



Universitat de Lleida

TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Alejandro Serret Agelet de Saracibar

Titulació: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol de Treball Final de Grau: **Motors de automòviles, nuevas tecnologías y transición energética.**

Director/a: Dra. Ingrid Martorell Boada

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2022

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJECTIVOS Y ALCANCE	2
3.	MOTORES DE AUTOMÓVILES	3
3.1.	TIPOS DE MOTORES	4
3.1.1.	Motores Térmicos de Combustión Interna	4
3.1.1.1.	Motores según el diseño	19
3.1.1.2.	Motores según el método de encendido	22
3.1.1.3.	Motores según el número de cilindros.....	23
3.1.1.4.	Motores según la disposición de los cilindros	25
3.1.1.5.	Motores según el tipo de combustible.....	29
3.1.1.6.	Motores según el modo de trabajo.....	30
3.1.2.	Motores Eléctricos	33
3.1.2.1.	Motor asíncrono o de inducción (AC).....	38
3.1.2.2.	Motor síncrono de imanes permanentes (AC).....	39
3.1.2.3.	Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC)	39
3.1.2.4.	Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC).....	40
3.1.3.	Motores Híbridos.....	40
3.1.3.1.	Motores según la combinación de tecnologías	42
3.1.3.2.	Motores según su principio de funcionamiento	43
3.1.3.3.	Motores según la recarga de baterías.....	46
3.2.	TIPOS DE CICLOS TERMODINÁMICOS.....	47
3.2.1.	Ciclo Otto.....	48
3.2.2.	Ciclo Diésel	49
3.2.3.	Ciclo Atkinson	50
3.2.4.	Ciclo Miller.....	51
3.3.	COMPARACIONES ENTRE LOS DIFERENTES MOTORES.....	52
3.3.1.	Comparación entre los Motores de Combustión Interna	53
3.3.2.	Comparación entre los Motores Eléctricos	54
3.3.3.	Comparación entre los Motores Híbridos	55
3.3.4.	Resumen comparativo	56
3.4.	PREVISIONES DE FUTURO	57
4.	NUEVAS TECNOLOGÍAS	59
4.1.	MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 6 TIEMPOS	59
4.2.	MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON BIOFUELS.....	61
4.3.	MOTORES ELÉCTRICOS CON EFUELS	62

4.4.	MOTORES HÍBRIDOS DE HIDRÓGENO CON FUEL CELLS	63
4.5.	MOTORES MICROHÍBRIDOS O MILD HYBRIDS	65
5.	TRANSICIÓN ENERGÉTICA.....	66
5.1.	MEJORAS EN LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE EMISIONES	67
5.2.	RENOVACIÓN DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO	71
5.3.	FUTUROS OBJETIVOS	73
	CONCLUSIONES.....	75
	BIBLIOGRAFÍA	77

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, como en la mayoría de su historia, el mundo de los automóviles es y ha sido uno de los temas con mayor cabida en los pensamientos de la mayoría de gente en todo el planeta. Hasta no hace mucho, las preguntas mayormente formuladas sobre este mundo automovilístico eran sobre cuál era el coche más rápido, bonito o llamativo, cuál llevaba un determinado jugador de algún deporte o cuál era el mejor automóvil en cuanto a la relación calidad precio.

Estas y muchos otras eran las cuestiones que la mayoría se hacían y aún ahora se siguen haciendo. Sin embargo, han empezado a surgir otras dudas, consecuencia de los cambios que se están visualizando en el mundo desde hace tiempo, sobre la pésima situación del cambio climático, la escasa cantidad de combustible que quedará en menos años de los que se cree y la transición energética y económica que se requiere cuanto antes. Estas surgen a causa de, en parte, la multitud de emisiones que este tipo y cualquier otro tipo de transporte están expulsando al medio ambiente y el aire que se respira, y se basan en la cantidad de emisiones que emite determinado automóvil, el consumo que tiene, hasta cuándo se podrán utilizar los de gasolina, etc.

Las cuestiones a las que aludo ahora consisten en nuevos temas que se quieren resolver desde hace ya unos cuantos años y para los cuales se está trabajando sin descanso. Debido a los múltiples cambios que requiere e inevitablemente se producen en cualquier país, se debe seguir investigando y estudiando todas las posibilidades que nos podemos encontrar en un futuro no muy lejano. Para ello, es necesario también la aparición de nuevas tecnologías que ayuden a tener un mundo mejor y nos faciliten el trabajo y la reducción de muchos agentes contaminantes en la mayoría de combustibles utilizados. Todas estas tecnologías van avanzando a lo largo de las décadas y pueden llegar a sustituir en un futuro las actuales y ya no recomendadas.

Sin embargo, se va a describir y reflexionar sobre la necesidad de una electrificación en el sector del transporte, en concreto hablando del ámbito automovilístico, con la cual se intentarán lograr todos los objetivos marcados para dentro de unos cuantos años. Algunos de ellos se basan en una mejora de la eficiencia energética y una reducción de los gases contaminantes para el medio ambiente, los cuales se pueden conseguir con un aumento de los vehículos eléctricos y las energías renovables y una disminución en el uso de combustibles fósiles.

Los temas basados en el cambio climático, los diferentes tipos de motores en automóviles y los posibles cambios para mejorar el futuro de nuestro planeta, me ha llevado a realizar este trabajo de final de grado. Voy a intentar transmitir de la mejor manera todo mi aprendizaje y las diferentes alternativas que, según los expertos, se tendrían que llevar a cabo para poder disfrutar del mencionado futuro libre de emisiones en un no tan lejano año 2050.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

Los objetivos marcados para este proyecto son los siguientes:

- Examinar las diferencias entre todos los tipos de motores de automóviles que coexisten en el mundo.
- Reconocer cuáles son las principales cualidades que hacen únicos a cada uno de estos motores.
- Determinar qué tipo de motores serían los más oportunos, en relación al cuidado del medio ambiente, para seguir siendo utilizados en un futuro.
- Inspeccionar los diferentes tipos de ciclos que podemos encontrar en la industria del automóvil.
- Investigar las apariciones de las nuevas tecnologías en el mundo para la reducción de las emisiones hacia el medio ambiente.
- Proponer distintas alternativas a las tecnologías actuales en automóviles para poder tener una atmósfera más cuidada que la que hemos tenido hasta el momento.
- Observar qué cambios ha habido y habrá en un futuro próximo sobre la transición energética.
- Visualizar hacia donde nos dirigimos en el mundo de la industria automovilística.

El alcance de este trabajo se basa en lo siguiente:

- El reconocimiento de los diferentes motores de automóviles de combustión interna, eléctricos e híbridos que se pueden encontrar en el mercado actual.
- El estudio de las principales partes y características que los diferencian unos de otros, además de sus ventajas e inconvenientes.
- La reflexión sobre las previsiones de futuro de estos motores según sus cualidades y efectos en el medio ambiente a corto y largo plazo y la investigación de nuevas tecnologías que pueden ser viables para un mundo automovilístico más eficiente y menos perjudicial para el entorno.
- La comparación entre los distintos motores y sus puntos débiles y fuertes.
- La determinación de los distintos ciclos vinculados a los motores térmicos de automóviles, con una breve descripción de sus procesos, ayudada de gráficos.
- La descripción de mejoras y objetivos futuros de gobiernos y empresas para un transporte sostenible y eficiente, como de la inevitable transición energética.

Por otro lado, no se van a estudiar los componentes que no se estén dentro del motor o alrededor de él en un automóvil, como tampoco el diseño interior o exterior de ningún vehículo.

De igual manera, no se va llevar a cabo ninguna descripción sobre los motores de combustión externa, ya que, aunque poseen un gran rendimiento y par de arranque, su potencia es inferior y no están incorporados en los automóviles. Calientan agua vaporizada fuera del cilindro del motor para extraer energía calórica y convertirla en mecánica. Algunos de los más relevantes son el motor Stirling y la máquina de vapor.

3. MOTORES DE AUTOMÓVILES

Un motor es la parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles... según si es un motor térmico o eléctrico), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo. En los automóviles este efecto es una fuerza que produce el movimiento. (1)

El motor es la energía principal para hacer que el automóvil pueda avanzar o recular, según las necesidades de cada momento. Es el elemento con el cual no podría funcionar ningún tipo de automóvil, indispensable para realizar cualquier movimiento que se requiera.

En 1860 el belga Jean Joseph Etienne Lenoir fabrica un motor de combustión interna, similar a un motor de vapor de doble efecto con cilindro horizontal, con cilindros, pistones, bielas y volante. Fue el primer motor que fue construido en cantidades importantes. (2)

El 29 de enero de 1886, Carl Benz patentó su “vehículo motorizado con motor de gasolina” de tres ruedas, y se consideró como el día del nacimiento del automóvil. Ese mismo año, Gottlieb Daimler creó el primer carruaje motorizado de cuatro ruedas (3).

A lo largo de los años, desde la creación del primer motor hasta la actualidad, estos han ido evolucionando de manera progresiva para que cada desarrollo, modificación y actualización haga que un determinado motor tenga diferentes mejoras respecto a su predecesor. Estas innovaciones han sido cada vez más relevantes, y han ido llevándose a cabo sobre todo a partir de mediados del siglo XIX.

Todas estas evoluciones de los diferentes motores que conocemos hoy en día (de los cuales se hablará más adelante), han sido en gran parte gracias a las nuevas tecnologías que se han ido obteniendo con el paso del tiempo.

Hoy en día, los motores más utilizados en el mercado del automóvil son los llamados motores de combustión interna. En cambio, ya hace un tiempo que están ganando bastante terreno los motores eléctricos e híbridos, los cuales serán mucho más relevante en un futuro de lo que podríamos pensar. Esto es debido en gran parte al movimiento masivo hacia la disminución de emisiones contaminantes para el medioambiente, las cuales se quieren reducir al máximo en número determinado de años, ya que sin esta reducción no se podrá disfrutar del planeta que conocemos tantos años como cabría esperar.

Además de estos motores, hay elementos fundamentales para su funcionamiento que también han ido evolucionando. Podemos hablar por ejemplo de los combustibles, los accionamientos eléctricos e híbridos, los frenos, las ruedas, las carrocerías, la potencia que puede proporcionar un vehículo... Todo ello ha sido estudiado y ha ido avanzando al cabo del tiempo para una mejor funcionalidad de los automóviles.

3.1. TIPOS DE MOTORES

Según las diferentes cualidades y los principales elementos que constituyen los motores hoy en día creados, se puede distinguir entre varios tipos de motores de automóvil:

3.1.1. Motores Térmicos de Combustión Interna

Este tipo de motores los encontramos cuando el trabajo que realizan para hacer posible el desplazamiento del automóvil es obtenido a partir de energía calórica.

A continuación, en la Ilustración 1, se muestra la imagen de un motor térmico de automóvil, en la cual se pueden distinguir algunas de sus partes más esenciales:



Ilustración 1: Motor térmico de automóvil. (Fuente: <https://sites.google.com/site/1bachsanchezmariaoa/motores-termicos>)

Cuando hablamos de motores de combustión interna o motores de explosión nos referimos a los motores en los que se produce la combustión de un fluido ardiendo dentro de una cámara, llamada cámara de combustión. Con dicha combustión se transforma la energía química originada con el proceso en energía térmica. Con esta energía térmica se puede obtener la energía mecánica que necesitamos para que el desplazamiento del vehículo se produzca. (4)

En este caso, la combustión realizada dentro del motor lleva a cabo el trabajo. El proceso cíclico que encontramos en estos motores consiste en el siguiente:

- 1) **Admisión:** aspiración de la mezcla de aire-combustible. Momento en el cual encontramos cerrada la válvula de salida y el pistón empieza el proceso de bajada por el cilindro y aspirar la mezcla a través de la válvula de admisión.
- 2) **Compresión:** compresión de la mezcla. Instante en el que se cierran las dos válvulas y sube el pistón para comprimir la mezcla.

- 3) **Explosión** o **expansión**: extracción de la energía expansiva. En este paso la bujía emite una chispa en la mezcla y esto lleva a producirse la ignición. Después, el pistón baja y se empieza a advertir el movimiento. La energía producida en la etapa genera un movimiento continuo que mantiene las otras 3 etapas en constante movimiento, el cual es transmitido por la caja y la transmisión a las ruedas, y así el automóvil consigue desplazarse.
- 4) **Escape**: se expulsan los gases quemados. En el último movimiento sube nuevamente el pistón y se abre la válvula de escape. Este proceso hace que salgan los gases que se producen en el paso anterior.

Se requiere de un proceso llamado renovación de la carga, en el cual se va renovando la carga para sustituir los gases por una nueva mezcla de aire y combustible. (5)

En la Ilustración 2 y la Ilustración 3 se visualiza claramente el proceso cíclico de combustión que se lleva a cabo en estos motores:

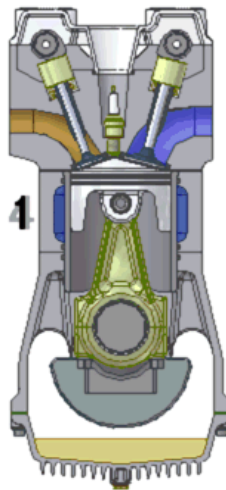


Ilustración 2: Proceso cíclico de combustión en un motor de combustión interna de 4 tiempos. (Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustion_interna#/media/Archivo:4-Stroke-Engine.gif)

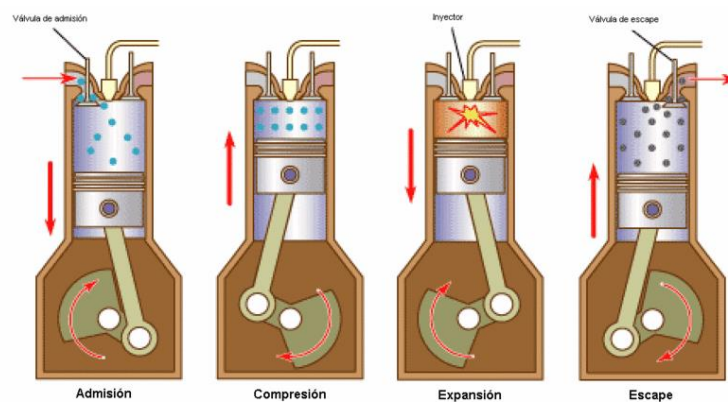


Ilustración 3: Ciclo termodinámico en un automóvil de combustión interna. (Fuente: <https://ingenieromarinero.com/motores-de-combustion-interna-alternativos-mcia/>)

La siguiente Ilustración 4 representa un motor de combustión interna de un automóvil:



Ilustración 4: Motor de combustión interna. (Fuente: <http://www.solverdca.com.ar/motor-de-combustion-interna-partes-que-lo-integran/>)

En la Ilustración 4 podemos observar una imagen de un motor térmico de automóvil de combustión interna. Para examinar la estructura y el funcionamiento de un motor como este tenemos que hablar sobre las distintas **partes** que lo integran y rodean, comunes en los motores gasolina y diésel:

- La **culata**, tapa de cilindros o cabeza del motor es la parte superior del motor que hace posible el cierre de las cámaras de combustión. Las más sencillas son la del motor de dos tiempos refrigerado por aire y la de los motores antiguos refrigerados por agua. En ella se ubican las **válvulas** y el **tren de balancines**. Se une al motor mediante tornillos y una junta de culata, que facilitan el rápido enfriamiento. Cuando se daña emite un sonido semejante a un ligero golpeteo.

Si se encuentra en un motor de encendido provocado (Otto), tiene orificios roscados, y en ellos encontramos las **bujías**. En cambio, si se encuentra en un motor de encendido por compresión (Diesel), son los **inyectores** los que observamos en esos orificios. Se muestra un ejemplo en la Ilustración 5:



Ilustración 5: Culata. (Fuente: <https://www.motor.es/que-es/culata>)

- Las **válvulas de asiento** o de globo se tratan de válvulas formadas por un agujero circular y un tapón cónico en forma de disco al extremo de una varilla. Mediante la guía de la válvula y un actuador, el vástago, la guía para regular el paso de algún fluido o gas y la diferencia de presiones facilita cerrarla o abrirla.

Poseen varias cualidades:

- Robustas y resistentes.
- Tolerantes con el óxido o el polvo.
- Permiten una alta velocidad de operación.
- Se usan en muchos motores de pistones.

En la Ilustración 6 se puede observar un ejemplo de esta válvula de asiento:



Ilustración 6: Válvula de asiento. (Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_asiento)

- El **pistón** es la parte que se encuentra en el cilindro y se mueve para transmitir energía. Dicha energía es de los gases de combustión y se transmite a la parte del cigüeñal realizando un movimiento alternativo dentro del nombrado cilindro. Se transforma a lo largo de la biela y el pistón hace de guía.

Es una pieza metálica y contiene fundamentalmente tres partes:

- La **cabeza**: parte superior y más reforzada, en contacto permanente con todas las fases del fluido.
- El **cuerpo**: parte central del pistón.
- La **falda** o pollera: entre el centro del orificio del perno y el extremo inferior del pistón y es la que guía el pistón en el cilindro.

Dicho pistón se ve representado en la Ilustración 7:



Ilustración 7: Pistón. (Fuente: <https://autolab.com.co/blog/que-es-el-piston-y-cual-es-su-funcion/>)

- La **biela** es la parte utilizada para transmitir movimiento entre dos partes de un determinado mecanismo de manera longitudinal. Los esfuerzos a los cuales está normalmente sometida son los de tracción y compresión.

Acostumbra a ser de titanio, acero o aluminio y puede estar forjada o mecanizada según los fabricantes.

También se denotan distintas partes dentro de ella:

- El **pie** es el parte que posee un orificio de menor diámetro y en la que se inserta a presión el casquillo.
- El **cuerpo** es la parte también central de la biela sometida a esos esfuerzos nombrados.
- La **cabeza** es la parte que posee el orificio de mayor diámetro y generalmente está compuesta por dos mitades y, como el pie, tiene un casquillo.

Se observa un ejemplo de una biela en la siguiente Ilustración 8:



Ilustración 8: Biela. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/biela-que-es-y-como-funcio/399879>)

- El **cigüeñal** es la parte que hace de eje y transforma un movimiento rectilíneo en circular uniforme. Es fundamental para la generación del par motor en un automóvil.

Hay de distintos tipos, diferenciados por el número de apoyos (3 o 5, el más común) dependiendo del número de cilindros del motor. A continuación, en la Ilustración 9, se ve un cigüeñal:



Ilustración 9: Cigüeñal. (Fuente: <https://www.wikiwand.com/es/Cig%C3%BCe%C3%B1al>)

- El **bloque del motor** o bloque de cilindros es la parte que contiene los cilindros, el cigüeñal, las bielas y los pistones de un motor de combustión interna. Está hecho en la mayoría de casos de hierro fundido o aluminio y determina la cilindrada del motor mediante el diámetro de los cilindros y la carrera del pistón.

En la siguiente Ilustración 10 se ve representado un bloque de motor:



Ilustración 10: Bloque del motor. (Fuente: <http://spanish.autoengine-parts.com/sale-10346697-a5410102005-auto-engine-block-for-mercedes-benz-truck-oem-no-a5410102105-a5410102305.html>)

- La **bomba de inyección** o bomba inyectora es un elemento (encontrado esencialmente en los automóviles con motores Diesel y raramente en motores de gasolina) que tiene la capacidad de elevar la presión de un fluido, lo suficiente para que cuando ingrese en el motor esté lo bastante pulverizado como para que se inflame instantáneamente ayudado por la alta temperatura de autocombustión.

Existen dos tipos de bombas (bombas en línea y bombas rotativas), y la inyección electrónica es la forma de inyección de combustible más utilizada en motores de gasolina. En la Ilustración 11 se distingue una bomba de inyección de un automóvil:

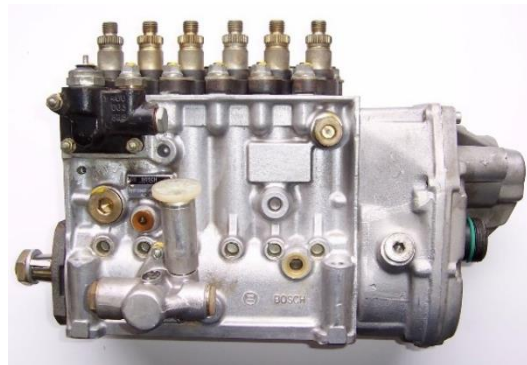


Ilustración 11: Bomba de inyección. (Fuente: <https://imporauto.es/blog-taller-bosch/averias/bomba-de-inyeccion-como-puede-fallar/>)

- El **carburador** es la parte de los motores de gasolina que tiene como función la preparación óptima de la mezcla aire combustible para un funcionamiento con mayor potencia y economía. Las proporciones que delimitan la mezcla tienen el nombre de factor lambda y por cada parte de gasolina se obtienen 14,7 partes de aire en peso. Cuando es necesario un cambio de las proporciones se habla de mezcla rica o pobre.

Actualmente ha desaparecido en el mercado con altas prestaciones, y ha sido sustituido por los sistemas de inyección de combustible, ya que reducen las emisiones de CO_2 gracias a su mayor precisión graduando combustible inyectado y consecuentemente son mejores para el medioambiente. En la Ilustración 12 se observa un carburador:



Ilustración 12: Carburador. (Fuente: <https://como-funciona.co/un-carburador/>)

- La **cámara de combustión** es la zona en la cual se procede a la realización de la combustión del combustible con el comburente (normalmente aire) en un automóvil de combustión interna.

Si hablamos de un motor gasolina la podemos hallar entre la parte superior del pistón cuando está en el punto muerto superior (PMS) y la culata, pero si en cambio nos referimos a los motores Diésel, esta se encuentra en la cabeza del pistón. Se puede distinguir una cámara de combustión en la Ilustración 13:



Ilustración 13: Cámara de combustión. (Fuente: <https://www.motor.es/que-es/camara-combustion>)

- El **sistema de alimentación** de los motores de gasolina tiene diferentes elementos por los cuales está formado: un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo dosificador de combustible. Este último tiene como función la vaporización del combustible líquido para finalmente quemarse en el proceso de combustión.

En los automóviles con motores Diésel, el combustible es determinado con una bomba de inyección según el régimen motor y la aceleración que posee.

A continuación, se representa un sistema de alimentación en la Ilustración 14:



Ilustración 14: Bomba de inyección. (Fuente: <https://blog.bextok.com/bomba-inyectora-funcionamiento-tipos/>)

- El **sistema de distribución** consiste en un conjunto formado por distintos elementos coordinados por una cadena de distribución.

El proceso que lleva a cabo es el siguiente: los cilindros obtienen el combustible y expulsan los gases, un muelle controla la apertura de las válvulas y el cigüeñal mueve el árbol de levas.

A partir de la Ilustración 15 se puede observar un ejemplo de dicho sistema de distribución, el cual puede variar de diseño y fabricación:



Ilustración 15: Sistema de distribución. (Fuente: <https://www.pruebaderuta.com/sistema-de-distribucion.php>)

- El **encendido** del motor es el elemento que facilita el inicio de la combustión en el interior de los cilindros. (6) En la Ilustración 16 se ve representada una bobina de encendido:



Ilustración 16: Bobina de encendido. (Fuente: <https://club.autodoc.es/magazin/bobina-de-encendido-funcionamiento-y-problemas>)

Fijándonos en los motores de gasolina podemos observar que se trata de un autotransformador (bobina de encendido) con un elevado voltaje conectado a un conmutador. Este último es el que se encarga de interrumpir la corriente y hace que se lleve a cabo un impulso eléctrico. Además, estos motores tienen distintos tipos de encendidos:

- **Convencional o por ruptor:** utilizado hasta mediados de los 90 y compuesto por los siguientes componentes:
 - ❖ **Batería:** proporciona la energía para que funcione el encendido.
 - ❖ **Llave de contacto:** cierra el circuito para que el encendido funcione.
 - ❖ **Bobina de encendido:** transforma la baja tensión de la batería en alta tensión.
 - ❖ **Distribuidor:** distribuye la chispa cuando es necesario.
 - ❖ **Platino:** conecta y desconecta el circuito primario de la bobina de encendido.
 - ❖ **Leva:** posee el mismo número de lados que los cilindros que tiene el motor y se puede localizar en el eje del distribuidor.
 - ❖ **Condensador:** controla los máximos de alto voltaje del secundario de la bobina de encendido.
 - ❖ **Rotor:** distribuye la chispa a las bujías.
 - ❖ **Avance de encendido:** adelanta la chispa en el motor porque la combustión no es inmediata.
 - ❖ **Cables de bujías:** transmiten la corriente a las bujías.
 - ❖ **Bujías de encendido:** generan la chispa para la combustión.

En la Ilustración 17 se encuentra un ejemplo del sistema nombrado:



Ilustración 17: Sistema de ignición en encendido convencional. (Fuente: <https://www.pruebaderuta.com/sistema-encendido-convencional.php>)

- **Transistorizado por contactos:** muy similar al convencional, pero usa un transistor de potencia, un elemento electrónico que tiene la función de cortar la corriente del bobinado primario de la bobina de encendido.

Algunas de las ventajas en relación al anterior son:

- ❖ Chispa de potencia mayor.
- ❖ Mayor duración de los contactos del ruptor.
- ❖ Contactos sometidos a bajas tensiones.

En la Ilustración 18 se visualiza un ejemplo del sistema propuesto:



Ilustración 18: Encendido transistorizado por contactos. (Fuente: <https://autoytecnica.com/encendido-transistorizado-con-contactos/>)

- **Transistorizado sin contactos:** proceso en el cual se sustituye el ruptor por un sistema electrónico (una centralita y un amplificador de impulsos). Aumenta el número de revoluciones y es muy utilizado en automóviles de gama media. La Ilustración 19 muestra un ejemplo:



Ilustración 19: Encendido transistorizado sin contactos. (Fuente: <https://autoytecnica.com/encendido-transistorizado-sin-contactos/>)

- ❖ **Por generador de impulsos Hall:** sistema en el que se sustituye el ruptor por un generador de impulsos de efecto Hall en el distribuidor, efecto físico que poseen algunos semiconductores y compuesto por:
 - Barrera magnética fija formada por un imán.
 - Pantalla magnética giratoria.

y representado en la Ilustración 20:

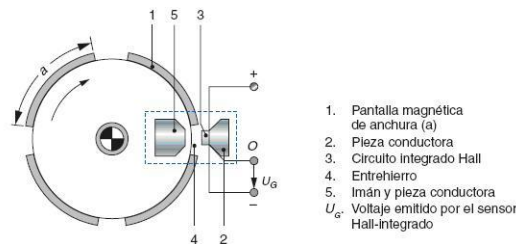


Ilustración 20: Generador de impulsos de efecto Hall. (Fuente: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/91-encendido-transistorizado-con-generador-de-impulsos/>)

- ❖ **Por generador de impulsos por inducción:** se produce una inducción electromagnética gracias a unos impulsos eléctricos cuando varía el flujo magnético en una bobina.

Encontramos el generador en el distribuidor y se compone de:

- 1) Rotor magnético.
- 2) Estator o imán.
- 3) Bobina en el núcleo magnético.
- 4) Núcleo magnético.
- 5) Final de la bobina.

Se encuentra representado en la Ilustración 21:

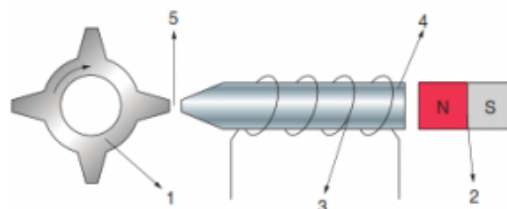


Ilustración 21: Generador de impulsos por inducción. (Fuente: <https://autoytecnica.com/sistemas-de-encendido-tipos/>)

- **Controlado por la unidad de control:** estos sistemas de encendido electrónico integral controlan la bobina de encendido con la ayuda de sensores y eliminan el avance de encendido entre otros.

Están compuestos por:

- 1) Bobina de encendido.
- 2) Distribuidor.
- 3) Bujía.
- 4) Unidad de control (ECU).
- 5) Sensor de temperatura del motor.
- 6) Sensor de posición de la mariposa (TPS).
- 7) Sensor de revoluciones y punto muerto superior (PMS).
- 8) Disco dentado.
- 9) Llave de contacto.

y está representado en la Ilustración 22, seguida de la Ilustración 23, en la que se observa una unidad de control:

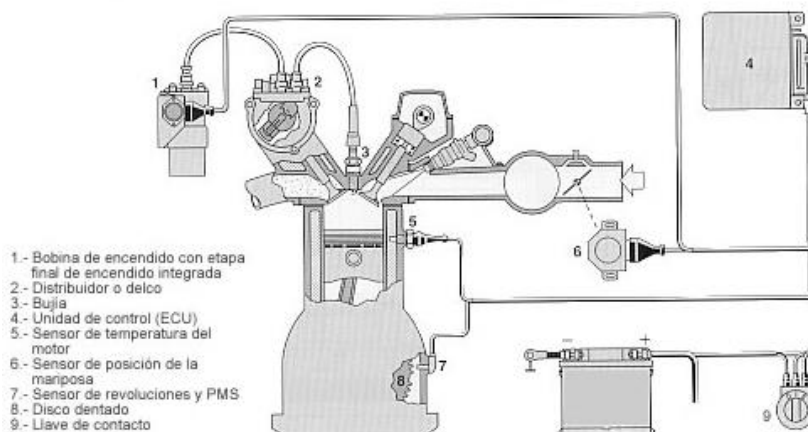


Ilustración 22: Encendido electrónico integral. (Fuente: <https://autoytecnica.com/sistemas-de-encendido-tipos/encendido-total/>)



Ilustración 23: Unidad de control. (Fuente: <https://www.repuestoscoches24.es/recambios/unidad-de-control>)

- **Sistema de encendido DIS (Direct Ignition System):** también llamado sistema de encendido sin distribuidor (Distributorless Ignition System), elimina el distribuidor y con ello, los elementos mecánicos, los cuales pueden sufrir desgastes y averías.

Esto conlleva diferentes ventajas: mayor tiempo para la generación de la chispa, bobinas más cercas de las bujías y quizá los cables de alta tensión se pueden eliminar, y mayor precisión, potencia y fiabilidad en el avance del encendido.

Además, se compone por las siguientes partes:

- 1) Unidad de control (ECU).
- 2) Bobina de encendido doble.
- 3) Bujía.
- 4) Sensor de temperatura del motor.
- 5) Sensor de revoluciones y punto muerto superior (PMS).
- 6) Rueda fónica.
- 7) Sonda lambda.
- 8) Interruptor de la mariposa.
- 9) Llave de contacto.
- 10) Cables de alta tensión.

y se encuentra representada en la Ilustración 24, seguida de la Ilustración 25, en la que se ve una bobina de encendido doble:

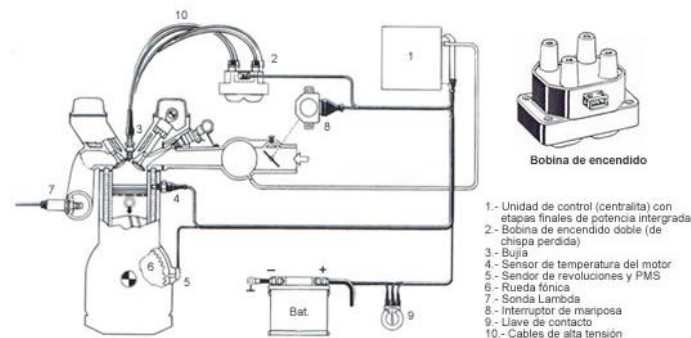


Ilustración 24: Sistema de encendido DIS. (Fuente: <https://josemaco.wordpress.com/2010/03/31/sistema-de-encendido-dis-direct-ignition-system/>)

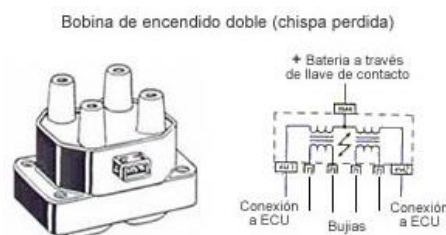


Ilustración 25: Bobina de encendido doble. (Fuente: <https://josemaco.wordpress.com/2010/03/31/sistema-de-encendido-dis-direct-ignition-system/>)

- La **refrigeración** es uno de los aspectos más importantes en los motores de combustión interna. Esto es debido a que la combustión que se produce en estos automóviles produce calor que no es transformado en energía mecánica, y si no se posee un sistema como este no se tardaría demasiado en calentar demasiado y provocar la deformación de muchos componentes.

Hay diferentes sistemas de refrigeración y los más utilizados son: por agua, representada en la Ilustración 26, por aire, mixta y por aceite.



Ilustración 26: Sistema de refrigeración por agua. (Fuente: <https://club.autodoc.es/magazin/sistema-de-refrigeracion-del-motor-funcionamiento-componentes-problemas>)

- El **sistema de arranque** es vital en todo automóvil. Convierte la energía eléctrica de la batería en energía mecánica y así el motor se puede encender. Para ello, mediante el giro de la llave o el botón de arranque del vehículo, la electricidad de la batería se traslada al solenoide de arranque, lo cual hace que acabe recibiendo la energía el motor de arranque y que el motor general del automóvil tiene la energía necesaria arrancar. Se puede ver en la Ilustración 27.

Esta parte de los automóviles consta de 5 componentes:

- El **interruptor de encendido** o botón de arranque.
- El **interruptor de seguridad neutral**: interruptor que se encarga de bloquear las señales a las baterías cuando el vehículo no está en neutro.
- El **solenoide de arranque**: dispositivo con un interruptor que enciende el electroimán necesario para el arranque.
- El **motor de arranque**: motor eléctrico pequeño y potente que proporciona una elevada potencia en un periodo corto de tiempo.
- La **batería**.



Ilustración 27: Solenoide de arranque. (Fuente: <https://zonadelmotor.com/sistema-de-arranque/solenoide-de-arranque/fallas-comunes-del-solenoide-de-arranque/>)

Además, en los motores Diésel podemos encontrar otras partes como:

- Las **toberas**: elementos que se encargan de pasar el diésel pulverizado a la cámara de combustión.

Existen distintos tipos de toberas: (7)

- **De espiga**: se encuentran en motores de inyección indirecta.
- **De espiga de estrangulación**: en motores cuya inyección es progresiva.
- **De orificios**: en los motores que tienen cámara de inyección directa.

A continuación, en la Ilustración 28 se visualizan diferentes tipos de toberas para motores diésel:



Ilustración 28: Toberas. (Fuente: <https://www.sevendiesel.it/es/prodotti-polverizzatori-automotive.php>)

- El **filtro de partículas** específico para ciclo diésel: este elemento está instalado en el sistema de escape, después del turbocompresor, y tiene la función de incinerar y disminuir las partículas que genera la combustión del gasóleo en este tipo de motores.

Un ejemplo de estos filtros se encuentra en la siguiente Ilustración 29:



Ilustración 29: Filtro de partículas diésel. (Fuente: <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/filtro-de-particulas-diesel/>)

- Las **bujías de precalentamiento**: este dispositivo tiene como función principal ayudar al arranque del automóvil diésel. Se trata de piezas metálicas con forma alargada y un elemento calefactor en el extremo.

Es necesario sobre todo cuando se encuentra en un tiempo frío, momentos en los cuales el vehículo requiere más ayuda debido a que la ignición no es tan fácil de conseguir. Para ello, envían el calor al bloque del motor alrededor de los cilindros, lo que hace que se reduzca la difusión térmica en el momento de arranque.



Ilustración 30: Bujía de precalentamiento. (Fuente: <https://automexico.com/mantenimiento/bujias-de-precalentamiento-motor-diesel-como-saber-si-estan-fallando-aid3695>)

En la Ilustración 30 se puede observar un ejemplo de bujía de precalentamiento, muy necesaria en los motores diésel.

3.1.1.1. Motores según el diseño

Según el diseño podemos distinguir entre:

- **Motor alternativo** (también llamado motor de pistón o de émbolo, o motores de explosión o diésel): tipo de motor en el que encontramos un proceso de combustión en el que se generan unos gases que empujan un pistón o émbolo con un movimiento alternativo, con el que es desplazado en el interior de un cilindro y se hace girar un cigüeñal para que con todo ello se produzca un movimiento rotativo. Todo ello hace que la energía que fluye por el motor se transforme en energía mecánica.

Este es un proceso cíclico, lo que provoca que los gases que aparecen en la combustión tengan que ser reemplazados en un proceso denominado renovación de la carga: se realiza un reemplazo protagonizado por una mezcla de aire y combustible (aproximadamente 16 veces mayor la parte de aire) en el interior del cilindro. (8)

En este grupo encontramos los motores térmicos de gasolina o diésel, los más utilizados en la actualidad. (9)

Como todos los motores, estos también tienen características que los ponen por encima o por debajo de los demás en cuanto a pros y contras. Algunas de las **ventajas** del motor alternativo son:

- El tipo de combustible que utilizan, con un alto poder calorífico.
- Potencia y rendimiento elevados.
- Gran autonomía.

Pero, en cambio, tienes otras **desventajas** como:

- Los combustibles son fósiles no renovables, ya que derivan del petróleo.
- Principales contaminantes ambientales debido a los gases que generan.
- Los Otto emiten sonidos acústicos y sus silenciadores bajan el rendimiento.

En la siguiente Ilustración 31 se encuentra la imagen de un motor alternativo:



Ilustración 31: Motor alternativo. (Fuente: <https://demotor.net/tipos-motor/motor-alternativo>)

- **Motor rotativo o Wankel:** motor creado por Félix Wankel en 1957 y producido por primera vez por Mazda, en la planta de Hiroshima. Se han fabricado muy pocas unidades en el mundo automovilístico ya que tiene varias virtudes, pero sus desventajas tienen más peso. En vez de utilizar pistones como los motores alternativos, hace uso de unos rotores.

Aunque no sea tan utilizado hoy en día en los automóviles, veamos algunas de sus **ventajas** que lo hacen atractivo:

- Funcionamiento silencioso, suave y con menos vibraciones.
- Mayor sencillez mecánica (sin pistones, biela y cigüeñal) y menos averías.
- Mayor fiabilidad gracias al menor número de piezas móviles.
- Requiere una menor refrigeración.
- Menor peso y menor volumen.
- Menor coste de fabricación.

También tiene otras **desventajas** que hacen que pierda valor:

- Contaminación debido a los gases expulsados por el escape.
- Mayor consumo de gasolina.
- Mayor coste de mantenimiento.
- Se requiere excelencia en la sincronización de los elementos.

Consiste en un motor de 4 tiempos con el pistón en continuo movimiento a cada tiempo que transmite su energía a un cigüeñal, que, a la vez, también gira. También tiene un rotor excéntrico interior triangular que gira de forma variable.

La presión que se produce a causa de la combustión de la mezcla está contenida en la cámara por el rotor triangular, compresión con la cual se puede desarrollar una potencia mayor que en los alternativos (aproximadamente 2 rotores producen una potencia equiparable a 6 cilindros). Este movimiento rotativo producido por el rotor hace que se puedan visualizar tres zonas diferentes en las que se encuentra la mezcla. Se origina una expansión-contracción de forma continua y sin descanso, lo que conlleva a un proceso cíclico de producción de energía. (10)

Está compuesto por distintas **partes**:

- El **estator**: cuerpo fijo con una forma casi elíptica en el interior.
- El **rotor**: elemento en forma de triángulo equilátero con lados curvilíneos con movimiento en el estator, en contacto con las paredes de la cámara.
- El **piñón**: rueda dentada solidaria con el eje motor que se encarga de engranar con la corona dentada del rotor.
- La **lumbrera de admisión (LA)** y **lumbrera de escape (LE)**: a los lados del estator.
- La **bujía**: en el lado contrario al de las lumbreras. Hace que salte la chispa sobre la mezcla combustible.

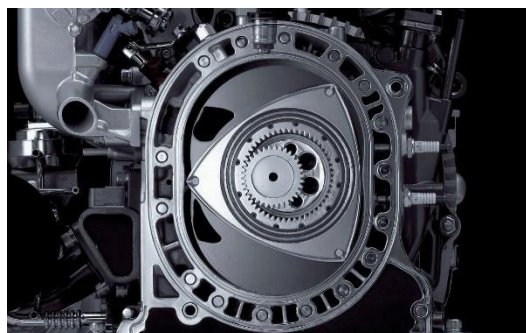


Ilustración 32: Motor rotativo Wankel. (Fuente: <https://www.autonocion.com/motores-rotativos-wankel/>)

En la Ilustración 32 anterior se observa un ejemplo de motor rotativo o motor Wankel, no tan común en los automóviles, pero también importante en el mundo de los motores.

3.1.1.2. Motores según el método de encendido

Según el método de encendido encontramos los siguientes:

- **Provocado o por chispa:** este tipo de motores son los que conocemos como los motores de gasolina o de ciclo Otto. Puede ser recíproco (2 o 4 tiempos) o rotatorio (Wankel). En 1860, Étienne Lenoir, ingeniero belga, construyó el primer motor de encendido por chispa. (11)

Pueden funcionar con diferentes combustibles a parte de la gasolina: autogas (GLP), gas natural comprimido (GNC), hidrógeno...

En este grupo encontramos la composición siguiente:

- La **bujía**: produce la chispa para que la mezcla se encienda y hace que el arco eléctrico encienda los gases en la cámara de combustión.
- La **bobina**: produce los altos voltajes que se requieren para desarrollar la chispa.
- El **sistema de control de encendido**: sistema electrónico o interruptor.

Seguidamente, en la Ilustración 33, se puede ver un motor de encendido por chispa, muy común en los automóviles actuales.

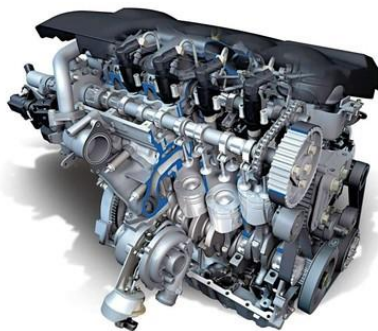


Ilustración 33: Motor de encendido por chispa. (Fuente: <https://www.blogicars.com/2010/08/motores-de-gasolina-caracteristicas-y-tipos/>)

- **Por compresión:** en este grupo se encuentran los motores que siguen el ciclo Diésel. El funcionamiento de estos motores es muy parecido al de los de gasolina de cuatro tiempos, pero aquí, lo que entra en la cámara de combustión al principio es solo aire. El combustible gasóleo se inyecta en estado líquido, pero denso, próximo al punto muerto superior. Seguidamente, este se vaporiza y se mezcla con el aire, momento en el cual empiezan a producirse las condiciones de temperatura y presión necesarias para que se inflame. Cuando este combustible se quema, se produce a presión constante gracias a la adición de combustible mientras se está realizando la combustión.

Todo este proceso retrasa el encendido y reduce la velocidad de giro del motor, lo que conlleva a una menor potencia máxima. (12)

El primer combustible utilizado en los motores Diésel fue el aceite de cacahuete, pero hoy en día se utilizan estos combustibles:

- Gasoil.
- Aceites pesados derivados del petróleo.
- Aceites vegetales (aceite de girasol).

A continuación, en la Ilustración 34, se muestra un ejemplo de motor diésel, bastante usual en el mundo del automóvil:



Ilustración 34: Motor de encendido por compresión. (Fuente: <https://www.coches.net/noticias/acea-pide-no-demonizar-al-motor-diesel>)

3.1.1.3. Motores según el número de cilindros

Según el número de cilindros de los motores se puede hablar de:

- **Monocilíndrico** (también llamado motor de un solo cilindro): se trata de la composición básica de un motor de combustión interna alternativo. Se empezaron a utilizar en algunos automóviles y tractores, pero a causa de la evolución tecnológica que se ha llevado a cabo en los últimos años, ya no es común ver este tipo de motores en los coches. En la actualidad, son muy utilizados en otros vehículos como las motocicletas, ciclomotores, karts, etc.

Tienen diferentes características:

- Sencillos.
- Construcción económica.
- Compactos.
- Enfriamiento sencillo y rápido.
- Masa giratoria mayor, lo que conlleva una aceleración menor.
- Mayor vibración.

La Ilustración 35 representa un motor monocilíndrico de automóvil:



Ilustración 35: Motor monocilíndrico. (Fuente: <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a38641730/cosworth-fabrica-un-motor-de-un-solo-cilindro-para-desarrollar-su-v10-de-formula-1-a-finales-de-los-90/>)

- **De bicilíndrico o doble cilindro:** se trata de un motor propulsor de pistones, conectados al cigüeñal, con dos cilindros colocados en paralelo. Se utilizan en algunos automóviles, pero principalmente en motocicletas, además de en aviación o motores marinos. El primero creado para un automóvil fue en 1895, cuando Gottlieb Daimler desarrolló el motor Phoenix de dos cilindros en línea.

Los bicilíndricos rectos o en línea son los más compactos, simples y económicos. Aun así, pueden ser los que tienen más vibraciones y reacciones de torsión.

La Ilustración 36 representa un motor bicilíndrico de automóvil:



Ilustración 36: Motor bicilíndrico de un Citroën 2CV. (Fuente: https://www.wikiwand.com/es/Motor_bicil%C3%ADndrico)

- **De cilindros múltiples:** este grupo pertenece al automóvil que posee un motor con más de dos cilindros, es decir, normalmente son 4, 6 u 8 cilindros. Estos motores tienen una capacidad extraordinaria para neutralizar los desequilibrios y conseguir mayores revoluciones por minuto sin mucho esfuerzo. Algunos ejemplos son los de 2 y 4 tiempos, de gasolina o diésel. La Ilustración 37 muestra un motor de este tipo:



Ilustración 37: Motor de 8 cilindros. (Fuente: https://es.123rf.com/photo_91587594_moderno-motor-de-8-cilindros-de-un-autom%C3%B3vil-de-lujo-.html)

3.1.1.4. Motores según la disposición de los cilindros

Según la disposición de los cilindros podemos diferenciar entre: (13)

- **En línea:** este tipo de motor es el motor de combustión interna más usado en el mundo del automóvil, motocicletas y camiones.

En concreto, para el mundo automovilístico, el más usado es el motor de cuatro cilindros en línea. Seguidamente, vienen los que tienen tres y seis cilindros y finalmente los de cinco y ocho, no tan comunes. Poseen los cilindros situados de manera consecutiva y el que tiene menor forma es el bicilíndrico en línea.

Estos motores poseen las siguientes **ventajas:**

- Construcción simple.
- Ancho reducido.
- En motores de cuatro tiempos, seis u ocho cilindros y un cigüeñal simétrico longitudinalmente, están equilibrados.
- Producción más o menos barata.
- Diseño fácil con refrigeración por aire.

Por el contrario, tienen también algunas **desventajas:**

- Con cuatro cilindros no están equilibrados y necesita demasiada longitud.
- Con seis cilindros o más las vibraciones del cigüeñal aumentan.
- Enfriados por aire pueden tener problemas en los cilindros traseros.

La Ilustración 38 muestra un claro ejemplo:



Ilustración 38: Motor de 6 cilindros en línea. (Fuente: <https://www.motorpasion.com/mercedes/mercedes-benz-vuelve-a-los-seis-cilindros-en-linea-y-lo-hace-con-hibridacion-de-48v>)

- **En H:** este caso es el más extraño y complejo de ver en un automóvil. Se asimila a dos motores bóxer, con dos cigüeñales y un único eje de transmisión, unidos formando la silueta de una H.

Se pueden distinguir las siguientes propiedades:

- Puede establecerse en posición vertical u horizontal.
- Compacto en cuanto a superficie.
- Buena aerodinámica.
- Bajo rendimiento.

La Ilustración 39 muestra un ejemplo motor con los cilindros distribuidos con la forma de la letra H:



Ilustración 39: Motor de cilindros en H. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-motores-distribucion-de-cilindros/273610>)

- **En V:** en esta disposición se visualizan dos componentes enfrentados en forma de V con diferentes ángulos según el fabricante (entre 15º y 110º) y dichos componentes desembocan en el mismo cigüeñal. Se observa uno en Ilustración 40.

Se utiliza sobre todo en motores de grandes y se diferencia de los en línea por:

- Menos vibraciones.
- El doble de árboles de levas.
- Mayor complejidad de fabricación.



Ilustración 40: Motor de cilindros en V. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-motores-distribucion-de-cilindros/273610>)

- **En W:** se trata de la disposición evolucionada a partir de la descrita anteriormente, la versión en V. Está compuesta por tres o cuatro grupos de cilindros formando dos V, que pueden disponerse contiguas o separadas, lo que hace que respectivamente tengan esas 3 o 4 filas de cilindros. Se puede visualizar en la Ilustración 41.

También es muy utilizado en aviación y se caracteriza por:

- Ángulo y longitud menor que en la disposición en V.
- Cigüeñal más corto que en el V.
- Motor mayor que el V y proporciona un gran par motor
- Gran suavidad y pocas vibraciones.
- Difícil de encontrar en el mercado por la compleja fabricación y coste alto.



Ilustración 41: Motor de cilindros en W. (Fuente: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/bentley-presenta-al-motor-w12-avanzado>)

- **De cilindro opuesto o bóxer:** no es una disposición que se encuentre habitualmente hoy en día, pero aún existe en algunos vehículos.

Tiene los cilindros enfrentados en un ángulo de 180º, como se puede ver en la Ilustración 42, lo que hace que posea las siguientes cualidades:

- Menos altura.
- Más anchura.
- Centro de gravedad bajo.



Ilustración 42: Motor de cilindros opuestos o bóxer. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-motores-distribucion-de-cilindros/273610>)

- **Radial o estrella:** es la menos común de todas en un automóvil. Los cilindros se encuentran colocados radialmente con un cigüeñal en la parte central, lo que hace que tengan la forma de una estrella. Igual que los dispuestos en W, también han sido muy utilizados en la aviación.

También existen los motores **radiales multiestrella**, formados generalmente por dos estrellas, por el uso de un número mayor de pistones. Estos han sido usados para algunos aviones y se visualiza un ejemplo en la Ilustración 43:



Ilustración 43: Motor radial. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-motores-distribucion-de-cilindros/273610>)

3.1.1.5. Motores según el tipo de combustible

Según el tipo de combustible podemos clasificarlos en:

- **Gasolina:** también conocido como motor Otto, el nombre de su creador, es un motor de combustión interna que tiene un método de encendido por chispa, tal y como está indicado anteriormente. Funciona con gasolina y combustibles volátiles semejantes, y tiene una relación de compresión de 7-10 a 1.

Este combustible se mezcla con el aire, cuyo proceso antes se encontraba en un carburador y hoy en día en motores grandes se realiza con una inyección de combustible de manera electrónica. Esto se lleva a cabo antes de la compresión, pero hay algunos motores modernos que emplean un sistema de inyección directa a los cilindros. (14) A continuación, en la Ilustración 44, se observa una imagen de un motor de gasolina.

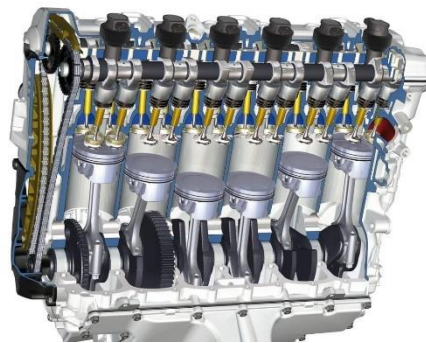


Ilustración 44: Motor de gasolina. (Fuente: <https://www.highmotor.com/como-funciona-motor-gasolina.html>)

- **Diésel:** tipo de motor de combustión interna con la principal característica de la autoignición del combustible. Se encuentran temperaturas elevadas en el proceso de combustión de este motor y esto es debido a su alta relación de compresión. Un ejemplo de este tipo lo encontramos más adelante en la Ilustración 45.

Utiliza combustibles como el gasóleo, derivados del petróleo o aceites vegetales y es uno de los motores más comunes en la industria automovilística desde sus inicios. Fue en 1894 cuando Rudolf Diesel creó el primer motor diésel. (15) Se trata de una fuente de energía en proceso de agotarse, pero, en cambio, también existe el **biodiesel**, una fuente de energía renovable con menos emisiones contaminantes, basada en un producto de extracción de aceites vegetales y grasas animales. Este, por su parte, es menos accesible que el diésel.

Algunas de sus **ventajas** más relevantes sobre los de gasolina, mayor competidor hasta hace poco tiempo, son:

- Menor consumo de combustible.
- Mayor rendimiento térmico (relación de compresión entre 14-23 a 1).

- Mayor par motor y permite mayor carga.
- Mayor fiabilidad mecánica.
- Más robusto.
- Puede funcionar con combustibles vegetales.

En cambio, tiene otras **desventajas**:

- Mayor coste de fabricación.
- Mayor número de emisiones.
- Mayor sonoridad en algunos modelos.



Ilustración 45: Motor Diésel. (Fuente: <https://www.carwow.es/blog/mejor-motor-diesel#gref>)

3.1.1.6. Motores según el modo de trabajo

Según el modo de trabajo se puede distinguir entre:

- **De dos tiempos:** también llamado motor de ciclos, desarrolla las cuatro fases del ciclo termodinámico en dos tiempos (en dos movimientos lineales del pistón) que consisten en admisión-aspiración-compresión y combustión-escape.

Esto es gracias a la ayuda de unos cortes en las paredes de los cilindros llamados lumbreras.

Puede producirse con el ciclo Otto y con el ciclo Diésel, indistintamente, y ha sido usado en automóviles, pero en la actualidad es muy difícil verlo en estos vehículos, ya que ahora es utilizado sobre todo en motocicletas, ya que no requieren tanta eficiencia térmica.

En estos motores encontramos algunas **características** especiales:

- Sin válvulas para realizar las cuatro etapas del ciclo.
- Todo el ciclo en 2 movimientos lineales del pistón, 1 vuelta del cigüeñal.
- Una combustión por cada vuelta del cigüeñal.
- Genera entre un 30% y un 50% más de potencia que el 4 tiempos.
- Rendimiento menor que el 4 tiempos por su menor volumen y combustible.
- Puede llegar a consumir hasta un 30% más que un 4 tiempos.
- Se le agrega aceite lubricante y no tienen catalizadores (contaminan más).

- Sencillos mecánicamente.
- Coste de mantenimiento bajo.

A continuación, en la Ilustración 46 se puede observar el movimiento que realiza un motor de 2 tiempos para seguir el ciclo termodinámico. El cilindro lleva a cabo los dos movimientos lineales nombrados anteriormente y el cigüeñal hace una vuelta entera durante el proceso completo.

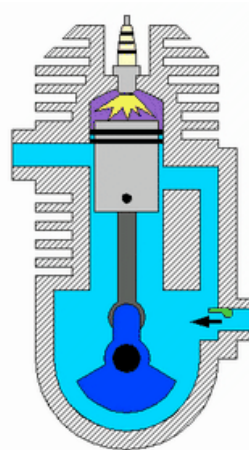


Ilustración 46: 2 carreras del pistón en el proceso cíclico termodinámico de un motor de 2 tiempos. (Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_dos_tiempos)

- **De cuatro tiempos:** en este caso se puede examinar cómo desarrolla las cuatro etapas del ciclo termodinámico en cuatro tiempos (en cuatro movimientos lineales del pistón) que consisten en admisión, compresión, combustión y escape.

Igual que en el de dos tiempos, puede encontrarse en los de ciclo Otto y en los de ciclo Diésel, indistintamente, y es el más habitual en los automóviles actuales.

Este tipo de motor muestra las siguientes **características**:

- Con válvulas para realizar las cuatro etapas del ciclo.
- Todo el ciclo en 4 movimientos lineales del pistón, 2 vueltas del cigüeñal.
- Una combustión por cada 2 vueltas del cigüeñal.
- Genera entre un 30% y un 50% menos de potencia que el 2 tiempos.
- Rendimiento mayor que el 2 tiempos por su mayor volumen y combustible.
- Puede llegar a consumir hasta un 30% menos que un 2 tiempos.
- Tiene almacenado aceite lubricante catalizadores (contaminan menos).
- No son sencillos mecánicamente.
- Coste de mantenimiento superior.
- En la cámara quedan gases y residuos del ciclo de combustión anterior.

A continuación, en la se Ilustración 47 puede observar el movimiento que realiza un motor de 2 tiempos para seguir el ciclo termodinámico. El cilindro lleva a cabo los cuatro movimientos lineales nombrados anteriormente y el cigüeñal hace dos vueltas enteras durante el proceso completo.

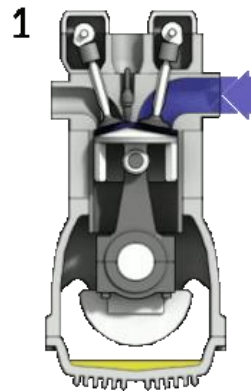


Ilustración 47: 4 carreras del pistón en el proceso cíclico termodinámico de un motor de 4 tiempos. (Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos)

- **De seis tiempos:** al añadir dos tiempos al motor de cuatro tiempos, el objetivo que se busca es mejorar la operación del motor. Se trata de una nueva tipología de motor que aún no se ha incorporada en los vehículos utilizados hoy en día, pero que posiblemente se instaure en un futuro. La Ilustración 48 representa el proceso termodinámico de este tipo de motor.

De este tipo de motor se pueden deducir las siguientes **cualidades**:

- Tiempos extra: aspiran y expulsan aire y limpian la cámara de combustión.
- Combustión más eficiente ya que la cámara se queda libre de residuos.
- Expulsión de casi todos los gases quemados en el proceso de combustión.
- Mejor futuro llenado del cilindro.
- Mejor rendimiento del ciclo del motor.
- Posee una potencia y operación de mayor calidad en el motor.
- Ayudan a que no haya obstrucciones de restos en partes del motor.

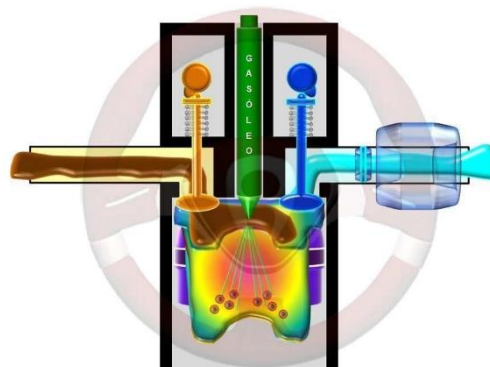


Ilustración 48: Funcionamiento del proceso cíclico termodinámico de un motor de 6 tiempos. (Fuente: <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/nuevas-tecnologias/motor-de-6-tiempos/>)

3.1.2. Motores Eléctricos

Este tipo de motores los encontramos cuando el trabajo que realizan para hacer posible el desplazamiento del automóvil es obtenido a partir de energía eléctrica.

Tienen la función de convertir la energía eléctrica en energía mecánica de rotación. Esto es llevado a cabo con la ayuda de la acción de campos magnéticos que se generan en las bobinas, un estator y un rotor.

Se pueden encontrar motores eléctricos reversibles, como los de tracción hallados en algunos automóviles híbridos. Este tipo de eléctricos tienen la capacidad de convertir la energía mecánica en energía eléctrica trabajando como generadores o dinamo.

Son muy útiles en muchos campos de la automoción, industria, productos del hogar... y pueden ser inducidos por fuentes de corriente continua (CC), y de corriente alterna (CA). (16) En el caso de la automoción, los de corriente alterna son los más usuales.

En cuanto a los automóviles eléctricos, se pueden destacar varias **características**:

- Son impulsados por uno o más motores eléctricos.
- Usan energía que se almacena en baterías recargables.
- Tienen motores eléctricos que les suministran un motor instantáneo.
- Poseen una rápida aceleración.
- Son hasta tres veces más eficientes que un motor de combustión interna.
- Los primeros fueron creados sobre 1880.

También se pueden observar diferentes **ventajas** sobre los convencionales:

- Mantenimiento y coste del "combustible" mucho menor.
- Mayor eficiencia y máximo par motor a partir de 0 revoluciones.
- Sin marchas, hay una transmisión de potencia más eficiente y más aceleración.
- Mayor estabilidad y seguridad gracias a la potencia distribuida en las ruedas.
- Recargan la batería con frenado regenerativo: se prolonga la vida de los frenos.
- Con mejoras tecnológicas este tipo de frenado podría extender la autonomía.

Pero, en cambio, igualmente se encuentran **desventajas**:

- El precio y el tiempo de carga de las baterías es muy elevado.
- Acostumbran a ser muy caros (hay de hasta tres veces uno convencional).
- A veces la electricidad es creada con materias primas contaminantes (carbón).
- Tiene menor autonomía.
- Existen muy pocos puntos de recarga en la actualidad.

En cuanto a los motores eléctricos, resaltan las siguientes **cualidades**:

- Su potencia, tamaño y peso son más reducidos que los de combustión interna.
- Pueden ser de cualquier tamaño y forma dependiendo del voltaje.
- Poseen un par de giro elevado que puede llegar a ser casi constante.
- El rendimiento es muy elevado.

- No tiene emisiones contaminantes, sí en la generación de energía eléctrica.
- No suelen requerir refrigeración o ventilación externa (autoventilados).
- No necesitan cajas de cambios.
- Bajo nivel de ruido.

En el caso de los automóviles eléctricos híbrido no enchufables o cualquier vehículo que tenga una pila de combustible, su suministro de energía es proporcionado por un producto químico almacenado en el vehículo.

Por otro lado, los eléctricos híbridos pueden obtener energía de las siguientes fuentes: almacenamiento de energía recargable y un sistema de conexión directa permanente o un sistema que quema combustibles, genera electricidad mediante un motor de explosión y la realiza la propulsión con un motor mixto eléctrico y de combustión. (17)

Las **partes** que componen el sistema de propulsión de los automóviles eléctricos son:

- La **batería**: es la parte con la función de acumular la energía eléctrica y la mayoría están hechas de iones de litio. También se puede tener una batería auxiliar (con un voltaje aproximado de 12V). Se visualiza en la Ilustración 49.



Ilustración 49: Batería de un automóvil eléctrico. (Fuente: <https://www.autonocion.com/partes-de-un-motor-electrico/>)

- El **motor eléctrico o generador**: propulsa el automóvil transformando la energía eléctrica en energía mecánica. En la Ilustración 50 se puede ver un ejemplo del motor nombrado:

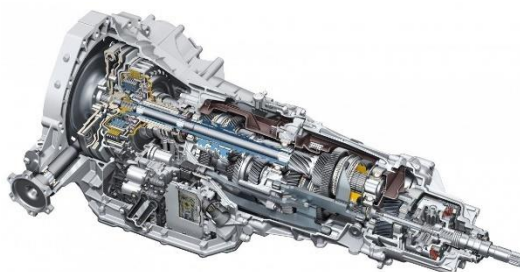


Ilustración 50: Motor eléctrico. (Fuente: <https://forococheelectricos.com/2017/08/por-que-los-coches-electricos-tienen-solo-una-marcha.html>)

La Ilustración 51 que se encuentra a continuación representa algunas de las partes de un motor eléctrico de automóvil.

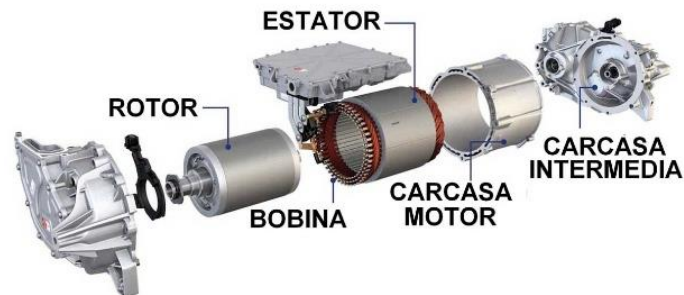


Ilustración 51: Partes de un motor eléctrico. (Fuente: <https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469>)

Este, a su vez, tiene varias **partes**:

- El **estator**: se trata de un cilindro hueco y fijo que comunica el movimiento al rotor generando un campo magnético giratorio. La Ilustración 52 muestra un ejemplo de este tipo:



Ilustración 52: Estator. (Fuente: <https://www.marposs.com/spa/application/stator>)

- El **rotor**: se trata de un cilindro con un eje acoplado y conectado a los engranajes que desplazan el automóvil, que gira dentro del estator. Cuando se alinean los polos del rotor y estator, el motor se detiene. La Ilustración 53 representa un ejemplo de este tipo:



Ilustración 53: Rotor. (Fuente: <https://www.valeoservice.com.ar/es-ar/turismo/sistemas-electricos/impulsor-motor-de-arranque-0>)

- **Bobina:** estos componentes hacen que los magnetismos, entre estator y rotor, nunca estén alineados y el rotor siga girando. Está formada por cables de cobre. La Ilustración 54 muestra un ejemplo:



Ilustración 54: Bobina. (Fuente: https://es.123rf.com/photo_33039617_bobina-de-un-motor-el%C3%A9ctrico.html)

- **Sistema regulador:** este elemento está formado por:
 - ❖ Bloque electrónico de potencia.
 - ❖ Inversor. Hay un ejemplo en la Ilustración 55.
 - ❖ Rectificador.
 - ❖ Transformador.
 - ❖ Controlador: absorbe la energía derivada de la presión en el acelerador para conducirla hacia el motor.



Ilustración 55: Inversor. (Fuente: <https://www.tree-hugger8.net/how-inverters-and-converters-work-85612>)

- **Reductor de velocidad:** reduce la velocidad de las ruedas del automóvil. A continuación, se representa una imagen en la Ilustración 56.



Ilustración 56: Reductor de velocidad. (Fuente: <https://es.sogears.com/resumen-de-productos/Reductor-de-velocidad-43-para-motor-el%C3%A9ctrico>)

- **Diferencial:** es un conjunto de elementos engranados entre sí cuya para producir la diferencia de velocidad o giro de las ruedas motrices. Sus distintas partes son: una corona, un piñón de ataque y una caja de satélites y planetarios donde se guardan dichos satélites y planetarios.

- El **convertidor de corriente**: tiene varias funciones principales y se puede observar cómo está diseñado en la Ilustración 57.
 - Transforma la CA en CC ya que la batería acumula la corriente en CC.
 - Transforma la CA obtenida en las frenadas regenerativas.
 - Transforma la CC en CA y así alimenta el motor eléctrico (trabaja con CA).



Ilustración 57: Convertidor de corriente. (Fuente: <https://www.autonocion.com/partes-de-un-motor-electrico/>)

- La **transmisión**: al no necesitar caja de cambios y poder proporcionar altos valores de par cuando trabaja con revoluciones muy bajas, solo necesita un selector. Una imagen de transmisión se representa en la Ilustración 58. Este selector tiene distintas características:
 - Palanca electrónica con la que seleccionas marcha atrás o adelante.
 - Mecanismo simple y con menores posibilidades de rotura.



Ilustración 58: Transmisión. (Fuente: <https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/como-funciona-la-transmision-de-un-auto-electrico-o-hibrido>)

- La **toma de carga**: se conecta a la corriente eléctrica y existen distintas opciones de recarga según el tipo de cargador. Puede verse en la Ilustración 59.



Ilustración 59: Toma de carga. (Fuente: <https://www.autonocion.com/partes-de-un-motor-electrico/>)

- El **módulo electrónico**: controla el motor eléctrico, normalmente con el sistema de transmisión CAN. Recibe las órdenes del conductor, se leen y se procesan para controlar el sistema de propulsión. Puede verse en la Ilustración 60.



Ilustración 60: Módulo de control electrónico. (Fuente: <https://www.mundodelmotor.net/ecm-modulo-de-control-electronico/>)

En este grupo de motores podemos encontrar los siguientes tipos:

3.1.2.1. Motor asíncrono o de inducción (AC)

Este motor funciona según el principio de inducción mutua de Faraday, que consiste en aplicar corriente alterna de manera trifásica en las bobinas inductoras. Esto hace que se cree un campo magnético giratorio (campo rotante), cuya frecuencia es igual a la de la corriente alterna con la que el motor se alimenta y cuyo giro se produce alrededor del rotor en reposo. Todo ello conlleva a desarrollarse un campo magnético, con el movimiento del campo estático, y un par motor que haga que el rotor gire. (18) Son de los más utilizados en los eléctricos.

Sus **características** principales son las siguientes:

- Rotor con velocidad diferente a la del campo magnético que genera el estator.
- Coste de producción bastante elevado.
- Gran fiabilidad y simpleza.
- Eficiencia elevada.
- Ruido y vibración escasos.
- Baja densidad de potencia.
- Par de arranque y máximo bajos y posible sobrecarga.
- No necesitan una conmutación mecánica como los motores síncronos.

En la Ilustración 61 se muestra un ejemplo de este tipo:

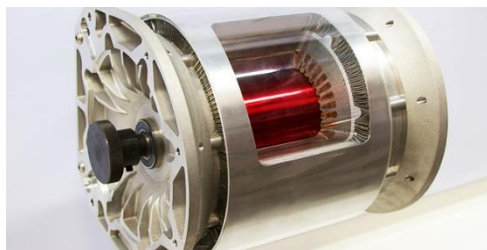


Ilustración 61: Motor asíncrono o de inducción. (Modelo S de Tesla) (Fuente: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/recursos-e-informacion-tecnica/motores>)

3.1.2.2. Motor síncrono de imanes permanentes (AC)

Se trata de motores con imanes permanentes, cuyos rotores pueden tener una forma cilíndrica, de diámetro pequeño y gran longitud (de flujo radial y campo magnético perpendicular), o una forma de disco (de flujo axial). Los de flujo radial son los más usados pero los de flujo axial pueden integrarse en la rueda del vehículo. Son los más comunes en los eléctricos puros e híbridos. En la Ilustración 62 se muestra un ejemplo.

Algunas de sus **características** más relevantes son:

- Rotor con la misma velocidad que el campo magnético que genera el estator.
- Coste elevado porque sus materiales son difíciles de conseguir.
- Pueden desmagnetizarse con el tiempo.
- Eficiencia elevada.
- Ruido y vibración escasos.
- Gran impacto ambiental.
- Los más pequeños y compactos.
- Mayor facilidad para controlar la velocidad.
- Necesitan una conmutación mecánica.



Ilustración 62: Motor síncrono de imanes permanentes. (Modelo ZOE de Renault) (Fuente: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/recursos-e-informacion-tecnica/motores>)

3.1.2.3. Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC)

En esta sección encontramos unos motores que no necesitan imanes permanentes ni escobillas para crear un campo magnético giratorio gracias a la corriente que por las bobinas. En la Ilustración 63 está representado un ejemplo de este tipo de motor.

Se pueden distinguir algunas **características**:

- El campo magnético atrae los polos del rotor y crean un par que lo alimenta.
- Coste bajo pero robustos.
- Par motor elevado, pero no demasiada potencia a bajas rpm.



Ilustración 63: Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable. (Fuente: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/motores-sincronos-de-reluctancia/>)

3.1.2.4. Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

Aquí encontramos los motores eléctricos que utilizan la corriente continua, al contrario de los demás, que utilizaban la corriente alterna. Este tipo es utilizado en los automóviles híbridos, en los que se hallan imanes permanentes en el rotor que hacen que el motor funcione. Dichos imanes se alimentan de manera secuencial de cada fase del estator. La Ilustración 64 muestra la imagen del motor nombrado.

Destacan las siguientes características:

- Coste de producción elevado.
- Gran robustez.
- Sin ruido ni mantenimiento.
- Baja potencia.



Ilustración 64: Motor sin escobillas de imanes permanentes. (Fuente: <http://motors-manufacturer.com.ar/2-14-1000-1200w-drive-motor-pmdc-brushless-motor-tf133bh.html>)

3.1.3. Motores Híbridos

Existen unos tipos de motores llamados motores híbridos, que consisten en dos propulsores combinados con el objetivo principal de lograr una eficiencia más alta de combustible y una cantidad más baja de emisiones que contaminen el medio ambiente. Se pueden encontrar como una mezcla de dos o más motores, uno de combustión y otro eléctrico, con los que se llega a obtener un bajo consumo (más aún cuando el vehículo circula con una velocidad reducida o un movimiento de arranque).

Esta combinación de dos motores (térmico y eléctrico) está guiada por una centralita especial con la función de escoger el motor que trabaja en cada situación, según las condiciones, con tal de conseguir mayor eficiencia y consumos y emisiones menores:

- Cuando el automóvil está circulando en condiciones normales, se requiere el funcionamiento de los dos motores.
- Cuando no se necesita demasiada potencia será el motor eléctrico el que liderará el movimiento del automóvil.
- Cuando empieza a ser necesaria una potencia mayor, ya sea por un adelantamiento o por una subida notable, serán los dos motores combinados los que trabajarán juntos para poder alcanzar la velocidad deseada en ese momento.

Para poder conseguir la mayor eficiencia posible de combustible, el motor eléctrico funcione siempre el máximo tiempo posible, con lo que se reduce el tiempo de uso del motor térmico y se mejora la autonomía. (19)

En la Ilustración 65 se observa una imagen de un motor híbrido:



Ilustración 65: Motor híbrido. (Fuente: <https://automexico.com/mantenimiento/fallas-comunes-en-autos-hibridos-aid11259>)

Algunos de las principales **ventajas** de estos motores sobre los convencionales son:

- Mayor autonomía.
- Mayor eficiencia, con un ahorro de energía y tiempo sin recargar.
- Menor consumo (hasta un 40% menos).
- Menor mantenimiento gracias a un menor desgaste de las piezas.
- Mayor comodidad gracias a la suavidad de la conducción.
- Menor contaminación ya que desprende menos emisiones de CO₂ y NO_x.
- Mayores posibilidades de movilidad gracias a la etiqueta ECO.

Por el contrario, tienen otros **inconvenientes**:

- Mayor coste de compra.
- Mayor peso debido al aumento de componentes.
- Menor fiabilidad debido a un sistema de propulsión más complejo.

Como los vehículos de gasolina o diésel, pueden tener distintos **modos de conducción**:

- **Modo Carga:** el coche carga la batería híbrida en el momento en el que se frena o no se pisa el acelerador.
- **Modo Eco:** el sistema de gestión administra de forma automática el uso de los motores, proporcionando alguno de los dos la energía y propulsión necesarias.
- **Modo Potencia:** el motor gasolina trabaja más y para una respuesta ágil y segura, se combina el máximo par de los dos motores conjuntamente.

Los diferentes tipos de motores híbridos se pueden clasificar según la combinación de tecnologías, según su principio de funcionamiento y según la recarga de baterías.

3.1.3.1. Motores según la combinación de tecnologías

Estos se clasifican en motores en serie, en paralelo, combinados y enchufables:

- **En serie:** estos llevan un motor principal, el motor eléctrico, el cual tiene como función proporcionar la potencia necesaria para mover el automóvil. La electricidad llega desde la batería o el motor térmico. Por otra parte, el motor secundario o motor térmico, trabaja como un generador sin estar conectado a las ruedas y tiene la función de recargar la batería para un mejorar la autonomía. No son muy habituales porque no tienen una buena eficiencia en condiciones de funcionamiento estacionario y, además, son más ruidosos que los convencionales.

La configuración de este motor puede verse en la Ilustración 66:

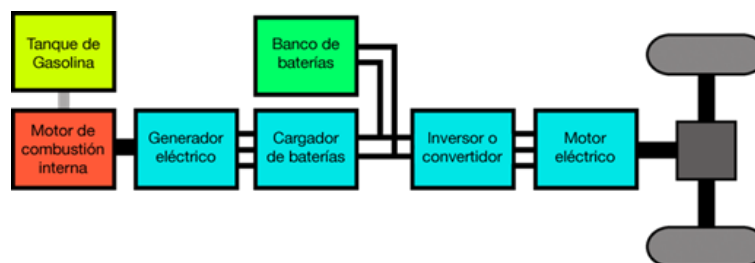


Ilustración 66: Motor híbrido en serie. (Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos82/autos-hibridos/autos-hibridos2>)

- **En paralelo:** aquí se observan los que tienen ambos motores, eléctrico y térmico, conectados a las ruedas del automóvil para funcionar de manera simultánea y proporcionar potencia para el movimiento. El motor térmico es el que mueve especialmente el vehículo y el eléctrico lo ayuda.

Este tipo de motores tampoco son tan usados como los combinados, ya que no tienen las mismas variantes de funcionamiento.

La configuración de este motor puede verse en la Ilustración 67:

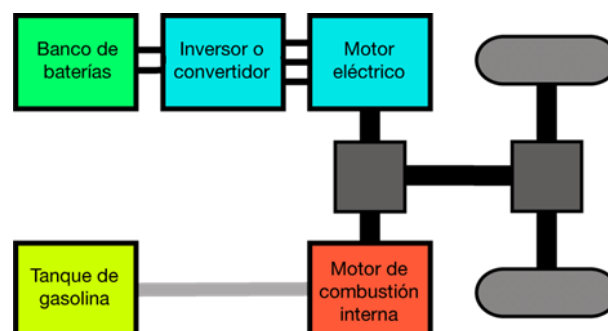


Ilustración 67: Motor híbrido en paralelo. (Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos82/autos-hibridos/autos-hibridos2>)

- **Combinados:** en estos motores se encuentra la tecnología más común y eficiente analizando el uso de cada propulsor. Además, entre los dos motores mueven el vehículo de manera que se complementan uno al otro. Esta manera de complementarse entre sí se basa en que el motor térmico recargue las baterías que sirven de alimento para el motor eléctrico.

Ambos motores están conectados a la transmisión de forma separada y pueden mover el automóvil independientemente o conjuntamente.

La configuración de este motor puede verse en la Ilustración 68:

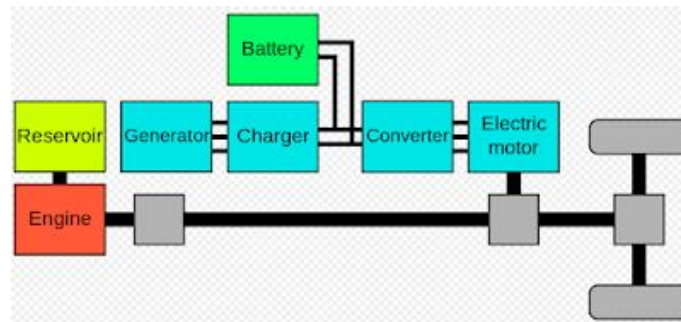


Ilustración 68: Motor híbrido combinado. (Fuente: <http://www.blogmecanicos.com/2016/11/vehiculos-hibridos-clasificacion-parte.html>)

3.1.3.2. Motores según su principio de funcionamiento

En esta clasificación se pueden distinguir entre los diésel y los de gasolina:

- **Diésel:** este tipo de híbridos consisten en un motor eléctrico acompañado por otro de combustión interna diésel. Los diésel tienen un rendimiento termodinámico superior a los de gasolina gracias a que el combustible empleado produce más calorías por unidad de volumen en los regímenes en los que trabaja, lo que desemboca en un vehículo bastante económico, sobre todo en distancias cortas y usando el modo de conducción eléctrica. (20) En la Ilustración 69 se observa un ejemplo de este motor.

Sin embargo, es muy poco común en la industria automovilística. Su oferta, al contrario que los modelos híbridos de gasolina, ha sido reducida de manera considerable desde hace bastantes meses. Esta reducción es debido a:

- Mayor coste de producción (complejo tratamiento de gases de escape).
- Mayor coste de compra.
- Se ha de circular muchos km para amortizar su coste con la autonomía.
- Necesita un motor eléctrico adicional para compensar la baja potencia.
- Mayores emisiones de partículas por las impurezas al quemarse.
- Elevada potencia a bajas rpm, baja potencia a altas rpm.
- Mayor ruido y vibración.
- Sin turbo ni inyección directa es un modelo inviable.



Ilustración 69: Motor híbrido diésel enchufable. (Fuente: <https://www.quadis.es/articulos/mercedes-benz-estrena-los-hibridos-enchufables-diesel/7137097>)

- **Gasolina:** este otro tipo de motores híbridos consisten en un motor eléctrico acompañado por otro motor térmico de gasolina. En la Ilustración 70 se observa una ejemplo.

Son más comunes que los diésel por varias razones:

- No necesita un motor eléctrico adicional para compensar el turbo.
- Menos emisiones de partículas.
- Gran potencia a altas rpm, poca a bajas, menor esfuerzo y mayor η .
- Cada motor complementa al otro (curva de par más plana).
- Menor ruido y mayor suavidad.
- Sin turbo ni inyección directa es un modelo viable.



Ilustración 70: Motor híbrido gasolina enchufable. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/coches-hibridos-tipos/357621>)

- **A Gas o bifuel:** estos motores hacen uso de dos combustibles, gasolina (inyección directa sin preocuparse por un sobrecalentamiento) y gas (inyección indirecta en el conducto de admisión para evitar el sobrecalentamiento), para una menor contaminación. Pueden encontrarse los siguientes tipos: (21)
 - **A gas licuado del petróleo (GLP):** tiene dos tanques de combustible, uno de gasolina y otro de combustible alternativo o AutoGas, conseguido durante la extracción de gas natural (60%) y del refinado del petróleo (40%). Es

utilizado por el grupo Fiat. Una imagen de este tipo se encuentra en la Ilustración 71. Sus **ventajas** son las siguientes:

- Mayor autonomía que un gasolina o diésel (hasta un 50% más).
- Menor coste de combustible, pero mayor coste de compra.
- Genera muchas menos emisiones que el carbón, gasolina o diésel.



Ilustración 71: Motor a gas licuado del petróleo (GLP). (Fuente: <http://www.lrautogas.com/2020/01/volkswagen-roc-con-autogasglp-motor.html>)

- **A gas natural comprimido (GNC):** tiene dos tanques de combustible, uno de gasolina y otro de gas natural en estado gaseoso, el cual es llevado a la cámara del combustible o colector de admisión. Seguidamente la presión baja y se mezcla con el aire, mezcla que enciende la bujía. Es utilizado por el grupo Volkswagen. Un ejemplo de este tipo de motor se puede visualizar más abajo en la Ilustración 72. Aunque no es tan común, también tiene **ventajas** como el anterior:

- Menor coste de combustible que los demás.
- Mayor coste de compra que los demás.
- Genera muchas menos emisiones que el carbón, gasolina o diésel.



Ilustración 72: Motor a gas natural comprimido (GNC). (Fuente: <https://www.seat-mediacentre.es/storiespage/newstories/Asi-es-un-coche-de-GNC-por-dentro.html#>)

Ambos tienen otras **ventajas en común** que los hacen singulares:

- Mucho menos impacto ambiental en cuanto a emisiones.
- Mucho menos impacto ambiental en cuanto a sonidos.
- Muchos menos costes de mantenimiento.
- Dos tipos diferentes de combustible (común y alternativo, ej. hidrógeno).
- Tienen la etiqueta ECO de la DGT con la que viajan por ciertas zonas.

Pero también poseen **desventajas en común** que los sitúan por detrás:

- Menos capacidad (el maletero aloja el depósito del gas).
- No puede repostarse en todas las estaciones que encuentras.

A continuación, con ayuda de las imágenes de la Ilustración 73 y la Ilustración 74, se representan las partes y su distribución en cada uno de estos motores a gas:

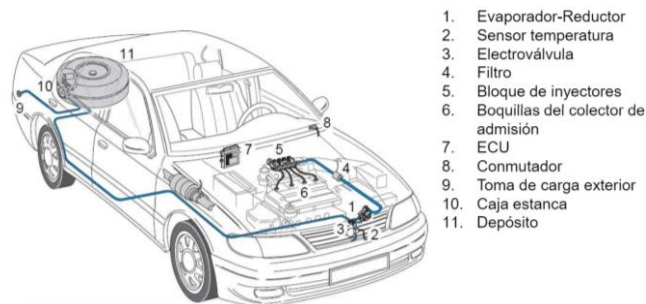


Ilustración 73: Componentes y distribución de un motor a GPL. (Fuente: <https://docplayer.es/15103261-Componentes-de-un-equipo-de-gas.html>)

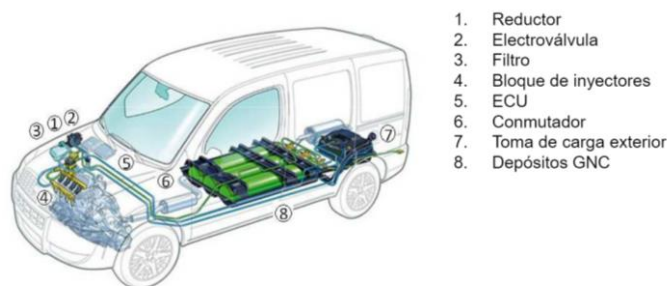


Ilustración 74: Componentes y distribución de un motor a GNC. (Fuente: <https://docplayer.es/15103261-Componentes-de-un-equipo-de-gas.html>)

3.1.3.3. Motores según la recarga de baterías

Esta clasificación distingue entre los motores enchufables y los no enchufables:

- **No enchufables:** son los tradicionales, en los que la batería utiliza el motor de combustión o un sistema de recuperación de energía cinética y las fases de frenada y desaceleración, sin poder recargarse a través de la red eléctrica. Su autonomía eléctrica es mínima, pero el motor eléctrico reduce el consumo en zonas urbanas.
- **Enchufables:** tienen la misma estructura que los anteriores, pero poseen baterías con una capacidad mayor, que facilita una mayor autonomía en el modo eléctrico puro. Requieren ser recargadas y tienen autonomía para unos 50 km. Su punto de recarga puede tener distintas potencias y tiempos de carga. Las mayores diferencias con los anteriores es la mayor autonomía y el menor consumo.

3.2. TIPOS DE CICLOS TERMODINÁMICOS

Se pueden estudiar diferentes tipos de ciclos termodinámicos que se van repitiendo constantemente en los motores térmicos, según su diseño, sus componentes y su objetivo al ser creados. Estos ciclos generan un movimiento mecánico constante.

El ciclo teórico de un motor térmico es una aproximación teórica de su funcionamiento para calcular el rendimiento que tiene y se calcula con transformaciones físicas y químicas producidas cuando el combustible se encuentra dentro del motor. El examen de estos fenómenos es simplificado con aproximaciones teóricas.

En cambio, el ciclo real se adquiere de manera experimental con aparatos indicadores, capaces de estudiar el diagrama de presiones en función de los volúmenes. Este diagrama da a conocer las condiciones reales del ciclo y tiene en cuenta lo siguiente:

- Pérdidas de calor, pérdidas por el rozamiento del fluido y pérdidas de escape.
- Tiempo de encendido, de combustión y de apertura de las válvulas.
- Inyección del combustible.

El ciclo de **Carnot** es un ciclo teórico que fue diseñado para comparar la eficiencia de las máquinas térmicas. Se representa en la Ilustración 75 y tiene varias **características**:

- Ciclo reversible de 4 etapas: 2 isotérmicas (T^a cte.) y 2 adiabáticas (sin ΔQ).
- 1-4 Expansión isoterma, exp adiabática, compresión isoterma, comp adiabática.
- Realizado por la “máquina de Carnot” conectada a dos fuentes con distinta T^a .
- Agente de trabajo: gas ideal (se transforma y proporciona trabajo mecánico).

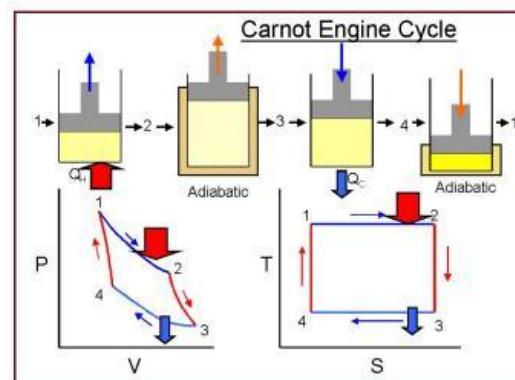


Ilustración 75: Ciclo de Carnot. (Fuente: <https://ossearte.wordpress.com/tercer-corte/ciclo-de-carnot/>)

Como el ciclo de Carnot no se puede conseguir en la realidad, la eficiencia de los ciclos reales de los motores térmicos se intenta mejorar para aproximarse al máximo. Los más conocidos, con aplicación en los automóviles actuales, son los siguientes:

3.2.1. Ciclo Otto

El ciclo **Otto** se trata del ciclo más utilizado en el mundo automovilístico actual, ya que es usado en los motores de combustión interna de gasolina, los aún más comunes en el mercado. Fue inventado en el año 1876 por Nicolaus Otto, un ingeniero alemán, como una primera aproximación teórica al ciclo de un motor térmico, en el cual todo el calor que recibe del proceso de combustión es a volumen constante.

Tiene el objetivo de transformar la energía química en energía mecánica y se puede encontrar en los motores de dos y cuatro tiempos, pero el de cuatro tiempos es más común actualmente gracias a su mayor rendimiento y menor contaminación.

Algunas de sus **características** son las siguientes:

- Relación de compresión (relación volumen máx.-mín. de 7-13 a 1) determina η .
- Rendimiento medio inferior al diésel por tener menor relación de compresión.
- Rendimiento limitado por la pérdida de llenado en la renovación de carga.
- Factor lambda (proporción de aire-combustible) de 14-15 a 1.
- Hacen trabajar a los motores con presiones de combustión de 25-30 bares.
- Rendimiento reducido trabajando con menos potencia.

La eficiencia es calculada con: $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$, considerando el aire gas ideal $\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$, con relación de compresión $\varepsilon = \frac{v_3}{v_4}$ y coeficiente adiabático $\gamma = 1,4$.

Este ciclo termodinámico está formado por seis **procesos**, aunque dos (admisión y escape, que trabajan a presión constante), no son partícipes del ciclo del fluido que opera, pero son fundamentales para la renovación de la carga.

- 1-2 Expansión adiabática: realiza trabajo sin ΔQ y la energía interna disminuye.
- 2-3 Expansión isócara: cede calor, no realiza trabajo y la entropía disminuye.
- 3-4 Compresión adiabática: consume trabajo sin ΔQ y energía interna aumenta.
- 4-1 Compresión isócara: recibe calor, no realiza trabajo y energía int. aumenta.

En la Ilustración 76 se encuentran los gráficos del ciclo nombrado:

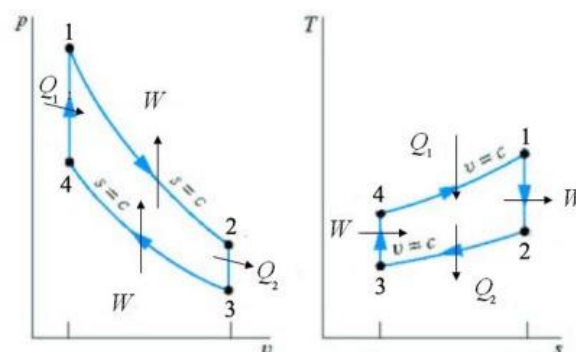


Ilustración 76: Ciclo termodinámico Otto. (Fuente: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/04/09/ciclos-otto-y-diesel-analisis-termodinamico/>)

3.2.2. Ciclo Diésel

El ciclo **Diésel** se trata del ciclo más utilizado en el mundo automovilístico actual después del Otto. Es usado en los motores de térmicos diésel, de los aún más comunes en el mercado. Se trata de una idealización del diagrama del indicador de un motor diésel inventada en el 1890 por Rudolf Diesel (ingeniero alemán), una aproximación teórica al ciclo de un motor térmico que realiza la combustión a presión constante.

Proporciona conocimientos sobre el proceso de gran importancia y al contrario que el anterior, prescinde de las fases de renovación de carga, asumiendo que el fluido termodinámico es un gas perfecto (normalmente aire) y que los procesos son ideales y reversibles.

Como el ciclo anterior, transforma la energía química en energía mecánica y, se puede encontrar en los motores de dos y cuatro tiempos, siendo el de cuatro tiempos también más común gracias a su mayor rendimiento y menor contaminación.

Algunas de sus **características** son las siguientes:

- La relación de compresión ε (de 16-24 a 1) y relación de combustión α dan el η .
- Rendimiento medio superior al Otto por tener mayor relación de compresión.
- Factor lambda (proporción de aire-combustible en peso) de 14-15 a 1.
- Rendimiento no tan reducido trabajando con menos potencia.
- Todo el calor que cede en el proceso de combustión es a presión constante.

El rendimiento teórico es calculado con la fórmula: $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$, considerando el aire gas ideal $\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} \left(\frac{\alpha^{\gamma}-1}{\gamma(\alpha-1)} \right)$, con una relación de compresión $\varepsilon = \frac{v_3}{v_4}$, un coeficiente adiabático $\gamma = 1,4$ y una relación de combustión $\alpha = \frac{v_1}{v_4}$.

Este ciclo termodinámico está formado por los siguientes **procesos**:

- 1-2 Expansión adiabática: realiza trabajo sin ΔQ (intercambio de calor).
- 2-3 Expansión isócora: cede calor y no realiza trabajo.
- 3-4 Compresión adiabática: recibe trabajo y obtiene la T^a de autoinflamación.
- 4-1 Expansión isóbara: recibe calor y realiza trabajo.

En la Ilustración 77 se encuentran los gráficos del ciclo nombrado:

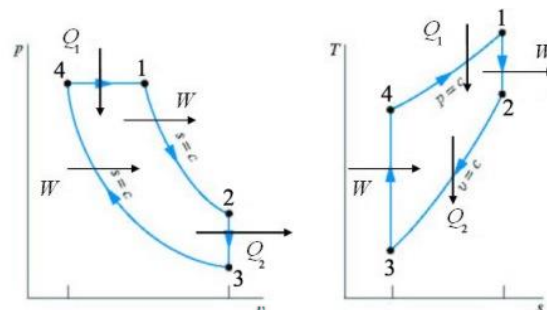


Ilustración 77: Ciclo termodinámico Diésel. (Fuente: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/04/09/ciclos-otto-y-diesel-analisis-termodinamico/>)

3.2.3. Ciclo Atkinson

El ciclo **Atkinson** se trata de un ciclo menos usado en el mundo automovilístico. Funciona con motores de gasolina (es una variante del Otto), y actualmente es el más utilizado en automóviles híbridos, acompañados por otro motor eléctrico. Fue inventado en el año 1882 por James Atkinson, un ingeniero británico, y tan solo se conoce un vehículo en el cual trabaja sin ayuda de otro motor, el “Honda Jazz”.

Se puede encontrar en los motores de cuatro tiempos y puede trabajar en una máquina rotativa con diferentes volúmenes de compresión y expansión. El escape de gases se produce por aire comprimido (posible uso de diésel e hidrógeno). Recibe más calor a volumen constante pero no aprovecha toda la fuerza que mueve el pistón.

Este cambio hace que tenga algunas **diferencias** con el **Otto**:

- Mayor eficiencia térmica y menor consumo de combustible.
- Menor presión y temperatura en el cilindro.
- Necesitan menos esfuerzo mecánico y posibilita una vida útil mayor.
- Menores vibraciones, más ligeros (menos emisiones que un diésel).
- Menor coste de producción.
- Menor relación de compresión (de 8 a 1).
- Menor potencia por un ε menor, nivelada por un motor eléctrico en híbridos.
- Menor límite de revoluciones y tecnología más compleja (pero muy fiables).

Su funcionamiento es parecido al Otto, pero en el proceso de compresión de la mezcla, las válvulas de admisión permanecen abiertas más tiempo, lo que provoca que:

- Aumenta la presión en el interior del colector de admisión.
- Se reduce la energía necesaria para comprimir la mezcla de aire-combustible.
- Se envía parte de la mezcla de vuelta al colector de admisión.
- Relación de expansión (de 13 a 1) favorece llenado cilindros y reduce pérdidas.

El rendimiento teórico es calculado con la fórmula: $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$, con una relación de compresión $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$, una relación de expansión $\beta = \frac{v_4}{v_3}$.

Este ciclo termodinámico, igual que el Otto, está formado por cuatro **fases**:

- 1-2 Compresión adiabática: consume trabajo sin ΔQ y energía interna aumenta.
- 2-3 Compresión isócora: recibe calor, no realiza trabajo y energía int. aumenta.
- 3-4 Expansión adiabática: realiza trabajo sin ΔQ y la energía interna disminuye.
- 4-1 Compresión isóbara: cede calor, no realiza trabajo y la entropía disminuye.

En la Ilustración 78 se encuentran los gráficos del ciclo nombrado:

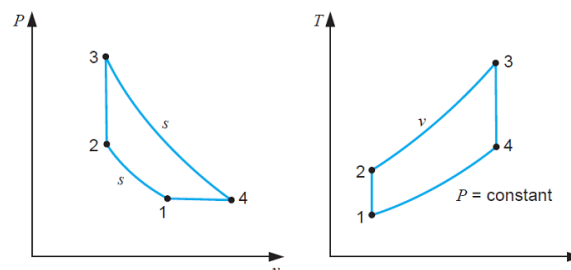


Ilustración 78: Ciclo termodinámico Atkinson. (Fuente: <https://mechanicalengineering.blog/atkinson-cycle/>)

3.2.4. Ciclo Miller

El ciclo **Miller** es un ciclo que se usa en pocos automóviles. Es otra variante del Otto y como el Atkinson, funciona con motores de gasolina de cuatro tiempos. Están en coches híbridos, ayudados por un motor eléctrico. Fue inventado en el 1957 por Ralph Miller, ingeniero norteamericano, y existe un coche en el que no obtiene ayuda de otros motores, el "Mazda Millenia".

Este ciclo tiene algunas **diferencias** con el **Otto**:

- Mayor eficiencia térmica y menor consumo.
- Menor temperatura en el cilindro.
- Necesitan menos esfuerzo mecánico y usa un cilindro mayor e interenfriador.
- Mayor coste ya que necesita componentes auxiliares para ser óptimo.
- Relación de compresión menor (6,5-10,5 a 1) y de expansión mayor (de 10 a 1).
- Menor potencia por una ε menor, nivelada por un motor eléctrico en híbridos.

También retrasa la compresión con las válvulas abiertas más tiempo, provocando:

- Un reflujo de parte de la mezcla del cilindro al colector de admisión.
- Pérdida de aire que induce a una pérdida de potencia.
- Sobrealimentación por una precompresión de un compresor volumétrico que:
 - Empuja aire al colector de admisión y reduce la energía necesaria.
 - Baja la potencia un 10%-15% y necesita un 15%-20% de la energía generada para trabajar (E mecánica consumida < mejora de eficiencia).

Además, se pueden observar otras **diferencias** con el ciclo **Atkinson**:

- Mayor eficiencia, potencia (Miller=Atkinson+sobrealimentación) y consumo.
- Necesitan más esfuerzo mecánico para la compresión y no tienen la misma útil.
- Mayor coste ya que necesita componentes auxiliares para ser óptimo.

El rendimiento teórico es calculado con la fórmula: $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$, con una relación de compresión $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$, una relación de expansión $\beta = \frac{v_4}{v_3}$.

Este ciclo termodinámico se diferencia de los demás con cuatro **fases** + una 5ª extra:

- 1-2 Compresión adiabática: consume trabajo sin ΔQ y energía interna aumenta.
- 2-3 Compresión isócara: recibe calor, no realiza trabajo y energía int. aumenta.
- 3-4 Expansión adiabática: realiza trabajo sin ΔQ y la energía interna disminuye.
- 4-5 Compresión isócara: cede calor, no realiza trabajo y la entropía disminuye.
- 5-1 Compresión isóbara: cede calor, no realiza trabajo y la entropía disminuye.

En la Ilustración 79 se encuentran los gráficos del ciclo nombrado:

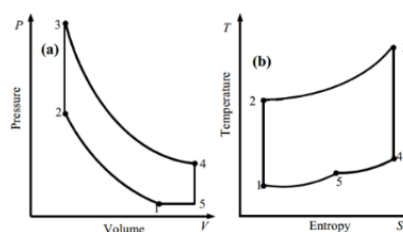


Ilustración 79: Ciclo termodinámico Miller. (Fuente: https://www.researchgate.net/figure/a-P-V-diagram-b-T-S-diagram-for-the-air-standard-Miller-cycle_fig1_304531090)

3.3. COMPARACIONES ENTRE LOS DIFERENTES MOTORES

En el momento de analizar el rendimiento y cualidades de un motor, es indiscutible que existen muchos aspectos en los que te puedes fijar y tener en cuenta. Algunos de los más relevantes son los siguientes:

- Fiabilidad.
- Progresividad.
- Eficiencia.
- Autonomía.
- Consumo de combustible.
- Contaminación atmosférica.
- Costes de producción y compra.
- Costes de mantenimiento y reparaciones.
- Cilindrada.
- Potencia (aceleración y fuerza).
- Suavidad y vibraciones.
- Sonoridad.
- Recuperación.
- Prestaciones.

Varios de estos aspectos pueden ser subjetivos, según la visión, los objetivos y las prioridades de cada consumidor. Pero en realidad no cambian, son los mismos para todo el mundo, y se tienen que tener en cuenta a la hora de comprar un automóvil.

A lo largo del tiempo, los motores han ido reinventándose y evolucionando para poder llegar a la cima del mercado en el que se encuentren, con el objetivo de ser más rentables, influyentes y buscados por la mayoría de clientes.

Además, han tenido que adaptarse a las condiciones de cada país en cuanto a requerimientos de los conductores, normativas de circulación, situación económica... lo cual ha llevado a las empresas a querer superarse día a día para poder crear motores con un mejor rendimiento térmico y mejores prestaciones que los demás.

Siempre se ha hablado de diferentes ventajas, desventajas, pros y contras de todos y cada uno de los motores que han ido surgiendo a lo largo del tiempo, pero no siempre se tienen en cuenta todos los aspectos relevantes y existentes, aunque no se pueden ver a simple vista. Por eso, se han hecho multitud de estudios y pruebas en todos los nuevos proyectos y tecnologías que iban apareciendo, ya que ayudaban a descubrir las características de cada desarrollo y si de verdad cumplían con lo requerido.

Para ello, se muestran diversas comparaciones especialmente trascendentales entre los motores térmicos, eléctricos e híbridos más utilizados en la actualidad. Con la ayuda de diferentes tablas, se nombrarán los constituyentes de cada grupo de motores, en las cuales se podrán analizar sus principales características y las respectivas comparaciones con los demás motores rivales.

3.3.1. Comparación entre los Motores de Combustión Interna

En esta clasificación de la Tabla 1 se encuentra la comparación entre los dos tipos de motores más conocidos y usados por los conductores de automóviles hoy en día.

Tabla 1: Comparativa entre los motores de combustión interna.

Motor	Eficiencia o rendimiento energético	Consumo de combustible	Potencia (aceleración y fuerza)	Contaminación ambiental	Vibración y ruido	Costes producción y compra	Costes mantenimiento y reparación
Gasolina	20-30%	Elevado	Elevada y moderada	Elevada	Moderado	Moderado	Moderado
Diésel	30-40%	Moderado	Moderada y elevada	Elevada	Moderado-elevado	Moderado-elevado	Elevado

Para un motor de combustión, la eficiencia es la relación entre la energía química contenida en el combustible y la energía mecánica obtenida. En los motores diésel es mayor (siendo superior o muy superior a los de gasolina, según el modelo), gracias a su mayor relación de compresión. También poseen un consumo de combustible menor, algo muy valorado entre los consumidores, que ayuda a ser preferidos según el cliente.

Además, gracias a los avances tecnológicos en aditivos de combustible (AdBlue) y sistemas anticontaminación, han reducido las emisiones de CO_2 y expulsan un 15% menos que un gasolina. Sin embargo, siguen siendo tan perjudiciales o más para el medio ambiente, según el modelo, debido a la mayor emisión de partículas y de NOx , sustancias que lo perjudican notablemente.

Si se tiene un motor de gasolina con un modelo posterior al año 2001 y se quiere mejorar el consumo, pueden ser convertidos a motores a gas (generalmente GLP) en un taller. El precio de la instalación puede oscilar entre los 1000 y los 3000€, una inversión que solo compensa cuando el objetivo es hacer muchos kilómetros y el vehículo tiene un consumo elevado. Además, hay que tener en cuenta que puede haber consecuencias perjudiciales: una mala calibración, problemas a largo plazo como el reseco de las válvulas, mayor peso y menor maletero. (22)

Algunos de los aspectos a favor de los motores de gasolina son que, aunque se hayan hecho bastantes mejoras en los diésel, siguen teniendo ligeramente menos vibraciones y ruido en la mayoría de modelos (con una mayor suavidad en la conducción), además de generar también una aceleración mayor. Igualmente, si bien su consumo es mayor, el precio de estos coches es un poco menor y son más baratos de mantener que los diésel. El número de reparaciones que requiere un diésel quizá sea menor, pero el precio de estas será mayor, lo que incrementará el coste a largo plazo. Esto es debido a la necesidad de reducir el consumo y la contaminación y cumplir con la normativa, por lo cual precisan añadir sistemas, líquidos y componentes.

En conclusión, al cabo de un tiempo y muchos kilómetros, comparando el coste en combustible y mantenimiento, se podrá ver que acabará siendo muy parecido.

3.3.2. Comparación entre los Motores Eléctricos

En esta clasificación de la Tabla 2 se encuentra la comparación entre los tipos de motores eléctricos que existen en los automóviles actuales.

Tabla 2: Comparativa entre los motores eléctricos.

Motor	Eficiencia o rendimiento energético	Consumo de combustible	Potencia (aceleración y fuerza)	Contaminación ambiental	Vibración y ruido	Costes producción y compra	Costes mantenimiento y reparación
Eléctrico (AC) asíncrono o de inducción	80-93%	Reducido	Elevada y reducida	Reducida	Muy reducido	Elevado	Moderado
Eléctrico (AC) síncrono de imanes permanentes	80-97%	Reducido	Moderada y elevada	Reducida	Muy reducido	Muy elevado	Moderado
Eléctrico (AC) síncrono de reluctancia conmutada	80-95%	Reducido	Moderada y elevada	Reducida	Reducido	Reducido	Reducido
Eléctrico (DC) sin escobillas de imanes permanentes	80-90%	Reducido	Moderada y reducida	Reducida	Muy reducido	Elevado	Moderado

Para un motor eléctrico, la eficiencia es la relación entre la energía eléctrica absorbida de las baterías y la energía mecánica obtenida. Esta eficiencia se mide con la cantidad de energía consumida para realizar un determinado trabajo (el que requiera menos energía será el más eficiente). En los coches eléctricos hay una eficiencia del 75-80%.

En todos estos motores, la eficiencia puede ser hasta tres veces mayor a la de los de combustión interna. Aunque son capaces de almacenar menos energía, también necesitan menos para moverse. En el caso de los Tesla, los eléctricos más vendidos, se pudo llegar a una eficiencia del 93% con un motor asíncrono o de inducción. En el 2017 los cambiaron por los síncronos de imanes permanentes, con los que llegaron al 97%.

Su consumo es de hasta cuatro veces menos que un motor de gasolina y hasta tres veces menor que un motor diésel. Al mismo tiempo, debido a la posesión de diferentes baterías y componentes eléctricos, tiene un peso mayor a los convencionales, lo que hace reflejar su superioridad en cuanto a consumo energético, vibraciones y ruido.

No requieren de marchas y embragues manuales como los anteriores, lo que les capacita para proporcionar, en la mayoría de casos, una potencia mayor y con más rapidez. Además, no contribuyen a la contaminación ambiental al circular, tan solo de manera indirecta cuando generan energía (nada comprado con los convencionales).

Su coste de compra acostumbra a ser bastante mayor que uno convencional y, aunque tienen un número menor de averías que los de combustión, pueden llegar a ser más costosas. Algunas de las más típicas son un fallo en la toma de carga, el desgaste de la batería (normalmente a partir de unos años) o problemas con el filtro de partículas (se tiene que cambiar cada ciertos kilómetros, según el modelo).

3.3.3. Comparación entre los Motores Híbridos

En esta clasificación de la Tabla 3 se encuentra la comparación entre los tipos de motores híbridos que se pueden encontrar en los automóviles.

Tabla 3: Comparativa entre los motores híbridos.

Motor	Eficiencia o rendimiento energético	Consumo de combustible	Potencia (aceleración y fuerza)	Contaminación ambiental	Vibración y ruido	Costes producción y compra	Costes mantenimiento y reparación
Híbrido Gasolina	35-50%	Reducido-moderado	Elevada y moderada	Moderada	Reducido o muy reducido	Moderado-elevado	Moderado
Híbrido Diésel	35-50%	Reducido-moderado	Moderada y elevada	Moderada	Moderado o muy reducido	Moderado-elevado	Moderado
A gas (GLP)	30-45%	Reducido-moderado	Reducidas	Moderada	Reducido	Elevado	Reducido
A gas (GNC)	30-43%	Reducido-moderado	Reducidas	Moderada	Reducido	Elevado	Reducido

Todos los híbridos citados pueden llegar a tener mayores eficiencias que los térmicos, cuando no son estos motores los que trabajan. Los enchufables tienen un rendimiento algo mayor, sin embargo, ni se acercan a los altos rendimientos de los eléctricos.

Igual que con los motores de diésel, frente a los de gasolina es sensato escoger los GLP y GNC cuando se tienen que hacer muchos viajes, ya que el consumo de combustible y los costes de mantenimiento son menores, aunque cada vez con menos diferencia. Además, aunque el precio de compra sea mayor, se compensará a lo largo del tiempo.

La contaminación ambiental de los motores híbridos a gas ha sido un tema muy discutido a lo largo de su existencia, en la cual se ha llegado a indicar que podía cambiar el rumbo de las emisiones contaminantes, y con el cual se han dado cuenta de que no es la solución adecuada. Si bien se puede decir que emiten algo menos de emisiones de CO_2 , partículas y NOx que los convencionales, aún no son suficientes para desbancarlos y nunca serán una alternativa clara a los eléctricos.

Igualmente, proporcionan una potencia menor que los de combustión, lo que les hace estar aún por detrás de ellos en la lista de preferencias de los conductores.

Por otra parte, los híbridos de gasolina y diésel, consisten en dos motores, uno eléctrico y otro convencional, que trabajan simultáneamente. Esto hace que cuando esté el eléctrico en funcionamiento, el consumo, la contaminación ambiental y los ruidos sean reducidos. En cambio, cuando es el motor térmico el que lleva a cabo el trabajo, estos vehículos circulan como si fueran de combustión interna, en los que los datos de las características anteriormente nombradas pasan a ser mayores.

Estos híbridos tienen un coste de compra menor que los eléctricos, pero siguen siendo más caros que los de gasolina o diésel, lo que también hace dudar a los consumidores.

3.3.4. Resumen comparativo

A continuación, se detalla en la Tabla 4 un resumen de todas las comparaciones realizadas anteriormente entre los motores más importantes en este momento.

Tabla 4: Resumen de la comparativa entre los motores de combustión interna, eléctricos e híbridos.

Motor	Eficiencia o rendimiento energético	Consumo de combustible	Potencia (aceleración y fuerza)	Contaminación ambiental	Vibración y ruido	Costes producción y compra	Costes mantenimiento y reparación
Gasolina	20-30%	Elevado	Elevada y moderada	Elevada	Moderado	Moderado	Moderado
Diésel	30-40%	Moderado	Moderada y elevada	Elevada	Moderado-elevado	Moderado-elevado	Elevado
Eléctrico (AC) asíncrono o de inducción	80-93%	Reducido	Elevada y reducida	Reducida	Muy reducido	Elevado	Moderado
Eléctrico (AC) síncrono de imanes permanentes	80-97%	Reducido	Moderada y elevada	Reducida	Muy reducido	Muy elevado	Moderado
Eléctrico (AC) síncrono de reluctancia conmutada	80-95%	Reducido	Moderada y elevada	Reducida	Reducido	Reducido	Reducido
Eléctrico (DC) sin escobillas de imanes permanentes	80-90%	Reducido	Moderada y reducida	Reducida	Muy reducido	Elevado	Moderado
Híbrido Gasolina	35-50%	Reducido-moderado	Elevada y moderada	Moderada	Reducido o muy reducido	Moderado-elevado	Moderado
Híbrido Diésel	35-50%	Reducido-moderado	Moderada y elevada	Moderada	Moderado o muy reducido	Moderado-elevado	Moderado
A gas (GLP)	30-45%	Reducido-moderado	Reducidas	Moderada	Reducido	Elevado	Reducido
A gas (GNC)	30-43%	Reducido-moderado	Reducidas	Moderada	Reducido	Elevado	Reducido

Como se puede observar en esta tabla, los motores eléctricos son los eficientes de todos los existentes, además de ser los menos perjudiciales para el medio ambiente y los que tienen un menor consumo. Estos datos los ponen en cabeza, sin lugar a dudas, en cuanto al objetivo principal de un futuro libre de emisiones y en los intereses de los conductores. Asimismo, pueden proporcionar una elevada potencia y producir un ruido escaso. En cambio, los costes de compra de los respectivos automóviles eléctricos son, en la mayoría de ocasiones, superiores a los de los demás vehículos, algo que debería estudiarse para procurar reducirlos.

3.4. PREVISIONES DE FUTURO

El futuro medioambiental que se prevé no es nada esperanzador con este ritmo de contaminación atmosférica que provocan, sobre todo, los automóviles de combustión. Por ello, es esencial que haya un cambio radical en el mercado que ayude a reducir estas emisiones perjudiciales y a frenar esta gran contaminación producida durante muchos años. Además, para alcanzar esta meta, es necesario que los vehículos de gasolina y diésel sean sustituidos por híbridos y eléctricos, con estos últimos como únicos coches con la posibilidad de ser usados en un futuro no muy lejano.

Está asegurado el futuro automovilístico si se sigue mejorando el rendimiento de los coches eléctricos, algo que es factible según muchos expertos. Estos logros con unos vehículos con tan pocos gases contaminantes y tan eficientes, van a dejar claro a los consumidores de que se tiene que empezar a apostar por ellos y tener un futuro próspero en cuanto a salubridad en el medio ambiente para todos los habitantes del planeta. Van a ser capaces de disminuir la necesidad del uso de petróleo cuando consigan consumir electricidad proveniente de fuentes de energía renovables, tales como de paneles solares, centrales hidroeléctricas o energía eólica.

Sin embargo, este proceso no es tan sencillo ni rápido como parece, ya que se han de seguir una serie de normas y llevar a cabo una serie de pasos que requieren un mínimo de tiempo. Estas normativas, regularizan la contaminación de los motores, pero también tienen un gran efecto en la manera de llevar los procesos por parte de los fabricantes, los que deben cumplirlas y a la vez satisfacer a los clientes.

Varios científicos afirman que en el año 2030 todavía no habrá podido alcanzar ni el 10% de la producción de eléctricos en todo el mundo, lo que provocaría que estos automóviles fueran más caros.

Por otra parte, en la Unión Europea han decidido que los coches de gasolina y diésel, dejarán de fabricarse definitivamente entre los años 2030 y 2035, mientras otros países hablan del 2040. Es decir, a partir del este último se busca la completa inexistencia en todo el mercado de los vehículos con motores solamente térmicos.

Aun así, habrá diferentes marcas que dejarán de desarrollar automóviles de este tipo bastante antes, con la idea de poder crear más coches eléctricos o híbridos con anterioridad y estar preparados para el momento en el que se encuentre su única en la circulación terrestre. Igualmente, el objetivo principal de estas empresas, sería empezar a generar ganancias con los vehículos del futuro y ser capaces de tenerlos totalmente equipados y con las mejores eficiencia y características para un nuevo mercado automovilístico en el que seguirá habiendo una gran competencia.

Por su lado, los motores diésel han evolucionado de manera muy significativa en las últimas décadas, tanto en emisiones contaminantes como en consumo y vibraciones, lo que les ha hecho subir varios escalones en la lista de los mejores y más demandados motores. Ofrecen unas buenas prestaciones, y el precio de estos vehículos diésel, normalmente no es tan alto como los híbridos o los eléctricos modernos.

En cambio, últimamente ha ido alterándose esta predisposición, afectada por los bajos consumos y ruidos de los nuevos tipos de motores. Aunque los híbridos y eléctricos aún no son tan demandados como los de combustión, ya se empieza a ver una tendencia ascendente que seguirá creciendo en un futuro, hasta llegar a ser unánime

El año 2017, en Oslo se prohibió utilizar automóviles diésel con el objetivo de reducir la contaminación. Posteriormente, en 2020, fue París la ciudad que lo hizo, y seguidamente han sido Múnich y Madrid, las que han añadido esta prohibición a partir de 2025. A pesar de ello, algunas empresas creen que son decisiones que se han tomado demasiado pronto, ya que los diésel actuales no son tan perjudiciales como hace unos cuantos años gracias a sus nuevas tecnologías mejoradas. Algunos de estos progresos han venido por parte de la empresa BOSCH, que ha conseguido desarrollar componentes para reducir considerablemente la cantidad de NOx y partículas contaminantes. Al mismo tiempo, Mercedes también ha creado motores diésel, comparados con algunos gasolina por sus pocas emisiones.

Actualmente, son los motores de gasolina los dominantes en el mercado automovilístico, con ayuda de su uso en la mayoría de híbridos. Esta estadística ha hecho ver a los fabricantes que, si quieren seguir desarrollando y vendiendo motores térmicos, tendrán que dejar de producir motores diésel, para seguir solamente con los de gasolina. Aunque se sepa que en un futuro se van a dejar de fabricar, estos son todavía muy demandados y pueden ser incorporados en muchos vehículos híbridos.

Por ahora, hasta que llegue el momento de dejar de fabricar los motores de combustión interna, la gente quiere seguir comprándolos, así que aún deben pensar en las características de cada uno. Como se ha podido ver, los diésel proporcionan menos potencia que los de gasolina, pero tienen un consumo menor. Además, el precio no es muy diferente, lo que no ayudará a escoger entre uno u otro, con lo cual se tiene que estudiar el objetivo que cada uno tenga con el automóvil, lo que decidirá qué vehículo es el más adecuado para su uso.

Serán las normativas y los fabricantes los que, en gran parte, van a decantar la cantidad de motores utilizados en estos próximos años, pero también serán los conductores y compradores los que acabarán de modificar estas estadísticas.

Por último, en la Ilustración 80 se ve la evolución de la matriculación de automóviles de combustión interna en los últimos años, el decrecimiento de los diésel y el aumento de los gasolina, con un 60% de coches vendidos en España en 2019.

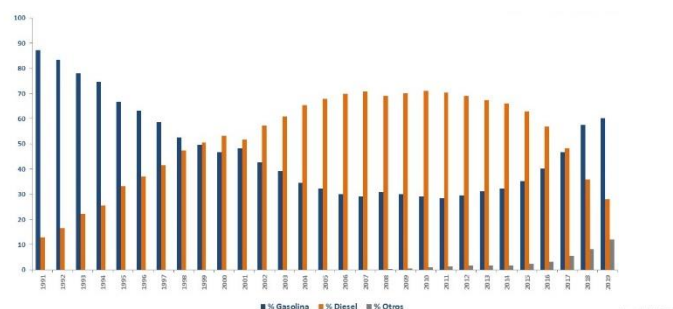


Ilustración 80: Evolución de la matriculación de motores de combustión interna. (Fuente: <https://www.aop.es/blog/2020/07/13/balance-energetico-2019-2/>)

4. NUEVAS TECNOLOGÍAS

Hasta ahora se ha hablado de todos los motores existentes actualmente en nuestro planeta, además de sus muchas y variadas características que los hacen únicos.

En este apartado se va a hablar de las distintas tecnologías que han ido apareciendo en los últimos tiempos, así como de diferentes ideas que han surgido en la mente de los mejores científicos y fabricantes del mundo automovilístico.

Estas puede que ayuden a mejorar algunas de las características mencionadas anteriormente de los motores, ayudándoles a progresar y a ser rivales más dignos y difíciles de batir en el mercado.

4.1. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 6 TIEMPOS

Aunque los motores más conocidos y utilizados en los coches son los de cuatro tiempos (los de dos en motocicletas), existe también un tipo de **motor de seis tiempos**, el cual aún no ha terminado de incorporarse en el mundo del automóvil, pero puede ser instaurado en el futuro según la empresa “Caterpillar”.

Se trata de un motor de combustión creado a partir de añadirle dos tiempos al típico de cuatro, con el que se quiere conseguir un mejor funcionamiento del motor y una eficiencia mayor.

Estos dos tiempos extra provocan que se encuentren los **procesos** siguientes:

- **Tiempo 1:** Admisión.
- **Tiempo 2:** Compresión.
- **Tiempo 3:** Explosión o expansión (cierre de la válvula de admisión).
- **Tiempo 4:** recompresión de gases residuales con oxígeno de la combustión.
- **Tiempo 5:** se realiza una segunda combustión y una expansión.
- **Tiempo 6:** Escape (en el de 4 tiempos se realiza en el tiempo 4).

Esta amplificación en el número de tiempos, provoca una evolución en las características que posee, como una mejor limpieza en la cámara de combustión, una expulsión mayor de gases y un rendimiento superior, entre otras. Hacia el final del ciclo, los gases tienen una temperatura bastante inferior a la que tendrían después de la expansión en un motor convencional, con la que después son expulsados en el tiempo 6.

Una empresa llamada “Caterpillar”, que tiene la mayor fabricación del mundo en maquinarias de construcción y minería, motores diésel y gas natural, turbinas industriales y locomotoras diésel-eléctricas..., ha estado estudiando este tipo de motor.

Afirman que este tipo de motor con dos tiempos extra podría ayudar a reducir las emisiones contaminantes, pero su mayor ventaja es tener la capacidad de mejorar la

eficiencia térmica con una reducción de la temperatura (aproximadamente 850°C en los gasolina y 650°C en los diésel) a la cual se expulsan los gases.

El cigüeñal, en este caso, da tres vueltas por ciclo, en las que se produce una generación de trabajo mayor, lo que permite una potencia similar al de cuatro tiempos. Además, al tocar el cilindro en el punto muerto superior, se inyecta agua líquida pulverizada (final del tiempo 4), la cual se calienta, cambia de fase y aumenta la presión de la mezcla para expandirse seguidamente en el tiempo 5.

Podría incorporarse en cualquiera de los dos motores de combustión interna y se cree que podría mejorar el reparto de la inyección entre la primera y segunda combustión para que el rendimiento crezca aún más.

Otro aspecto importante que se tiene que estudiar es que, al necesitar el agua destilada, no se sabe cómo es su compatibilidad con el aceite lubricante. Asimismo, se produce una mayor cantidad de vapor de agua en el escape, cuya temperatura puede inducir a una condensación (también sucede en las pilas de combustible).

La presencia de un desarrollo en sistemas de distribución flexibles con métodos hidráulicos, neumáticos o electromagnéticos puede verse como un estímulo extra para la instauración de este tipo de motor en el mercado. (23)

Se representa en la Ilustración 81 el funcionamiento y proceso del motor nombrado:

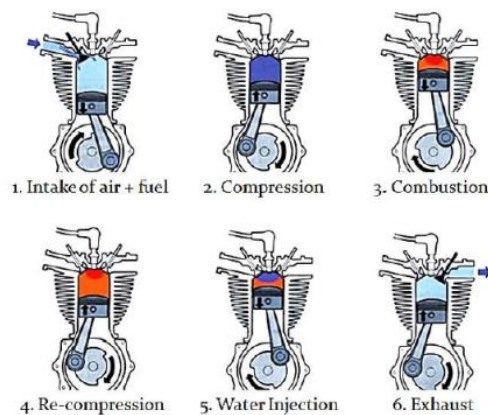


Ilustración 81: Funcionamiento del proceso cíclico termodinámico de un motor de 6 tiempos. (Fuente: <http://www.asepa.es/images/pdf/boletin/2015/b-2015-09-1.pdf>)

4.2. MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON BIOFUELS

Los combustibles llamados **biocombustibles** tienen un origen biológico y pueden llegar a sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales (petróleo o carbón), gracias a sus menores cantidades de emisiones perjudiciales para el medio ambiente.

Dos de los más usados en automoción son:

- El **biodiésel**: se trata de un líquido obtenido de reacciones químicas entre aceites vegetales y grasas animales que se puede mezclar con gasóleo del refinado del petróleo y es capaz de reducir diferentes tipos de emisiones contaminantes, como la de CO_2 en los motores diésel. Además, pueden ser incorporados en los motores de gasolina para que limpien su interior. Aunque tienen una mínima disminución de la eficiencia, no es algo determinante.
- El **bioetanol**: también llamado etanol de biomasa, es obtenido a partir de la fermentación alcohólica de azúcares de diferentes plantas (caña de azúcar, remolacha o cereales), es decir, de materia vegetal comestible o biomasa. No se puede obtener del petróleo, lo que lo diferencia de otros combustibles, y también es capaz de reducir las emisiones contaminantes.

En la Ilustración 82 siguiente se muestra la imagen de diferentes surtidores, en los que se pueden distinguir los que destacan los de bioetanol y biodiésel:



Ilustración 82: Surtidores de biocombustibles bioetanol y biodiésel. (Fuente: <http://www.laenergiadelcambio.com/desmontando-el-mito-el-uso-del-etanol-en-tu-coche/>)

4.3. MOTORES ELÉCTRICOS CON EFUELS

Los **efuels** o **electrocombustibles**, también llamados electrocarburantes, son un tipo de combustibles sintéticos fabricados con el almacenamiento de energía eléctrica proveniente de enlaces químicos de combustibles líquidos o gaseosos.

Se adquieren a partir de dióxido de carbono de fuentes biológicas e hidrógeno de fuentes de energía renovable. Un aspecto importante es que tienen la capacidad de almacenar energías renovables como combustibles líquidos.

Los principales tipos de efuel son el **butanol**, el **metanol** (vehículos adaptados), el **biodiésel** (vehículos convencionales) y el **hidrógeno** (vehículos de pila de combustible o de mucha carga). Se usan con el fin de sintetizarlos y están siendo trabajados para hacerlos más económicos y eficientes, y así ser incorporados en más automóviles, ya que actualmente ya están incorporados en algunos.

Esta conversión de electricidad y energías renovables en efuels depende sobre todo de tecnologías de potencia y vías de producción: Potencia a X o PtX (desacopla la energía del sector eléctrico para poder ser utilizada en otros ámbitos), Potencia a Líquido o PtL (convierte la energía renovable en combustible líquido y productos químicos como metanol o amoníaco) y Potencia a Gas o PtG (convierte la energía eléctrica en combustible gaseoso como hidrógeno o metano).

Dicho combustible permite almacenar grandes cantidades de energía durante un largo periodo de tiempo, ya que el almacenamiento no es demasiado costoso. Por otra parte, no son tan eficientes como las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos. Además, realiza un proceso llamado electrólisis, en el cual el agua es dividida en oxígeno e hidrógeno, siendo este último utilizado directamente o combinado con carbono para crear otros hidrocarburos líquidos (más demandados) o gaseosos. Asimismo, pueden llegar a reducir las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero gracias a la proveniencia de energías renovables de la electricidad y el carbono, lo que también proporciona una mayor sostenibilidad.

Para ser capaces de triunfar en el mercado automovilístico, tienen que producirse algunos avances: ampliación de las instalaciones y la tecnología para capturar carbono, establecer unas horas de funcionamiento a plena carga, y mayormente tener accesibilidad a fuentes de energía sostenibles, renovables y viables. El factor clave que imposibilita el auge de estos combustibles es el actual coste de la electricidad. (24)

A continuación, en la Ilustración 83 se observa un automóvil con e-fuel:



Ilustración 83: Automóvil con electrocombustible. (Fuente: <https://www.caranddriver.com/es/movilidad/a35428837/efuel-alliance-mazda/>)

4.4. MOTORES HÍBRIDOS DE HIDRÓGENO CON FUEL CELLS

Una fuente alternativa de combustible para la automoción es la instauración en los coches eléctricos de **fuel cells** o **pilas de combustible**, con una potencia de 100kW, poco ruido y una utilización de hidrógeno como fuente de energía para moverlos.

Este gas tiene dos grandes ventajas respecto a los combustibles fósiles: es una fuente limpia e inagotable de energía y su combustión no produce ningún gas contaminante. Sin embargo, no se encuentra en estado libre y es muy difícil y costoso de producir como para ser un combustible en los coches de combustión interna. En cambio, es una alternativa futura viable, combinado con otras sustancias químicas.

La fuel cell se basa en un conjunto de electrodos que aprovechan la energía química generada en la reacción electroquímica de hidrógeno, previamente inyectado en el depósito, y oxígeno del aire en un proceso de combustión para transformarla en energía eléctrica, necesaria para que el automóvil que la aloje funcione.

Dichos vehículos se diferencian de los eléctricos de batería por tener una mayor autonomía y un menor peso y tiempo de carga (3-5 min.). En cambio, su eficiencia es menor (alrededor del 60%) y su consumo eléctrico es mayor. Normalmente llevan en entre 4 y 7 kg de hidrógeno que se almacena en depósitos a 700 bar. (25)

Los principales problemas para ser fabricados se basan en su producción de manera limpia, la escasa red de recarga y el elevado coste requerido, que disminuirá con el tiempo, cuando el mercado prospere y se halle una producción en masa.

Algunos de los **componentes** más destacados en estos automóviles son:

- **Inyector de gas hidrógeno:** suministra y recircula continuamente el hidrógeno.
- **Unidad de control:** controla la fuel cell, el suministro de hidrógeno y los sistemas de aire, térmicos, de agua y de depósitos.
- **Ventilador de recirculación:** devuelve el gas no consumido a la alimentación.
- **Compresor de aire eléctrico:** transporta oxígeno y suministra el aire necesario.
- **Batería auxiliar:** provee electricidad para arrancar antes de que se active la batería de tracción y alimenta los accesorios del coche.
- **Batería de tracción:** acumula la energía proveniente del frenado regenerativo y provee energía adicional al motor.
- **Convertidor DC/DC:** convierte la energía de alto voltaje de la batería de tracción en energía de bajo voltaje con el fin de cargar la batería auxiliar.
- **Motor de tracción eléctrico:** mueve las ruedas del automóvil con la energía de la batería de tracción y la celda de combustible.
 - **Generadores de motor:** utilizado en algunos para conducir y regenerar.
- **Llenado de combustible:** cavidad por donde se llena el tanque de combustible.
- **Tanque de hidrógeno:** almacena el gas para la celda de combustible.
- **Sistema térmico:** mantiene la temperatura adecuada de varios componentes.
- **Transmisión eléctrica:** transmite la energía mecánica del motor de tracción eléctrica para accionar las ruedas del automóvil.

En la siguiente Ilustración 84 se encuentran las distintas partes de un FCEV:

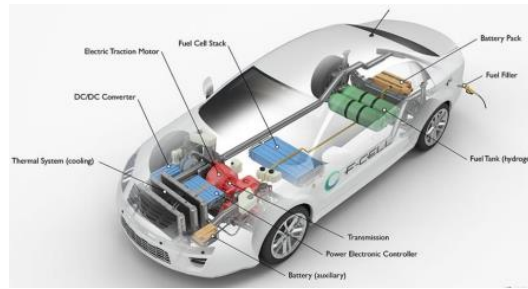


Ilustración 84: Partes de un FCEV. (Fuente:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25452/Analisis%20del%20potencial%20del%20hidrogeno%20para%20reducir%20las%20emisiones%20de%20CO2%20en%20el%20parque%20automovilistico%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>)

Además, Mercedes-Benz propuso **4 modos de conducción** para estos automóviles: modo Fuel-Cell (mayor energía obtenida del hidrógeno), modo 100% eléctrico, modo híbrido (combina las dos fuentes de energía) y modo carga (mayor autonomía).

Asimismo, posee **4 subsistemas**, importantes para su correcto funcionamiento:

- **Línea de aire:** filtra y distribuye el flujo de aire con la ayuda del compresor.
- **Línea de hidrógeno:** desde el tanque, se transporte el gas con otro compresor.
- **Línea eléctrica:** fluye la energía con la tensión y voltaje necesarios.
- **Línea térmica:** controla la temperatura de la fuel cell y varios componentes.

La Ilustración 85 y la Ilustración 86 muestran el sistema y tren de potencia del FCEV:

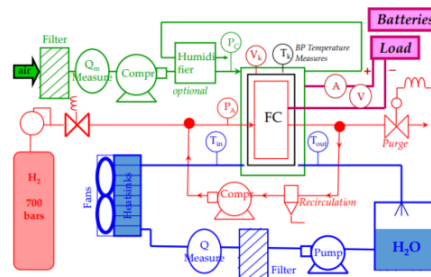


Ilustración 85: Vista esquemática de un sistema de FCEV. (Fuente:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25452/Analisis%20del%20potencial%20del%20hidrogeno%20para%20reducir%20las%20emisiones%20de%20CO2%20en%20el%20parque%20automovilistico%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>)

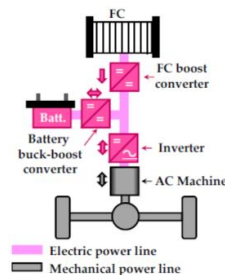


Ilustración 86: Esquema de tren de potencia del FCEV. (Fuente:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25452/Analisis%20del%20potencial%20del%20hidrogeno%20para%20reducir%20las%20emisiones%20de%20CO2%20en%20el%20parque%20automovilistico%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>)

4.5. MOTORES MICROHÍBRIDOS O MILD HYBRIDS

También llamados híbridos suaves, los **motores microhíbridos** utilizan generalmente una batería de mayor capacidad que los demás híbridos, de almacenaje de energía cinética y no enchufable, de entre 12 y 48 V. También cuentan con un motor eléctrico auxiliar de 48V y, aunque no pueden funcionar en modo 100% eléctrico, lo hacen con la ayuda de otro motor de tipo térmico. (26)

Algunas de las marcas que ya utilizan este tipo de motores son: Audi, BMW, Ford, KIA, Suzuki y Volkswagen. En la Ilustración 87 se puede observar un ejemplo de este motor.

Tienen varias **características** que los hacen especiales en frente de los convencionales:

- Reducen el estrés del motor, arrancándolo o frenándolo antes de tiempo.
- Reducen las emisiones de gases de escape (en un 15% el CO_2).
- Reducen el consumo de combustible.
- Gran eficiencia en zonas urbanas con muchos arranques y paradas.
- En carretera proveen de energía a los dispositivos electrónicos.
- Funciones: Start/Stop, asistencia de par eléctrico y frenada regenerativa.
- Sin modo eléctrico puro, recarga de batería en circulación o toma de corriente.
- Los de 48-160 V reducen las emisiones de gases de escape (en un 25% el CO_2).
- Los de 48-160 V pueden proporcionar energía extra con demanda de potencia.

Algunas de ellas hacen que también posean **ventajas** que los hacen más atractivos:

- Aumento de autonomía gracias a la asistencia del motor eléctrico y la batería.
- Reducción de las emisiones contaminantes por la combinación de motores.
- Etiqueta ECO gracias a su tecnología de reducción de consumo y emisiones.
- Aumento de la eficiencia térmica.
- Mayor potencia a bajas rpm.
- Mejor aceleración.
- Menor coste (hasta un 30%).
- Tecnología más sencilla.
- No es necesaria una arquitectura específica.



Ilustración 87: Motor microhíbrido o mild hybrid. (Fuente: <https://noticias.coches.com/consejos/coches-hibridos-tipos/357621>)

5. TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El concepto de **transición energética** se refiere a todo proceso de cambio o transformación significativa y estructural a largo plazo en un sistema de producción, generación y almacenamiento de energía primaria, bajo determinadas políticas y tecnologías.

En cuanto a la visión global de esta transición energética en Catalunya, Josep Maria Montagut (presidente de la Comisión de Energía de Ingenieros Industriales de Catalunya), junto a Joan Puertas y Lluís Pinós, ha realizado un informe llamado “La transición energética en Catalunya”. En él, afirma que empezamos a estar en “tiempo de descuento” para llegar a los objetivos de descarbonización de la economía marcados para 2030 y apuesta por los coches eléctricos, las energías renovables como el hidrógeno y el biometano, la eficiencia y el ahorro energético para lograr las metas. Además, dice que en ese entonces estaremos fuera de los niveles de CO_2 a los que se pretendía llegar y se tiene que empezar a trabajar duro para revertir la situación. Para ello, es necesaria una gran inversión de dinero. (27)

En el mundo actual, cada vez está subiendo más el coste de la electricidad, un problema y un contratiempo que hace que el proceso de transición energética se ralentice más de lo que cualquiera pueda pensar. Así que este es uno de los factores clave que tiene que estudiarse y modificarse si se quiere crear un futuro sostenible.

Europa requiere una transformación verde de forma intensa y masiva que implique revoluciones tecnológicas, estructurales y de comportamiento para poder gozar de un mundo bien equilibrado y estructurado, con lo cual podemos empezar hablando de cómo hacerlo en el ámbito de los automóviles.

A pesar de los diferentes acuerdos llevados a cabo por varios países de todo el mundo, la humanidad aún se encuentra lejos de lograr resolver la crisis climática y la contaminación atmosférica que la automoción, por ejemplo, está causando en todas partes desde hace bastante tiempo.

La industria automovilística se halla envuelta en un periodo de grandes transformaciones continuas y necesarias, las cuales están relacionadas sobre todo con la transición hacia el vehículo eléctrico, conectado y autónomo. Dicho proceso de transición energética pronostica diferentes cambios en el diseño del automóvil, la organización de los procesos productivos y logísticos y sus respectivos participantes. Además, la comisión europea afirma que el transporte es el responsable de una cuarta parte de los gases de efecto invernadero existentes en el mundo, así como de la mitad de emisiones de CO_2 , donde parte de la culpa es de los automóviles de combustión interna. Para corregir esta situación, Europa ha decidido desde hace tiempo que se tomen distintas medidas para tener, en unos años, un medio ambiente con mejor calidad del aire y proteger también la salud humana.

Algunos de los puntos clave tocantes a lo que esta transición energética se refiere y que afectan al futuro de los automóviles son los explicados a continuación.

5.1. MEJORAS EN LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE EMISIONES

Uno de los temas más tratados en los últimos años, también en el mundo automovilístico, ha sido el de la eficiencia y la reducción de las emisiones contaminantes. Para ello, numerosos expertos investigan con el objetivo claro de lograr revertir la situación actual tan desmejorada.

Se han ido experimentando diversos análisis y comparaciones entre diferentes combustibles, para descubrir cuales ayudarían eficazmente al medio ambiente. La Ilustración 88 muestra un gráfico basado en la cantidad de emisiones específicas durante el ciclo de vida de varias tecnologías usadas para darle energía a un automóvil:

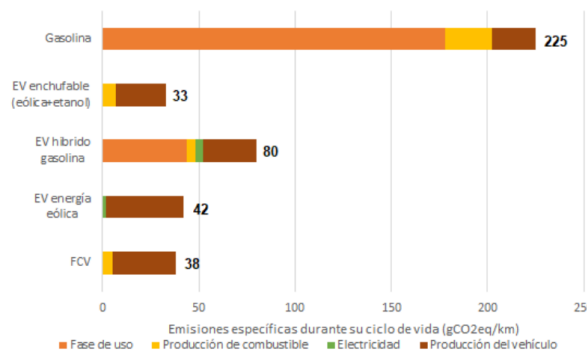


Ilustración 88: Potencial de contaminación de diferentes tecnologías basada en un tiempo de vida de 200.000 km (Rosenfeld et al., 2019). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

En él, se puede observar claramente el cambio radical que existe entre el combustible de gasolina, con una cantidad de emisiones contaminantes de CO_2 muy elevada, y los demás, con una cantidad más aceptable. En segundo lugar, se encuentran los híbridos de gasolina, bastante por debajo de los gasolina, pero con el doble (o más) de emisiones que los restantes. Seguidamente, la energía eólica tiene datos parecidos a la pila de combustible, las dos con emisiones mínimamente superiores a los EV enchufables, los menos contaminantes. Esto da paso a los EV y los FCV de hidrógeno.

Gracias a este cambio, los objetivos a largo plazo en cuanto a las emisiones producidas por los automóviles en Europa van a variar, lo que se revela en distintos gráficos. El primero, hallado en la Ilustración 89, muestra la evolución de las emisiones de CO_2 :

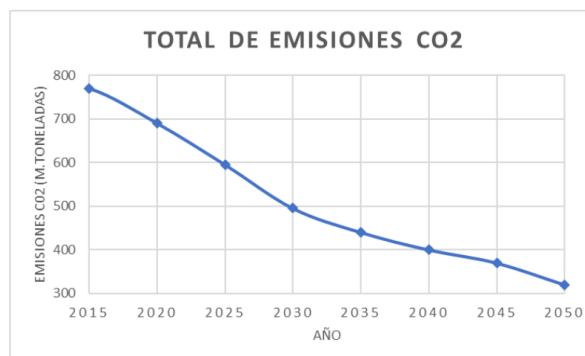


Ilustración 89: Evolución de las emisiones de CO_2 en vehículos ligeros en Europa (Pasaoglu et al., 2012). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

La línea de tendencia marcada indica que, a día de hoy, dichas emisiones se encuentran entre 600 y 700 megatoneladas de CO_2 , valor que será notablemente reducido en un 17% para el año 2030 y en un 45% para el año 2050.

Otras de las emisiones investigadas han sido las de SO_2 , la cual notaría sustancialmente su reducción, gracias a las nuevas tecnologías que hacen posible una desulfuración severa. En la Ilustración 90 se observa el gráfico que lo demuestra:

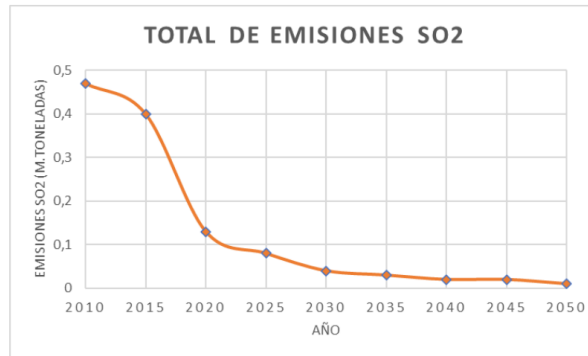


Ilustración 90: Evolución de las emisiones de SO_2 en vehículos ligeros en Europa (Takeshita, 2011). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

En este caso, la línea de tendencia hace evidente un radical decrecimiento del número de emisiones, las cuales alcanzan una reducción del 93% en 2050 hasta poseer cantidades casi despreciables en comparación a cualquier otro valor.

Por otra parte, también se ha llevado un estudio de las emisiones NO_x , perjudiciales y presentes sobre todo en los automóviles diésel y gasolina. Estas se encuentran representadas en el gráfico de la Ilustración 91:

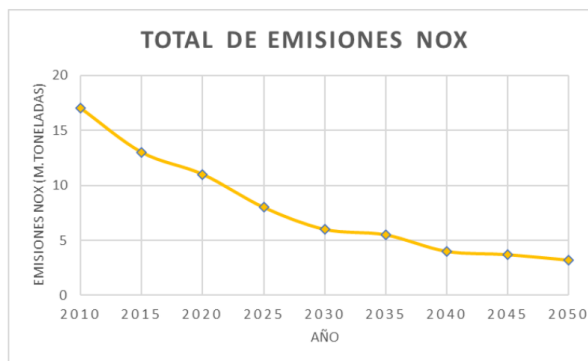


Ilustración 91: Evolución de las emisiones de NO_x en vehículos ligeros en Europa (Takeshita, 2011). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Estas emisiones, igual que las anteriores, se verán considerablemente reducidas en un 60% respecto a los valores calculados actualmente.

Por último, se ha llevado a cabo una investigación sobre la materia particulada, representada en un gráfico en la Ilustración 92:

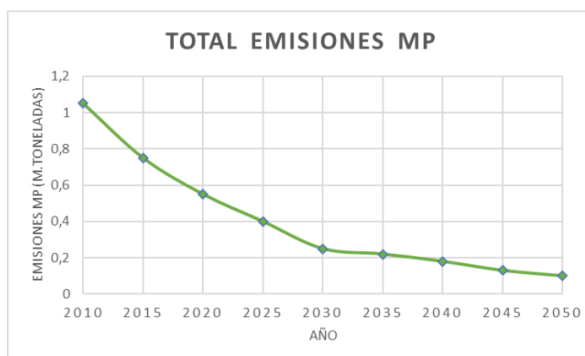


Ilustración 92: Evolución de las emisiones de MP en vehículos ligeros en Europa (Takeshita, 2011). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Se trata del segundo contaminante más ampliamente reducido, alrededor del 82% en 2050. Estos datos se verán afectados debido a la necesidad de seguir fabricando e incorporando más filtro antipartículas y con mayor eficiencia en los automóviles, los cuales serán requeridos por las normativas europeas contra la contaminación.

En cuanto a las mejoras en la eficiencia energética y la sostenibilidad, la Asamblea General de las Naciones Unidas de Cataluña aprobó, el 25 de setiembre de 2015, la resolución “Transformar nuestro mundo”. En ella, se tenían 17 objetivos de desarrollo sostenible (llamados ODS), como metas a lograr en el año 2030. Dichos objetivos abarcan muchos y diversos aspectos esenciales para un futuro más eficiente, como lo son el planeta en general, las personas, la prosperidad, la paz y las alianzas, en una dimensión social, económica, ambiental e institucional sostenibles.

Los procesos a seguir hacia estos objetivos se llevarán a cabo siguiendo las normativas, los indicadores y los ejemplos mundiales transmitidos, así como del propio país. Además, los datos que se vayan recabando de todos estos objetivos se introducirán en una evaluación de estadísticas oficiales, que se irán controlando y comparando con el resto del país y de Europa para revisar si se va por buen camino. (28)

Uno de estos objetivos, el número 7, es el de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todas las personas. Esto significa que se quiere satisfacer el acceso universal a estos servicios de energía, a mejorar su eficiencia energética y a aumentar el porcentaje de energía renovable. Para poder acelerar esta transición, todos los países tienen que realizar unas determinadas tareas:

- Facilitar el acceso a la investigación energética no contaminante.
- Promover la inversión en infraestructuras energéticas.
- Iniciar una inversión en tecnología energética no contaminante.

En la Ilustración 93 se ven representados los datos de los gases de efecto invernadero, mayores en Cataluña:

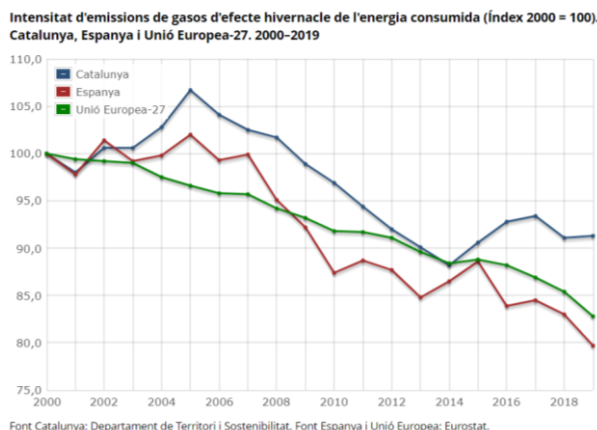


Ilustración 93: Intensidad de las emisiones de los gases de efecto invernadero en Cataluña, España y Europa.
(Fuente: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=ods&n=13533>)

Viendo este gráfico se puede suponer que los datos representados siguen siendo más elevados en Cataluña, lo cual se debe remediar para igualar las estadísticas del país y de Europa y lograr el objetivo de mitigar dichas emisiones hasta anularlas en 2050.

Por otro lado, el PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima) 2021-2030 cree que la mejora de la eficiencia energética en el transporte podría reducir en un 38% el uso de la energía total española en 2030, aplicando todas las medidas necesarias, expuestas en los siguientes apartados. Se priorizan cuatro: zonas de bajas emisiones y uso más eficiente de los medios de transporte (reducción del tráfico en un 35% en 2030), renovación del parque automovilístico e impulso del vehículo eléctrico. Sin embargo, existen muchas más medidas en el sector industrial, residencial, terciario (edificios comerciales o sanitarios, oficinas u hoteles), de agricultura y pesca, etc.

Con una introducción de manera progresiva de las innovaciones tecnológicas relacionadas sobre todo con la electrificación de los vehículos, los vehículos compartidos y los autónomos, se puede lograr una gran reducción de las emisiones y el uso energético. Según el estudio de la Universidad de California, Davis, se prevé que dichas reducciones podrían llegar a ser de un 70% en el año 2050. Por su parte, en Cataluña, implicaría una reducción del total de emisiones del transporte de un 67% (teniendo en cuenta estas innovaciones en el sector de transporte por carretera) y una reducción del 10% del total.

Estos datos hacen ver que se tiene que potenciar al máximo estas nuevas tecnologías cuanto antes, lo que provocará una mayor rapidez en el proceso hacia un futuro libre de emisiones contaminantes y con gran eficiencia.

5.2. RENOVACIÓN DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO

Los expertos que pertenecen al grupo de Ingenieros Industriales de Cataluña afirman que el 75% de la demanda de energía proviene del transporte y de la industria, que no son fáciles de electrificar. Asimismo, prevén que, en el año 2050, habría una **renovación del parque automovilístico** en la que aproximadamente el 60% debería estar electrificado y el otro 40% tendría que tener introducido de alguna manera el hidrógeno como combustible alternativo. (29)

Además de todas las ventajas que supondría un cambio hacia los vehículos eléctricos en cuanto a la reducción de la contaminación del medio ambiente, también contribuye en los objetivos del 2030 sobre el ahorro y la eficiencia energética, con una notable disminución en los costes económicos a largo plazo.

Como ejemplo, en la Ilustración 94 se muestra una comparación de un estudio. En ella se demuestra lo afirmado, tomando como modelos dos automóviles de la marca Renault con características similares con un recorrido de 100 km. El primero requiere 6 litros de combustible y el segundo 15 kWh, media batería con autonomía de 200 km. Con un coste medio de combustible de 1,5 €/l y 0,1 €/kWh se obtiene lo siguiente:

Coste de la energía consumida

Vehículo de combustión (CLIO)	Vehículo eléctrico (ZOE)
6 litros/100 km	15kWh/100 km
1,5 euros por litro	0,1 euros por kWh
TOTAL: 7,5 euros/100 km	TOTAL: 1,5 euros/100 km

Ilustración 94: Coste de la energía consumida por distintos vehículos (Gómez, 2019). (Fuente: https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/revistas/pgp/97_04.pdf)

Se puede observar que el coste energético será de 7,5 € con el de combustión y cinco veces menor (1,5 €) con el eléctrico. Es decir, se ahorrará 6 € cada 100km para una vida útil de 100.000-150.000 km, el ahorro se convertirá en unos 6.000-9.000 €.

Otra de las investigaciones que se ha hecho es el coste energético del uso de un vehículo eléctrico y otro de combustión con un kilometraje y tiempo mayores. En la Ilustración 95 se muestra una comparación de la plataforma eStreetVan

Coste energético del uso en función del kilometraje

	Km day	100	150	200	250	300
usage	Km year (300 d/y)	30.000	45.000	60.000	75.000	90.000
electric	kWh 100 km (urban)	15	15	15	15	15
	price kWh (€c)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	cost 100 Km (€)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	annual cost (€)	360	540	720	900	1.080
diesel	lit 100 km (urban)	10	10	10	10	10
	price lit (€c)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	cost 100 Km (€)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	annual cost (€)	3.600	5.400	7.200	9.000	10.800
annual energy savings (€)	3.240	4.860	6.480	8.100	9.720	

Ilustración 95: Coste energético del uso de un vehículo eléctrico y diésel en función del kilometraje (Fuente: [eStreetVan, 2018](https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/revistas/pgp/97_04.pdf)). (Fuente: https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/revistas/pgp/97_04.pdf)

Se demuestra que el eléctrico llega a ser más barato a partir de unos cuantos kilómetros. Si se recorren 100 km al día (30.000 km/año), realizando un cálculo con un razonable coste de la energía eléctrica, el coste energético anual sería de unos 360 € y

3.240 €, respectivamente. Si el coste de compra del eléctrico es de unos 9.000 € más, se podría amortizar en 3 años, a partir de los cuales se empezaría a ganar dinero.

En la Ilustración 96 se muestra gráficamente la evolución del porcentaje de matriculaciones de vehículos ligeros, en la gran mayoría automóviles, en Europa:

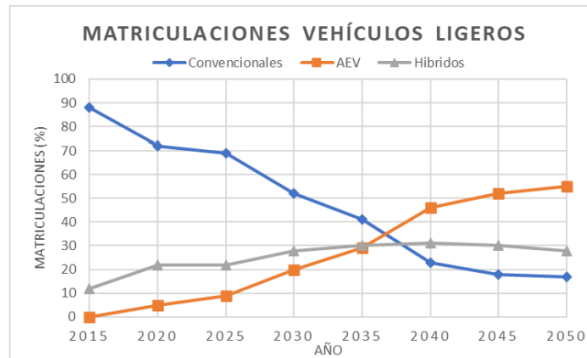


Ilustración 96: Evolución de las matriculaciones de vehículos ligeros en Europa (Krause et al., 2020). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Estas líneas de tendencia revelan el futuro cambio que revertirá la situación en el parque automovilístico, en un proceso nada fácil y bastante costosa que durará unos cuantos años.

Por otra parte, el PNIEC 2021-2030 tiene muy en cuenta y le da prioridad a la renovación del parque automovilístico, con el objetivo de que los nuevos automóviles tengan una mayor eficiencia y reduzcan las emisiones medias existentes hasta el momento. Sin embargo, además de renovar los vehículos tradicionales, también se tienen que introducir vehículos eléctricos, claves en esta revolución. El primer paso para una mejora en la eficiencia total del parque automovilístico se basa en los vehículos privados y comerciales, lo que llevaría a una reducción del consumo total de energía relacionado con el transporte del 18,14% (un 6,84% del total previsto para el año 2030). Dicha renovación del parque automovilístico ha de ser progresiva, pero siempre con la mayor eficiencia posible. Por ejemplo, cambiar vehículos de combustión por otros iguales teniendo la posibilidad de introducir alternativas más beneficiosas como los eléctricos hace que se alargue el proceso.

Según el PNIEC, la meta principal en España es sustituir 5.000.000 de vehículos de combustión por vehículos eléctricos, sabiendo que serían un 14% del total del parque nacional de vehículos (35.663.42712, Idescat 2018). Aplicando este porcentaje en Cataluña, unos 783.000 vehículos serían renovados, mientras que si se realiza según el porcentaje de población pasarían a ser 810.000 y según el PIB del territorio unos 950.000 vehículos. En este caso, los turismos conforman el 63,2% de todos los vehículos y las motocicletas el 19,8%, pero estas son muy utilizadas en ciudades como Barcelona, donde se encuentra una gran contaminación a causa de estos vehículos. Por lo tanto, sería interesante la introducción de motocicletas de alquiler eléctricas. El principal obstáculo para esta transición es el coste de las baterías, que según el PNIEC, se podrá conseguir una reducción de estas a partir de 2025.

5.3. FUTUROS OBJETIVOS

Para poder llegar a disfrutar de un futuro sin emisiones contaminantes y eficiente en el ámbito automovilístico, es necesario proponerse diversos objetivos que lo hagan posible. También se requieren grandes inversiones en infraestructura y la introducción de nuevas regulaciones, impuestos y subsidios, así como inducir cambios de comportamiento para conseguir el desarrollo de un sistema de transporte descarbonizado e inevitablemente electrificado. Para todo ello, se debe cambiar el gasto público de las carreteras hacia una infraestructura de transporte sostenible. (30)

Algunos de los **futuros objetivos** globales relacionados con el transporte son:

- Establecer una **infraestructura sostenible en las ciudades**: aumentar las capacidades del transporte público y el número de carriles para bicicletas y crear estacionamientos públicos gratuitos para automóviles eléctricos.
- **Prohibir** el uso de **combustibles fósiles** en automóviles a partir de **2035**: no prohíbe vender o utilizar motores de combustión interna con biocombustibles o combustibles sintéticos.
- Detener cualquier subsidio para los combustibles fósiles y utilizarlos, junto con ingresos fiscales y ahorros de costos recaudados anteriormente con estos combustibles, para comprar y mejorar la infraestructura de **reabastecimiento de combustible** con cero emisiones de carbono (combustibles sintéticos) para **automóviles con cero emisiones** y para proyectos importantes de mitigación y adaptación climática.
- Incrementar el **presupuesto en investigación y desarrollo** en las acciones climáticas y en concreto, una gran concentración en el sector del transporte.
- Desarrollar una **infraestructura inteligente y dinámica** para gestionar mejor el tráfico por carretera, reduciendo la congestión y obligando a cumplir los límites de velocidad.
- Integrar **fuentes de energía renovables** como los biocombustibles y los motores eléctricos (reducen considerablemente las emisiones contaminantes).
- **Disminuir** progresivamente el **coste** de producción y compra de los automóviles de **hidrógeno** con fuel cell como muestra la Ilustración 97.

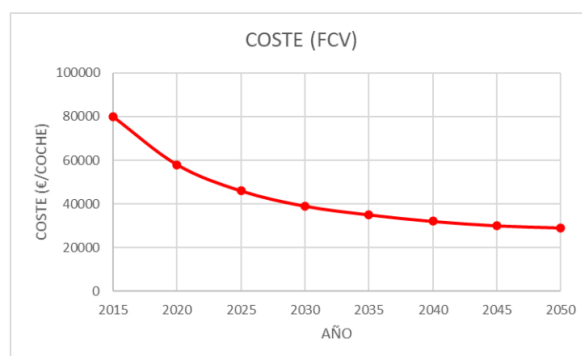


Ilustración 97: Evolución de los costes de los FCVs (Ajanovic & Haas, 2021). (Fuente: <https://212.128.20.127/xmlui/bitstream/handle/10317/9648/tfm-lac-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

A parte de los representados en los gráficos del apartado anterior, la comisión europea tiene los siguientes **objetivos** para la **Europa de 2030**, con los que se busca un futuro sostenible y eficiente. (31) (32) (33)

- Mejorar la **calidad** del **aire** para una reducción de un 55% en las muertes prematuras causadas por la contaminación de este.
- **Reducir** en un 30% el porcentaje de personas que sufren molestias crónicas por el **ruido** del transporte.
- **Incrementar** e impulsar la **eficiencia energética** de los sistemas de transporte con tecnologías innovadores, infraestructuras modernas y con menos emisiones, provocando un crecimiento mínimo del 32,5%.
- Acelerar el decrecimiento de emisiones con un uso de al menos un 32% de **energías renovables** y alternativas como lo son los biofuels, la electricidad, el hidrógeno o los e-fuels, en el consumo de energía global.
- **Reducir** los niveles (desde el año 1990) relativos a los **gases de efecto invernadero** por lo menos en un 40%.

Desde la comisión europea, además, tienen una estrategia para una movilidad inteligente y sostenible, con un “Pacto Verde Europeo” y una meta: la **reducción** de **gases de efecto invernadero** en un **90%** para el **2050**. Para ello, esta estrategia busca que el sector del transporte esté encarado a una economía moderna, digital y limpia. Sus **objetivos**, con influencias del acuerdo de París de 2015, son los siguientes: (34)

- Un valor inexistente de **cero emisiones** de **gases de efecto invernadero**.
- Seguir reduciendo al máximo los valores de **eficiencia energética** y **ruido**.
- Incrementar el uso de los **vehículos** de **cero emisiones**.
- Proporcionar a la gente y a las empresas **soluciones alternativas sostenibles**, con una mayor facilidad para el uso de energías renovables.
- Poner hincapié en la **automatización** y la **digitalización**.
- Optimizar el acceso y la **conectividad** global.
- Mantener el **incremento** de **temperatura** global en **1,5°C**, siempre por debajo de los 2°C, para reducir riesgos y el impacto del cambio climático.

Los motores de combustión interna generan gran parte de las emisiones globales, con el 5% de las de SO_2 , el 25% de las de CO_2 , el 87% de las de CO y el 66% de las de NO_x . Por lo tanto, es necesaria una **electrificación**, y para impulsar un proceso eficaz y más o menos rápido, varias de las **claves** que ya se tienen que imponer son las siguientes:

- Reducir el **coste** de la **electricidad**.
- Apoyar más la **oferta** que la demanda (invertir en innovación y adaptación).
- Aumentar los **puntos de recarga** urbanos y más adaptaciones en comunidades.
- Reducir el **tiempo de carga**.
- Crear más **fuel cells** de **hidrógeno**.
- Ampliar las **restricciones** de tráfico contaminante en grandes ciudades.
- Incrementar la capacidad de **almacenaje**, reducir **peso** y **abarat** las baterías.
- Apoyar el “**car sharing**” en largos viajes (coche alquilado, pagado según el uso).

CONCLUSIONES

Debido al continuo deseo por mejorar la potencia, seguridad, número de emisiones contaminantes, eficiencia y uso de energías renovables, se ha realizado este trabajo. Con la finalización de este, se pueden obtener distintas conclusiones que ayudan a conocer mejor el mundo del automóvil que estamos y seguiremos presenciando en los años venideros.

La primera y más relevante, ya muy conocida y extendida en todo el mundo, es la de la real e inevitable electrificación de todos los vehículos en un periodo no muy largo de tiempo, con la cual se podrá mejorar la eficiencia de los automóviles y provocar una gran reducción de la contaminación. Dicha electrificación tiene la ventaja de permitir una transición y una descarbonización gradual a medida que se van introduciendo las nuevas fuentes renovables.

Seguidamente, se ha podido observar cómo el PNIEC tendrá un efecto que provocará una oportunidad económica con grandes beneficios sobre la salud pública. Esto es gracias a sus objetivos de mejorar la calidad del aire, evitando la muerte prematura de muchas personas, reduciendo el número en un 55% en España en 2030, e intentar mantener el incremento de temperatura global por debajo de los 2 °C.

Además, se puede confirmar que la primera etapa a seguir en los próximos años ha de estar dirigida hacia la mejora de la eficiencia energética y el despliegue de las energías renovables gestionando bien la demanda, fomentando el autoconsumo y una generación descentralizada y distribuida. Para ayudar a darle rapidez a la transición energético en estos años, hay que centrarse en distintos aspectos: el ahorro y la eficiencia energética, la electrificación, el aprovechamiento térmico del Sol, la biomasa y los gases renovables y la hibridación de gas con hidrógeno.

En cuanto a los automóviles en concreto, también habrá que hacer varias modificaciones, como una transformación en las formas de movilidad, la fomentación del teletrabajo para evitar desplazamientos innecesarios, la digitalización de las infraestructuras y de los vehículos para mejorar la eficiencia, cambios modales en la movilidad urbana, nuevas formas de gestión logística, la utilización de combustibles neutros en carbono y la electrificación directa de dichos automóviles.

Para poder conseguir todas estas transformaciones hay que seguir una serie de objetivos marcados como la focalización en la diversificación del transporte de personas y la renovación y electrificación del parque automovilístico, así como una fuerte inversión en el transporte y una política activa que ayude a cambiar los costes que son un obstáculo para el futuro sostenible y eficiente que se requiere.

Tal como se ha expuesto en el trabajo, los vehículos de combustión provocan una gran disminución en la calidad del medio ambiente, debido a las emisiones que generan durante todo su ciclo de vida. Existen varias tecnologías que los ayudan adaptarse para conseguir una reducción en esos datos, pero este tipo de vehículo está en un claro peligro para un futuro cercano. La evolución de tecnologías alternativas, la creación de

normas sobre emisiones más restrictivas y la tendencia a incrementarse de los precios del petróleo provocan que muchos fabricantes decidan concentrarse en el desarrollo de vehículos alternativos.

Los automóviles eléctricos y los de fuel cell son las dos alternativas más apreciadas para el futuro, ya que logran una gran reducción de las emisiones, aunque aún hay ciertas diferencias entre los expertos, que no se acaban de decidir por uno de los dos como la mejor opción. Los EVs enchufables obtienen los mejores resultados de emisiones, sin embargo, el interés por los FCVs ha crecido mucho en los últimos tiempos, principalmente por su mayor autonomía. Aun así, todavía no tiene las infraestructuras necesarias para su implantación ni se ha extraído todo su potencial.

Por otra parte, se ha podido concretar que algunos de los objetivos más importantes para el año 2030 son: incrementar la eficiencia energética en un 32,5% como mínimo, acelerar el decrecimiento de emisiones con un uso de al menos un 32% de energías renovables y alternativas y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 40%, entre otros.

Para hacer frente a estas metas, es necesario centrarse en distintos obstáculos que no hacen posible un desarrollo fácil para lograrlas. Algunos de estos obstáculos a mejorar son: la reducción del coste de la electricidad, un apoyo mayor de la oferta, un aumento de los puntos de recarga urbanos y la ampliación de las restricciones de tráfico contaminante en grandes ciudades.

Todos estos objetivos tienen que lograrse en un periodo corto de tiempo, y todo el mundo tiene que contribuir para poder conseguir la meta final y el motivo principal del desarrollo de este trabajo: un futuro sostenible y libre de emisiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Motor. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 26 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor&oldid=142500820>
2. Historia del motor de combustión interna. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2021 [citado 26 de marzo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_del_motor_de_combusti%C3%B3n_interna&oldid=137882452
3. Hace 132 años nació el primer automóvil - La Merced Pilar | Concesionario Oficial Mercedes Benz [Internet]. La Merced Pilar. [citado 26 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://lamercedpilar.com/universo-mb/hace-132-anos-nacia-el-primer-automovil>
4. Motor de combustión interna. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 31 de marzo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_de_combusti%C3%B3n_interna&oldid=142576083
5. Menna. Motor de combustión INTERNA | Tipos, partes y como funciona [Internet]. 2018 [citado 5 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://como-funciona.co/un-motor-de-combustion-interna/>
6. Sistemas de encendido: Tipos y Principios de funcionamiento [Internet]. Auto y Técnica. 2017 [citado 5 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://autoytecnica.com/sistemas-de-encendido-tipos/>
7. Principales tipos de Toberas en inyectores diesel [Internet]. Lucas Diesel. 2021 [citado 24 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.lucasdiesel.cl/principales-tipos-de-toberas/>
8. Motor de combustión interna alternativo. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 5 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_de_combusti%C3%B3n_interna_alternativo&oldid=142299750
9. Ventajas e inconvenientes del motor alternativo [Internet]. [citado 24 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://demotor.net/tipos-motor/motor-alternativo/ventajas-e-inconvenientes-del-motor-alternativo>
10. Motor Wankel. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 5 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_Wankel&oldid=143215029
11. Motor de encendido por chispa - frwiki.wiki [Internet]. [citado 6 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.frwiki.wiki/wiki/Moteur_%C3%A0_allumage_command%C3%A9
12. Motor de encendido por compresión, ¿Cómo funciona? [Internet]. [citado 6 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://demotor.net/motores-termicos/tipos-de-motores-termicos/encendido-por-compresion>
13. Tipos de motores según la distribución de sus cilindros [Internet]. Todas las noticias de coches en un solo portal: Pruebas, fotos, vídeos, informes... 2017 [citado 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.todoportal.com/Tipos-de-motores-segun-la-distribucion-de-sus-cilindros/>

- 2022]. Disponible en: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-motores-distribucion-de-cilindros/273610>
14. Motor de gasolina. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 23 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_de_gasolina&oldid=143029361
 15. Motor diésel. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 24 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_di%C3%A9sel&oldid=143482269
 16. Motor eléctrico. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 29 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_el%C3%A9ctrico&oldid=142317466
 17. Automóvil eléctrico. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 29 de mayo de 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Autom%C3%B3vil_el%C3%A9ctrico&oldid=143699625
 18. Oliva CG. Motor asíncrono: Todo lo que tienes que saber [Internet]. [citado 29 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.autonocion.com/motor-asincrono-funcionamiento/>
 19. Qué es un motor híbrido y qué tipos hay [Internet]. Tecvolución. 2017 [citado 7 de junio de 2022]. Disponible en: <https://tecvolucion.com/que-es-un-motor-hibrido-y-que-tipos-hay/>
 20. Cada vez hay menos coches diésel híbridos. ¿Por qué? [Internet]. carwow.es. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.carwow.es/blog/coches-hibridos-enchufables-diesel>
 21. Todo sobre los coches a gas: tipos, ventajas, desventajas y dónde repostar [Internet]. Motor y Movilidad. 2021 [citado 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.20minutos.es/motor/movilidad/todo-sobre-los-coches-a-gas-tipos-ventajas-desventajas-y-donde-repostar-4822130/>
 22. Otero A. El GLP es el combustible alternativo más usado del mundo, pero sus inconvenientes pueden ponérselo difícil en España [Internet]. Motorpasión. 2020 [citado 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/coches-glp-combustible-alternativo-inconvenientes-espana>
 23. b-2015-09-1.pdf [Internet]. [citado 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://www.asepa.es/images/pdf/boletin/2015/b-2015-09-1.pdf>
 24. Electrocombustible. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2021 [citado 1 de abril de 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrocombustible&oldid=138877060>
 25. Analisis del potencial del hidrogeno para reducir las emisiones de CO2 en el parque automovilistico de Tenerife.pdf [Internet]. [citado 25 de junio de 2022]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25452/Analisis%20del%20potencial%20de%20hidrogeno%20para%20reducir%20las%20emisiones%20de%20CO2%20en%20el%20parque%20automovilistico%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>

26. Mild Hybrid: cómo funcionan estos híbridos ligeros [Internet]. Todas las noticias de coches en un solo portal: Pruebas, fotos, vídeos, informes... 2018 [citado 12 de junio de 2022]. Disponible en: <https://noticias.coches.com/consejos/mild-hybrid/305468>
27. Rosanas PE, Maig 03, 2022. Montagut: “Si no es fan canvis radicals, anem cap a un fracàs estrepitós” [Internet]. Fulls d’Enginyeria. 2022 [citado 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.fullsdenginyeria.cat/montagut-si-no-es-fan-canvis-radicals-anem-cap-un-fracas-estrepitos>
28. Idescat. Objectius de desenvolupament sostenible (ODS) [Internet]. [citado 29 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.idescat.cat/dades/ods/>
29. Redacció P, Maig 03, 2022. Les claus de la transició energètica [Internet]. Fulls d’Enginyeria. 2022 [citado 28 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.fullsdenginyeria.cat/les-claus-de-la-transicio-energetica>
30. ES-Climate-change-policy.pdf [Internet]. [citado 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://webplayground.volteuropa.es/wp-content/uploads/2021/09/ES-Climate-change-policy.pdf>
31. Zero pollution action plan [Internet]. [citado 28 de junio de 2022]. Disponible en: https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en
32. 2030 climate & energy framework [Internet]. [citado 28 de junio de 2022]. Disponible en: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en
33. pnieccompleto_tcm30-508410.pdf [Internet]. [citado 29 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf
34. Estrategia para una Movilidad Inteligente y Sostenible [Internet]. Have your say. [citado 28 de junio de 2022]. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12438-Estrategia-para-una-Movilidad-Inteligente-y-Sostenible_es