

## Una mirada a los nuevos motores “verdes” ¿Son “verdes” de verdad?

### El Motor de Combustión Interna (MCI) tradicional

La creciente utilización de los MCI para transporte terrestre ha generado preocupación por el impacto en la salud de la población debido a enfermedades respiratorias, además del deterioro de la infraestructura urbana y de la vegetación por la lluvia ácida que generan. Con el fin de regular las emisiones de los MCI, en 1990 aparece la norma “Euro 0”, que fija porcentuales máximos de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos sin quemar y partículas. En 2014 aparece la norma “Euro 6”, con regulaciones cada vez más restrictivas, lo que obliga a los fabricantes a esforzarse por mejorar las emisiones de los MCI. Si bien hay muchas alternativas, se compararán aquí, brevemente, los vehículos eléctricos y los híbridos.



Batería de un vehículo eléctrico. (Fuente al pie)

### Mejoras introducidas en los MCI

A raíz de estas normativas, actualmente este tipo de motores cuenta con una importante cantidad de dispositivos para mejorar la eficiencia y disminuir las emisiones. Se mencionan algunos:

#### MCI Ciclo Otto

- Inyección electrónica.* Control mediante lazo realimentado. Con un sensor de oxígeno (*sonda lambda*) en el escape se puede dosificar el combustible para disminuir emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar.
- Recuperación de vapores.* Se introducen los dispositivos denominados *canister* con



Autor:  
**Fernando Quintana**

Ingeniero Mecánico Electricista (UNC)  
 Doctor en Ingeniería (Univ. Politécnica de Cataluña - España)  
 Investigador de la CNEA en Métodos Numéricos en Ingeniería  
 Gerente de Investigación Aplicada (CNEA - CAB)  
 Profesor Asociado del Instituto Balseiro  
 Cátedras Mecanismos y Máquinas Térmicas

carbón activado para evitar la emisión de vapores de combustible.

- Encendido electrónico integral.* Control preciso de la chispa. Esto aumenta la potencia de la misma, mejorando la combustión.
- Colector de admisión variable/distribución variable.* Mejora el torque y con ello el consumo específico (gramos por unidad de energía).
- Inyección directa.* Permite quemar mezclas pobres, es decir, requiere menos combustible, mejorando el rendimiento del motor.
- Recirculación de gases de escape.* Baja la temperatura de la combustión y disminuyen las emisiones de óxidos de nitrógeno.
- Motores multi-válvula.* Mejora el llenado de aire y con ello el torque, por lo que disminuye el consumo.
- Catalizadores.* Disminuyen las emisiones de gases contaminantes.

#### MCI Ciclo Diesel

- Inyección electrónica.* Disminuye ruido y emisiones. Mejora el consumo.
- Sobrealimentación* (turbo-inter-enfriador). Se consiguen mayores potencias con motores más pequeños porque optimiza el torque, a diferentes revoluciones del motor.
- Turbocompresor de geometría variable.* Mejora el torque, a diferentes revoluciones del motor y con ello mejora el consumo.
- Recirculación de gases de escape.* Baja la temperatura de combustión y disminuye emisiones.
- Colector de admisión variable/distribución variable.* Mejora el torque y con ello el consumo específico.
- Motores multi-válvula.* Mejora el llenado de aire del motor y el torque, por lo que disminuye el consumo.
- Catalizadores.* Disminuye las emisiones de

gases contaminantes.

h) *Filtros anti-partículas*. Disminuyen la emisión de hollín.

**Los motores híbridos**

Se llama *híbrido* a un propulsor que combina un motor eléctrico con un MCI. El motor eléctrico es accionado por una batería que acumula carga mediante un cargador enchufado a la red domiciliaria (híbridos “enchufables”). También carga la batería, recuperando energía durante el frenado. Su MCI, en general, es de ciclo Atkinson, que es una evolución del ciclo Otto encendido con chispa y con mezclas pobres para garantizar un menor consumo de combustible.

**Los motores eléctricos**

Hay propulsores totalmente eléctricos. Cada rueda propulsora tiene un motor. La batería se carga mediante la red y también recupera carga durante las frenadas. Su batería tiene una mayor capacidad que la del híbrido.

**Comparación**

La batería solamente acumula energía, pero la misma se genera en otro lugar. Si la generación es mediante centrales térmicas, la emisión de gases se produce en el sitio donde está la central generadora. En nuestro país el 66% de la energía eléctrica es de origen térmico<sup>1</sup>. Para reconocer cuan verde es un motor, deben computarse **todos** los pasivos ambientales generados (no solamente gases), entre ellos las baterías. Las mismas tienen una vida útil de entre 3,6 y 6 años según el tipo y pesan entre 330 y 600 Kg para un vehículo pequeño. Según cuánto dure el vehículo habrá que reemplazarlas una, dos o más veces, generando un pasivo ambiental importante. Por ello es preciso prever su recolección, transporte, tratamiento/reciclado, etc. Estos procesos implican emisiones de los vehículos que transportan los miles de toneladas de baterías, además de gasto de energía y más emisiones para el tratamiento de las mismas. Debe considerarse también el costo del tratamiento y el costo de reposición de las baterías (400 U\$D/kWh)<sup>2</sup>. Para un vehículo mediano (60kWh) esto representa 24.000 U\$D. En general, no se habla de estos temas. Además, desde la generación eléctrica hasta la rueda del vehículo hay numerosas pérdidas de energía: el ciclo termodinámico de la máquina, el alternador, la transformación y el transporte en alta tensión, la reducción y

transporte en media tensión, la reducción y distribución en 380V/220V. Por último, también hay pérdidas de energía en el cargador, en la batería (que no devuelve toda la energía entregada) y en el motor eléctrico. Habría también que tener en cuenta la calefacción, que consume energía extra en los vehículos eléctricos y la merma del rendimiento de las baterías, que con el tiempo empeoran el balance de energía, pero que por la brevedad del artículo no son consideradas.

El autor realizó un cálculo comparativo de dichas pérdidas para tres tipos de centrales térmicas (Ciclo Combinado, de Turbina de Vapor y de Turbina de Gas). La comparación se hizo con MCI actuales. La energía disponible en la rueda se expresa como porcentaje de la energía presente en el combustible:

Vehículo con MCI	% de aprovechamiento
OTTO	30,9
DIESEL	36,4

Vehículo eléctrico según fuente de generación	% de aprovechamiento
Ciclo Combinado	36,0
Turbina de Vapor	27,9
Turbina de Gas	21,1

**Conclusiones**

Es genuina la preocupación por el medio ambiente y es enorme el progreso con el tiempo de los MCI y de los eléctricos e híbridos. Si lo que importa son las emisiones en la ciudad, los eléctricos e híbridos hacen un aporte, pero si lo que importa son las emisiones a la atmósfera, ese aporte ya no es tan claro. Conviene no adoptar posturas fundamentalistas y tener en cuenta todos los pasivos ambientales, extremando las medidas para reducirlos.

**ABREVIATURAS**

CAB: Centro Atómico Bariloche  
 CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica  
 UNC: Universidad Nacional de Córdoba

**BIBLIOGRAFÍA**

1 *Síntesis del mercado eléctrico mayorista de la República Argentina. Año 17 Nº 186. CNEA. Junio 2016*  
[http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/sintesis\\_MEM\\_2016-6-6.pdf](http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/sintesis_MEM_2016-6-6.pdf)  
 2 *Informe de la EPA*  
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/epa-battery-analysis-2016-09-15.pdf>

**FUENTE IMAGEN (virado el color)**

<https://www.motorpasion.com/industria/el-jefe-de-i-d-de-volkswagen-preve-una-penuria-de-baterias-para-coches-electricos-pero-ese-el-menor-de-los-problemas>



**Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable**

**Comisión Nacional de Energía Atómica**

Tel: 011-4704-1485 [www.cnea.gov.ar/ieds](http://www.cnea.gov.ar/ieds)

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2017 ISBN: 978-987-1323-12-8

Publicación a cargo del Dr. Daniel Pasquevich y la Lic. Stella Maris Spurio.  
 Comité Asesor: Ing. Hugo Luis Corso - Ing. José Luis Aprea.  
 Responsable Científico: Dr. Gustavo Durfó.  
 Versión digital en [www.cab.cnea.gov.ar/ieds](http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds)  
 Los contenidos de este fascículo son de responsabilidad exclusiva del autor.