

El automóvil: ¿motor de combustión interna o motor eléctrico?

Albert Martí Parera

Allá por el año 1901, al inicio de la vida del automóvil, en los Estados Unidos de América el 40% de los vehículos automóviles estaban propulsados por un cilindro movido por la fuerza del vapor de agua; el 38% tenía por fuente propulsora un motor eléctrico y sólo el 22% utilizaban como fuente de energía motriz un motor de combustión interna.

El descubrimiento de grandes reservas petrolíferas en el subsuelo americano junto con la relativa facilidad de obtener, a partir del petróleo, combustibles para motores de combustión interna, permitió que de los tres motores, el menos apto para la tracción copara el lugar de la fuente de energía en todos los automóviles.

De los tres motores el único que necesita una fuerza externa para ponerse en marcha es el de combustión interna; si bien en los automóviles actuales un pequeño motor eléctrico es el que proporciona la fuerza necesaria para el arranque, en aquellos tiempos el arranque era manual, cosa que implicaba riesgos para la muñeca y el brazo del chófer; también era manual el avance del encendido del motor. Estas circunstancias convirtieron al vehículo con motor de combustión interna en el más complejo de conducir. Y a

pesar de estos inconvenientes, y de los que a continuación describiremos, se impuso el motor de combustión interna.

El único motor de los tres citados que no puede vencer la inercia del vehículo para ponerlo en marcha, es el motor de combustión interna, y necesita un mecanismo, el embrague, para poder poner en marcha el vehículo. Si se compara la gráfica de resistencias que se oponen a la marcha del vehículo con la gráfica de la potencia y del momento torsor (par motor) que produce un motor de combustión interna (figura 1), se puede apreciar que el motor de combustión interna no entrega potencia ni par motor en los regímenes bajos (0 - 1.500 rpm) llamados de ralentí, justo en los momentos en que la resistencia del vehículo al movimiento es mayor, y para ponerlo en marcha es necesario un par motor elevado en las ruedas que venza las fuerzas de inercia que lo mantienen parado.

El embrague permite desacoplar el motor de la transmisión, y de esta manera, con el motor desacoplado, podemos acelerarlo hasta conseguir los regímenes de giro en que éste entregue la potencia y el par necesarios para vencer la inercia del vehículo que lo mantiene parado y, entonces, acoplar el motor a la transmisión. Esto

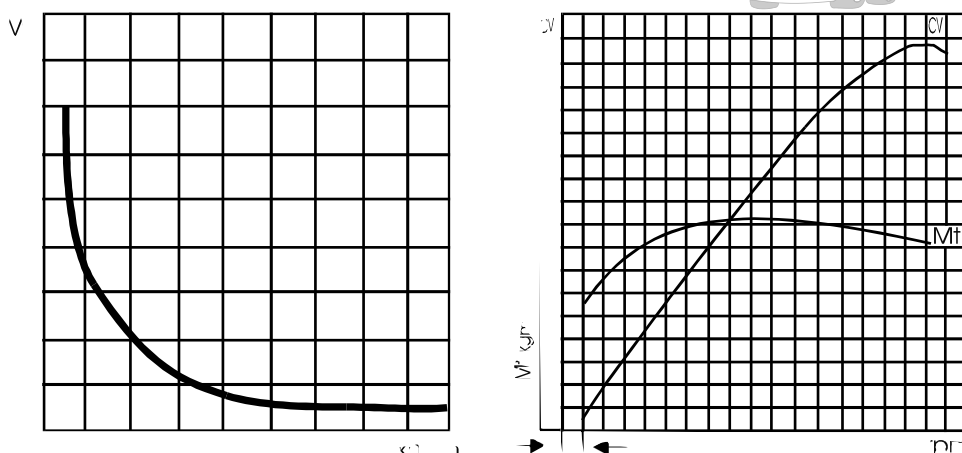
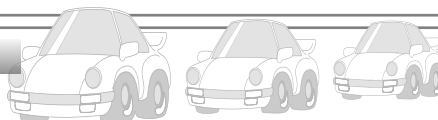


Figura 1. **Izquierda**, gráfica del par resistente en las ruedas de un vehículo. MT = Momento torsor (par torsor). **Derecha**, gráfica de par motor y potencia de un motor de combustión interna. En la gráfica: CV = Curva de potencia. MT = Curva del par motor. 1 = Régimen en que el motor no entrega ni potencia ni par motor (Momento Torsor).

significa acoplar un disco que gira por encima de las 2.000 rpm con otro que, sujeto a las ruedas, está parado.

Cuando al accionar el embrague se “cala el motor”, se evidencia esta deficiencia del motor de explosión, y resulta curioso al observar la evolución del embrague, desde los primeros modelos que utilizaban discos con placas de corcho hasta los embragues automáticos. Como se ha conseguido ocultar esta deficiencia del motor, a costa de absorber un 4% más de su energía, gracias al uso de estos últimos embragues con los cuales resulta imposible calar el motor.

Tanto el motor eléctrico como el cilindro de vapor llegan a generar el par motor necesario para vencer las fuerzas de inercia, que mantienen al vehículo parado, sin necesidad de ningún mecanismo accesorio. Por ejemplo, en los cilindros alimentados con vapor, se eleva la presión en la cara motriz del émbolo hasta conseguir el momento torsor suficiente para vencer las fuerzas de inercia y poner en marcha el vehículo; o, como ocurre en los motores eléctricos, basta conectarlos a la fuente de energía para que puedan desarrollar el par motor de arranque necesario para poner en movimiento los pesados convoyes de todo tipo de trenes –tal es el caso de las locomotoras eléctricas que se utilizan en la red ferroviaria y de transporte suburbano.

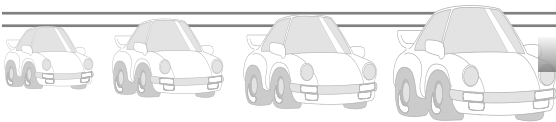
Comparando de nuevo las gráficas, en la figura 1, del par (MT) que entrega un motor de combustión interna con la correspondiente al par resistente de las ruedas de un vehículo automóvil, observaremos que no coinciden en absoluto, pues mientras la primera se asemeja a un trazo de parábola de máximo positivo, la segunda es una hipérbola equilátera con sus ramas

asintóticas a ambos ejes. En consecuencia, es necesario un convertidor de par para poder adaptar el par motor al par resistente; este convertidor de par es la caja de cambios.

Gracias a la caja de cambios, los vehículos automóviles con motor de combustión interna, pueden superar pendientes prolongadas, con valores de inclinación comprendidos entre el 35% y 45%. Utilizar la caja de cambios supone un coste energético, en término medio, del 5% de la potencia útil suministrada por el motor.

Estos inconvenientes tecnológicos no son los peores que presenta el motor de combustión interna; uno de los inconvenientes importantes, aunque siempre se pasa por alto, es su bajo rendimiento energético. Tal como expliqué en un artículo publicado en el número anterior de esta revista, este tipo de motor, de cada 100 litros de combustible, por término medio, sólo transforma 25 en energía propulsora, o lo que es lo mismo, tiene unas pérdidas del 75%.

¿Recuerdan la crisis del petróleo de la década de los 70? Parecía que se acabaría el crudo en un futuro inmediato. ¿Fue aquello una histeria colectiva? En todo caso hemos resuelto el problema clasificando el petróleo como combustible no renovable, una denominación bastante neutra que no hace referencia directa a su posible extinción. Pues bien, si el automóvil consume cerca del 60% de las importaciones de petróleo y el motor endotérmico



co (de combustión interna) tiene un rendimiento energético bajo, su uso, en el automóvil, resulta un despilfarro tanto por la posibilidad de agotar las bolsas petrolíferas como por el coste en divisas que suponen las importaciones de crudo.

Pero el aspecto más grave y que nos lleva a cuestionar el motor de combustión interna, es la contaminación atmosférica, de la que el automóvil es responsable en un 45%, y dentro de este porcentaje se le hace responsable del 10% de la lluvia ácida que destruye nuestros bosques.

Observemos los tres aspectos que ofrece la contaminación:

- 1º. Los que afectan a la salud de los habitantes de las grandes ciudades y polos industriales convertidos en “respiradores pasivos” de elementos tóxicos y cancerígenos.
- 2º. El efecto multiplicador del dióxido de carbono, emitido por los tubos de escape, sobre el denominado efecto invernadero y sus repercusiones en un posible cambio del clima del planeta.
- 3º. La lluvia ácida que arruina los bosques.

El problema que plantea el uso del motor de combustión interna se puede clasificar de grave sin pecar de exageración.

No obstante, en la década de los 70 hubo un intento, que no pasó de la fase de prototipo, para dotar al automóvil de un motor de combustión externa, más efectivo y menos contaminante, por parte de una multinacional europea. Pero es el motor eléctrico, el que año tras año se presenta en los salones del automóvil como alternativa al motor actual. Veamos pues las ventajas que ofrece este motor y también sus inconvenientes.

El motor eléctrico no contamina en absoluto, no emite ningún tipo de partículas gaseosas y además es silencioso. Si nuestros automóviles estuvieran dotados de él, el aire en las ciudades sería mucho más saludable. Hay quien apunta que esto es trasladar la contaminación de los núcleos urbanos a los enclavamientos de las centrales térmicas.

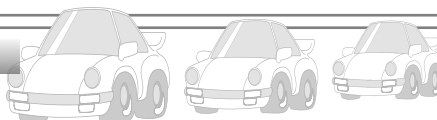
En este campo, la ventaja es que la energía eléctrica se puede producir de maneras poco con-

taminantes, como ocurre en las centrales hidroeléctricas, las eólicas y las fotovoltaicas, si bien estos dos últimos tipos de centrales no están suficientemente desarrolladas en su aplicación. También es cierto que, por desgracia, existen centrales eléctricas movidas con energía nuclear. Pero la implantación del vehículo eléctrico no tiene necesariamente que aumentar la contaminación, y si queremos que se reduzcan las emisiones de dióxido de carbono, deberemos evitar las centrales térmicas en la producción de energía eléctrica y potenciar las de tipo eólico (parece que la fuerza del viento en este país sólo ha servido para inspirar un episodio del Quijote), apostando también por aprovechar la energía solar.

A pesar de que lo más probable es que se siga optando por las centrales térmicas para producir energía eléctrica, todavía este sistema ofrece ventajas con el vehículo eléctrico. Aun siendo éstas las de menor resultado, dado el bajo rendimiento del motor de combustión interna, se puede contar con un ahorro del 15 al 20% del combustible. También resulta más fácil controlar las emisiones de elementos contaminantes en instalaciones fijas (centrales térmicas) y dotarlas de instalaciones depuradoras de gases, que intentar conseguir que todos los vehículos del parte automovilístico tengan en perfecto estado el motor y el conjunto de dispositivos anticontaminantes que se van añadiendo a cada nueva generación de vehículos y, además, que sus propietarios efectúen el mantenimiento necesario para que el vehículo emita pocas partículas contaminantes, asumiendo el coste que ello supone.

Otra ventaja para el vehículo eléctrico la ofrece la pauta de consumo de energía eléctrica, la cual podríamos considerar poco racional, ya que el consumo mínimo de energía eléctrica se da por la noche; durante el día el consumo se duplica, y en las horas punta, al iniciar y al finalizar la jornada laboral, especialmente cuando coincide el final de jornada con el crepúsculo vespertino, el consumo se dispara llegando en algunas ciudades y en determinadas épocas del año a quintuplicar el consumo mínimo.

Esta manera de consumir la energía eléctrica representa un problema importante para las compañías suministradoras de energía eléctrica, pues necesitan disponer de unas instalaciones con gran



capacidad de producción de energía que funcionan muy por debajo de su capacidad durante el día, y todavía más por la noche; sólo funcionan a pleno rendimiento unas cuatro horas al día.

El automóvil eléctrico podría mejorar esta situación. Si los vehículos recargan sus baterías por la noche, permitirían a las compañías eléctricas una amortización más rápida de sus recursos, y en consecuencia, la posibilidad de dedicar recursos al estudio y explotación de fuentes de energía limpias y eficientes.

Por término medio, los vehículos automóviles sólo efectúan dos recorridos diarios de menos de 10 km, lo que implica un uso por debajo de las dos horas. De acuerdo a estos usos, un automóvil eléctrico podría disponer de 22 horas diarias para cargar sus baterías. En consecuencia el automóvil eléctrico se puede catalogar como “el vehículo urbano por excelencia”, pero es necesario disponer de la infraestructura en aparcamientos públicos, privados y en la propia vía pública para poder cargar las baterías.

Si queremos también puede ser un vehículo de carretera; bastará con disponer de las estaciones de servicio en las que cambiar las baterías descargadas por unas recargadas. Si se utilizan para el vehículo eléctrico baterías cromo/níquel, que permiten su descarga total sin que se deterioren las placas, no deben existir más problemas con una carga de baterías que con una carga de butano. Además, el cambio de baterías puede resultar más rápido que llenar el depósito con 40 litros de gasolina, y está exento de peligros.

El automóvil eléctrico es un vehículo que cuando el vehículo se retiene en las urbanas crece. Cada día se recorren con un vehículo de combustión interna; con uno de motor eléctrico se recorren más efectivamente. Sólo se incrementa el consumo de energía. Además, el sistema de frenos y de dirección eléctrica.

Con el motor eléctrico se elimina el problema ecológico derivado de los cambios de aceite del motor de combustión interna; problema de bastante entidad dado el volumen del parque de vehículos, aunque sea desconocido por el gran público al no ser ventilado en los medios de comunicación.

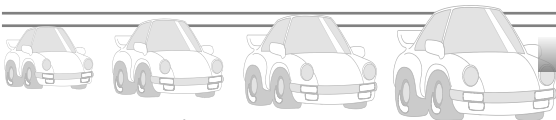
Otra de las ventajas del vehículo eléctrico es que la energía en los acumuladores no se acaba de repente, como ocurre con los combustibles fósiles dentro del depósito del vehículo. Contaba un fabricante suizo de vehículos eléctricos que, cuando su vehículo se queda sin energía y se dirige a paso de tortuga a buscar las baterías recargadas, el conductor va mirando hacia las casas de las calles como si buscara una dirección para disimular. El lento final de la descarga de los acumuladores cuando se quedan sin energía eléctrica permite recorrer unos pocos kilómetros antes de que el motor quede totalmente parado.

La parte negativa del vehículo eléctrico en el campo ecológico la genera el electrólito de las baterías. No es un asunto nuevo, pues también los automóviles actuales tienen baterías de acumuladores, pero el vehículo eléctrico multiplicaría por diez el volumen del contaminante y sería necesario diseñar las medidas oportunas de reciclado de estos electrólitos.

Otro inconveniente de los vehículos eléctricos, por el momento, reside en el hecho que la energía específica de los combustibles líquidos es unas 150 veces mayor que la de los acumuladores eléctricos. Esto implica una relación peso-potencia poco favorable y que las baterías ocupen un espacio considerable, que disminuye bastante las posibilidades de espacio debajo de los capós. Y también una frecuencia de carga más elevada que la de repostar llenando el depósito.

Una de las ventajas que poseen los motores de combustión interna es que pueden consumir cualquier tipo de combustible dentro de un determinado margen de características; por ejemplo, los motores de ciclo Otto funcionan también con butano (algunos taxis) o con alcohol como ocurre en Brasil. Los motores de ciclo Diesel se han hecho funcionar incluso con combustible pulverizado.

Es evidente que son necesarias algunas modi-



ficaciones del motor para adaptarlo al nuevo combustible. Algunas de las modificaciones resultan viables y otras impracticables, pero las posibilidades de cambiar de combustible son grandes. Tal es así que se han realizado bastantes estudios de motores de combustión interna que funcionen con combustibles que no son fósiles, para disminuir los niveles de contaminación de los actuales motores. Estos estudios están de manera primordial por el etanol y el hidrógeno como combustibles ideales para los motores de combustión interna. El hidrógeno es considerado el combustible más limpio, que no produce (en teoría) emisiones de gases de efecto invernadero y se considera totalmente fuera de juego para el sistema de producir el combustible y su uso en el vehículo presenta serias dificultades, no así el etanol, que ya se ha utilizado.

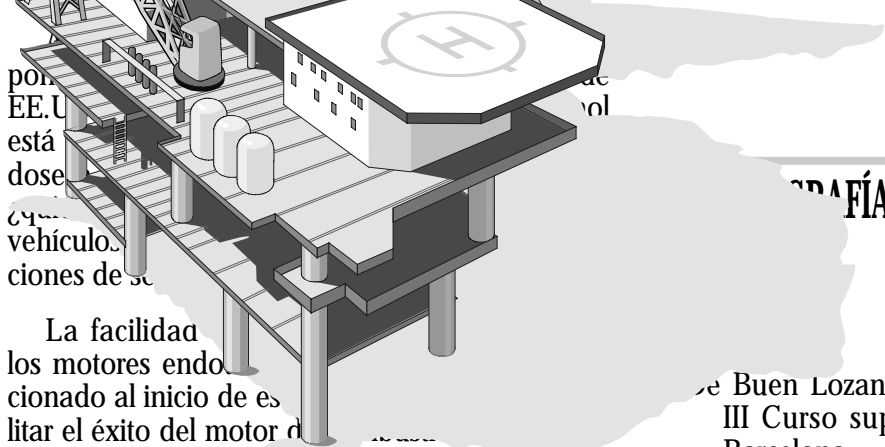
por EE.UU. está deseando que los vehículos de sus naciones de su

La facilidad de los motores endotérmicos, introducido al inicio de este siglo, facilitó el éxito del motor de combustión interna, cortado el desarrollo a sus competidores. Pues junto con la explotación de los yacimientos petrolíferos se ha creado una extensísima red de distribución de combustibles derivados del petróleo, que permite una gran autonomía a los vehículos con motores endotérmicos, además de sustentar un imperio económico de primer orden mundial.

En consecuencia, el motor eléctrico, o cualquier motor que no consuma derivados del petróleo, dentro del ámbito del automóvil tiene pocas posibilidades de llegar a generar una competencia seria para el motor de combustión interna. Por una parte, las multinacionales del petróleo, primeras potencias económicas mundiales, no están dispuestas a ceder su cuota de mercado y ver en peligro sus beneficios. Además, han encontrado un excelente aliado en los gobiernos

Europeos, que recaudan impuestos a través del consumo del combustible. Como término medio, un 70% del precio del combustible son impuestos. A estos factores debemos añadir las inversiones necesarias para crear toda la infraestructura que permita utilizar el automóvil eléctrico sin contratiempos, acaso como los que pueden derivar del uso de cualquier electrodoméstico.

Al repasar el texto en las sucesivas correcciones, me he planteado si acaso lo acertado no fuera cambiar el título del artículo por el siguiente: "El automóvil: ¿se acabará el petróleo antes de que la contaminación acabe con nosotros?".



GRAFÍA

de Buen Lozano, Víctor: Lección inaugural del III Curso superior de automoción ETSEIB, Barcelona.

Giacosa, Dante: *Motores endotérmicos*, Editorial Científico Médica.

Karen Wright: *¿Hacia dónde va el transporte?*, Investigación y Ciencia, Julio 1990.

Lucas Diesel: *Motorisation de la voiture particulière*, Blois 1995.



