta más eficiencia. Definamos que es un motor de combustión interna.

Se puede definir un motor de combustión interna (MCI) como cualquier tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión; la parte principal de un motor. Se utilizan motores de combustión interna de cuatro tipos: el motor cíclico Otto, el motor diesel, el motor rotatorio y la turbina de combustión. En los vehículos híbridos, actualmente solo se ha utilizado motores de gasolina de ciclo Otto Alternativo o de pistones, pero se están desarrollando vehículos con motores diesel eléctricos.

**Figura 7. Corte transversal de un motor de gasolina moderno, este motor cuenta con todos los dispositivos para hacerlos más eficiente. Un motor como este pero más pequeño es el que utiliza en los vehículos híbridos.**



Fuente: Honda Motor Company

El motor cíclico Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se



emplea en automoción y aeronáutica. El motor diesel, llamado así en honor del ingeniero alemán Rudolf Diesel; funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo o diesel. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores Otto como los diesel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos. Pero en los vehículos híbridos solo se usan motores de cuatro tiempos.

### **2.2.1.1 Partes del motor**

Los motores Otto y los diesel tienen los mismos elementos principales. La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio, el movimiento lineal del pistón. En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de 1 a 28 cilindros.

El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito o tanque de combustible, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta los

gases producidos en la combustión. Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal. En la década de 1980, este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible, se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, el sistema de ignición de los motores Otto, llamado bobina de encendido, es una fuente de corriente eléctrica continua de bajo voltaje conectada al primario de un transformador. La corriente se corta muchas veces por segundo con un temporizador.

Las fluctuaciones de la corriente del primario inducen en el secundario una corriente de alto voltaje, que se conduce a cada cilindro a través de un interruptor rotatorio llamado distribuidor. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro. La bujía contiene dos hilos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que genera la chispa que enciende el combustible dentro del cilindro.

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. En los motores de los vehículos híbridos se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua, que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador.

Los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague o *clutch* automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Pero los motores de un vehículo híbrido no necesitan de un motor de arranque, pues el motor eléctrico cumple esta misma función.

### **2.2.1.2 El motor de ciclo Otto**

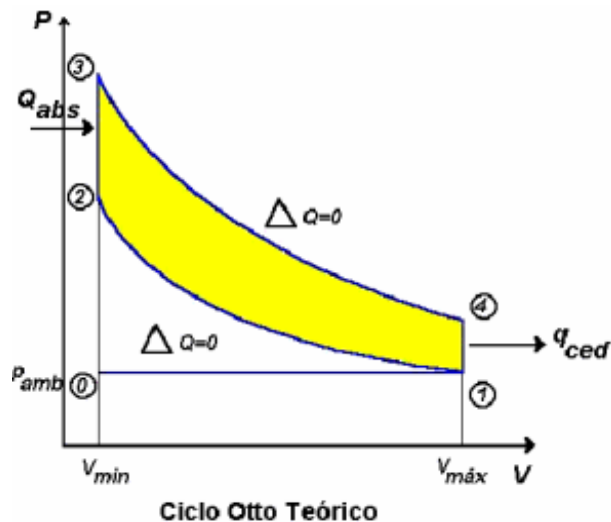
El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, es decir, que el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia el cabezal cerrado del cilindro y dos hacia atrás. Durante la primera fase del ciclo el pistón se mueve hacia atrás mientras se abre la válvula de admisión. El movimiento del pistón durante esta fase aspira hacia dentro de la cámara la cantidad necesaria de la mezcla de combustible y aire. Durante la siguiente fase, el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro y comprime la mezcla de combustible contenida en la cámara. Cuando el pistón llega hasta el final de esta fase y el volumen de la cámara de combustión es mínimo, la bujía se activa y la mezcla arde, expandiéndose y creando dentro del cilindro la presión que hace que el pistón se aleje; ésta es la tercera fase. En la fase final, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo.

- A. *Admisión*: evolución 0-1. El pistón se desplaza desde el *PMS* (punto muerto superior) al *PMI* (punto muerto inferior). La *válvula de admisión* (*VA*) se encuentra abierta. El pistón realiza una carrera completa. El cilindro se llena con mezcla aire/combustible. Al final de

la admisión (en el *PMI*) se cierra la *VA*. El llenado del cilindro requiere un trabajo negativo.

- B. *Compresión*: evolución 1-2. Con las dos válvulas cerradas (*VA* y *válvula de escape, VE*), el pistón se desplaza desde el *PMI* al *PMS*. Se realiza una carrera completa. Se comprime la mezcla aire/combustible. En principio esta compresión es *adiabática*. La compresión requiere trabajo negativo.
- C. *Encendido*: en teoría este es un *instante* (evolución 2-3). Cuando el pistón llega al *PMS*, se enciende la chispa en la bujía y se quema la mezcla en la cámara de combustión, aumentando la presión de 2 a 3.
- D. *Escape*. En este punto el pistón sube, y fuerza los gases quemados hacia fuera de la cámara de combustión

**Figura 8. Gráfica del ciclo Otto Presión vs. Volumen**



Fuente: [www.oni.escuelas.edu.ar](http://www.oni.escuelas.edu.ar)

Calculemos a continuación el rendimiento teórico de este ciclo teórico. Para ello usaremos el concepto de ciclo de aire equivalente. Con ello queremos decir que supondremos que el fluido de trabajo es un gas perfecto (aire) que se

hace seguir el ciclo y cuyas propiedades termodinámicas se mantienen constantes a lo largo de él. Esta es una simplificación, pues en realidad las propiedades termodinámicas de la mezcla y gases de combustión son diferentes. Sin embargo la simplificación permite sistematizar mejor el estudio del ciclo.

El ciclo teórico tiene las siguientes particularidades:

Evoluciones:

- La evolución (0-1) (admisión) y (1-0) (expulsión de gases) son teóricamente ambas a presión atmosférica. Como se recorren en sentidos opuestos, se anulan.
- La combustión (2-3) y la apertura válvula de escape (4-1) se suponen ambas como evoluciones isócoras (a volumen constante).
- La compresión (1-2) y la expansión o carrera de trabajo (3-4) se suponen adiabáticas sin roce. Es decir  $Q_{12} = 0$  y  $Q_{34} = 0$ .

Rendimiento:

$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{Q_{ced}}{Q_{abs}}$$

Con los signos explícitos:

$$Q_{abs} = C_v \cdot (T_3 - T_2) \quad Q_{ced} = C_v \cdot (T_4 - T_1)$$

de donde:

$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

Sacando factor común  $T_1/T_2$  para referir a compresión de base:

$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{(T_4/T_1 - 1)}{(T_3/T_2 - 1)}$$

Considerando que (1-2) y (3-4) son adiabáticas sin roce:

$$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1} \quad (1) \quad T_4 \cdot V_4^{\gamma-1} = T_3 \cdot V_3^{\gamma-1} \quad (2)$$

Dividiendo (2)/(1):

$$\frac{T_4}{T_1} \cdot \left( \frac{V_4^{\gamma-1}}{V_1^{\gamma-1}} \right) = \frac{T_3}{T_2} \cdot \left( \frac{V_3^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}} \right)$$

Como  $V_4 = V_1 = V_{max}$  y  $V_2 = V_3 = V_{min}$ , se tiene que:

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$$

de donde:

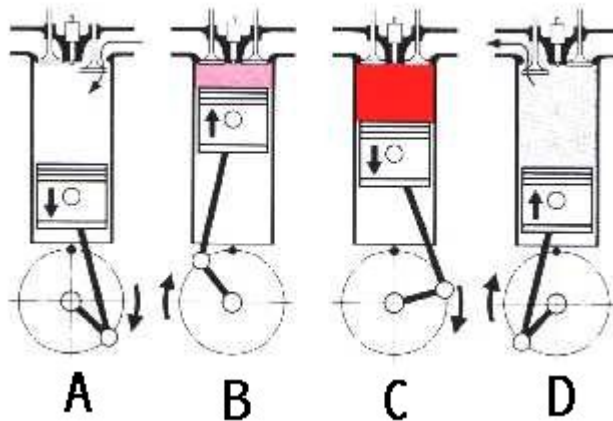
$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \eta_{Otto} = 1 - \frac{V_2^{\gamma-1}}{V_1^{\gamma-1}} \qquad \eta_{Otto} = 1 - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}/V_2^{\gamma-1}}$$

Llamando  $V_1/V_2 = a$ , la razón de *compresión*, se tiene que:

$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{1}{a^{\gamma-1}}$$

**Figura 9. Posición de las válvulas y pistones a lo largo del ciclo Otto. A. Admisión, B: Compresión, C: Fuerza, D: Escape.**



Fuente: [www.oni.escuelas.edu.ar](http://www.oni.escuelas.edu.ar)

Cada carrera completa corresponde a media vuelta del cigüeñal. Por lo tanto, para realizar el ciclo completo se requieren dos revoluciones completas del cigüeñal en el motor de cuatro tiempos.

- Trabajo: evolución 3-4. Con las dos válvulas cerradas, el pistón se desplaza desde el PMS al PMI. Se realiza una carrera completa. En principio, esta evolución es adiabática. La evolución genera trabajo positivo; de hecho es la única evolución del total del ciclo en que se genera trabajo positivo al exterior.
- Ap. Válvula de Escape: evolución 4-1. En teoría esta caída de presión de 4 a 1 es instantánea y ocurre cuando se abre la válvula de escape.
- Escape: evolución 1-0. El pistón se desplaza desde el PMI al PMS. Se realiza una carrera completa (la VE está abierta y la VA se encuentra cerrada). En principio la presión dentro del cilindro es igual a la atmosférica, por lo cual el trabajo requerido es cero.

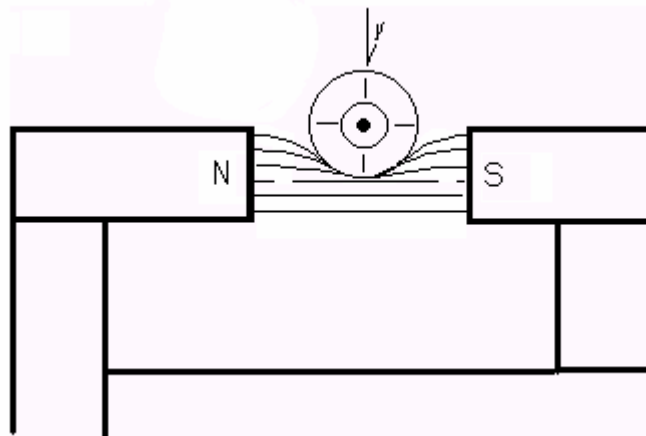
La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión, la proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta proporción suele tener un rango de 8:1 a una 10:1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25% (o sea, que sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica). Es de esta baja eficiencia de donde vienen todos los problemas de consumo de combustible y contaminación.

## 2.2.2 Motor eléctrico

El motor eléctrico utilizado en los vehículos híbridos es un motor de corriente continua; convierte la energía eléctrica en mecánica mediante el movimiento rotativo. Este tipo de motor es uno de los más versátiles; su fácil control de posición, par y velocidad la han convertido en una de las mejores selecciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Este tipo de motor se ha usado por años en motores de trenes tranvías y otros medios de transporte masivo.

### 2.2.2.1 Principio de funcionamiento

Figura 10. Campo magnético que mueve el eje de un motor eléctrico.



Fuente: [www.oni.escuelas.edu.ar](http://www.oni.escuelas.edu.ar)

F: Esfuerzo en Newton

I: Intensidad del conductor en Amperios

l: Longitud del conductor en metros

B: Inducción en Teslas



$$F = B * l * I$$

Ley de Laplace: Un conductor por el que pasa una corriente eléctrica que causa un campo magnético a su alrededor tiende a ser expulsado si lo queremos introducir dentro de otro campo magnético.

### 2.2.2.2 Fuerza contraelectromotriz inducida en un motor

Es la tensión que se crea en los conductores de un motor como consecuencia del corte de las líneas de fuerza, es el efecto generador.

La polaridad de la tensión en los generadores es inversa a la aplicada en bornes del motor.

Las fuertes puntas de corriente de un motor en el arranque son debidas a que con máquina parada no hay fuerza contraelectromotriz y el bobinado se comporta como una resistencia pura.

$$E = \frac{P * n * \phi * N}{60 * a}$$

En la que:

E: Fuerza contraelectromotriz en voltios (V)

P: Número de pares de polos

n: Número de conductores

$\phi$ : flujo en webers (Wb)

N: Velocidad en revoluciones por minuto (rpm)

a: número de pares de ramas en paralelo.

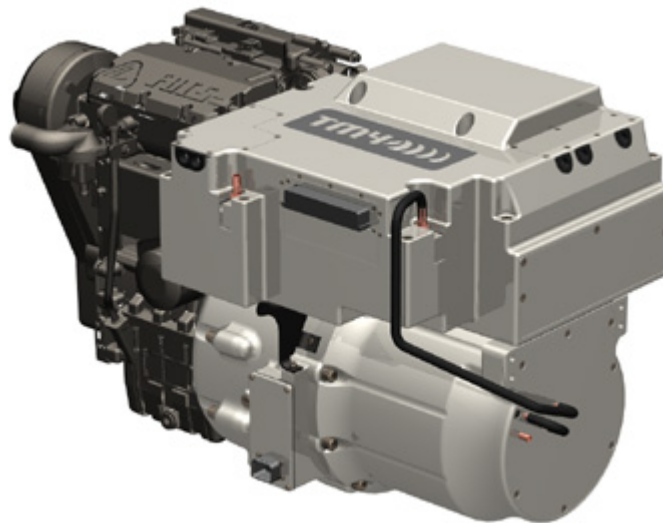
### 2.2.2.3 Número de escobillas

Las escobillas deben poner en cortocircuito todas las bobinas situadas en la zona neutra. Si la máquina tiene dos polos, tenemos también dos zonas

neutras. En consecuencia, el número total de escobillas ha de ser igual al número de polos de la máquina. En cuanto a su posición, será coincidente con las líneas neutras de los polos.

El motor eléctrico de un vehículo híbrido es muy sofisticado; la tecnología sofisticada le permite funcionar como motor impulsor y como generador eléctrico, por ejemplo; cuando lo necesita puede utilizar las baterías para funcionar e impulsar el automóvil, pero al actuar como generador puede desacelerar el automóvil y devolver energía a las baterías. Por reversibilidad entre el motor y el generador se entiende que si se hace girar al rotor, se produce en el bobinado inducido una fuerza electromotriz capaz de transformarse en energía en el circuito de carga.

**Figura 11. Sistema de propulsión híbrido, en color gris se observa el motor eléctrico y en color negro el motor de gasolina.**



Fuente: [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

### **2.2.3 Generador**

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos llamados polos, terminales o bornes, es utilizada en los híbridos de serie como un componente extra. El generador que se utiliza en los vehículos híbridos es de corriente continua o directa.

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección o continua; en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura. Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado.

Los generadores de corriente continua, funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltajes altos. El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1.500 V. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo.

**Figura 12. Corte en la transmisión del Toyota Prius. Nótese como el motor/transmisión forma parte de esta.**



Fuente: Toyota Motor Company

Los generadores modernos de corriente continua, utilizan armaduras de tambor, que suelen estar formadas por un gran número de bobinas agrupadas en hendiduras longitudinales dentro del núcleo de la armadura y conectadas a los segmentos adecuados de un conmutador múltiple. Si una armadura tiene un solo circuito de cable, la corriente que se produce aumentará y disminuirá dependiendo de la parte del campo magnético a través del cual se esté moviendo el circuito. Un conmutador de varios segmentos usado con una armadura de tambor conecta siempre el circuito externo a uno de cable que se mueve a través de un área de alta intensidad del campo y como resultado la corriente que suministran las bobinas de la armadura es prácticamente

constante. Los campos de los generadores modernos se equipan con cuatro o más polos electromagnéticos que aumentan el tamaño y la resistencia del campo magnético. En algunos casos, se añaden interpolos más pequeños para compensar las distorsiones que causa el efecto magnético de la armadura en el flujo eléctrico del campo.

El tren de potencia de un vehículo híbrido utiliza un generador; este está incorporado a la transmisión y ha sido diseñado para ser muy plano y ocupar un pequeño volumen.

#### **2.2.4 Transmisión**

La transmisión en un híbrido realiza la misma función básica que en un vehículo convencional, pero para poder realizar esa función es mucho más compleja pues, incorpora el motor eléctrico, diferencial y generador en la mayoría de los casos. Algunos híbridos como el Honda Insight tienen transmisiones convencionales; otros como el Toyota Prius tienen una radicalmente diferente de la que hablaremos adelante sin embargo, la transmisión de Honda no es igual a la de un auto de cambios manuales pues se parece más a la de un auto Formula 1. Ningún vehículo híbrido de la actualidad tiene cambios de marcha manuales pues, no es posible debido a la velocidad a la que tendría que reaccionar el piloto.

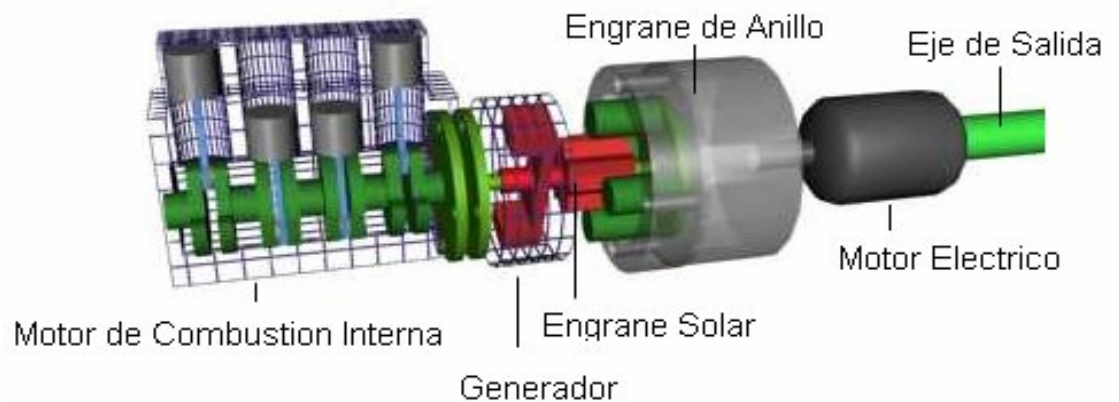
##### **2.2.4.1 El sistema de división de potencia de Toyota**

El sistema de división de potencia es el corazón del Toyota Prius, esta es una brillante caja de velocidades que se une al motor de gasolina, el generador y al motor eléctrico; todo junto. Le permite al vehículo operar como un híbrido paralelo, el motor eléctrico puede impulsar el vehículo por sí solo y

el motor de gasolina puede impulsar al vehículo solo y también pueden funcionar juntos.

El sistema de repartición de potencia le permite al vehículo operar como un híbrido en serie, el motor de gasolina puede operar independientemente de la velocidad del auto, cargando las baterías y suministrando potencia a las baterías si es necesario; también funciona como una transmisión continua variable CVT, eliminando la necesidad de una transmisión manual o automática, finalmente le permite al generador encender al motor, el auto no necesita un motor de arranque .

**Figura 13. Diagrama básico del tren de potencia de un vehículo híbrido.**

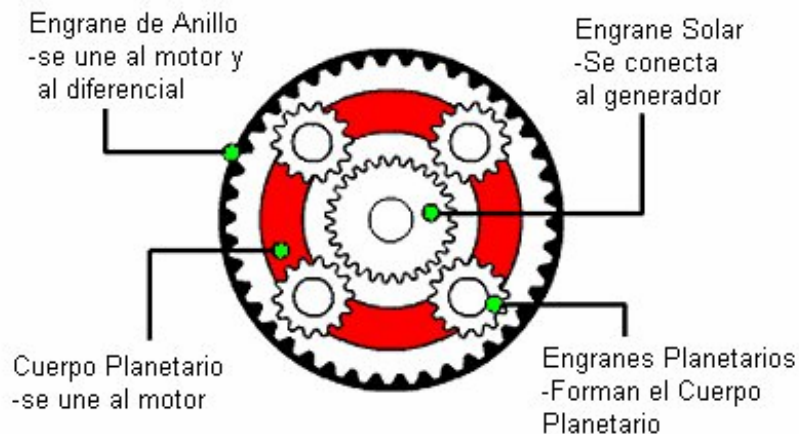


El sistema de repartición de potencia del Prius

FUENTE: [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

El sistema de división de potencia es básicamente un sistema de engranaje planetario. El motor eléctrico está conectado a un anillo dentado y al juego de engranajes planetarios, también está conectado directamente al diferencial, que propulsa las ruedas, así a cualquier velocidad que el motor eléctrico y el anillo dentado gira a determinada velocidad; determinando la velocidad del auto.

**Figura 14. Diagrama básico de los engranes del sistema de división de potencia de Toyota.**



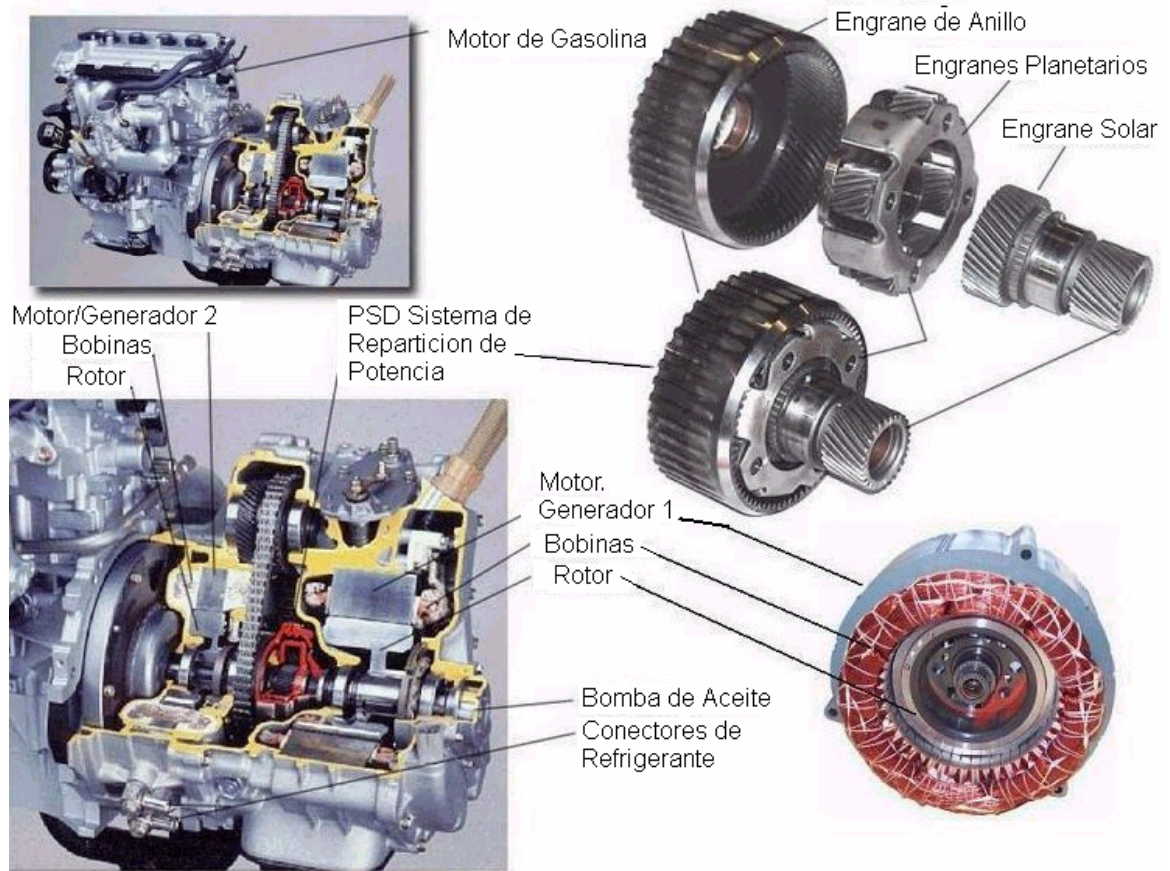
### **SISTEMA DE ENGRANES PLANETARIOS DEL TOYOTA PRIUS**

FUENTE : [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

El generador está conectado al engrane solar del juego de engranes, y el motor está conectado a el conjunto planetario, la velocidad del anillo dentado

depende de los tres componentes, por lo tanto, tienen que trabajar juntos para controlar la velocidad de salida.

**Figura 15. Despiece de la transmisión de un vehículo híbrido**



Fuente: Toyota Motor Company.

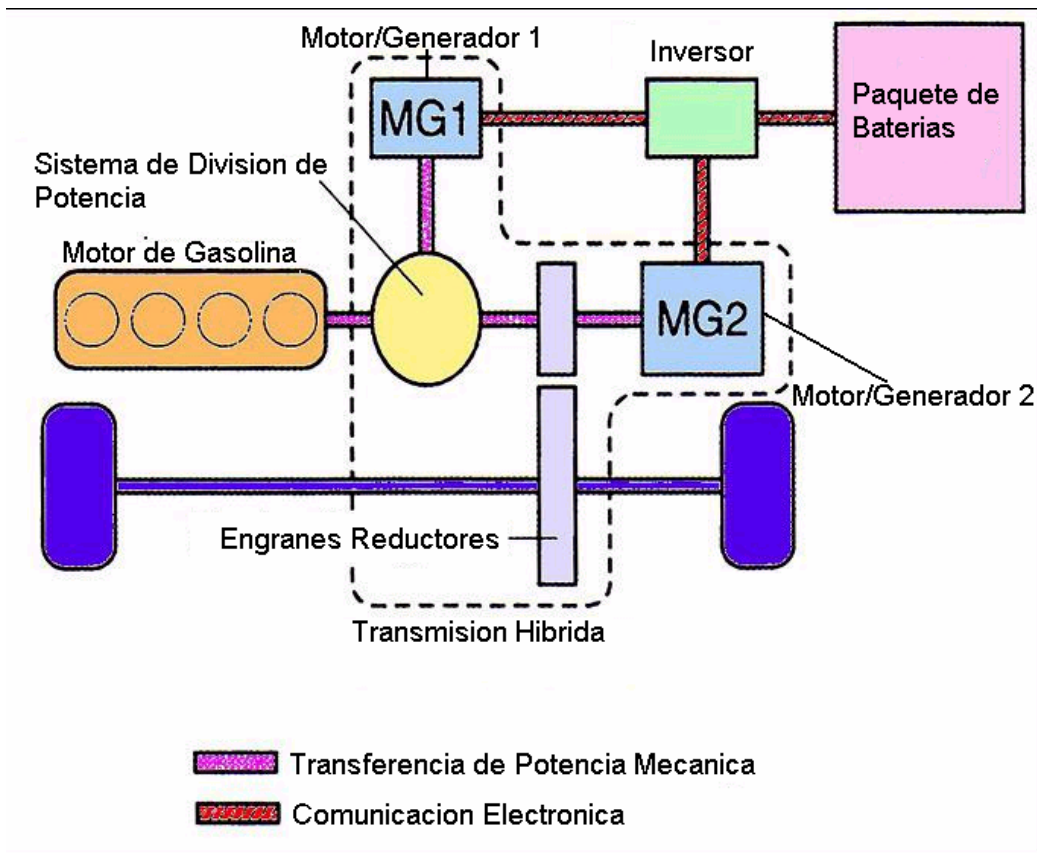
### 2.2.5 Sistema de control electrónico de la transmisión

Hoy en día, el avance de los sistemas de computadora han hecho posible el desarrollo de los vehículos híbridos. Los sistemas de control de los híbridos son increíblemente complejos. Sin los recientes avances en velocidad y potencia de procesamiento de información, la invención de sistemas de



software grafico y sistemas de operación de tiempo real ha hecho posible que exista una coordinación de componentes en los vehículos híbridos; también el uso de un bus y comunicación en el vehículo, conocido como CAN (*controler area network*) o controlador de red de área, ha jugado un rol grande en los híbridos, estos permiten a los microprocesadores comunicarse entre ellos.

**Figura 16. Flujo de comunicación entre los componentes de un híbrido.**



Fuente: [www.tdk.co.jp](http://www.tdk.co.jp)

Pero de que tipo de comunicación, se habla aquí, se tomara como ejemplo los frenos ABS que se encuentran en muchos vehículos, un controlador de frenos puede comunicar información de la velocidad de rotación de la rueda y la

velocidad del motor al controlador central del motor y la transmisión. El controlador del motor puede determinar cuanta aceleración o que tanto torque esta demandando el piloto en un momento dado, luego, estos datos pueden ser enviados a las respectivas maquinas, la transmisión para seleccionar la marcha adecuada si el controlador indica que hay una rueda patinando se envía un mensaje para reducir el torque y el evitarlo se conoce como control de tracción.

El sistema de control de un híbrido es mucho más complejo que uno de frenos ABS, pues el sistema híbrido constituye básicamente dos vehículos en uno, dos trenes de potencia, uno a base de un motor de combustión interna y otro a base de energía eléctrica.

Con el sistema híbrido, la comunicación se da en múltiples redes y niveles de control y sistemas de comunicación, algunos de los controladores son:

- Controlador de motores eléctricos.
- Controlador del motor de combustión interna.
- Controlador de frenos.
- Administrador de baterías.
- Controlador de transmisión.
- Controlador de la red eléctrica.

Algunos sistemas tienen componentes de 42 Voltios también. El sistema controlador, integra muchas de las funciones que antes eran funciones de varios controladores. Un buen ejemplo de esto, es el sistema de frenos regenerativos, existe una coordinación entre fricciones, discos y mordazas. De modo que, la energía sea recuperada y enviada al paquete de baterías; cada componente del sistema sabe que es lo que esta haciendo el otro y se ajusta a la situación basado en la información que recibe, esto se le puede agradecer a los avances en computación.

### 2.2.6 Sistema de baterías recargables

Las baterías de los vehículos híbridos y convencionales son ambas recargables pero la diferencia radica en la construcción interna y que tanta energía pueden almacenar. La batería de ácido de plomo encontrada en un vehículo convencional continua, siendo necesaria para el arranque de los vehículos híbridos, pero no provee suficiente energía para impulsar el motor eléctrico.

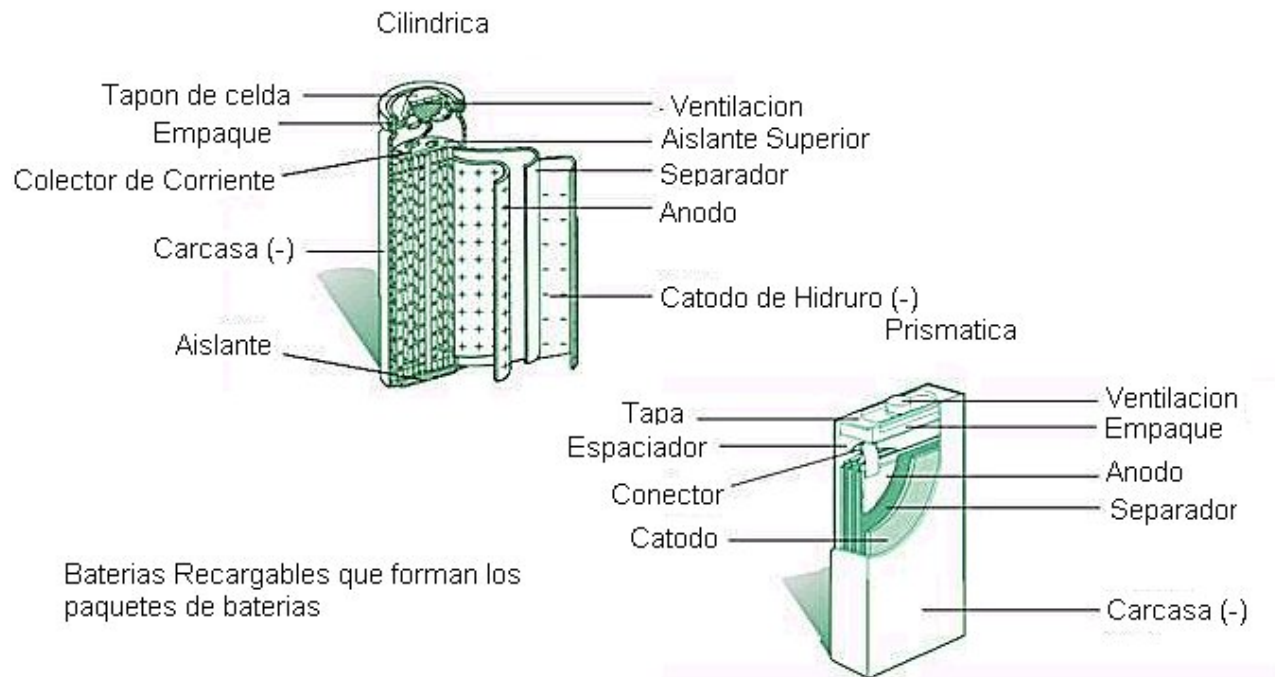
En el invierno cuando el aceite se hace más espeso y las partes del motor están más pegadas se requiere de más corriente para hacer que el motor gire y lograr arrancarlo. Algunos motores requieren de una corriente de 600 amperios para hacer girar el motor. Es por esa razón que debería de importar la corriente en frío de esta ("*cold cranking current rating.*") CCCR por sus siglas en ingles. Estas baterías están diseñadas para dar una subida en la corriente por un corto intervalo de tiempo. De otro forma, la batería solo se necesitará para asistir accesorios como el radio, iluminación, sistemas de seguridad y otros accesorios mientras el motor no este encendido. Cuando el motor esta en funcionamiento, el alternador da la energía necesaria para las demandas del vehículo, también se encarga de recargar la batería a su energía total para el siguiente arranque. La batería esta diseñada para estar lista en cualquier momento para liberar toda su carga si es necesario. Utilizar esta batería hasta que se descarga limitará su habilidad de almacenar energía en el futuro por lo cual solo se descarga hasta una carga mínima determinada .

### **2.2.6.1 La batería recargable de un vehículo híbrido**

Un vehículo híbrido utiliza una batería de ácido y plomo común para los mismos propósitos que se utiliza en un vehículo convencional, pero un vehículo híbrido también tiene una batería recargable, que esta diseñada y construida de una forma diferente, tiene lo que se conoce como una batería de ciclo profundo. La construcción interna de la batería le permite ser descargada y recargada una y otra vez, es muy similar a la batería utilizada en vehículos eléctricos como el ev1 de General Motors o un carrito de golf. La diferencia es que, los vehículos eléctricos necesitan una gran batería ya que la electricidad es su único combustible y tiene que tener una buena autonomía. Estas baterías son muy grandes y pesadas. Por ejemplo, el paquete de baterías del Pickup Ranger de Ford construido en 1990 pesaba 1600 lbs, estas baterías poseían una gran cantidad de energía, la mayoría de estos paquetes de baterías son una serie de baterías más pequeñas conectadas unas con otras en una forma que proporciona más voltaje.

Los vehículos híbridos usan una mezcla de las baterías comunes con las encontradas en un vehículo eléctrico. La batería de los híbridos se ha desarrollado mucho, desde los vehículos eléctricos comerciales. Hoy en día, las baterías de hidruro de níquel metálico esta siendo utilizado para las baterías de los híbridos en lugar de las batería de ácido de plomo para reducir el peso y proporcionar más energía, el tamaño de las baterías no es tan grande como el de las baterías de un vehículo eléctrico. En vehículos como el Toyota Prius, la batería tiene un voltaje de unos 300 voltios ó más y su potencia, no se mide en amperios sino en kilowatt-amp-hora.

**Figura 17. Partes de celdas de baterías.**



Fuente : [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

**Figura 18. Módulos de baterías utilizados en los vehículos híbridos**



Fuente : Matsushita Electronic Corporation

Quien fabrica estas baterías:

- Los primero Prius y Honda Insight utilizaron baterías NiMH D en barras marca Panasonic.
- Los más recientes utilizan un diseño prismático.
- La Ford escape híbrido utiliza un paquete fabricado por Sanyo.

### **2.2.6.2 Baterías de Litio**

El reciente desarrollo de tecnología móvil como celulares, computadoras portátiles y otros ha sido posible gracias a la invención de baterías de iones de Litio. Ahora se esta adaptando esta tecnología para poder ser utilizada en los vehículos de forma adecuada y eficiente. La diferencia podría ser híbridos mucho más livianos con mejor desempeño y a un precio más bajo.

Toyota se ha fijado la meta de vender un millón de híbridos globalmente, pero para poder lograrlo deberá reducir substancialmente el precio de estos. El mayor obstáculo para hacer esta meta una realidad ha sido el alto costo de las baterías. De acuerdo a Dave Hermance, ingeniero de Toyota, se necesitará de una nueva tecnología de baterías para hacer que el híbrido se popularice realmente.

El desarrollo de avanzadas baterías de Litio, podría cambiar la industria automotriz como la conocemos. Para comprender los cambios, muchas compañías incluyendo; Subaru, Nissan y Mitsubishi, han hecho vehículos prototipo que utilizan baterías de litio. Toyota se convirtió en el primer fabricante en utilizar baterías de litio en un vehículo de producción cuando colocó baterías de litio en su VITS CVT4, un vehículo solo disponible en Japón. El paquete de

baterías del Vitz energiza las luces, calefacción, aire acondicionado y radio cuando el auto esta alto permitiendo que el motor de gasolina se apague.

Por mucho, la versión más avanzada de la tecnología de baterías de litio es el Volvo 3CC, un vehículo concepto revelado en el 2004, este es un vehículo completamente eléctrico que utiliza 3000 celdas de litio, cada una del tamaño aproximado de una batería común AA, para proporcionar el equivalente de 105 caballos de fuerza con cero emisiones. Según ICHIRO Sugioka, jefe de ciencia de Volvo en California, los fabricantes están forzados a utilizar baterías pequeñas, pero si lo pudieran haber hecho con menos de 3000 baterías pequeñas, hubiera sido más simple y práctico.

Volvo fue incapaz de utilizar baterías más grandes, porque no son una cosa común en los mercados actuales. Las compañías de baterías se encuentran desarrollando baterías más grandes que incorporan, cobalto a la formula; rápidamente se dieron cuenta de un problema con el calor que estas generan e incluso llegan a explotar debido a esto. Aunque otros han tenido mejor suerte al reemplazar el cobalto con otros metales entre estos, el fosfato como el cátodo.

### **2.2.6.3 Supercapacitores**

Una de las ventajas de un tren de potencia híbrido es la habilidad de recuperar energía de las ruedas, mientras este se esta deteniendo almacena y reutiliza esa energía cuando el vehículo lo necesita para acelerar de nuevo. Existen muchas formas de lograr esto, cada una tiene sus desventajas y ventajas. Dependiendo del tipo de sistema, la energía puede ser recuperada en forma de electricidad o en forma neumática o hidráulica.

**Figura 19. Un supercapacitor utilizado en un vehículo híbrido**



FUENTE: [www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm](http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm), 2006

El almacenamiento de la energía eléctrica puede ser logrado por dispositivos llamados capacitores, la energía es almacenada en forma de carga de electrones en placas de metal separadas por un aislante; estas placas almacenan esta energía hasta que se necesita.

Los ultracapacitores están diseñados para almacenar y liberar grandes cantidades de energía muy rápido. Esto los hace ideales para recuperar energía en subidas de voltaje cortas que se pueden dar en los frenos regenerativos. Pero este tipo de capacitor tiene sus desventajas; son incapaces de almacenar grandes cantidades de energía, aunque pueden tomar y dar energía en grandes cantidades solo lo pueden hacer por cortos intervalos de tiempo.

Las baterías pueden almacenar más energía. Los capacitores son muy diferentes de las baterías, una batería puede almacenar energía eléctrica de forma química. Las baterías utilizan una reacción química para absorber energía, pero al almacenar electrones en forma química se genera calor y pérdidas de energía y tiempo, esto disminuye el ritmo al que puede trabajar la batería, pero siempre puede almacenar más energía que un capacitor.



Si se empuja la batería más allá de sus límites se puede sobrecalentar por lo tanto, existen límites en cuanto al flujo de energía de una batería. Se le puede comparar con un tanque enorme de agua con una pequeña tubería, puede almacenar mucha agua pero para llenarlo y vaciarlo requiere mucho tiempo, en lugar de eso el capacitor es como un globo de aire que puede llenarse y vaciarse con facilidad.

Ambos sistemas de almacenaje de energía tienen sus ventajas y sus desventajas, el hacer un sistema híbrido de los dos; uno que pueda movilizar energía muy rápido, ser robusto y aun así poder almacenar grandes cantidades de energía, claro que un sistema así es más caro las baterías y capacitores, ambos han demostrado ser sistemas muy confiables y ambos se pueden producir con los requerimientos de los vehículos híbridos.

### **2.2.7 Neumáticos de baja resistencia**

El consumo de combustible es afectado por más que solo el tamaño y peso de la rueda, la resistencia al rodamiento del neumático tiene el mayor efecto. La regla básica para esto es:

*Neumáticos más Duros = menor resistencia al Rodamiento*

Claro, si el neumático es demasiado duro, el área de este, en contacto con el suelo será demasiado pequeña y no tendrá suficiente adherencia como para mantener el auto bajo control, pues este patinaría. La misma regla es aplicable a los diseños de patrones de la banda de rodamiento; entre más complejo es este, más son las probabilidades de que tenga un buen agarre con el suelo, pero también crea la posibilidades de atrapar aire en su contacto con la superficie. Pero estas cavidades son muy útiles e importantes al atrapar agua, lodo o tierra suelta lo cual ayuda a mantener el agarre.

Las compañías de neumáticos trabajan incansablemente para encontrar el balance perfecto entre compuestos y patrones de rodamiento para hacer el neumático más eficiente; en este proceso de investigación muchos compuestos nuevos han sido descubiertos.

La mayoría de los vehículos híbridos utiliza algún tipo de neumático de baja resistencia. Algunas veces estos neumáticos tiene las siglas “Low Mu” en la pared lateral del mismo, *Mu* es la letra griega utilizada por los ingenieros para denotar la fricción de un neumático con la superficie del camino. Mientras que los neumáticos de baja resistencia han ayudado con el consumo de combustible; algunos de los dueños de vehículos híbridos se han quejado por el comportamiento del vehículo al manejarlo pues se siente muy inestable, como resultado de esto, Toyota ha comenzado a utilizar una llanta apropiada para un manejo más estable.

Así que, al final es cuestión de gusto, si el piloto prefiere una conducción más agresiva, tal vez prefiera un neumático de un compuesto más suave para tener un mejor agarre, pero si es fanático de ahorrar gasolina y es un piloto conservador tal vez deba obtener el compuesto más duro; a lo mejor ha escuchado hablar de esto en las carreras de Fórmula Uno, pues de igual forma, los fabricantes se encuentran en la búsqueda del mejor balance.

La resistencia puede ser reducida y minimizar el consumo de combustible al utilizar neumático de baja resistencia al rodamiento. Si uno cambia los neumáticos del vehículo; por ejemplo, al aumentar o disminuir la resistencia en un 20%, uno puede variar el consumo de combustible de un 3 a un 5 %; mientras esta es una diferencia mensurable, no será tan importante como revisar la presión de los neumáticos. Un vehículo cuyos neumáticos requieren una presión de 35 psi, tendrán un incremento de 12% en resistencia al avance si su presión baja a 28 psi. Muchos entusiastas de los vehículos híbridos

recomiendan un mínimo absoluto de 35psi y algunos incluso utilizan presiones de hasta 40psi. Lo recomendable es leer la recomendación del fabricante. Hay que tener en cuenta que la temperatura del ambiente hace una diferencia; la regla básica es, que por cada 10 grados Fahrenheit la presión de un neumático varía en una libra por pulgada cuadrada lo cual es directamente proporcional.

### **2.2.8 Sistema de frenos regenerativos**

Todo cuerpo en el universo posee masa y si tiene masa tiene inercia, un vehículo híbrido recupera energía al frenar gracias a los siguientes principios de física.

Si uno aplica una fuerza para mover un objeto, la ecuación es:

$$F=ma$$

En donde  $F$  = fuerza,  $m$  = masa y  $a$  = aceleración.

A mayor fuerza, más rápido se moverá el objeto.

Demos una mirada a un motor eléctrico por ahora. La energía de la batería en watts, es aplicada a las bobinas y devanados del motor, las cuales producen torque en el eje de salida; este torque luego se transfiere a las ruedas a través de un mecanismo de engranes y ejes. Cuando la rueda gira, aplica una fuerza contra el pavimento, al que debido a la fricción entre este y las ruedas, provoca que el vehículo se mueva. Lo mismo se da cuando usted empuja un bote con su mano del muelle para alejarse de este, a mayor fuerza más rápido se alejara del muelle.

La fricción existe en todas partes, en los vehículos híbridos su producto es el calor. Un vehículo convencional produce torque para mover las ruedas e impulsar el auto, mientras lo hace provoca pérdidas por fricción, al aplicar los frenos en un auto normal es otro dispositivo que utiliza la fricción de una forma útil al aplicarla a discos y un tambor para hacer que las ruedas dejen de girar y detener el auto. Un auto común tiene pérdidas de fricción entre las ruedas y el suelo para moverse y también para detenerse; por lo tanto tiene solo pérdidas.

En el sistema de híbridos regenerativos usted puede recuperar esa energía que normalmente se perdería al frenar. El uso de la inercia del vehículo es la clave. En lugar de depender de los frenos convencionales o de fricción, ahora se deja que las uniones, ejes y caja de transmisión le transfieran de vuelta el torque al motor desde las llantas. Una de las características únicas de los motores eléctricos es que; pueden tomar energía y convertirla en un torque o hacer lo contrario, tomar un torque aplicado en su eje y convertirlo en una carga eléctrica. En ambos casos esto se puede realizar con una gran eficiencia.

Así, gracias a la tecnología del controlador del motor, la fuerza en las ruedas se convierte en torque en el eje eléctrico, los magnetos en el motor o rotor se mueven dentro de las bobinas del estator generando campos magnéticos y produciendo energía eléctrica. Esta energía eléctrica es enviada de regreso al paquete de baterías; de aquí el concepto de regeneración que le da su nombre a los frenos regenerativos.

Esto es lo básico del funcionamiento de la regeneración; que tanta energía se puede recuperar dependerá de muchos factores. En primer lugar, existen muchas teorías de regeneración y que caen en dos grupos; una la regeneración en paralelo y la otra regeneración en serie. Esto se basa puramente en diseño. Otro factor es que; la mayoría de híbridos son de tracción delantera y solo se recupera energía de esas ruedas. Las llantas traseras en este caso, siguen

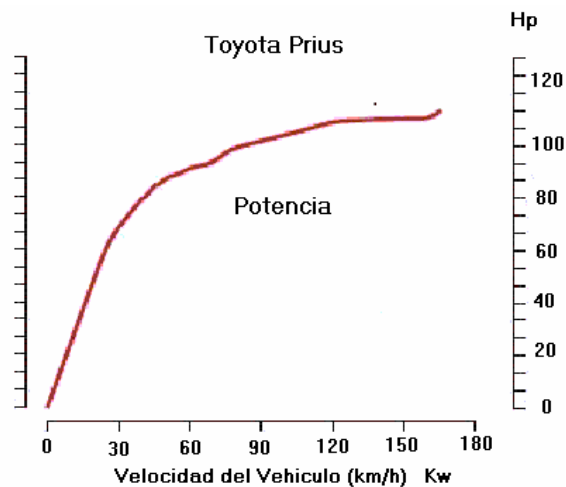
siendo una pérdida de energía como en cualquier auto al menos que de alguna manera estén conectadas al motor eléctrico, otro factor es el estado de la carga de la batería al momento de frenar y como hacer llegar esa energía a las baterías aun sobrecargarlas y dañarlas.

### 3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS FRENTE A LOS CONVENCIONALES

#### 3.1 Potencia

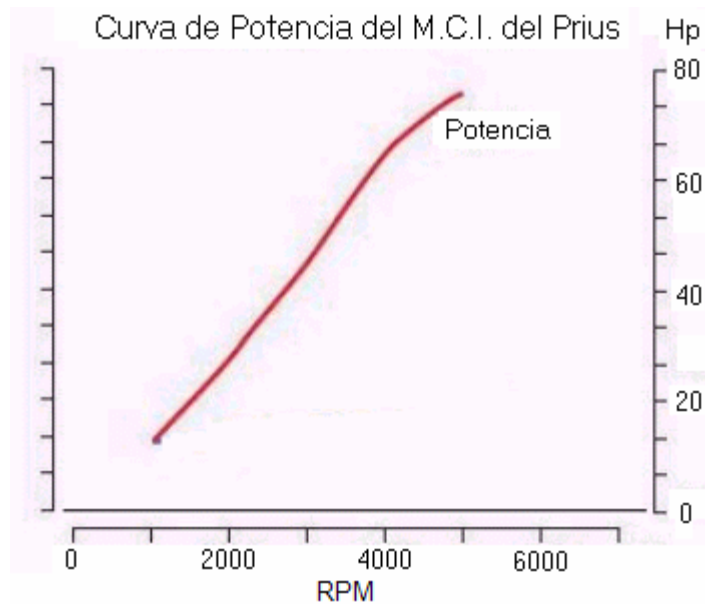
Como ya se ha discutido la ventaja de un vehículo híbrido es que utiliza el motor de gasolina solo cuando lo necesita, además este motor esta diseñado para funcionar a altas velocidades, en trafico lento que es cuando el motor de gasolina utiliza más gasolina; un vehículo híbrido utiliza su motor eléctrico. La Curva Ideal de Potencia es aquella en la que la potencia aumenta de forma gradual a medida que aumentan las revoluciones del motor. Un detalle que hay que notar es que si bien hay unos motores más eficientes que otros, en la mayoría de los casos entre más potencia dan más combustible consumen. Primero demos una mirada al desempeño del Motor de el Toyota Prius

**Figura 20. Curva de potencia del Toyota Prius, observe como da más potencia a mayor velocidad.**



Fuente: Toyota Motor Company

**Figura 21. Curva de potencia vs. revoluciones del motor del Toyota Prius, nótese como la potencia máxima se da al máximo régimen de revoluciones**



Fuente: Toyota Motor Company.

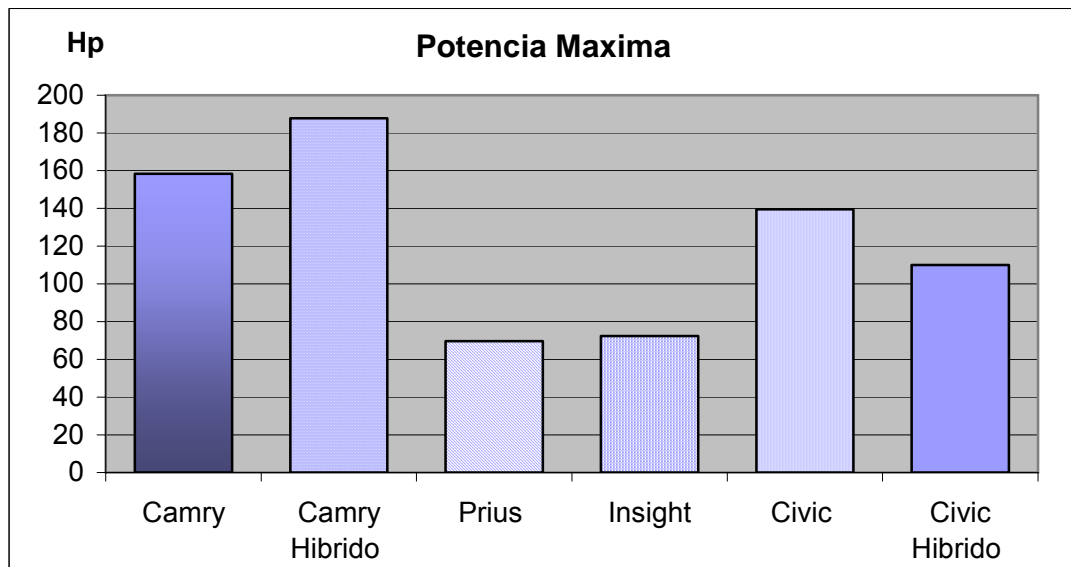
Para hacer una comparación lo más adecuadamente posible, se comparará un Vehículo Convencional con su contraparte Híbrido. Actualmente, los vehículos que se venden en versión convencional híbrida son el Toyota Camry, el Ford Escape y el Honda Civic; ambos vehículos del mismo segmento. Para hacer la comparación se utilizarán gráficas de barras y tablas; estas serán comparadas. Como la mejor característica de los híbridos es la economía, se comparará la versión híbrida con la otra versión, que mejor economía tenga. Se comenzará por describir el tipo de sistema utilizado en cada automóvil a comparar.

**Tabla II. Descripción técnica de los vehículos a comparar**

<b>Vehículo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Tipo de Motor</b>	<b>Desplazamiento</b>	<b>Tipo de Transmisión</b>
Camry	Toyota	DOCH I4	2400 cc	Manual de 5 marchas
Camry Híbrido	Toyota	DOCH I4/Eléctrico	2400 cc	Continuamente Variable
Prius	Toyota	DOCH I4/Eléctrico	1500 cc	Continuamente Variable
Insight	Honda	SOCH I3/Eléctrico	1000 cc	Manual de 5 marchas
Civic	Honda	DOCH I4	1800 cc	Automática 5 marchas
Civic Híbrido	Honda	SOCH I3/Eléctrico	1300 cc	Continuamente Variable

Fuente: ConsumerGuide.com

**Figura 22. Gráfica de potencia máxima, nótese como no hay relación aparente.**



Fuente de Datos: ConsumerGuide.com



**Tabla III. Potencia máxima y RPM al que se produce**

<b>Vehículo</b>	<b>Potencia Máxima en Hp</b>	<b>RPM</b>
Camry	160	6000
Camry Híbrido	188	6000
Prius	70	4500
Insight	72	5700
Civic	140	6300
Civic Híbrido	110	6000

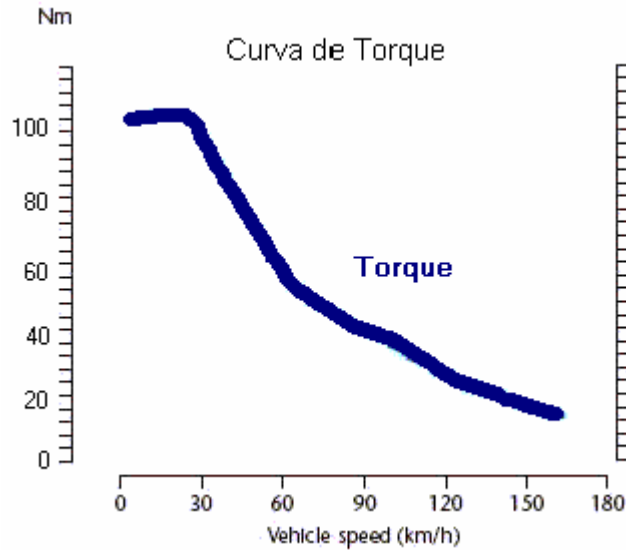
Fuente: ConsumerGuide.com

En principio parece que no hay relación en la tabla, pero aquí se puede notar que los trenes de potencia híbridos también proporcionan un excelente desempeño deportivo además de excelente economía de combustible; en algunos casos, como el caso del Toyota Camry híbrido el tren de potencia híbrido se agrega para mejorar el desempeño deportivo del auto, en los demás casos el sistema se ha diseñado solo para el bajo consumo de combustible.

### **3.2 Torque**

Una de las grandes ventajas de los vehículos híbridos es que los motores eléctricos proporcionan una curva de torque estable y por esto dan su torque máximo prácticamente a toda velocidad; esto permite que al diseñar el tren de potencia se le pueda proporcionar torque al vehículo para satisfacer las necesidades del diseño, puede ser para un mínimo consumo de combustible o para un mejor desempeño deportivo. Todo esto es controlado por el sistema de control de la transmisión que se coordina con el controlador del M.C.I.

**Figura 23. Curva de torque del Toyota Prius. Nótese como se ha diseñado para dar su máximo torque a bajas revoluciones.**



Fuente : Toyota Motor Co .

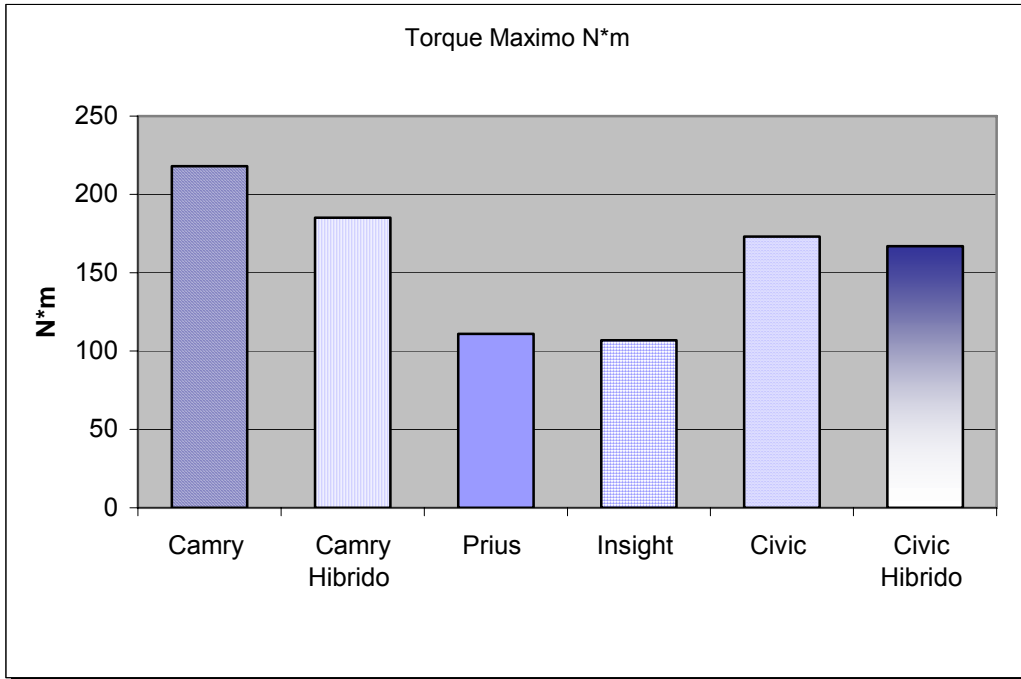
**Tabla IV. Torque máximo y RPM al que se produce**

Vehículo	Torque Máximo N x m	RPM
Camry	218	4000
Camry Híbrido	185	4000
Prius	111	4200
Insight	107	1300
Civic	173	4300
Civic Híbrido	167	1000

Fuente: ConsumerGuide.com

Nótese como el torque máximo es producido a muy bajo régimen en el Civic Híbrido, pero el Camry Híbrido se ha diseñado para un comportamiento más deportivo. El torque a bajas velocidades permite una mejor aceleración. El torque a un régimen medio como el Toyota Camry Híbrido permite una mejor elasticidad del tren de potencia es decir, poder para sobrepasar y respuesta al acelerador ya en marcha.

**Figura 24. Gráfica de torques máximos de los vehículos híbridos**



Fuente : ConsumerGuide.com

### 3.3 Eficiencia

La eficiencia de un vehículo se puede definir como la cantidad de energía que es convertida en trabajo útil, a pesar de todos los avances hechos durante el siglo pasado, la eficiencia de los motores de combustión interna sigue siendo muy baja, pero lo que más influye en el consumo de combustible, es el conductor y el tráfico. Normalmente, en las ciudades los vehículos viajan en una marcha baja y se mantienen en ralentí por largos periodos de tiempo. Además, un motor de combustión interna tiende a consumir más gasolina mientras alcanza la temperatura operacional para la que fue diseñado.

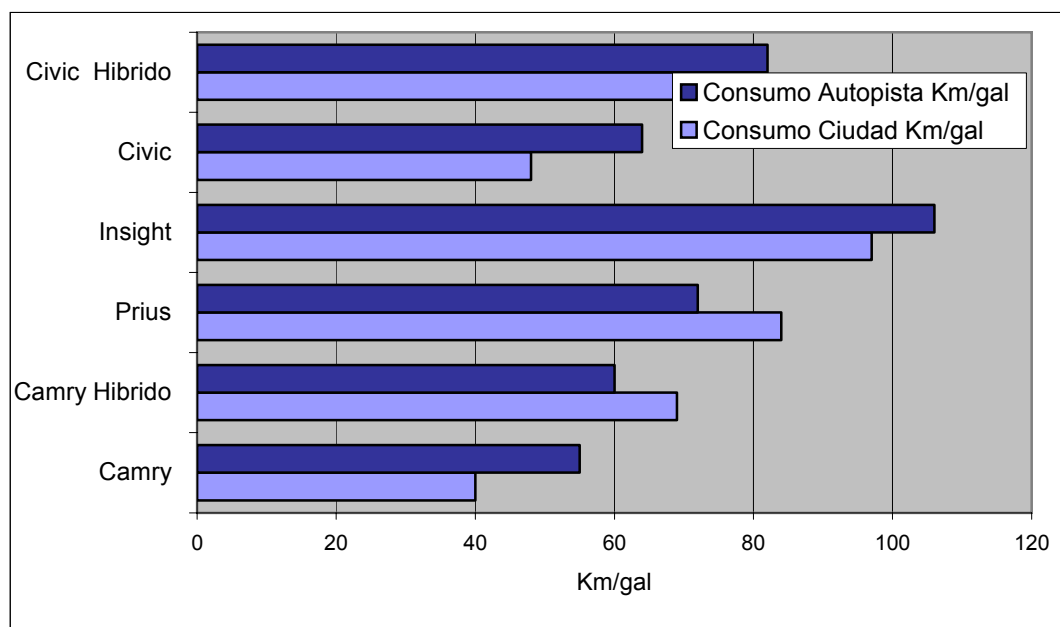
El vehículo híbrido no ha hecho de los motores de gasolina una maquina más eficiente termodinámicamente, sólo se vale de una serie de controladores

electrónicos y dispositivos para intercambiar de fuentes de impulso, para usar cada una en el momento en que son más eficientes. Un motor eléctrico utiliza la energía de manera más eficiente que un motor de gasolina o un motor diesel y al utilizarlo de manera adecuada en combinación con los anteriores puede disminuir significativamente el consumo de combustible, pero el motor de combustión interna de un vehículo híbrido no es más eficiente termodinámicamente que el de un vehículo convencional, pero el tren de potencia en conjunto si mejora de manera mensurable su eficiencia total.

### 3.4 Consumo de combustible

Si hay una cualidad sobresaliente de los vehículo híbrido es el bajo consumo de combustible, inclusive los vehículos híbridos cuyo motor eléctrico se activa para proporcionar un desempeño más deportivo consumen menos que sus iguales convencionales.

**Figura 25. Gráfica de consumo de gasolina de los vehículos híbridos**



Fuente: ConsumerGuide.com

En la grafica anterior se puede ver el valor real de los vehículos híbrido, el honda Insight es el automóvil con menor consumo de combustible a la venta hoy en día, superando la barrera de los 100 kilómetros por galón, el Prius le sigue de cerca .

**Tabla V. Consumo de combustible en ciudad y autopista**

<b>Vehículo</b>	<b>Consumo Ciudad Km/gal</b>	<b>Consumo Autopista Km/gal</b>
Camry	40	55
Camry Híbrido	69	60
Prius	84	72
Insight	97	106
Civic	48	64
Civic Híbrido	79	82

Fuente: ConsumerGuide.com

Aún siendo diseñado para un desempeño más deportivo, el Toyota Camry Híbrido sigue teniendo un consumo de combustible menor. Esto demuestra que un sistema híbrido bien diseñado cumple bien su función de bajo consumo de combustible y desempeño en carretera excelentes.

### **3.5 Emisiones**

Se ha demostrado que los vehículos híbridos hacen un mejor uso del combustible y es por esa misma razón, éstos vehículos tienen unas emisiones de gases más limpias.

El consumo de combustible es directamente proporcional a la cantidad de emisiones de gases, es por esta razón que, éstos vehículos son considerados por varias agencias que controlan las emisiones como vehículos de

virtualmente cero emisiones. Así, que otra de las grandes ventajas de los vehículos híbridos es que producen menos emisiones de gases nocivos que los vehículos convencionales, de hecho esta es una de las principales razones por las que están siendo comprados.

### **3.6 Costo y mantenimiento**

Como se mencionó anteriormente, una de las razones principales por las que muchos están comprando vehículos híbridos es por su carácter ecológico y ahorro de combustible, la mayoría de los que compran estos vehículos son personas con muchos recursos económicos, es esto debido a que los vehículos híbridos son muy costosos en comparación a un vehículo convencional de función y desempeño similar. De hecho, hace poco se hizo un estudio que demostró que los vehículos híbridos actuales no justifican su alto costo en cuanto a ahorro de gasolina.

Obviamente, los vehículos híbridos actuales son muy costosos por el hecho de que no se fabrican masivamente como los otros vehículos, además incorporan tecnología nueva, la cual también, es muy costosa. En lo que se refiere a mantenimiento del motor de combustión interna es igual al de un vehículo normal, la única diferencia es que utiliza un lubricante sintético muy delgado 0W-20 o 5W-20, esto es porque se han reducido mucho las tolerancias para permitir el uso de un aceite muy delgado y disminuir aún más el consumo de combustible, este tipo de aceite ya esta siendo utilizado por Ford y Honda en sus vehículos convencionales con el mismo propósito.

Como se puede ver un vehículo híbrido tiene un costo muy alto estos vehículos pueden llegar a costar casi el doble que lo que costaría una versión convencional del mismo vehículo; claro se empieza a compensar en el momento que se maneja, pero este vehículo tendría que ser manejado por años para poder compensar y comenzar a ser una verdadera inversión en este aspecto.

**Tabla VI. Precio base de los vehículos**

<b>Vehículo</b>	<b>Costo en US\$</b>
Camry	18,270.00
Camry Híbrido	27,520.00
Prius	19,995.00
Insight	21,530.00
Civic	14,360.00
Civic Híbrido	23,350.00

Fuente: ConsumerGuide.com

Otra desventaja es que los vehículos híbridos si bien son similares a los vehículos convencionales es difícil encontrar un taller calificado para su reparación y mantenimiento, esto debido a que incorporan motores eléctricos y otros sistemas similares; de hecho estos vehículos actualmente reciben mantenimiento solamente por el fabricante en sus agencias y por mecánicos especializados en el ramo de vehículos híbridos.

Otra desventaja probable es el alto costo del paquete de baterías el cual tendría que reemplazarse en caso de falla, aunque esto es improbable, pues están diseñadas para extender su vida útil por mucho tiempo. Todas estas tecnologías están siendo probadas y tendrá que pasar algún tiempo para que

los vehículos híbridos sean probados y se descubran más ventajas y desventajas.



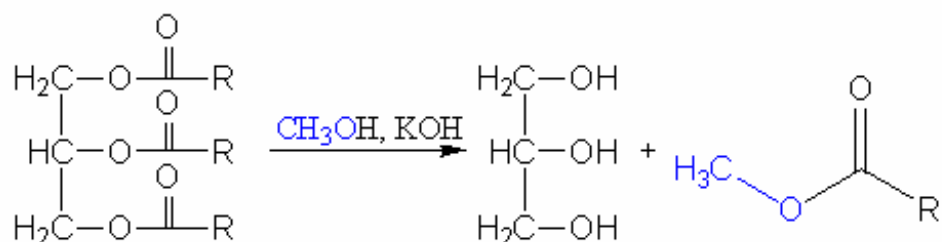


## 4. TECNOLOGÍAS RELACIONADAS

### 4.1 Biodiesel

El biodiesel es justo lo que su nombre dice; es un combustible diesel biológico que se obtiene del aceite vegetal; se obtiene por la transesterificación de triglicéridos (aceite). El producto obtenido es muy similar al gasóleo obtenido del petróleo (también llamado petrodiesel) y puede usarse en motores de ciclo diésel, aunque algunos motores requieren modificaciones.

**Figura 26. Reacción química que produce el Biodiesel**



Fuente: HowStuffWorks.com

El proceso de transesterificación consiste en combinar el aceite el cual es normalmente aceite vegetal, con un alcohol ligero, normalmente metanol, y deja como residuo glicerina que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras.

La fuente de aceite vegetal suele ser aceite de colza, pues es la planta con mayor rendimiento de aceite por hectárea, aunque también se pueden utilizar

aceites usados como los de los restaurantes, en cuyo caso, la materia prima es muy barata y además se reciclan lo que en otro caso serían residuos.

El biodiesel no contabiliza en la producción de anhídrido carbónico porque se supone que las plantas absorbieron ese gas en su crecimiento, así que, por ello, ayuda a contener la emisión de gases de efecto invernadero. En realidad la cuenta no es tan sencilla, pues el metanol que se emplea en su fabricación se suele obtener del petróleo, por lo que el balance de CO<sub>2</sub> no es nulo. Se podría obtener metanol de la madera, pero resulta más costoso. Además, es una fuente de energía renovable, siempre que el metanol se obtenga a partir de la madera.

#### **4.1.1 Ventajas y desventajas**

A pesar de sus muchas ventajas, también presenta algunos problemas. Uno de ellos es derivado de su mejor capacidad solvente que el diesel de petróleo; por lo cual los residuos existentes son disueltos y enviados por la línea de combustible, pudiendo atascar los filtros. Otro problema es una menor capacidad energética, aproximadamente un 5% menor; aunque esto en la práctica no es tan notorio, debido al mayor índice de cetano; lo que produce una combustión más completa con menor compresión. No existe registro de que produzca mayores depósitos de combustión, ni tampoco que degrade el arranque en frío de los motores.

Por su mayor índice de cetano y lubricidad reduce el desgaste en la bomba de inyección y en las toberas. Otros problemas que presenta se refieren al área de la logística de almacenamiento; ya que es un producto hidrófilo y degradable; por lo cual es necesaria una planificación exacta de su producción y expedición, ya que el producto se degrada notoriamente más rápido que el diesel de petróleo. El rendimiento promedio para oleaginosas como girasol,

maní, lino, arroz, algodón, soja o ricino; ronda los 900 litros de biodiesel por hectárea cosechada. Esto puede hacer que para países con poca superficie cultivable, sea impráctico; sin embargo, la gran variedad de semillas aptas para su producción, muchas de ellas complementarias en su rotación; o con subproductos utilizables en otras industrias, hace que sea un proyecto sustentable.

#### **4.1.2 Estándares y regulación**

Los esteres metílicos de los ácidos grasos (FAME), denominados biodiésel, son productos de origen vegetal o animal, cuya composición y propiedades están definidas en la norma DIN EN 14214, con excepción del índice de yodo, cuyo valor máximo queda establecido en 140.

Existen Estándares para tres diferentes variedades de biodiesel, dependiendo del aceite del que se extrae:

- RME: Aceite Metilico de Semilla de Rabina, Norma DIN E 51606.
- PME: Aceite Metilico Vegetal, extraído de productos netamente vegetales, Norma DIN E 51606.
- FME: Aceite de Grasas de Esteres, extraído de Grasas tanto animales como vegetales, Norma DIN V 51606.

#### **4.2 Híbridos Diesel**

El motor diesel es mas eficiente que el motor Otto y por eso consume menos combustible además el diesel es mas barato que la gasolina, pero la desventaja es que el diesel al quemarse produce mas gases nocivos que la gasolina. Así que una posible solución seria utilizar un híbrido biodiesel.

En teoría, el ciclo diesel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar a un volumen constante en lugar de a una presión constante. La mayoría de los motores diesel tienen también cuatro tiempos, si bien las fases son diferentes de las de los motores de gasolina. En la primera fase se absorbe solamente aire hacia la cámara de combustión. En la segunda fase, la de compresión, el aire se comprime a una fracción mínima de su volumen original y se calienta hasta unos 440° C a causa de la compresión. Al final de la fase de compresión el combustible vaporizado se inyecta dentro de la cámara de combustión y arde inmediatamente a causa de la alta temperatura del aire.

Algunos motores diesel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible, para arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada. La combustión empuja el pistón hacia atrás en la tercera fase, la de potencia. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de expulsión.

El diesel se inyecta durante la carrera ab.

ab: contracción adiabática.

cd: expansión adiabáticas.

ad: enfriamiento isocórico.

bc: expansión y calentamiento isobárica.

R: relación de compresión.

$C_p$ : calor específico a presión cte.

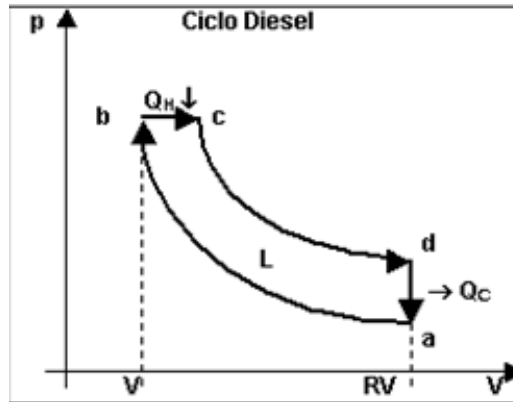
$C_v$ : calor específico a volumen cte.

$$\gamma = C_p/C_v$$

$$\eta = 1 - 1/R^{(\gamma - 1)}$$

Para un  $R = 15-20$ , y un  $\gamma = 1,4$  (aire),  $\eta = 0,65-0,70$

**Figura 27. Gráfica del Ciclo Diesel.**

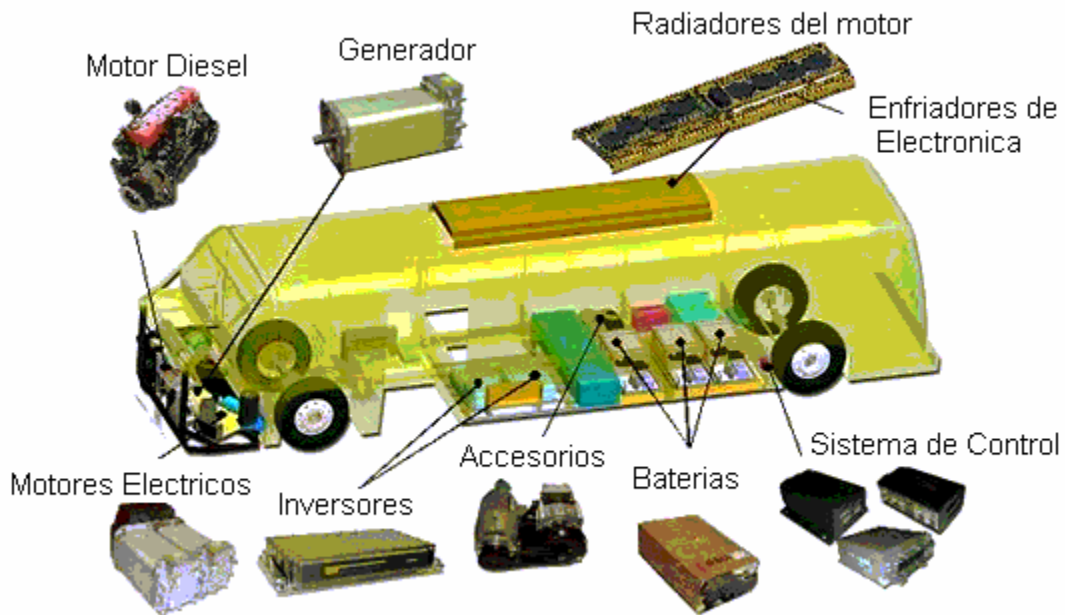


Fuente: [www.oni.escuelas.edu.ar](http://www.oni.escuelas.edu.ar)

La eficiencia de los motores diesel, que en general depende de los mismos factores que los motores Otto, es mayor que en cualquier motor de gasolina, llegando a superar el 40%. Los motores diesel suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (rpm o r/min), mientras que los motores Otto trabajan de 2.500 a 5.000 rpm. No obstante, algunos tipos de motores diesel pueden alcanzar las 2.000 rpm. Como el grado de compresión de estos motores es de 14 a 1, son por lo general más pesados que los motores Otto, pero esta desventaja se compensa con una mayor eficiencia y el hecho de que utilizan combustibles más baratos.

Actualmente los vehículos diesel híbridos de pasajeros se encuentran en desarrollo especialmente para mercados como Europa en donde el diesel es el combustible mas usado; pero *General Motors* se encuentra fabricando una serie de Buses para transporte público. Esto beneficiara mucho en el ahorro de dinero en combustible y reducirá las emisiones sobre buses diesel comunes.

**Figura 28. Diagrama de Despiece de Bus Diesel de *General Motors*.**



Fuente: General Motors Company

El funcionamiento es prácticamente el mismo que el de los vehículos híbridos de gasolina la única diferencia es que utilizan un motor diesel. Estos híbridos también se clasifican de la misma forma que los de gasolina y en su mayoría utilizan una transmisión continuamente variable.

### **4.3 Biocombustible**

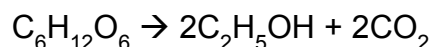
El biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa – organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos, tales como el estiércol de la vaca. Es una fuente renovable de energía, a diferencia de otros recursos naturales como el petróleo, carbón y los combustibles nucleares.

### 4.3.1 Etanol

El alcohol de vino, alcohol etílico o etanol, de fórmula  $C_2H_5OH$ , es un líquido transparente e incoloro, con sabor a quemado y un olor agradable característico. Es el alcohol que se encuentra en bebidas como la cerveza, el vino y el brandy. Debido a su bajo punto de congelación, ha sido empleado como fluido en termómetros para medir temperaturas inferiores al punto de congelación del mercurio,  $-40^\circ C$ , y como anticongelante en radiadores de automóviles.

Normalmente el etanol se concentra por destilación de disoluciones. El de uso comercial contiene un 95% en volumen de etanol y un 5% de agua. Ciertos agentes deshidratantes extraen el agua residual y producen etanol absoluto. El etanol tiene un punto de fusión de  $-114,1^\circ C$ , un punto de ebullición de  $78,5^\circ C$  y una densidad relativa de 0,789 a  $20^\circ C$ .

Desde la antigüedad, el etanol se ha obtenido por fermentación de azúcares. Todas las bebidas con etanol y casi la mitad del etanol industrial aún se fabrican mediante este proceso. El almidón de la patata (papa), del maíz y de otros cereales constituye una excelente materia prima. La enzima de la levadura, la cimaza, transforma el azúcar simple en dióxido de carbono. La reacción de la fermentación, representada por la ecuación



Se emplea como combustible industrial y doméstico. En el uso doméstico, se emplea el alcohol de quemar. Éste además contiene compuestos como la piridina o el metanol, que impiden su uso como alimento, ya que el alcohol para



consumo suele llevar impuestos especiales. En algunos países, en vez de etanol se utiliza metanol como alcohol de quemar.

En Brasil se añade etanol a la gasolina para bajar la importación de petróleo, dando lugar a la alconafta. Este país es uno de los principales productores (con 14 mil millones de litros anuales), con esto reducen un 40 % de sus importaciones de crudo. Esta última aplicación se extiende también cada vez más en otros países para cumplir con el protocolo de Kyoto. Estudios del Departamento de Energía de Estados Unidos de América dicen que el uso en automóviles reduce la producción de gases de invernadero en un 85%.

La industria química lo utiliza como compuesto de partida en la síntesis de diversos productos, como el acetato de etilo (un disolvente para pegamentos, pinturas, etc.), el éter dietílico, etc. También se aprovechan sus propiedades desinfectantes.

#### **4.3.2 Combustible sintético**

Este es un combustible gaseoso o líquido producido a partir de carbón, formaciones de esquisto micáceo, arenas de alquitrán o recursos renovables de biomasa (como cosechas agrícolas o residuos animales), que se emplea como sustituto del petróleo o el gas natural. Por ejemplo, existen cuatro métodos para convertir carbón en gas o petróleo: 1) la síntesis de gas, mediante un proceso inventado en la década de 1870, en el que el carbón se pulveriza y se mezcla con oxígeno y vapor de agua a altas temperaturas y a continuación se purifica; 2) la carbonización o calentamiento del carbón en ausencia de aire; 3) la extracción, que consiste en disolver el carbón en un líquido orgánico y exponerlo a hidrógeno; y 4) la hidrogenación, en la que se combina el carbón con hidrógeno a alta presión, generalmente por la acción de un catalizador. Una tonelada de carbón puede producir 340 metros cúbicos de gas mediante el método de síntesis; con los otros métodos puede producir tres barriles de

petróleo. Puede extraerse petróleo de algunos tipos de esquisto micáceo calentando el mineral en ausencia de aire, por un proceso llamado pirólisis; también puede extraerse petróleo de arenas de alquitrán mezclando la arena con agua caliente y vapor de agua. El gasohol es una mezcla de gasolina con etanol o metanol; estos alcoholes pueden destilarse a partir de desechos de madera o de cosechas agrícolas. Todos estos procesos son todavía demasiado caros para competir comercialmente con los combustibles obtenidos por los métodos habituales, pero es posible que en el futuro haya que utilizarlos para satisfacer el aumento de la demanda de energía.



## CONCLUSIONES

1. Un vehículo híbrido en general es aquel que tiene dos a más motores para impulsarlo de manera combinada o independiente, dependiendo del diseño del tren de potencia, en este trabajo nos concentramos en los vehículos híbridos Gasolina-eléctricos.
2. Un vehículo híbrido utiliza de una forma más eficiente el combustible y por ende tiene un menor consumo de combustible por kilómetro que un vehículo convencional.
3. Un motor más pequeño tiene una mayor eficiencia volumétrica que uno de mayor tamaño.
4. Un vehículo híbrido utiliza de forma más eficiente el combustible al utilizar el motor de combustión interna, en el momento en el que es más eficiente y tiene menor consumo de combustible. Al utilizar el motor eléctrico en el momento en el que el M.C.I. es menos eficiente se aumenta en gran medida la eficiencia total del tren de potencia.
5. Un híbrido Gasolina-Eléctrico tiene menos emisiones contaminantes de gases de escape que un vehículo convencional y también menos que un híbrido diesel gasolina.
6. Un híbrido Diesel-Eléctrico es más económico por kilómetro recorrido que un híbrido Gasolina-Diesel.

7. Actualmente, los vehículos híbridos no representan una buena inversión económica, pues se deberían utilizar por varios años de manera intensa para poder justificar su mayor costo en comparación con vehículos convencionales de funciones y desempeño similar. A medida que los vehículos híbridos sean adoptados de forma mayor los costos para comprar uno disminuirán, pero aun faltan varios años para esto.
  
8. En la opinión de el autor los vehículos híbridos gasolina-eléctricos no son una solución definitiva a los problemas que presentan los vehículos convencionales, pero si son un paso importante en el avance de la tecnología automotriz.

## RECOMENDACIONES

1. Para lograr la máxima vida útil y máxima eficiencia, el vehículo híbrido se le debe realizar un mantenimiento adecuado; debido a que el tren de potencia híbrido no es igual que el de un vehículo convencional debe de ser reparado por personal especializado en el ramo.
2. Para la lubricación del motor de gasolina de un vehículo híbrido se debe utilizar un aceite adecuado para el motor de modo que se reduzca la fricción en sus partes. Actualmente, las refinerías como Penzoil ya han desarrollado aceites especiales para su uso en vehículos híbridos.
3. En países como Guatemala, los vehículos híbridos Diesel-Eléctricos serán una excelente alternativa para el transporte masivo urbano, pues disminuirían el consumo total de diesel y como consecuencia el costo del transporte público sería menor con el tiempo. Además, tendría la ventaja adicional de reducir las emisiones de gases de escape de las unidades.
4. El conductor sigue siendo un importante factor en el consumo de combustible en los vehículos híbridos este deberá adaptarse a la forma en que trabaja un vehículo híbrido.
5. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, debería realizar un estudio sobre el uso de vehículos híbridos en el transporte urbano de la ciudad de Guatemala, para un mejor uso del combustible en el futuro.



## REFERENCIAS

1. <http://www.hybridcars.com/>. Marzo de 2006
2. <http://www.activehybrid.com/>. Junio de 2006
3. [http://www.fueleconomy.gov/feg/hybrid\\_sbs\\_cars.shtml](http://www.fueleconomy.gov/feg/hybrid_sbs_cars.shtml). Mayo de 2006
4. <http://www.hybridcenter.org/>. Marzo de 2006





## BIBLIOGRAFÍA

1. [http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid\\_car](http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_car). Junio de 2006
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Prius>. Junio de 2006
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Honda\\_Insight](http://en.wikipedia.org/wiki/Honda_Insight). Junio de 2006
4. <http://www.howstuffworks.com/hybrid-car.htm>. Marzo de 2006
5. <http://townhall-talk.edmunds.com/direct/view/.ef27a26/>. Junio de 2006
6. M.F. Spotts Elementos de Maquinas Séptima Edición Junio de 2006  
México: Prentice Hall may 1999
7. <http://www.toyota.com/prius/>. Mayo de 2006