

LA MOTORIZACIÓN HÍBRIDA: EL AUTOMÓVIL QUE RECUPERA ENERGÍA

François Roby

Universidad de Pau
y de los Países del Adour

Recibido: 01/06/06

Aceptado: 26/06/06

HISTORIA

La idea de asociar las fuentes de energía al movimiento de un vehículo –incluso la motorización híbrida– no es nueva.

A finales del s. XIX, con el nacimiento de los primeros automóviles, no se dejó nada por probar en su motorización. Las máquinas de vapor, bien conocidas en el ferrocarril, y los motores eléctricos, cuyo único obstáculo era el almacenamiento de energía en pesadas baterías, compitieron entre sí antes de que el motor de explosión fuera hegemónico. Éste es, sin embargo, muy rudimentario, ruidoso, vibrante y de baja potencia máxima, por lo que el uso restringido del automóvil a distancias cortas hizo de la tracción eléctrica un severo contrincante a pesar del inconveniente del almacenamiento electroquímico de la energía en acumuladores.

En todo caso, constituyendo el automóvil un objeto de lujo, quienes tenían medios económicos preferían el refinamiento y la facilidad de conducción de un automóvil eléctrico al comportamiento poco civilizado de los primeros vehículos de petróleo.

Sin embargo, la técnica se depura rápidamente y, tanto los motores como la mecánica de transmisión permiten vislumbrar viajes de distancias largas. El automóvil se arriesga a salir de las ciudades y, con ello, la recarga larga y frecuente de las baterías de plomo, que equipaban los coches eléctricos, se convierte en una dificultad insuperable para los pocos ricos que compraban automóviles con el fin de satisfacer el deseo de libertad y movilidad cada vez más exigentes.

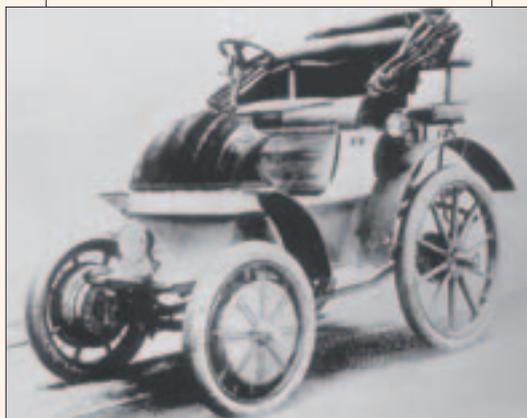
Las ventajas de la electricidad son, por otra parte, evidentes;



Autobuses híbridos de 1ª generación en China

sobre todo por la suave transmisión del movimiento a las ruedas motrices, en una época en la que las cajas de velocidades no tienen sincronizadores, con un máximo de tres escalones y demandando una especial destreza para evitar el ruido y las sacudidas de los engranajes. Además, un motor eléctrico es, por su naturaleza, reversible, lo que significa que puede emplearse como freno de recuperación en las deceleraciones –recargando las baterías– lo que es incapaz de realizar un motor de gasolina con su depósito de combustible.

Se trataba, por tanto, de combinar la autonomía que permite el motor de explosión y la facilidad de conducción propia de la tracción eléctrica lo que produjo la aparición, alrededor de 1900, de muchos vehículos híbridos (de los que varios fueron creados por un joven ingeniero que acabaría sien-



do célebre: **Ferdinand Porsche**), cuyo objetivo no era precisamente la economía del petróleo, aún económico hasta la crisis de los años 70.

Por último, la obtención de motores de explosión, más baratos y fáciles de manejar, provocó la extinción de los vehículos híbridos.

RENACIMIENTO

La brusca subida del precio del petróleo –en 1973 y 1979– incitó a los ingenieros a considerar el consumo de los vehículos que diseñaban, cuyo peso y potencia no cesaban de aumentar. Esta situación condujo a los constructores americanos a una reducción temporal y espectacular del tamaño de sus automóviles, comparados con los modelos de años anteriores.

Al mismo tiempo, hace aparición de nuevo la electricidad, pero con el mismo inconveniente del almacenamiento de la energía al no evolucionar las baterías a lo largo del siglo. La hibridación aparece también como medio para que los vehículos se aventuren ocasionalmente a salir de las ciudades, lejos de los puntos de recarga eléctrica. Se construyen varios prototipos pero ninguno llegó a insertarse en la flota habitual de los usuarios.

Hay que esperar hasta 1997 con el *Prius*, comercializado por

Toyota en Japón, para que sea propuesto el primer coche híbrido de gran serie a los consumidores habituales. Nacido del programa G21, cuyo objetivo es definir el automóvil global del s.XXI, este vehículo nada tiene que ver con uno eléctrico asistido por un motor de combustión interna, sino (por el contrario) se trata de un vehículo que obtiene toda su energía de la gasolina y recurre internamente a la electricidad con el único fin de disminuir el consumo de carburante y la contaminación.

La cantidad de energía eléctrica almacenada a bordo es muy débil (equivale a menos de medio litro de gasolina,) pero la utilización temporal de esta reserva -en un sentido u otro- permite bajar significativamente el consumo y la contaminación. al optimizar el funcionamiento del motor térmico y recuperar la energía normalmente desperdiciada en los automóviles convencionales (en la frenada, principalmente).

Esta primera versión -no exportada- fue reemplazada por otra en el año 2000, que se distribuyó en Francia con cuentagotas (se vendieron menos de 200 unidades), aunque apareció en Pau y alrededores en una proporción sorprendentemente elevada.

Más tarde -en 2003- al distribuir una versión ampliamente mejorada y más económica, obtuvo el Premio

européo al automóvil del año 2005, e hizo pasar al coche híbrido, del estado de curiosidad para especialistas, al de *vedette mediática*, tanto más conocida cuanto que la ausencia de competidores era casi total (existe un **Honda Civic Hybrid** como muestra), convirtiéndose en el automóvil híbrido.

El funcionamiento de un automóvil de este tipo consiste en imponer al motor térmico el funcionar en su zona de máximo rendimiento, es decir: a carga suficientemente elevada y al régimen medio. En el *Prius* este motor funciona con gasolina, pero no obedece a la definición habitual de "motor de gasolina", tal como fue esta-

Toyota Prius



EXPERIENCIAS

La conducción del *Prius* de la anterior generación (2001) me ha dado la oportunidad de explorar el funcionamiento de tal motorización y distinguir sus ventajas e inconvenientes -ayudado por un microprocesador¹, puesto a punto a bordo por un ingeniero de instrumentación- permitiéndome obtener un gran número de datos cifrados: estado de carga de la batería, potencia demandada al motor térmico o energía recuperada en las frenadas.

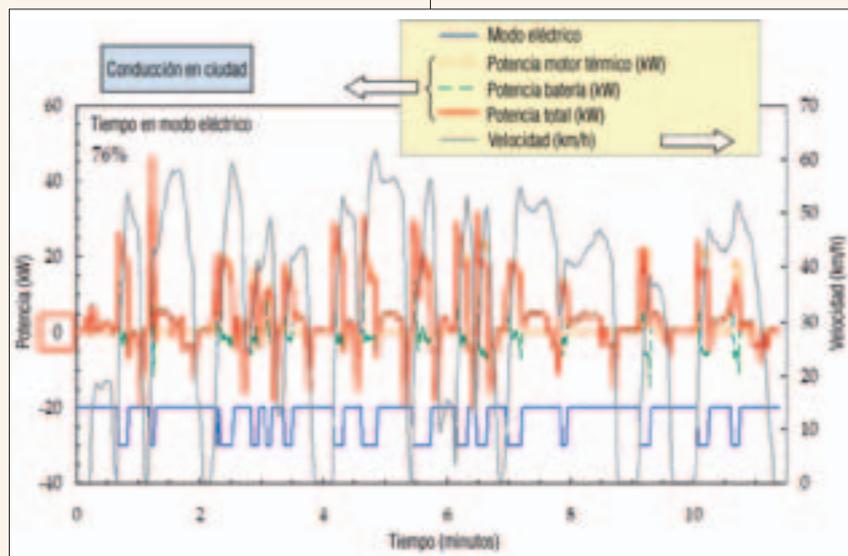
Globalmente, el principio de fun-

cionamiento de un automóvil de este tipo consiste en imponer al motor térmico el funcionar en su zona de máximo rendimiento, es decir: a carga suficientemente elevada y al régimen medio. En el *Prius* este motor funciona con gasolina, pero no obedece a la definición habitual de "motor de gasolina", tal como fue esta-

blecida por **August Otto** al fin del s.XIX; utiliza un ciclo termodinámico particular, debido inicialmente a inglés **Atkinson**, cuya realización práctica fue puesta a punto por el americano **Miller** en los años 40. Este "ciclo Miller", llamado otras veces "ciclo de cinco tiempos", permite obtener un rendimiento termodinámico superior al de los motores de gasolina habituales, al desacoplar los valores del índice de compresión y del índice de expansión. La contrapartida es una potencia específica débil (57 kW para una cilindrada de 1500 cm³) pero que es compensada por el complemento esporádico de potencia eléctrica.

Concretamente las situaciones de conducción pueden clasificarse en tres categorías:

- Con débil demanda de energía, la propulsión se efectúa únicamente por medios eléctricos (mientras no se agote la reserva de la batería) estando el motor térmico parado.
- A potencia media, que incluye la velocidad de crucero en carretera y autopista. En este caso, la potencia es suministrada por la combustión de gasolina, pero la parte eléctrica del sistema (compuesta en la práctica por dos motores/generadores) no es-



1. <http://ecrostech.com/Products/MiniScanner/Intro.htm>
 2. 170 km/h en el *Prius* actual.

tá inactiva, ya que adopta el cometido de transmisión electromecánica de variación continua de velocidad.

- A potencia elevada (situación que se produce con motivo de aceleraciones intensas o en la subida de pendientes) el motor eléctrico refuerza al motor térmico extrayendo su energía de la reserva existente en las baterías. Esta situación no es lógicamente prolongable de forma indefinida debido a la capacidad limitada de estas últimas, pero en la práctica no está contemplado el agotamiento de las baterías en la conducción normal. La velocidad máxima del vehículo² -limitada electrónicamente- corresponde precisamente a la que es capaz de mantener en llano con la potencia del motor térmico solo.

Al final, el consumo de carburante del vehículo es notoriamente menor que el habitual en los automóviles tradicionales. Mientras éstos son muy ineficaces en la circulación urbana, un vehículo híbrido no consume más que en la circulación por carretera, es decir: para un *Prius*, unos 5 l/100 km en ambos casos.

Este débil consumo en el tráfico ciudadano no es motivado por la descarga de la batería, ya que éste se produce a nivel de carga eléctrica final constante. En autopista, sin embargo, el consumo se acerca al de los vehículos tradicionales (6 - 6,5 l/100 km a 130 km/h) lo que constituye al menos un buen resultado, debido esencialmente al buen rendimiento del motor de ciclo **Miller**, así como a la esmerada aerodinámica del vehículo.

Los automóviles híbridos, por supuesto, no contravienen las leyes de la Física sino que resaltan más, si cabe, su evidencia. La aerodinámica nos indica, por ejemplo, que la energía necesaria para vencer la resistencia del aire varía con el cuadrado de la velocidad para una determinada distancia recorrida. Optimizando el rendimiento del motor a bajas velocidades, un automóvil híbrido acusará el aumento de consumo al crecer la velocidad, incluso más que un vehículo tradicional, es decir, más bien como un vehículo eléctrico. Esta circunstancia constituye, por tanto, un medio de educación con vistas a la sobriedad energética.

Incluso, aunque los híbridos de hoy día utilicen exclusivamente la energía contenida en los hidrocarburos, su evolución natural parece orientarse hacia una creciente utilización de la electricidad por medio de baterías de mayor capacidad que puedan recargarse en la red eléctrica.

Aun manteniéndose onerosa, esta solución permitirá diversificar la fuente primaria de energía -hoy exclusivamente petrolera- ya que, simplemente contentándose con una autonomía eléctrica de unas decenas de km, el funcionamiento extensivo de vehículos híbridos permitiría disminuir radicalmente el consumo de petróleo del automovilista medio, que, muy frecuentemente, utiliza el coche para trayectos cortos. ■