

Hacia un cambio de paradigma en el transporte. Motor eléctrico por térmico.

Solo la electrificación del transporte en sus diversas modalidades permitirá modificar el parque de generación incorporando las energías alternativas de electricidad. Otras alternativas o la inacción, ante el enorme crecimiento del parque de vehículos en la actualidad y la perspectiva a las próximas décadas, conducen a un callejón sin salida.

La modificación de la motorización del sistema de transporte requiere de la electrificación del mismo, y una nueva economía basada en el electrón,

abandonando despacio, pero sin pausa, la economía de los hidrocarburos.

El ciudadano demanda kilómetros motorizados, no nafta o gas-oil.

Pero, porque? en que se fundamenta? con que argumentos? deberíamos pensar en un transporte eléctrico?



Introducción

Un poco mas de cien años atrás comenzó a gestarse un modelo de transporte efectivo en sus fines pero energéticamente nefasto, a continuación se describe sintéticamente la trayectoria de la evolución del transporte de seres humanos en la sociedad industrial. Con el dominio de la energía eléctrica, se reemplazó el tradicional carruaje traccionado por caballos, por un móvil de similares características de diseño pero, esta vez, accionado por un motor eléctrico de corriente continua. También vehículos a vapor eran usados en esa época.

Un incipiente dominio del almacenamiento de la energía eléctrica en la forma de acumuladores de energía (baterías) era utilizado para alimentar el motor eléctrico antes mencionado.

El tiempo fue pasando, el antiguo carruaje pasó a tener una forma parecida de "automóvil", la problemática de la construcción y rendimiento de las baterías fueron estudiados por Edison, Faure, Planté, entre otros, mejorando las prestaciones de las mismas y por ende del móvil.

Ello dio lugar a que, por ejemplo en EEUU., creciera rápidamente las fábricas de autos eléctricos. A comienzos de 1900 las empresas Detroit Electric y Baker Electric dominaban el mercado del auto eléctrico. El coche eléctrico de Ohio Co., que duraría sólo hasta 1918, se convirtió en uno de muchos vehículos eléctricos que eran ideales para la conducción en las grandes ciudades en las cuales las cualidades del mismo, eran suficientes.(65 km de autonomía aproximadamente) y las velocidades (30 – 50 km /h). No obstante, el vehiculo eléctrico tenia el gran problema que no le permitía transitar grandes distancias, por ejemplo entre ciudades, sin tener, inevitablemente que recargar sus baterías. Mientras tanto el motor de combustión interna tenía, a esa altura, un

desarrollo suficiente como para esperar el momento justo de su aparición en la escena de la industria automotriz.

La introducción del arranque eléctrico en 1913 simplificó la tarea de arrancar el **motor de combustión interna (MCI)**, que antes de esta mejora resultaba difícil y en algunas oportunidades peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908 contribuyó a la caída del vehículo eléctrico. Además las mejoras se sucedieron a mayor velocidad en los vehículos de combustión interna que en los eléctricos.

Una industria paralela al vehículo con motor de combustión interna estaba creciendo a pasos agigantados, la “industria del petróleo”. La *Standard Oil* (1870 - 1911), por ejemplo, fue una empresa petrolera estadounidense que llegó a ser la más importante en su rubro.

La misma abarcaba todos los aspectos de la comercialización, desde la producción, el transporte, la refinación, hasta la venta final de los productos. Surgida en 1870 como una empresa de Ohio (EEUU), llegó a ser el mayor refinador de petróleo en el mundo y una de las primeras y más grandes corporaciones multinacionales del planeta.

En vísperas de la primera Guerra Mundial, antes de 1914, ya existían en el mundo más de un millón de vehículos que usaban nafta. Pero la verdadera proliferación de automóviles se inició cuando Henry Ford lanzó en 1922 su famoso modelo "T". Ese año había 18 millones de automóviles; para 1938 el número subió a 40 millones, en 1956 a 100 millones, y a más de 170 millones para 1964.

Actualmente es muy difícil conocer con exactitud cuántos millones de vehículos con motor de combustión interna existen en el mundo.

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas (introducidos en 1923 por Yale), carros de golf, etc.

Todo el desarrollo de la industria automotriz se fue desarrollando sin sobresaltos a lo largo de décadas, construyendo vehículos de todo tipo. Algunos con un criterio de eficiencia y otros, si no la mayoría, con un excesivo consumo de combustible, proveniente del petróleo, como si este fuera eterno.

Fue así que en el año 1973 se encendieron las alarmas debido al conflicto con la organización (OPEP) que nuclea a gran parte de los países productores de petróleo. El aumento del precio unido a la gran dependencia que tenía el mundo industrializado del petróleo, provocó un fuerte efecto inflacionario y una reducción de la actividad económica de los países afectados.

Hay que tener en cuenta que en 1920, un barril de petróleo (crudo), que contiene 159 litros, producía 41,5 litros de nafta, 20 litros de queroseno, 77 litros de gasoil y 20 litros de destilados más pesados. Hoy, un barril de crudo produce 79,5 litros de nafta, 11,5 litros de combustible para reactores, 34 litros de gasoil y destilados, 15 litros de lubricantes y 11,5 litros de residuos más pesados.

A partir de ese momento el mundo, energéticamente hablando, comenzó a cambiar.

Algunos países acentuaron sus políticas bélicas con el fin de asegurarse la provisión del vital elemento y otros se dieron cuenta que era necesario desarrollar tecnologías de reemplazo, por un lado, y una racionalización del gasto energético, por otro.

Es de tener en cuenta, no olvidar otro elemento más, no solo atribuible a los medios de transporte que queman combustible, esto es, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) responsable directo del llamado “efecto invernadero” (calentamiento terrestre).

Situación que comenzó a gestarse desde el comienzo mismo de la “revolución industrial” hasta nuestros días pero la ceguera y/o necesidad del ser humano hizo que se lo comenzara a tomar en cuenta cuando sus efectos empezaron a ser devastadores para el planeta.

El motor de combustión interna y su impacto ambiental

El impacto ambiental del MCI está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del mismo: la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados "gases de invernadero", y la reducción de los niveles de ruido.

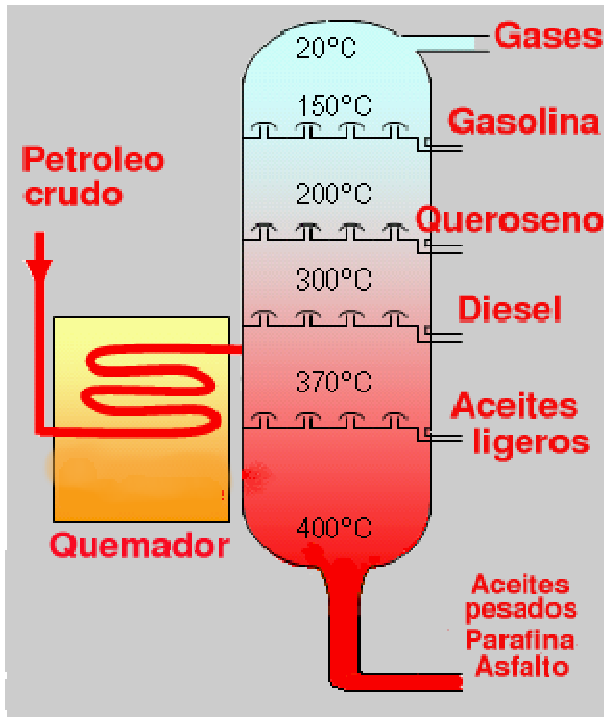
En las últimas décadas las medidas tomadas no han hecho otra cosa que favorecer el uso del automóvil pues la falta de previsión ha llevado a la pérdida de participación del transporte masivo, falta de inversión en un transporte público de pasajeros ecológico, escasez de fondos públicos para la aplicación de una nueva tecnología, vías principales congestionadas, principalmente al acceder al área central o en zonas barriales de alta concentración urbana de las grandes urbes. Todos estos factores se conjugan para atender contra la salud de la población en general y de las personas que habitan en las zonas céntricas y de alta densidad de población y baja cantidad de espacios verdes en particular.

Una transformación tecnológica y un mejoramiento de la red de transporte público resultará en favor de la disminución del uso del vehículo particular, reduciendo en consecuencia la contaminación que todos estos ocasionan.

Que nos aporta a la vida cotidiana el uso de los MCI.??

1. Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI.
- 2.- Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.
- 3.- Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al ser humano, la flora y la fauna.
- 4.- Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.
- 5.- Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el nivel auditivo de las personas y ocasiona molestias en sentido general.

1.- Materia prima no renovable, es decir **Petróleo**



El petróleo en la vida cotidiana juega un papel muy importante porque de él se obtiene muchos subproductos que hacen a nuestra forma de vida actual, por lo que es más importante preservarlo que quemarlo indiscriminadamente.

Un derivado del petróleo es un producto procesado en una refinería.

Según la composición del crudo y la demanda, las refinерías pueden producir distintos productos derivados.

La mayor parte del crudo es usado como materia prima para obtener energía, por ejemplo naftas. También

producen sustancias químicas, que se puede utilizar en procesos químicos para producir plástico y/o otros materiales útiles.

Debido a que el petróleo contiene un 2% de azufre, también se obtiene grandes cantidades de éste. Hidrógeno y carbón en forma de coque de petróleo pueden ser producidos también como derivados del petróleo.

Dentro de los productos que se generan a partir del petróleo tenemos a los siguientes:

- Combustibles líquidos (fabricados para automóviles y aviación, en sus diferentes grados; querosen, diversos combustibles para turbinas de avión, entre otros).
- Lubricantes (aceites para maquinarias, aceites para motor, y grasas).
- Ceras (parafinas), utilizadas en el envase de alimentos congelados, entre otros.
- Parafinas: Es la materia prima para la elaboración de velas y similares, ceras para pisos, fósforos, papel parafinado, vaselinas, fármacos, etc.
- Cloruro de polivinilo (PVC): Existen dos tipos de cloruro de polivinilo, tienen alta resistencia a la abrasión y a los productos químicos. Se utiliza para hacer manteles, cortinas para baño, muebles, alambres y cables eléctricos. También se utiliza para la fabricación de riego, juntas, techado y botellas.
- Plásticos, pinturas, barnices, disolventes, fertilizantes e insecticidas, detergentes, cauchos artificiales, negro de humo, poliéster y muchos más.
- Polietileno: materia prima para la fabricación de plásticos. Negro de humo: fabricación de neumáticos.
- Detergentes: para lavar.

- Producción de Thinner (solvente).
- Azufre: El azufre y ácido sulfúrico son materiales importantes para la industria..
- Brea se usa en alquitrán y grava para techos o usos similares.
- Asfalto - se utiliza como aglutinante para la grava que forma de asfalto concreto, que se utiliza para la pavimentación de calles y rutas.
- Coque de petróleo, que se utiliza especialmente en productos de carbono como algunos tipos de electrodo, o como combustible sólido.
- Petroquímicos. Los petroquímicos pueden ser hidrocarburos olefinas o sus precursores, o diversos tipos de químicos como aromáticos.

Los Petroquímicos tienen una gran variedad de usos. Por lo general, son utilizados como monómero o las materias primas para la producción de monómero. Los monómeros son entonces polimerizados de diversas maneras para formar polímero. Materiales de polímero puede utilizarse como plástico, elastómero, o fibra sintética, o bien algún tipo de estos tipos de materiales intermedios. Algunos polímeros son también utilizados como geles o lubricantes.

El petróleo, como fuente energética no renovable, ya está dando señales de su agotamiento a nivel de las reservas mundiales y de su ritmo productivo. A este hecho hay que añadir el preocupante aumento de la demanda. Así pues el consumo en 10 años se incrementará en 20 millones de barriles diarios y, al mismo ritmo de crecimiento, en el 2020 la demanda rondará los 115 millones de barriles diarios. Se estima en que la tasa de caída anual en cuanto a producción corresponde a un 5 %.

Esto supone que en 10 años habrá un déficit cercano a los 60 millones de barriles diarios. Cifras alarmantes que demuestran la insostenibilidad de este recurso energético.

EEUU es el primer consumidor de petróleo (25 % del total) y ha incrementado su demanda en un 17% en la última década, mientras Europa lo hizo en un 7 %. Cada estadounidense consume 18 veces más petróleo que un poblador Chino. Si China consumiera en la misma proporción que los norteamericanos necesitaría de 90 millones de barriles diarios, casi 15 millones más que toda la producción mundial.

2.- Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.

La atmósfera es la capa de gas que rodea a un cuerpo celeste, en este caso la tierra. Nuestra atmósfera esta, o estaba, constituida por los siguientes gases en las proporciones indicadas. Casi la totalidad del aire (un 97 %) se encuentra a menos de 30 km de altura, encontrándose más del 75 % en la troposfera. La *troposfera* es la capa de la atmósfera terrestre que está en contacto con la superficie de la Tierra. Tiene alrededor de 18 km de espesor El aire forma en la troposfera una mezcla de gases bastante homogénea, hasta el punto de que su comportamiento es el equivalente al que tendría si estuviera compuesto por un solo gas.

- Nitrógeno: constituye el 78% del volumen del aire.
- Oxígeno: representa el 21% del volumen del aire. Está formado por moléculas de dos átomos de oxígeno y su fórmula es O₂. Es un gas muy reactivo y la mayoría de los seres vivos lo necesita para respirar.
- Otros gases: del resto de los gases de la atmósfera, el más abundante es el argón (Ar), que contribuye en 0,9% al volumen del aire.

- Dióxido de carbono: está constituido por moléculas de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno, de modo que su fórmula es CO_2 . Representa el 0,03% del volumen del aire y participa en procesos muy importantes. Las plantas lo necesitan para realizar la fotosíntesis, y es el residuo de la respiración y de las reacciones de combustión.
- Ozono: es un gas minoritario que se encuentra en la estratosfera. Su fórmula es O_3 , pues sus moléculas tienen tres átomos de oxígeno. Es de gran importancia para la vida en nuestro planeta, ya que su producción a partir del oxígeno atmosférico absorbe la mayor parte de los rayos ultravioleta procedentes del Sol.
- Vapor de agua: se encuentra en cantidad muy variable y participa en la formación de nubes. Es el principal causante del efecto invernadero.
- Partículas sólidas y líquidas: en el aire se encuentran muchas partículas sólidas en suspensión, como por ejemplo, el polvo que levanta el viento o el polen.

Estos constituyentes tienen una distribución muy variable, dependiendo de los vientos y de la actividad humana.

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

En toda combustión existe un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de O_2 gaseoso.

Los MCI queman, en su cámara de combustión, combustibles líquidos como naftas, gas-oil, diesel o gaseosos como gas natural comprimido (GNC, es una mezcla de gases ligeros que se encuentra en yacimientos de petróleo, disuelto o asociado)

Los motores de combustión interna son los mayores responsables en requerir una gran cantidad de oxígeno para poder funcionar: “un vehículo consume entre 30 y 40 litros de aire promedio por segundo”(a 2000 r.p.m., motor 2000 c.c.).

Teniendo en cuenta la actual población automotora (se estima 560 millones de unidades en todo el globo), entonces son 20.000 millones de litros de aire que se consumen por segundo en el planeta y que se devuelven a la atmósfera a medio quemar y en forma explosiva.

Casi el 20 por ciento de ese consumo (cuatro mil millones de litros por segundo) es oxígeno puro que es tomado de la capa de ozono. La cifra es tan grande que no le da tiempo ni a la cubierta vegetal del planeta ni a la plataforma marina para poder reponer esta pérdida”.

3.- Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al ser humano, la flora y la fauna.

Se llaman sustancias tóxicas a las que ejercen influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente. Durante la actividad de los MCI se desprenden las siguientes sustancias tóxicas principales: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, sustancias cancerígenas (bencipireno), compuestos de azufre y plomo.

Además de los gases de escape de los MCI, otras fuentes de toxicidad son también los

gases del carter (evaporación del aceite caliente) y la evaporación del combustible a la atmósfera. También se puede tener en cuenta el aceite lubricante que se quema (producto blanco azulado) por un motor desgastado.

Incluso en un motor bien regulado la cantidad de componentes tóxicos que se expulsan durante su funcionamiento puede alcanzar los siguientes valores:

Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores Naftero
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Oxidos de nitrógeno, %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

Se observa que, la toxicidad de los motores Diesel depende en lo principal del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín. La toxicidad de los motores nafteros depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.

Estudios realizados demuestran que los niveles de emisión de dióxido de carbono en motor Diesel son claramente más bajos que un motor de nafta de igual potencia .

El siguiente cuadro nos muestra que aportan los combustibles, derivados del petróleo, al medio ambiente circundante:

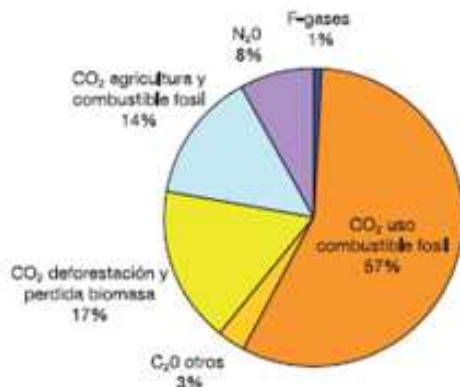
	Hollín (material en suspensión)		
	Oxido de nitrógeno		
Gas Oil	Monóxido de carbono		
	Oxidos de azufre		
	Monóxido de carbono		
Gas natural	Oxidos de nitrógeno		
Comprimido	Hidrocarburos		
	Monóxido de carbono		
	Oxidos de nitrógeno		
Nafta	Hidrocarburos		
	Partículas		
	Plomo		
	Oxido de azufre		

4.- Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión de sustancias que provocan el "efecto invernadero", fundamentalmente del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos (CO₂ , NO_x) .

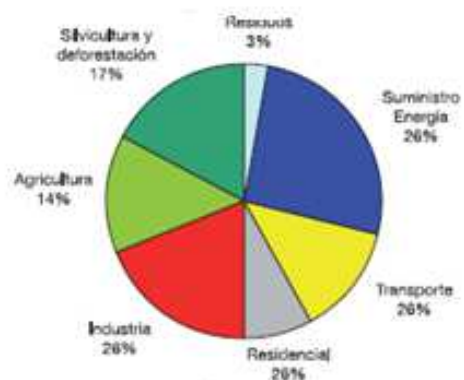
Se denomina *efecto invernadero* al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera terrestre, retienen parte de la energía que la superficie planetaria emite por haber sido calentada por la radiación estelar. Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

Gases efecto invernadero emitidos en 2004



Fuente: IPCC Panel ONU, 2007

Gases efecto invernadero emitidos por sectores en el 2004



Fuente: IPCC Panel ONU, 2007

De acuerdo con estimaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos; de mantenerse las actuales tendencias en las emisiones de "gases del efecto invernadero", la temperatura media global aumentaría a un ritmo de 0.3 °C por década.

Consecuentemente, se producirán incrementos en el nivel del mar, debido al deshielo, que pudiera ser entre 20 y 50 cm. para el año 2050 y de alrededor de 1 m. para el año 2100.

El **cambio climático** que es la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional, también es atribuible en parte, ya que hay otras acciones que lo favorecen y que no tratamos en este escrito, a los gases producto de la combustión. Un cambio en la emisión de radiaciones solares, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la Tierra puede modificar la distribución de energía y el equilibrio térmico, alterando así profundamente el clima.



Hay métodos técnicos incorporados a los vehículos con MCI para tratar de paliar las emisiones antes mencionadas, a título informativo, se nombran algunas.

Para la neutralización de los gases de escape desde hace años se utilizan catalizadores de tres vías, de catalizadores de oxidación, de sondas Lambda o de válvulas ERG (exhaust gas recirculation).

El sensor que proporciona al sistema la capacidad de mantener la estequiometría es el sensor o sonda "Lambda". Se coloca atornillada en el múltiple de escape, suministra a la computadora del vehículo información sobre el contenido de oxígeno de los gases residuales que se escapan producto de la combustión.

El índice de aire y combustible "estequiométrico" (o sea, una relación aire a combustible por peso de 14.6:1) en los motores de encendido por chispa asegura que todo el combustible que entra en la cámara de combustión tenga la cantidad adecuada de oxígeno para combinarse logrando un quemado completo, reduciendo de esta manera las emisiones de HC (hidrocarburos) y de CO (monóxido de carbono). El convertidor catalítico de oxidación de doble vía puede limpiar una gran cantidad de HC y CO después de dejar los cilindros; un contaminante más difícil de eliminar son los NOx (óxidos de nitrógeno, un ingrediente del smog fotoquímico). Si bien la EGR realiza una tarea razonablemente buena en mantener baja la formación de NOx reduciendo las temperaturas máximas de combustión, no puede hacer lo suficiente para satisfacer la normativa de algunos países. El catalizador de tres vías se instala en la mayoría de los coches modernos acompañado de la sonda Lambda, mientras que en los motores Diesel para tractores y autos pesados el más empleado es el catalizador de oxidación.

Los biocombustibles son uno de los combustibles alternativos que disfrutan de ventajas más claras y que se obtienen a partir de productos agrícolas, no contienen azufre y por lo tanto no forman el anhídrido sulfuroso, uno de los principales causantes de la lluvia ácida, ni incrementan la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera.



Los análisis realizados, tanto en bancos de pruebas como en experiencias piloto, dejan bien claro que la utilización de los biocombustibles ofrece ventajas medioambientales en comparación con los combustibles convencionales como el gasoil.

5.- Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el nivel auditivo de las personas y ocasiona molestias en sentido general.

Se entiende por ruido del MCI la emisión acústica que éste produce durante su funcionamiento. Los principales componentes del ruido del motor son: el ruido de admisión; el ruido por la deformación de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión, combustión y expansión; el ruido durante la combustión; el

ruido provocado por las oscilaciones del motor sobre la suspensión; el ruido por golpes durante el trabajo de los mecanismos; el ruido por el funcionamiento de agregados del motor y el ruido durante el escape de los gases.



Procedimientos para disminuir el ruido de los MCI: ejerciendo influencia sobre las fuentes perturbadoras (colocando silenciadores); debilitando la transmisión de las vibraciones acústicas desde la fuente de perturbación hacia la superficie que emiten ruido (colocando en el camino de propagación materiales que absorben la energía de las oscilaciones); encapsulando el motor y reduciendo la eficiencia de la emisión mediante elementos aislados exteriores de la estructura del MCI (empleando pantallas, cambiando la configuración de las piezas).

Una escala objetiva para determinar la intensidad sonora son los dB (decibel). La medición sonora con la variación se asimila a la receptibilidad del oído humano en la gama auditiva de 20 Hz a 20 < KHz.

Las emisiones sonoras de los vehículos se miden durante el paso acelerado a una distancia de 7.5 m desde el centro del vehículo con la marcha más rápida.

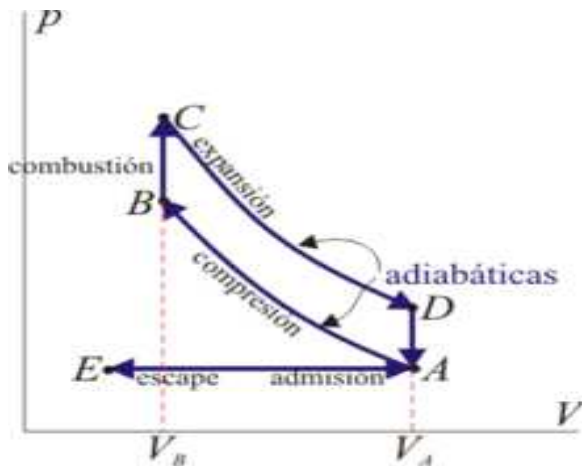
A continuación una comparación de emisiones de ruidos:

Fuente de ruido	Niveles de emisión en dB
Auto de de pasada	70-77
Tractor de pasada	77-85
Camión de pasada	80-90
Discoteca	90-110
Avión al despegar	110-130

Con mucha frecuencia percibimos el acercamiento de un vehículo determinado debido a los altos niveles de ruido que emiten sus MCI durante su funcionamiento, esto es provocado por la eliminación de los silenciadores con que están provistos dichos motores: así por ejemplo la gran mayoría de las motocicletas de 50 cc no están provistas del mismo.

El motor de combustión interna y su impacto energético

El **ciclo Otto** es el ciclo termodinámico que se aplica en los motores de combustión interna de encendido provocado (motores a nafta/GNC). Se caracteriza porque en una primera aproximación teórica, todo el calor se aporta a volumen constante.



Hay dos tipos de motores que se rigen por el ciclo de Otto, los motores de dos tiempos y los motores de cuatro tiempos. Este último, junto con el *motor diésel*, es el más utilizado en los automóviles ya que tiene un buen rendimiento y contamina mucho menos que el motor de dos tiempos.

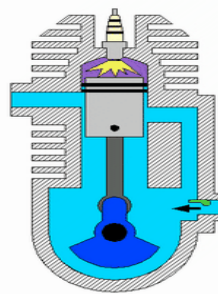
.- Ciclo de 2 carreras (4Tiempos)

El ciclo consta de seis procesos, dos de los cuales no participan en el ciclo termodinámico del fluido operante pero son fundamentales para la renovación de la carga del mismo:

- E-A: admisión a presión constante (renovación de la carga)
- A-B: compresión isoentrópica
- B-C: combustión, aporte de calor a volumen constante. La presión se eleva rápidamente antes de comenzar el tiempo útil
- C-D: fuerza, expansión isoentrópica o parte del ciclo que entrega trabajo
- D-A: Escape, cesión del calor residual al ambiente a volumen constante
- A-E: Escape, vaciado de la cámara a presión constante (renovación de la carga)

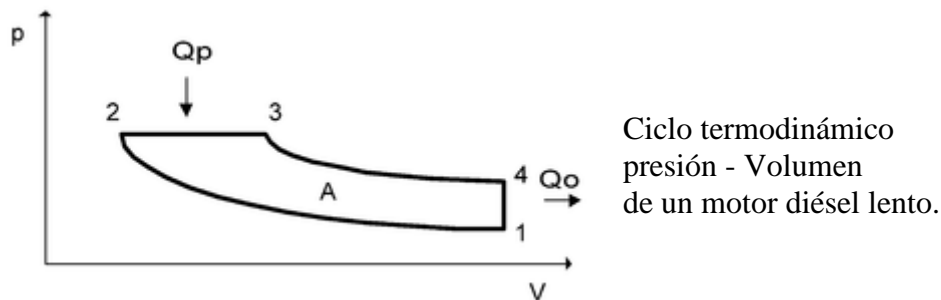
.- Ciclo de una carrera (2Tiempos)

1. (Admisión - Compresión).
2. (Expansión - Escape de Gases).



El combustible para los motores de dos tiempos es una mezcla de nafta mas aceite. Porque la lubricación de las partes móviles se realiza directamente a través del combustible. El aceite excedente de la lubricación es quemado en la combustión, por lo que se verifica un uno blanco azulado en la salida del caño de escape.

.- Ciclo del diésel



Compresión, proceso 1-2

Combustión, proceso 2-3:

Explosión/Expansión, proceso 3-4

Última etapa, proceso 4-1

Los grandes motores marinos y de tracción ferroviaria son del ciclo de 2 tiempos diésel.

La *eficiencia o rendimiento térmico* de un motor depende de la relación de compresión, proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 hasta 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octanos para evitar la detonación.

La *detonación* es un fenómeno que se produce de manera espontánea en el motor de combustión interna alternativo.

El *Número de octano*, a veces denominado *octanaje*, es una escala que mide la capacidad antidetonante del carburante (como la nafta) cuando se comprime dentro del cilindro de un motor. La eficacia del motor aumenta con altos índices de compresión, pero solamente mientras el combustible utilizado soporte ese nivel de compresión sin sufrir combustión prematura o detonación.

Una relación de compresión baja no requiere combustible con alto número de octanos para evitar este fenómeno; de la misma manera, una compresión alta requiere un combustible de alto número de octanos, para evitar los efectos de la detonación, es decir, que se produzca una auto ignición del combustible antes de producirse la chispa en la bujía.

El rendimiento medio de un buen motor **Otto de 4 tiempos** es de un **25 a un 30%**, inferior al rendimiento alcanzado con **motores Diésel**, que llegan a rendimientos del **30 al 45%**, debido precisamente a su mayor relación de compresión.



En términos generales podemos decir que por cada unidad energética que ingresamos en el MCI solo un tercio se convertirá en utilidad para el

movimiento, el resto se disipa al medio ambiente en forma de calor. Como cada uno de nosotros, aún sin saber lo más mínimo de mecánica, puede percibir en cercanía de un vehículo con su MCI en funcionamiento.

Relación Aire-Combustible (A/C)

Al analizar el rendimiento de un motor de combustión interna es de gran importancia determinar las cantidades relativas de aire y combustible presentes en la mezcla suministrada.

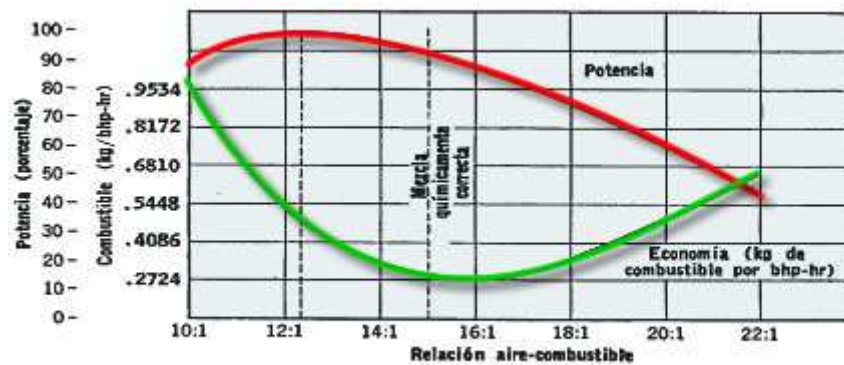
Esta relación puede obtenerse con gran precisión mediante el análisis químico de los gases de escape. Sin embargo también puede determinarse efectuando las mediciones por separado del aire y del combustible suministrado al motor en un tiempo determinado.

$$A / C = \text{°G} / B$$

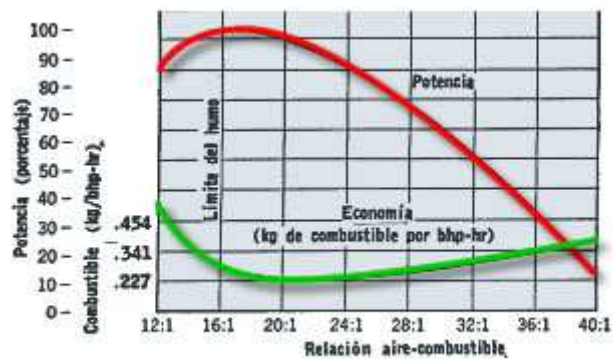
°G= consumo real de aire Kg/h B= consumo horario de combustible Kg/h

Se ha encontrado experimentalmente que es necesaria una relación definida para obtener la máxima potencia y otra relación diferente para máxima economía. La máxima economía del motor se obtiene cuando la liberación sea máxima. Esta condición se logra cuando el combustible se quema completamente.

La siguiente curva representa las características de un motor de encendido por chispa en función de diferentes relaciones aire-combustible.



Las características de un motor Diesel se especifican en la siguiente gráfica.



El motor de combustión interna y su impacto sobre la salud de la población

Polución química:

Teniendo en cuenta que una persona adulta inhala diariamente en promedio $13,5 \text{ kg}$ de aire, queda en claro la importancia que tiene la presencia de contaminantes tóxicos en el aire. Los efectos de un contaminante dependen en gran medida de su concentración en el aire y del tiempo de exposición al mismo.

Muchos contaminantes presentan un *valor umbral*, que es la concentración máxima de una sustancia a la cual la gente puede estar expuesta sin que aparezcan efectos adversos sobre la salud. Por el contrario los compuestos cancerígenos no poseen un valor umbral, es decir su sola presencia en el aire presenta un riesgo para la salud, en consecuencia su nivel debe ser cero.

La mayoría de los contaminantes poseen valores permisibles de exposición es decir las concentraciones consideradas seguras. (por ejemplo: para el monóxido de carbono (CO) la concentración máxima permisible es de 9 partes por millón (ppm)).



En el siguiente cuadro se describen los efectos sobre la salud de los principales contaminantes químicos presentes en la atmósfera de las grandes urbes:

<i>Especie</i>	<i>Efectos sobre la Salud</i>
Hidrocarburos	Participan en la formación del smog y algunos de ellos son cancerígenos (ej.: alfa – benzopireno, metil – colantreno)
Partículas	<p>Tos, neumonía, asma y bronquitis.</p> <p>Algunas partículas son tóxicas por sus características físicas o químicas.</p> <p>Una alta concentración de partículas en el aire , aunque no sean tóxicas, puede superar la capacidad normal de los pulmones para eliminarlas, perjudicando la respiración.</p> <p>Pueden actuar junto a otros contaminantes, absorbiendo sustancias tóxicas o transportando bacterias, virus o alérgenos. Las partículas que presentan mayor riesgo para la salud son las que permanecen durante más tiempo suspendidas en el aire, aumentando así la probabilidad de ser inhaladas. Los humos del tabaco, de los escapes y de los incineradores, sirven como transporte de <i>hidrocarburos policíclicos aromáticos</i> (HPA) con efectos cancerígenos. Las partículas líquidas con elevado grado de contaminación biológica, como las que se originan en plantas de tratamiento de efluentes cloacales, pueden transmitir enfermedades.</p>

Óxidos de Azufre (SO_x)	Pueden provocar en el pecho, flema, tos y bronquitis. Cuando sus concentraciones en el aire son elevadas afectan las vías respiratorias y hasta pueden producir la muerte.
Óxidos de Nitrógeno (NO_x)	Irritan las vías respiratorias. El dióxido de nitrógeno aumenta la susceptibilidad a las infecciones respiratorias y afecta el normal funcionamiento de los pulmones. Perjudica especialmente a los asmáticos. Incrementa la sensibilidad al polen y al polvo en zonas urbanas.
Plomo (Pb)	Los recién nacidos y los niños son los más vulnerables a la contaminación por plomo. En casos de altas concentraciones, se pueden producir anemias y afecciones del sistema nervioso como es el caso del saturnismo
Smog	Irrita las mucosas internas del aparato respiratorio y los ojos. El ozono, que es uno de los principales componentes del smog, puede producir desde efectos tóxicos en el aparato respiratorio hasta la muerte por hemorragias. También puede dañar los tejidos pulmonares y reducir las defensas del organismo contra las bacterias y los virus.
Monóxido de Carbono (CO)	Es un veneno gaseoso que actúa por la vía respiratoria impidiendo el transporte de oxígeno a los tejidos. De acuerdo con su concentración y el tiempo de exposición, el CO puede producir dolores de cabeza, mareos, vómitos, angina, inconsciencia, coma y muerte.

Según la organización “.Ecologistas en acción.org”: "*mueren ocho veces más personas por efecto de la contaminación que por los accidentes de tráfico*".

Polución sonora:

Científicos, expertos y numerosos organismos oficiales como la Organización mundial de la salud (OMS), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), etc., han declarado de forma unánime que el ruido tiene efectos muy perjudiciales para la salud. Estos perjuicios varían desde trastornos puramente fisiológicos, como la pérdida progresiva de audición, hasta los psicológicos, al producir una irritación y un cansancio que provocan disfunciones en la vida cotidiana, tanto en el rendimiento laboral como en la relación con los demás.



La exposición prolongada al ruido, ya sea en la vida cotidiana o en el puesto de trabajo, puede causar problemas médicos, como hipertensión y enfermedades cardíacas. El ruido puede afectar adversamente a la lectura, la atención, la resolución de problemas y la memoria.

Los fallos en el desempeño de la actividad laboral pueden producir accidentes. El ruido con niveles por encima de 80 dB puede aumentar el comportamiento agresivo. Además parece haber una conexión entre el ruido comunitario y ciertos problemas mentales, debido a la demanda de tranquilizantes y somníferos, la incidencia de síntomas psiquiátricos y el número de admisiones a hospitales psiquiátricos.

Grado de hipoacusia y repercusión en la comunicación		
Grado de hipoacusia	Umbral de audición	Déficit auditivo
Audición normal	0-25dB	
Hipoacusia leve	25-40dB	Dificultad en la conversación en voz baja o a distancia.
Hipoacusia moderada	40-55dB	Conversación posible a 1 o 1,5 metros.
Hipoacusia marcada	55-70dB	Requiere conversación en voz alta
Hipoacusia severa	70-90dB	Voz alta y a 30 cm.
Hipoacusia profunda	>90dB	Escucha sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación.

Para la mayoría de las personas, la exposición continua a un nivel del ruido medio ambiental de 70 dB no causará deterioro auditivo. El oído de una persona adulta puede tolerar un nivel del ruido ocasional de hasta 140 dB, pero para los niños tal exposición nunca debe exceder 120 dB.

La problemática del transporte ciudadano

Los distintos indicadores muestran que la situación actual de los transportes urbanos en los grandes conglomerados es preocupante. El lento movimiento de los vehículos automotores en calles congestionadas provoca un consumo más elevado de combustible y mayores emisiones de contaminantes.

El número de automóviles particulares ha aumentado en forma sostenida al igual que la circulación por camiones.

A medida que las ciudades y su región adyacente crecen y aumenta la urbanización, se incrementan las necesidades de movilidad de la población y de carga, lo cual intensifica la demanda de soluciones para el transporte masivo y la necesidad de coordinar los servicios existentes.

Algunos datos típicos:

706 Kg NOx/año Bus	1530 Kg Partículas/año Bus
2 Kg NOx/día Bus	4,25 Kg partículas/día Bus

Londres: 8.500 autobuses emiten aproximadamente 6000 toneladas de NOx y 13.000 toneladas de partículas por año.

San Pablo: circulan 6 millones/día vehículos
17000 buses por día 12000 TonNOx/año 26000 Ton partículas/año

Buenos Aires: buses 5000 unidades 3,5 Ton NOx /año 7,6 Ton partículas/año
taxis 38000 unidades

Rosario: buses 600 unidades 400 Kg NOx/año 1 Ton partículas/ año
taxis 3000 unidades (10% gás-oil, del 90%: Nafta 5% - GNC 95%)

Barcelona: 10000 taxis

Mejico Distrito Federal: 108000 taxis

En muy pocas ciudades, a modo de ejemplo, es gigantesca la contaminación anual por el uso del MCI en sus diferentes modalidades.

Hasta aquí hemos analizado sintéticamente los diferentes aspectos del uso de los MCI como propulsor en los vehículos de transporte, queda en evidencia los perjuicios que acarrear por lo que hoy la situación energética y ecológica es lo suficientemente crítica como para modificar el paradigma del transporte en general y de la propulsión en particular.

Solución alternativa al motor de combustión interna.

Estudiaremos a continuación el motor eléctrico y su aplicación a los vehículos de transporte.

Rendimiento energético

En un motor eléctrico es la relación entre la energía eléctrica que absorbe y la energía mecánica que ofrece. En los coches eléctricos se montan motores de alto rendimiento, con una eficiencia media del 90%. Algunos fabricantes indican un rendimiento de hasta

un 95%, pero probablemente se refiera al valor típico y no al valor medio.

Motor eléctrico versus motor de combustión: par, potencia y eficiencia

Veremos las diferencias entre los motores eléctricos y los térmicos a la hora de entregar el par y la potencia. También constatar la enorme diferencia de rendimiento energético entre ambos y sus peculiaridades.

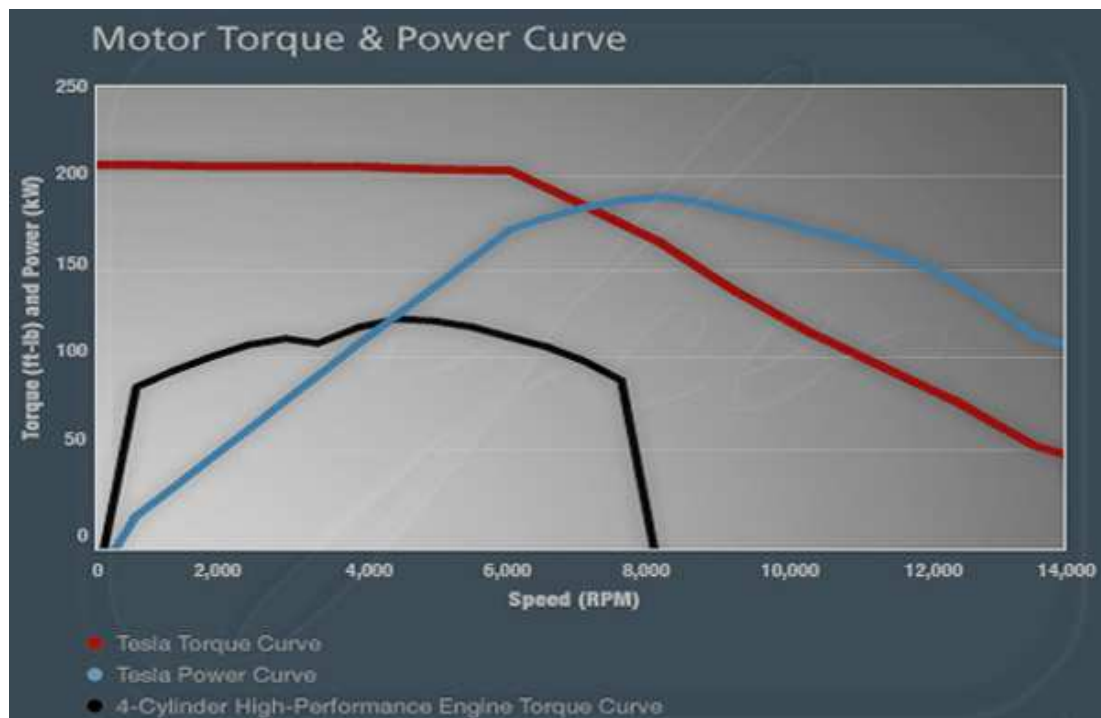


Gráfico suministrado por Tesla Motors. Curva en rojo Torque o par Motor Tesla - Curva en azul potencia motor Tesla - Curva en negro torque motor MCI 4 cilindros

Primero unas definiciones sencillas adaptadas a estos motores:

Par motor: Es la fuerza con la que gira el eje del motor. Se mide en Newton/metro (Nm)

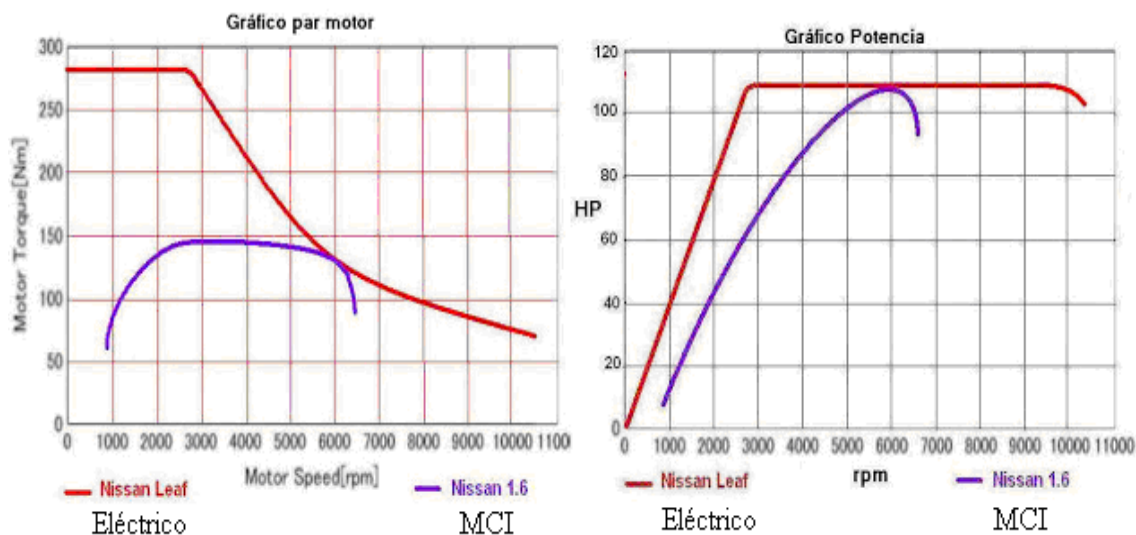
Régimen de giro: Es el nº de vueltas que da el eje motor por unidad de tiempo. Se mide en revoluciones por minuto (rpm).

Potencia motor: Es la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo y se obtiene de multiplicar el par por las revoluciones.

Se mide en caballos de vapor (CV o HP) o en Kilowatios (kW):

1 kW = 1,36 CV 1 Kw = 1,46 HP

Los gráficos de potencia, par y revoluciones definen las relaciones entre estos parámetros para cada motor. Los motores eléctricos presentan ventajas importantes frente a los térmicos es este área.



En el gráfico superior podemos distinguir las curvas típicas de un motor eléctrico (Nissan Leaf) y de un MCI de 1600 cm³ (Nissan 1,6).



Se comparan **dos motores de Nissan de 109 CV de potencia**. La potencia máxima es la misma, pero en realidad **el motor eléctrico es más potente** en casi todas las circunstancias: hasta 1000 rpm ofrece más del triple de potencia, hasta 2000 rpm más del doble y aunque las curvas se van acercando hacia las 6.000 rpm, el MCI corta a 6.500 rpm y el del Leaf aún ofrece su potencia máxima hasta 9800 rpm y gira hasta las 10.400 rpm.

Por eso cuando la gente prueba un coche eléctrico por primera vez, se sorprende por la sensación de potencia a velocidades bajas o medias.

No es una sensación, es real. Hay mas potencia disponible que en un vehículo con motor térmico equivalente en esas condiciones.

Otro factor diferenciador importante es que el motor térmico es incapaz de girar por debajo del régimen de ralentí (unas 700 rpm): el giro se vuelve inestable y se para. En cambio el eléctrico es capaz de girar igual de equilibrado y con la misma fuerza (par) a 20 rpm que a 2000 rpm . Y desde 0 rpm dispone ya del par máximo.

El motor eléctrico no necesita girar cuando el vehículo está parado, ni un embrague para iniciar la marcha. Y como para el inicio de la marcha lo importante es el par y no la potencia, si le acoplásemos una caja de 5 marchas sería capaz de arrancar con toda suavidad con cualquiera de ellas.

En el motor Tesla vemos que el motor se estira hasta unas increíbles 14.000 rpm, manteniendo un par constante desde 0 hasta 6.000 rpm, para luego decaer de forma rápida, dando lugar a una curva de potencia más "puntiaguda" de lo habitual en los motores eléctricos

Emisiones:

Se puede ilustrar la importante diferencia entre las emisiones de un vehículo convencional y un vehículo eléctrico. Considerando un vehículo convencional relativamente eficiente, con un consumo de 7 litros de combustible líquido cada 100 kilómetros, se obtendrían unas emisiones de algo más de 16 kg de CO₂ por cada 100 kilómetros.

A la hora de calcular las emisiones del vehículo eléctrico habrá que tener en cuenta el parque generador que produce la electricidad de la que se suministra y sus emisiones asociadas. Suponiendo que las emisiones medias se sitúan en la actualidad en torno a las que emite un ciclo combinado de gas.

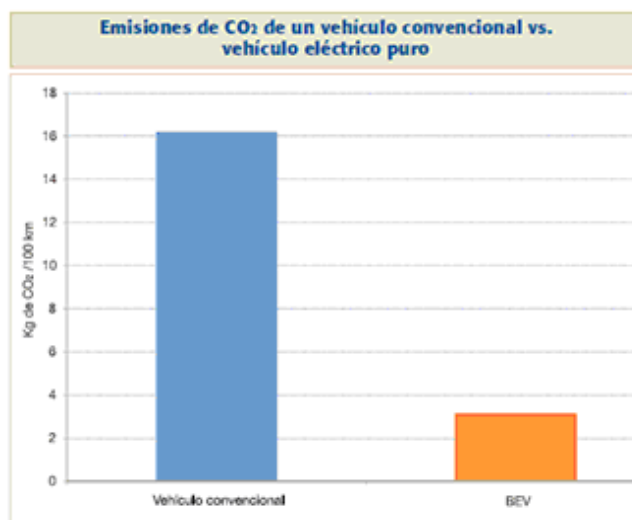
Sin embargo, hay que tener en cuenta que el objetivo a alcanzar de producción con fuentes renovables implicará un peso de las energías renovables superior al 40% en la producción eléctrica, por lo que se puede considerar que la cobertura de la demanda que producirán los coches eléctricos se realizará con un 40% de energías renovables y un 60% con ciclos combinados.

Teniendo en cuenta estos elementos, las emisiones de un vehículo eléctrico se situarían en algo más de 3 kg de CO₂ por cada 100 kilómetros, menos de una quinta parte de las emisiones de un vehículo convencional.

Por ejemplo: Para ilustrar el impacto global sobre las emisiones en la economía de la implantación del vehículo eléctrico, se podría suponer una sustitución de 3 millones de vehículos de combustible líquido por eléctricos puros (sobre un total de aproximadamente 25 millones en España).

Utilizando los datos de tráfico se han estimado las emisiones anuales del parque actual de vehículos utilizando los rangos de consumo energético por vehículo y de emisiones por tipología de vehículo.

Así, se obtiene que dicha sustitución reduciría, en promedio, las emisiones anuales del parque de vehículos en un 12,3% respecto a las del parque actual. Y estamos solo considerando un país.



Generación eléctrica y gestión de la red

Ya sea por ignorancia o por mala fe, se ha señalado las dificultades que supondría la electrificación. Lo cierto es que los problemas serán mínimos, sobre todo si se tiene en cuenta que la electrificación debe ser paulatina.

En Estados Unidos, con un parque diez veces superior al de España (por ejemplo) y una tasa de motorización mucho más elevada, el *Pacific Northwest National Laboratory* realizó un análisis de la electrificación del transporte en las empresas eléctricas y en las redes regionales de distribución de electricidad, llegando a la conclusión de que si se recargan los vehículos en horas valle, no habría que instalar ninguna nueva capacidad de generación adicional para abastecer al 84% del parque (más de 198 millones de automóviles, furgonetas y todo terreno), que recorrerían una media diaria de 53 kilómetros diarios.

El consumo eléctrico, por supuesto, aumentaría, pero hay que tener en cuenta que el parque de generación y la red eléctrica están pensados para cubrir la demanda en horas punta durante el día, y permanecen ociosos durante las horas valle, en general por la noche, que es cuando la mayoría de los vehículos no están siendo utilizados.

Un parque de un millón de vehículos eléctricos que recorriesen 19.000 km al año consumiría 3 TWh al año (0,16 kWh/km, promedio).

A título de comparación, la demanda de electricidad en España en 2008 ascendió a 288 TWh, y la eólica generó 31,3 TWh. El consumo de un millón de vehículos eléctricos en España sería apenas el 9,5% de la generación eólica en 2008, y el 1% de la demanda de electricidad.

La producción eólica de España en 2008 habría sido suficiente para abastecer a 12 millones de vehículos totalmente eléctricos, o 24 millones de híbridos en alcanzarse, y para entonces la potencia eólica instalada será muy superior a la del año 2008.

La electrificación paulatina del transporte no plantea ningún problema irresoluble tanto desde el punto de vista del consumo eléctrico como de la red y del parque de generación. Es más, tendría grandes ventajas, al consumir en horas valle una electricidad que de otra forma se perdería, por tener que desconectar los aerogeneradores, al no haber demanda, tener las centrales ociosas y funcionando pocas horas.

La electrificación del transporte en las dos próximas décadas puede tener la misma fuerza impulsora para la eólica y otras renovables que la que tuvo el motor de combustión interna a principios del siglo XX para la industria petrolífera, tras perder su gran mercado: el querosen sustituido por la lamparita de Edison y la electrificación de la iluminación.

Las baterías pueden recargarse cuando “sobra” electricidad de origen eólico, y en un futuro no muy lejano pueden verter la electricidad almacenada a la red en las horas punta, actuando como un sistema de almacenamiento distribuido, de forma similar a las centrales reversibles de bombeo, pero a una escala mucho mayor e implicando a miles o millones estacionados. La integración bidireccional entre la red y los vehículos eléctricos crea las condiciones para integrar la generación de electricidad y el transporte,

abriendo un nuevo horizonte a la energía eólica y otras renovables, que de esta forma podrán superar muchas de sus limitaciones actuales.

Hoy la producción de electricidad de origen eólico escapa al control de las empresas productoras o de las que gestionan la red, y lo mismo sucede con otras energías renovables. Por el contrario, las fuentes de energía química como el carbón, el petróleo y, sobre todo, el gas natural, son mucho más flexibles para adaptarse a la curva de demanda de la red, y pueden modularse en función de la demanda. La no gestionabilidad actual de la eólica y otras energías renovables se utiliza para atacar su desarrollo, y limitarlo a un arbitrario 10 o 20 por ciento de la demanda eléctrica, pues si se traspasase este límite las dificultades para gestionar la red serían mayores.

El consumo eléctrico de una reconversión paulatina del parque de vehículos no plantea problemas irresolubles, e incluso puede contribuir a mejorar la gestión de las redes.

Un vehículo que consuma 14 kWh por cada 100 km (los consumos oscilan bastante, de 13 a 20 kWh por cada 100 km), y que recorriese unos 15.000 km anuales (una media aceptable), consumiría al año 2.100 kWh.

Por ejemplo: El parque de vehículos, según los últimos datos Transito (España), asciende a 30,3 millones, de los que 21,8 millones son autos.

Su consumo anual total ascendería a unos 80.000 GWh. Esta electricidad la podrían producir, en teoría, unos 37.000 MW eólicos.

La eólica, por sí sola, podría suministrar en teoría toda la electricidad necesaria para electrificar el parque de vehículos existente, aunque lo lógico será un mix equilibrado y variable, que se tendrá que determinar cuando empiece la electrificación del transporte.

Ejemplos concretos de ahorro de energía y consecuentemente disminución de la polución

Ejemplo 1: Vehículo particular

Un vehículo será tanto más eficiente, cuanto menos energía consuma para realizar el mismo trabajo (trayecto), por ejemplo, trasladarse una distancia de 100 km. Así que lo mejor para ver si tal o cual vehículo es más eficiente, es ver cuál es su **consumo real** de energía.

Para que la comparativa sea lo más correcta posible, deberíamos tomar el mismo coche con diferentes motores, con el mismo diseño y aerodinámica, la misma masa, los mismos neumáticos, y realizar una prueba de conducción real en el mismo trayecto o circuito, con las mismas condiciones de tráfico y meteorología.

Como esa situación es poco probable haremos una comparación aproximada, lo más aproximada y rigurosa posible.

El consumo de un coche con motor de combustión, nafta o diésel, se puede dar en **litros/100 km**. El consumo de un coche eléctrico se expresa en **kWh/100 km**.

Por tanto hay que expresar ambos en las mismas unidades de energía. En el sistema internacional eso es el joule (J), o bien el megajoule (MJ), un millón (10 a la 6) de joule.

Empecemos por los motores de combustión interna:

- Un litro de nafta tiene una energía de entre 32,18 MJ y 34,78 MJ.
- Un litro de gas - oil viene a tener una energía de entre 35,86 MJ y 38,65 MJ.

(valores promedio)

Para el motor eléctrico la conversión es más rápida y exacta: 1 kWh son 3,6 MJ.

Veremos la comparación de dos vehículos de Renault con diferente motorización.

Los modelos de Renault Fluence de motor de combustión que se toman para la comparación son similares por prestaciones y potencia al eléctrico.

- Renault Fluence nafta 1.6 16 v 110 CV, cambio manual. El consumo mixto según homologación es de 6,8 l/100 km, pero el consumo real medio de 7,6 l/100 km.
- Renault Fluence diésel 1.5 dCi 110 CV, cambio automático. El consumo mixto según homologación es de 4,4 l/100 km, pero el consumo real medio es de 5,7 l/100 km



El consumo de un Renault Fluence Z.E. Eléctrico varía según las condiciones (cosa que también sucede en un coche con motor de combustión, entre ciudad y ruta):

- En ciudad, conduciendo tranquilamente, hace 14,4 kWh/100km.
- En autopista a 120 km/h, hace 18,5 kWh/100 km

En el peor de los casos contemplados por Renault, alta velocidad y gran consumo de calefacción o aire acondicionado, la autonomía se puede quedar en solo 80 km. Como la batería almacena 22 kWh, eso significaría un consumo de 27,5 kWh/100 km.

Comparemos la energía consumida por cada uno:

- Renault Fluence nafta: 7,6 l/100 km equivalen a 244,57 MJ/100 km – **264,33 MJ/100 km**

- Renault Fluence diesel: 5,7 l/100 km equivalen a 204,40 MJ/100 km – **220,31** MJ/100 km.
- Renault Fluence eléctrico: 18,5 kWh/100 km equivalen a **66,6** MJ/100 km.

El coche eléctrico consume **3,67 – 3,97** veces menos que el coche con motor de nafta y **3,07 – 3,31** veces menos que el coche con motor diésel.

O sea, **un coche eléctrico consume casi la cuarta parte que un coche de gasolina, y la tercera parte que un coche diésel.**

Incluso en la situación más desfavorable del coche eléctrico, este sigue consumiendo menos: **27,5 kWh/100 km** equivalen a 99 MJ/100 km.
Este consumo sigue siendo **la mitad** del consumo del diésel.

Ejemplo 2:

Se presenta otro análisis energético basado en el **VER** (Vehículo Eléctrico Rosario) poniendo en evidencia una experiencia local perfectamente comprobable.



Para recorrer los 2000 km el Fiat 147 hubiere utilizado 176 lts de nafta.

La potencia calorífica de la nafta es de 10000 Kcal/litro, de manera tal que:

$$10.000 \text{ Kcal/litro} * 176 \text{ litros} = 1760000 \text{ Kcal}$$

Si tomamos que el rendimiento del MCI es del 20 %, solo la quinta parte de esa energía es realmente convertida en movimiento, es decir, en números redondos: 352000 Kcal

Según el Sr. Joule, tenemos el siguiente factor de conversión:

$$1000 \text{ Kilocaloria (Kcal)} = 1,16 \text{ Kilowattios-hora (Kwh)}$$

$$\text{Así pues, con un MCI debería haber consumido: } 1760000 \text{ Kcal} * 1,16 / 1000 = 2041 \text{ Kwh}$$

De esos 2041 Kwh solo la quinta parte son realmente útiles, es decir 408 Kwh

De acuerdo a los datos que permanentemente se obtienen del VER para alcanzar los 2000 Km se cargaron: 610 Kw-h

En definitiva: Fiat 147: **2041** Kwh VER: **610** Kwh

Claramente se pone en evidencia que **el vehículo eléctrico, como mínimo, consume tres veces menos energía que el MCI.**

Ejemplo 3:

Cuanta energía se desperdicia, por unidad de tiempo, en un motor de combustión interna cuando este está funcionando en ralenti (regulando) esperando en el semáforo o

cualquier otra circunstancia del tráfico en que el móvil está parado con el motor funcionando?

Obviamente en el VER o cualquier otro vehículo eléctrico este valor es cero, porque si el vehículo está inmóvil el motor está apagado.

Para obtener un dato aproximado, vamos a tratar de deducirlo de la siguiente información suministrada por el fabricante:

El vehículo consume: 8,6 lts a 120 Km/h por cada 100 Km en 50 minutos Considerando que de acuerdo a relación de caja-diferencia-rueda para esa velocidad el motor gira a 3600 rpm. Entonces a 900 rpm (ralenti) en ese mismo tiempo consumiría 2,15 lts

Llevando esa situación a 1 minuto nos dá como resultado 0,043 lts.

De ahí: $10000 \text{ kcal/lts} * 0.043 \text{ lts} = 430 \text{ kcal}$

$430 \text{ kcal} * 1,16 \text{ Kw-h}/1000 \text{ kcal} = \mathbf{0,50 \text{ Kw-h} / 1 \text{ minuto}}$

Es evidente el desperdicio de energía.

Ejemplo 4: Patrullero

En las ciudades de Birmingham y Coventry (Inglaterra), 30 Nissan Leaf pasarán a formar parte de los cuerpos de la policía.

Recargar un Leaf cuesta unos 2 euros, mientras que llenar el depósito de un coche no baja de los 60 euros.

Un coche patrulla recorre de media unos 70 kilómetros diarios

1 litro de gas-oil ronda los 2 euros, un coche diésel con un consumo medio de 7 litros a los 100 Km supondrá un coste sólo en combustible de 3.600 euros al año

lo que multiplicado por las 30 unidades que serán sustituidas nos da como resultado un gasto después de tres años de 311.000 euros en combustible.

El Leaf costará cada año unos 680 euros en electricidad, y después de tres años y multiplicando por las 30 unidades en marcha supondrá para las arcas del ayuntamiento un gasto de 61.200 euros, una diferencia de 249.800 euros que les daría para comprar 8 unidades del Leaf solamente con el ahorro en combustible en tres años.

Ejemplo5: Taxi



Durante 12 meses el Nissan Leaf ha recorrido un total de 47.600 kilómetros, con una media en jornada laboral por encima de los 140 kilómetros diarios, en la ciudad Valladolid (España).

El Leaf ha logrado una media de consumo de 13 kWh cada 100 kilómetros,

Durante estos 12 meses el Leaf ha recargado

un total de 4.218 kWh durante el día, las recargas parciales que el propietario realiza por ejemplo a la hora del almuerzo, y que le han costado un total de 779,25 euros, mientras que las recargas nocturnas han ascendido a 5.750 kWh, con un coste de 380,92 euros. Esto quiere decir que durante el día ha pagado el kWh a 0,18 euros, mientras que durante la noche el costo cae hasta los 0,06 euros el kWh gracias a la tarifa nocturna.

A esto tenemos que sumar otros gastos asociados como el costo de la potencia contratada, 4,6 kW, que le cuesta 103,17 euros al año, los impuestos de la electricidad, 64,59 euros, y el alquiler del equipo medida, 21 euros cada año y a todo esto le sumamos el IVA, calculado al 18% durante seis meses, y 21% durante los otros seis, y que tiene como resultado un total de 263,03 euros.

Resumiendo, el total las recargas en casa ha supuesto un total de 1.160 euros durante estos 12 meses, a lo que tenemos que sumar el resto de gastos e impuestos y que nos da como resultado que después de un año y 47.600 kilómetros el taxi eléctrico ha supuesto un gasto total de 1.611,95 euros, un total al que a diferencia de los modelos con motor de combustión, no hay que sumar los gastos de mantenimiento. Comparando estas cifras con las logradas con su anterior coche, un Volkswagen Touran diésel, nos encontramos con que durante el mismo tiempo y aplicando una banda de precios del combustible durante cinco años que van desde los 1,20 euros el litro el primer año, hasta los 1,5 euros el litro actuales, vemos que durante este tiempo la Touran con un consumo de 8,5 litros cada 100 kilómetros, trayectos solamente urbanos, habría costado un total de 6.069 euros sólo en combustible.

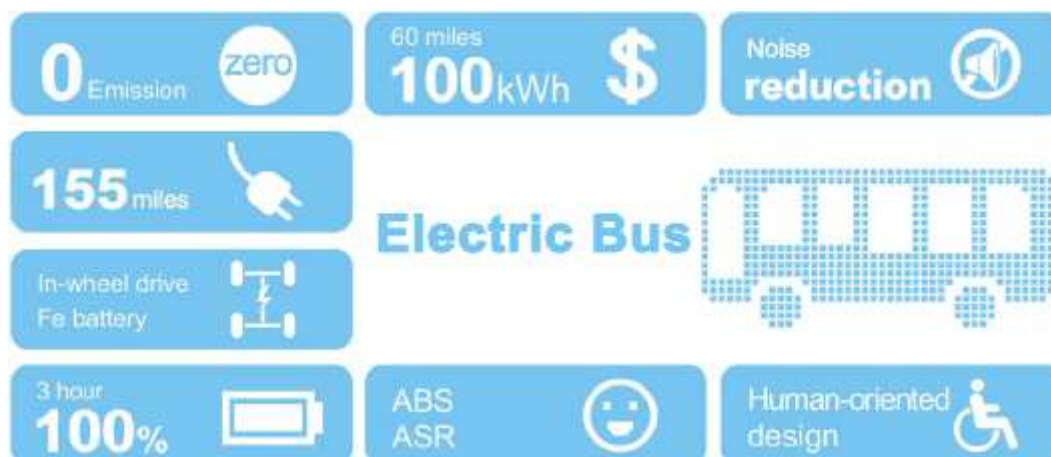
Esto quiere decir que cada año comparando con el Volkswagen, el taxista está ahorrando unos 4.450 euros sólo en combustible, a lo que tendríamos que sumar los mantenimientos, lo que supone que después de cinco años el ahorro respecto a su Touran diésel alcanzará unos 22.000 euros, una diferencia que justifica de sobra el sobre costo del Nissan Leaf respecto a casi cualquier modelo equivalente del mercado

Ejemplo 6: Autobús Eléctrico

Vamos a considerar el autobus de la empresa BYD modelo K9 , el cual esta siendo utilizado en diferentes partes del mundo en especial en alguna ciudades de Europa, que tiene las siguientes características 12 metros capacidad para 70 pasajeros, consumo medio de 100 kWh cada 100 kilómetros.



Con una la autonomía diaria, en condiciones urbana, de 250 kilómetros con cada carga y contribución solar.



En las pruebas realizadas vemos que en total el BYD ha recorrido un total de 970 kilómetros en dos días, con un consumo total de 1.222 kWh, lo que traducido a euros supondría con una tarifa diurna, unos 220 euros, o unos 22.5 euros cada 100 kilómetros.

Una cifra de consumo excelente si las comparamos con las de un moderno autobús urbano de similares características, que no suele bajar de los 30 litros de gas - oil cada 100 kilómetros, 25 litros para los modelos híbridos de Volvo, lo que en euros vienen siendo unos 40,2 euros cada 100 kilómetros.(1 Lt. Gas-oil :1,34 € Mayo 2013)

Ejemplo 7: Trolley

El trolebús, también conocido como trolley o trole, es un ómnibus eléctrico, alimentado por una catenaria de dos cables superiores desde donde toma la energía eléctrica mediante dos astas. El trolebús no hace uso de vías especiales o rieles en la calzada, por lo que es un sistema más flexible. Cuenta con neumáticos de caucho en vez de ruedas de acero en rieles, como los tranvías.



Ejemplo 8: Tranvía

EL **tranvía** (del inglés *tramway*, lit. "vía de carriles planos"), es un medio de transporte de pasajeros que circula sobre carriles y por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles, sin separación del resto de la vía ni senda o sector reservado. En algunos

casos la vía férrea del tranvía puede transitar por vías públicas exclusivas y hasta cubrirse de césped, integrándola aún más al paisaje urbano.



Es menos ruidoso y menos contaminante que un autobús. Al no generar directamente emisiones en comparación con otros medios de transporte, se considera más beneficioso que el autobús en zonas que ya sufren contaminación por el vehículo privado. Además, su menor consumo de energía por viajero lo hace más eficiente que otros medios de transporte.

Ejemplo 9: Trenes de alta velocidad



Se denomina tren de alta velocidad, según la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) a aquel que alcanza velocidades superiores a 200 km/h sobre líneas existentes actualizadas, y 250 km/h sobre líneas específicamente diseñadas a tal efecto. Su elevada velocidad les permite competir con el transporte aéreo para distancias medias, del orden de los cientos de kilómetros.

El impacto social de las líneas de alta velocidad se hace notar también en la carretera, por la creación de un nuevo escenario de oferta y demanda, así como por aspectos

como la reducción de accidentes y el ahorro de tiempo en los desplazamientos por carretera debido a la menor congestión del tráfico.



La integración con el medio ambiente forma parte sustancial de la filosofía que inspira todas las actuaciones en alta velocidad. Por un lado se reducen las emisiones de CO₂ anuales y, por otro, hay un considerable ahorro de consumo energético de toneladas equivalentes de petróleo.

Ejemplo 10: Subte

Es un tren de circulación urbana subterránea.



Conclusiones:

Además de restringir el tráfico en el núcleo urbano, el uso de vehículos eléctricos (coches, buses, troles, tranvías, trenes, subtes) es una solución inmediata al problema de contaminación.

Es una inversión en forma de ahorro de combustible y mantenimiento y también una inversión en salud que supondrá un ahorro en el tratamiento de enfermedades, de tiempo de consulta y de medicamentos.

Cada paso de este plan traerá la reducción de costos y beneficios ambientales inmediatos. Es urgente proponer un plan a mediano/largo plazo en las ciudades que establezca una acción para implementar el sistema más beneficioso, como es el transporte público electrificado.

Es más efectivo tratar las emisiones localizadas en las centrales térmicas de producción de energía eléctrica que tratar de minimizar/anular las emisiones de todos y cada uno de los vehículos individualmente que circulan.

Con un fuerte apoyo político y gubernamental, se puede reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la posición en referencia a energías renovables. La energía renovable sólo puede empezar a reemplazar las plantas de generación de combustibles fósiles cuando están respaldados por almacenamiento de energía. Y, por último, con fuertes ejemplos de los gobiernos y la fuerte política ambiental para el ahorro de energía en iluminación, vehículos eléctricos y estaciones de carga EV, vamos a ser capaces de impulsar la adopción por parte del mercado masivo de consumidores de las tecnologías verdes que mejoren drásticamente nuestras economías y salvar nuestro medio ambiente.

Bibliografía:

Ecosofía: Cambio climático y transporte público - Luis Tamayo Pérez

La Problemática del Transporte – Campos Hugo

Wikipedia, La enciclopedia libre

El motor de combustión interna y su impacto ambiental - Ings. Raúl Gutiérrez Torres. Juan Carlos Cruz Rodríguez. José Carlos Gálvez Pardo. Dr.C. Elme Carballo Ramos. Universidad de Ciego de Avila. Cuba.

Secretaría de Transporte del G.C.A.B.A.

Efectos fisiológicos del ruido - Organización mundial de la salud

Handbook of automotive power electronics and motor drives – Illinois Institute of Technology

Transporte y Movilidad Urbana - Ing. Elio Martínez.

Pacific Northwest National Laboratory, Richland Washington
U.S. Department of Energy (DOE)

El suicidio del hombre - Ing. José E. Barcia

El coche eléctrico: el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente. – Alberto Ceña, José Santamaría Proyecto REVE

Análisis energético y económico del vehículo eléctrico.- Lavarón Simavilla, Muñoz Rodríguez, Sáenz de Miera Cárdenas Iberdrola

Junio 2013.-

Ing. Ricardo Berizzo
U.T.N. Regional Rosario

Indice:

Introducción	1
El MCI y su impacto ambiental	3
El MCI y su impacto energético	11
El MCI y su impacto en la salud	14
La problemática del transporte ciudadano	17
Solución alternativa al MCI	18
Ejemplos	23
Conclusiones	31