



EXCMO. SR. DR. D. JUAN LLORENS CARRIÓ

LA ECONOMÍA DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO

ABSTRACT

The electric car is calling again to our door, but this time it seems to be to remain.

Electric car was born at the same time, or even before, than the conventional car with an internal combustion engine. Only the different evolution of energy storage on board has defined the success of the current petrol and diesel cars, pushed by the availability of an abundant and cheap fuel, against the electric ones, penalised by the slow development of batteries or other storage systems.

A first evaluation is given about the role and importance of the automobile, and the automotive industry, in the world today.

The electric cars have appeared again during the recent history, when political troubles and wars have put under question the easy availability of crude oil, inducing price increases, or more recently, with the increasing consciousness about pollutant emissions and quality of air in the cities.

But the real factor that is pushing currently the electric cars and vehicles is the Global Warming. Conventional fuels are contributing heavily to the greenhouse effect, and specially its use for a road transport, that is increasing slowly but firmly the temperature of Earth. Different international organizations are behind the studies, that are changing minds and pushing the UNO and European Commission to legislate about energy consumption reductions, and GHG abatement.

The Directive already launched by European Commission to limit CO₂ emissions from passenger cars, to 120 g/km in 2012, has pushed car manufacturers to develop more efficient power-trains for their cars, basically using still conventional technologies in combustion engines. But a new abatement of this figure to 95 g/km in 2020 makes almost impossible to reach it with normal internal combustion engines, and the application of new technologies, like Hybrid and Pure Electric Cars, will be compulsory.

The paper describes the different technologies applied to the construction of Hybrid and Electric Cars, with several typologies each, and goes in deep on the technologies developed for energy storage on board, with different types of batteries, ultracapacitors, and other storage systems.

Finally, a projections of future, and some conclusions are presented.

RESUMEN

El coche eléctrico vuelve a llamar a nuestra puerta, y esta vez parece que para quedarse.

Nació al mismo tiempo, o incluso antes, que el coche con motor de combustión interna. Sólo la diferente evolución del almacenamiento de energía a bordo ha permitido el éxito de los coches de gasolina y diesel, empujados por un carburante abundante y barato, contra los eléctricos, penalizados por el lento desarrollo de las baterías u otros sistemas de almacenamiento.

Los coches eléctricos han reaparecido en diversas ocasiones durante la historia reciente, cuando cambios políticos o guerras han puesto en duda la disponibilidad de petróleo crudo, provocando subidas de precios del mismo, o más recientemente, por la creciente concienciación acerca de las emisiones contaminantes y su efecto sobre la calidad del aire en las ciudades.

Pero el factor real que está potenciando el uso de coches eléctricos es el Calentamiento Global. Los combustibles convencionales están contribuyendo fuertemente al Efecto Invernadero, y especialmente en su uso para el transporte por carretera, provocando el aumento inexorable de la temperatura terrestre. Este fenómeno está provocando que organizaciones como la ONU y la Comisión Europea estén legislando para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Dichas legislaciones van a permitir, a corto plazo, la continuidad de los coches convencionales, pero hacia el 2020 será obligatorio el uso de una proporción importante de coches Híbridos y Eléctricos.

El discurso describe las diferentes tecnologías aplicadas a los coches Híbridos y Eléctricos, y entra al detalle de los desarrollos de sistemas de almacenamiento de energía, tanto baterías como ultracondensadores. Finalmente, se proponen algunas proyecciones de futuro y varias conclusiones.

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. IMPACTO DE LA AUTOMOCIÓN EN EL MUNDO**
- 3. HISTORIA DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO**
- 4. MOTIVACIONES QUE JUSTIFICAN SU NECESIDAD**
- 5. EL EFECTO INVERNADERO – FACTOR DETERMINANTE**
- 6. PASO HACIA EL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO – LOS HÍBRIDOS**
- 7. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ACTUALES**
- 8. LA TECNOLOGÍA DE BATERÍAS – FACTOR CLAVE**
- 9. PROYECCIONES DE FUTURO**
- 10. CONCLUSIONES**
- 11. BIBLIOGRAFÍA**

Buenas tardes,

Excmo. Sr. Presidente,
Excmos. e Ilmos. Sres. Académicos y Autoridades,
Señoras y Señores,

Sr. Presidente, ante todo, deseo dedicar un cariñoso recuerdo al Excmo. Sr. Académico Dr. D. Alejandro Pedrós Abelló (q.e.p.d.) que detentó la medalla nº 32 que hoy me ha sido otorgada.

Quiero expresar mi agradecimiento a la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, por este nombramiento como miembro de la misma, y especial a su presidente Excmo. Dr. D. Jaume Gil Aluja y a su Vicepresidente Excmo. Dr. D. Lorenzo Gascón.

Quiero también expresar mi agradecimiento a D. Francesc González Balmas, Presidente de la STA (Sociedad de Técnicos de Automoción) por su colaboración en la preparación de esta presentación.

1. INTRODUCCIÓN

El automóvil eléctrico vuelve a llamar a nuestra puerta, pero a diferencia de otras ocasiones, parece que esta vez viene para quedarse definitivamente, y para cobrar cada vez más peso dentro de la movilidad de nuestras sociedades avanzadas.

El concepto de automóvil eléctrico no es en absoluto ninguna novedad. Nació prácticamente al mismo tiempo que el propio concepto de automóvil, o al menos de automóvil con medios de propulsión que ofreciesen ya una cierta autonomía de desplazamientos.

Como veremos en más detalle en el punto de la historia del vehículo eléctrico, éste nació antes que el automóvil con motor de combustión, pero fue relegado por estos debido a la mayor facilidad de obtener grandes autonomías de funcionamiento con un sistema de propulsión barato y de fácil obtención.

Sin embargo, antes de entrar en la materia propia del automóvil eléctrico y sus motivaciones, es importante dar unas pinceladas sobre lo que representa el automóvil actualmente en la economía mundial y el modo de vida de las sociedades avanzadas.

2. IMPACTO DE LA AUTOMOCIÓN EN EL MUNDO

El automóvil es una de las industrias con mayor impacto en la economía mundial, tanto desde el punto de vista de la propia fabricación de los vehículos y sus componentes, como de la utilización de los mismos para el transporte de personas y de mercancías.

De hecho, está demostrado que el grado de motorización de una sociedad es proporcional a su PIB, y que el incremento del mismo es igual al incremento del grado de movilidad.

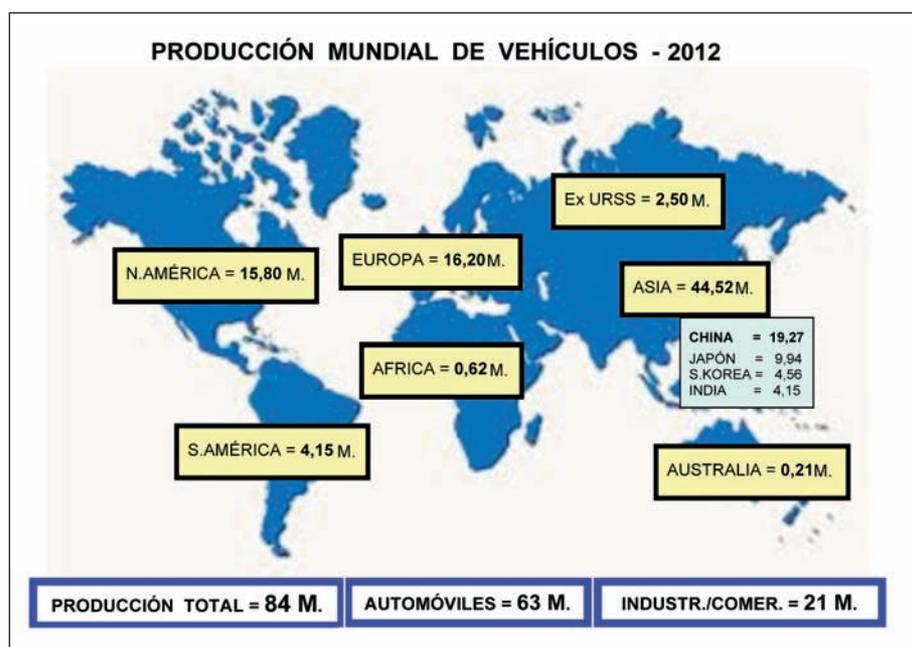
Este es el motivo por el que las sociedades más avanzadas del mundo, Europa Occidental, Estados Unidos y Japón, presentan los mayores índices de motorización, y las sociedades en desarrollo los índices más bajos.

A título de ejemplo, Europa presenta actualmente una densidad de motorización de 483 turismos/ 1000 habitantes, y de 560 por mil si consideramos la totalidad de vehículos (furgonetas, camiones, autobuses, motos, etc.). Los Estados Unidos de América tienen un índice de 444 turismos/ 1000 habitantes, que asciende a 816 por mil para todos los tipos de vehículos. Japón por su parte tiene un índice de 540 vehículos por mil habitantes. España está muy cerca de la media europea, con un índice de motorización de 570 vehículos por mil habitantes. Estos índices están prácticamente estabilizados, o con crecimientos bajos, como nuestras respectivas economías.

En el extremo opuesto, sociedades en desarrollo muy dinámicas como la China y la India presentan índices de motorización de 150 y 30 coches por mil habitantes, respectivamente, pero con índices de crecimiento iguales o superiores al 10% anual, a la vez como causa y efecto de los crecimientos de sus respectivos PIB.

Si consideramos las flotas de vehículos en circulación por el mundo, tenemos que en 2011 la flota mundial de vehículos en circulación era de unos 1.000 millones de vehículos, en Europa (EU27) de 256 millones, y en España de 27,5 millones de vehículos.

En cuanto a la fabricación de vehículos, que empezó hace más de un siglo en Europa, actualmente está muy distribuida por todo el mundo. La producción mundial alcanzó la cifra de 84 millones de unidades en 2012 (63 millones de turismos y 21 millones de vehículos comerciales e industriales), y se espera alcance la cifra de más de 100 millones de unidades por año en el 2015, lo cual representa un crecimiento cercano al 6% anual.



Por distribución geográfica, el primer productor mundial es ya la China, con 19,3 millones de vehículos en 2012 frente a los 18,4 del 2011, y un crecimiento brutal desde los 2 millones de vehículos del año 2000.

Le sigue Europa (EU27), con una producción de 16,2 millones de vehículos en 2012, decreciendo respecto a los 17,7 millones de 2011. En general, la UE se mantiene con una producción estabilizada desde el año 2000, con producciones entre los 16 y 18 millones de vehículos.

El área de América del Norte ha producido 15,8 millones de vehículos en 2012 (10,3 millones en USA), recuperándose de la crisis que la llevó a un mínimo de 13 millones en 2008, pero sin alcanzar los niveles del 2000 en que se produjeron 17,5 millones (12,8 millones en USA).

Dentro de la Unión Europea, el principal productor es Alemania, con 6,3 millones de vehículos en 2011 y 5,7 en 2012.

España es desde hace años el segundo país productor en Europa, con 2,35 millones de vehículos en 2011 y cerca de 2 millones en 2012. De esta producción se ha exportado el 89%. Sin embargo, la producción española no ha dejado de descender desde el 2000, en que se alcanzó una cifra de producción de unos 3 millones de vehículos.



A pesar de este fuerte descenso, en términos económicos el sector del automóvil en España representa globalmente un 8% del PIB del país, y da trabajo al 11% de la población activa, si consideramos toda la cadena de valor añadido y actividades del transporte por carretera de pasajeros y mercancías.

Hoy en día, el sector de automoción es un crisol de tecnologías industriales, comerciales, de servicios, y de gestión, que lideran la modernización y mejora de la competitividad estructural del país.

3. HISTORIA DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO

Pero vayamos ahora más atrás, al Siglo XIX. La creencia generalizada es que el primer automóvil fue construido por Karl Benz en 1886, y sin embargo, el automóvil eléctrico llegó bastante antes. Ya a finales del siglo XVIII se habían motorizado carruajes con máquinas de vapor, pero su tamaño las hacía poco prácticas. En paralelo, las investigaciones sobre electromagnetismo avanzaban con rapidez, y una de sus primeras aplicaciones prácticas fue la de motorizar vehículos.

Dado que el vapor no conseguía sustituir al coche de caballos, le salió un competidor nuevo. Tras los primeros experimentos de Jedlik (1828) y Thomas Davenport (1835), encontramos el primer vehículo eléctrico entre **1832 y 1839** (fecha no precisada), cuando **Robert Anderson** inventó el primer carruaje de tracción eléctrica, con pila de energía no recargable.

Las primeras baterías recargables aparecieron antes de 1880, y ahí comenzaron realmente los automóviles eléctricos.

Se hicieron con las carreteras en poco tiempo, y podemos considerar su apogeo en 1900, cuando eran los coches que más se vendían, mucho más que los de vapor o gasolina. De hecho, en 1899 un coche eléctrico, “La Jamais Contente”, superó por primera vez los 100 km/h en una carretera cercana a París, e instauró el primer récord de velocidad.



Los primeros coches de gasolina eran muy contaminantes, sucios, ruidosos, requerían bencina o gasolina (difícil de adquirir, pues se vendía en las farmacias), había que cambiar de marcha muy rudimentariamente, había que arrancarlos con manivela y en cualquier lugar eran poco fiables.

El coche eléctrico triunfaba por su simplicidad, fiabilidad, suavidad de marcha, sin cambio de marchas ni manivela, no hacían ruido, eran veloces, la autonomía era razonable y su coste era soportable para la burguesía y las clases altas, los primeros usuarios de automóviles. **Superaban por 10 a 1 a los de gasolina.**

Y sin embargo, el coche de gasolina fue aplicando diversos avances tecnológicos: empezaron a montar el motor de arranque (1912), que facilitó mucho la puesta en marcha. Henry Ford inventó la producción en cadena, que abarató mucho la fabricación; se fueron descubriendo nuevos pozos de petróleo y la gasolina alcanzó un precio muy popular; se empezaron a abrir carreteras al tráfico y entonces **la autonomía** pasó a ser una característica muy valorada, además del precio.

La tecnología de las baterías avanzaba muy bien, el mismo Thomas Alva Edison puso una batería de níquel a un coche eléctrico antes de 1890 y consiguió más autonomía y prestaciones. Pero el coche de gasolina acabó ganando el pulso a los eléctricos, principalmente por su **mayor autonomía.**

Desde 1930 hasta mediados de los 60 casi desaparecieron, sobreviviendo sólo algunos en el sector industrial.

En los años 60-70, más por ecología que por otra cosa, empiezan a aparecer algunos modelos en el sector industrial, el carrito de golf eléctrico y pequeños coches urbanos. En ese período destacamos el CityCar de Sebring-Vanguard , del que se fabricaron 2.000 unidades. También hay que acordarse del Elcar, otro microcoche.

La crisis del petróleo de los años '70 fue el primer detonante de su posterior reaparición, forzando a los fabricantes de coches convencionales a mejorar su eficiencia mientras se buscaban alternativas al petróleo, una materia prima de origen en países conflictivos, y que podía afectar las economías occidentales si empezaba a escasear o se encarecía.

En los años '80 podemos mencionar la Chevrolet S-10 (100 km, recarga 7 h), Solectria Geo Metro (80 km, recarga 8 h), Ford Ecostar (112 km/h, hasta 160 km) o Ford Ranger (120 km/h, 105 km).

Quitando prototipos, modelos anecdóticos y vehículos industriales, hay que irse a 1990, cuando General Motors presenta el Impact en el Salón de Los Ángeles. Fue el precursor del coche eléctrico más famoso de la Historia: el General Motors Experimental Vehicle 1, o EV-1 para abreviar.

El EV-1 fue un éxito técnico y comercial, si bien al igual que otros eléctricos, fueron ofrecidos exclusivamente en alquiler a largo plazo.



Algunas iniciativas legislativas de exigir vehículos de emisión cero impulsaron a las grandes automovilísticas a investigar en este campo, mientras que, simultáneamente, impugnaban estas leyes en los tribunales. El estado de California, el más contaminado de EEUU, fue el pionero con su Zero Emission Mandate (1990) cuyos efectos debían comenzar en 1998.

Por este motivo aparecieron en las carreteras de California varios coches eléctricos con prestaciones muy razonables y autonomía similar a los de hoy. Casi todos eran coches convencionales transformados, aunque unos pocos fueron desarrollos desde cero.

Los grandes fabricantes se apresuraron a poner en las carreteras californianas coches de emisiones cero para poder cumplir con la Ley del estado. Además del EV-1 aparecieron el Toyota RAV4 EV, Honda EV Plus, Ford Th!nk, Nissan Altra EV o una nueva Ford Ranger EV.

Estos coches ofrecían una autonomía suficiente para el 90% de los desplazamientos habituales de la población, sus prestaciones eran ya adecuadas y despertaron una contenida expectación.

Sin embargo, los tribunales y el Gobierno Federal de los EEUU dieron la razón a los fabricantes de automóviles, por considerar que un estado no podía imponer una legislación que obligase a desarrollar una tecnología absolutamente distinta a la que pedían las leyes federales. Se obligó al estado de California a cambiar la legislación de coches de emisión cero por otra de coches de bajas emisiones, y esta resolución llevó a una nueva paralización de los coches eléctricos.

La combinación de intereses que paralizaron de nuevo el coche eléctrico se ve en el documental “Who killed the electric car?” (2006). En él se explica como la industria petrolera presionó mucho para crear un clima desfavorable para estos coches, así como los intereses a favor de la naciente pila de combustible de hidrógeno, que a finales de los '90 se llegó a considerar como la tecnología revelación para la automoción de cero emisiones, y que a día de hoy todavía no acaba de despegar.

En un plazo de casi 10 años hubo en California y también en Arizona una pequeña flota de coches eléctricos, que llegaron a tener estaciones de recarga pú-

blicas. Caras famosas como Tom Hanks o Mel Gibson tuvieron un coche eléctrico y hablaron muy bien de ellos en programas de elevada audiencia.

Los problemas antes citados volvieron a paralizar durante unos años el desarrollo del coche eléctrico, pero la presión de los recursos energéticos, así como la **presión medioambiental**, han hecho que este tipo de vehículo vuelva a reclamar su lugar en la historia, primero mediante el desarrollo de la tecnología híbrida, ya en plena comercialización, como de nuevo del coche eléctrico puro, cuyo avance está ya siendo importante.

4. MOTIVACIONES QUE JUSTIFICAN SU NECESIDAD

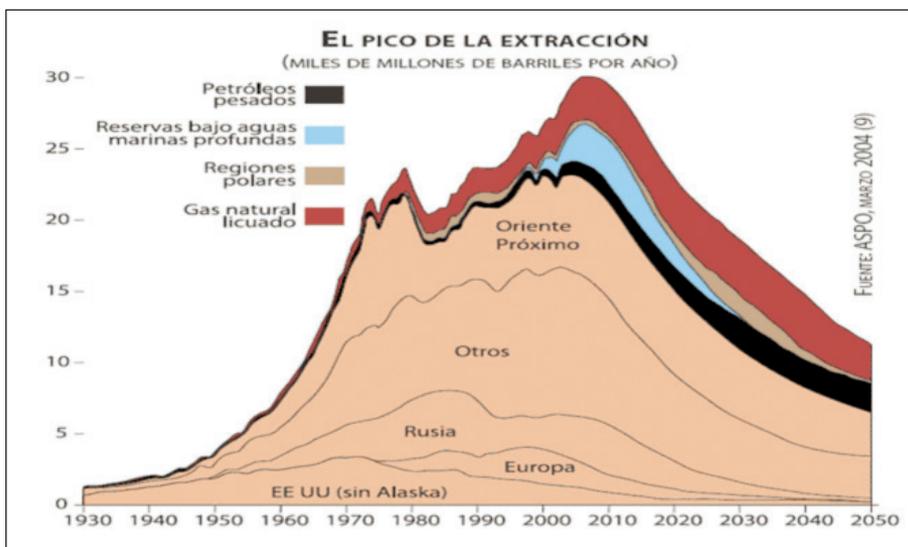
Como hemos visto, no se vio necesidad de volver a tomar en consideración al coche eléctrico hasta finales de los años 60 del siglo pasado, y esto se produjo por la combinación de dos factores principales : la escasez de petróleo, y la contaminación de las ciudades.

La escasez de petróleo no era un efecto real, sino la consecuencia de las guerras entre Israel y los países árabes de 1967 y 1973, que provocaron que los segundos redujesen su nivel de producción y ventas a los países occidentales, por el apoyo que daban a Israel, con el consiguiente aumento de precios y faltas temporales de crudo.

Esta crisis del petróleo llevó a la industria de los países afectados a plantearse de nuevo el coche eléctrico, para reducir la altísima dependencia de su movilidad respecto del petróleo (más del 98% en el transporte por carretera), y prevenir asimismo el futuro agotamiento de las reservas mundiales de crudo, valoradas en unos 50 años.

Sin embargo, la experiencia casi 50 años más tarde es que las reservas mundiales de crudo se siguen evaluando en 50 años (debido a la localización de nuevos yacimientos), y que el temido Peak-oil (punta máxima de producción de crudo) es posible que ya haya llegado, y se esté manteniendo estable debido al mismo efecto. En realidad las reservas probadas son aquellas de extracción fácil, pero hay otras muchas reservas no convencionales, como los fondos marinos de gran

profundidad, las arenas bituminosas, o actualmente las shale-gas, que lo único que comportan es un mayor coste de extracción y tratamiento, pero que no llegan a afectar por el momento de forma importante a los precios.



Esta situación de relativa independencia de los precios respecto a las reservas, y en cambio de dependencia respecto a situaciones de conflictos internacionales o locales (guerras del Golfo, etc), han hecho perder parte del interés por sustituir al petróleo como energía de automoción, y a día de hoy sigue representando el 98% de la movilidad por carretera.

La otra gran motivación, la contaminación de las ciudades, también hizo que se iniciase de nuevo con fuerza la investigación sobre el coche eléctrico, que resolvía totalmente el problema al ser un vehículo de Cero Emisiones.

La ONU ya había intentado el control de las emisiones contaminantes procedentes de los vehículos a motor de combustión. En 1958 se publica el Reglamento 49, primera norma que limita distintas emisiones nocivas en los gases de escape de los vehículos, tales como el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos inquemados (HC), y los óxidos de nitrógeno (NOx) y de azufre (SO2). Sin embargo, los reglamentos de la ONU no son normas de obligado cumplimiento, y ningún país las adopta como obligatorias.

En los años 80, la sensibilidad medioambiental es mucho más elevada, y en Centroeuropa comienzan a aparecer los partidos verdes en los Ayuntamientos y los Parlamentos Nacionales, presionando a sus respectivos gobiernos para que dicten normas obligatorias contra las emisiones de los vehículos. En Alemania se habla directamente de obligar a sus fabricantes de vehículos a cumplir el Reglamento 49, pero con sus límites rebajados adicionalmente en un 20%, y se negocia con la industria del automóvil para intentar que adopte compromisos voluntarios en este sentido.

Finalmente, en 1991 la Comisión Europea dicta la primera norma de carácter obligatorio para los fabricantes de vehículos, las Directivas 91/441(Turismos) y 91/542(Diesel Pesados), que fija límites para los contaminantes regulados ya citados anteriormente, pero con niveles que son menos de la mitad de los previstos en el R.49.

La Directiva Europea obliga a los fabricantes de los vehículos, que han de pasar unos ensayos de homologación en que demuestren que sus motores y vehículos tienen unos niveles de emisiones contaminantes por debajo de los límites que marca la directiva, y posteriormente que sigan demostrando que la fabricación en serie de sus motores sigue cumpliendo la normativa.

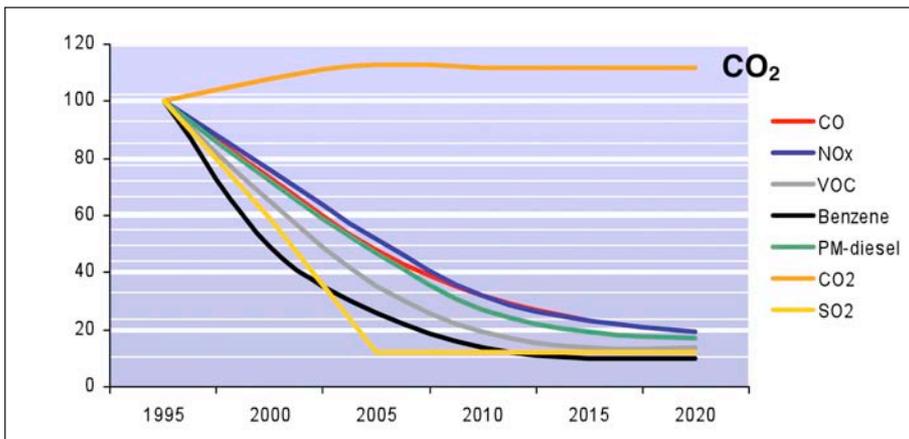
Esta normativa europea, que se publicó casi simultáneamente con otra en Estados Unidos y otra en Japón, similares pero no iguales, representó una revolución para el mundo de la automoción, que tuvo que desarrollar a fondo sus motores de combustión, y aplicar nuevas tecnologías para conseguir alcanzar los límites de emisiones.

A título de ejemplo, la aplicación de la Directiva de 1991, que casi de inmediato se pasó a conocer como Euro 1, representó que los motores de gasolina tuviesen que abandonar el carburador para pasar a la inyección de gasolina, y que pasasen a utilizar masivamente el catalizador de 3 vías en el sistema de escape, para reducir contaminantes.

En los motores diésel, la adecuación a la Euro 1 representó el tener que utilizar sistemas de inyección de mayor presión, pasar de forma casi generalizada a utilizar turbocompresores, y en general a cuidar mucho más el proceso de la combustión del gasoil.

Una teoría muy extendida en aquellos años era que la intención de la Comisión Europea, de ir endureciendo cada cierto tiempo los límites de contaminantes permitidos, iba a obligar a la industria a tener que pasar a la fabricación de coches eléctricos, al suponerse que los motores de combustión no podrían seguir el ritmo de reducción de emisiones previsto.

Sin embargo, la realidad ha sido que la Comisión y el Parlamento Europeos han ido modificando las directivas de emisiones cada 4 ó 5 años, endureciendo en cada nueva versión los límites a conseguir (Euro 2, Euro 3 , etc.) , y que los fabricantes de automóviles han conseguido en todos los casos ir adaptándose a los nuevos límites, y continuar usando los motores de combustión interna. En el gráfico se puede ver la evolución de los niveles de emisiones, donde se ve claramente que la última normativa europea, la Euro 6, que entrará en vigor el próximo 1 de enero de 2014, marca unos límites de emisiones que son entre un 80 y un 90% más bajos que los primeros límites marcados en 1991, y que los automóviles han ido adaptándose a ellos sin necesidad de tener que pasar al concepto de vehículo eléctrico, sino sólo aplicando distintas tecnologías al propio motor de combustión, o en su caso utilizando el post-tratamiento de los gases de escape (catalizadores de 3 vías, filtros de partículas, catalizadores de reducción selectiva de NOx, etc.)



Queda por tanto demostrado que el coche eléctrico no va a venir impulsado por los motivos que se consideraban esenciales, como la escasez de petróleo y la contaminación atmosférica, sino que vendrá impulsado por otras motivaciones.

5. EL EFECTO INVERNADERO –FACTOR DETERMINANTE

Y la motivación que actualmente aparece como la principal impulsora del vehículo eléctrico va a ser el cambio climático.

Hacia los años 90 del siglo XX se empezó a discutir seriamente sobre el efecto que el hombre provoca sobre el clima del planeta Tierra, y más en concreto sobre el calentamiento global del planeta.

Los científicos evolucionistas defendían que, desde la revolución industrial en 1750, y especialmente desde el inicio de la utilización de combustibles fósiles hacia 1900, la concentración de CO₂ en la atmósfera ha ido aumentando progresivamente, y con ella la temperatura en la superficie terrestre, debida al efecto invernadero que provoca la concentración de determinados gases, entre ellos el CO₂.

Frente a esta postura, los científicos negacionistas del llamado calentamiento antropogénico aducen que la temperatura de la Tierra ha ido variando a lo largo de la historia, pasando por épocas glaciares y por otras interglaciares como la actual, con temperaturas más cálidas debido a la órbita de la Tierra más próxima al Sol, o más frías, independientemente de la acción del hombre..

En la actualidad, la mayoría de los científicos se alinean con la teoría de la influencia humana en el efecto calentamiento.

Sea cierto o no el fenómeno, lo importante es que los gobiernos de los principales países del mundo han decidido prestarle atención. En Diciembre de 1997 se iniciaron las Cumbres del Clima, con una primera reunión en Kyoto (Japón), de la cual surgieron varios acuerdos. En síntesis, los países desarrollados debían comprometerse a reducir su consumo de energía y sus emisiones de CO₂, mientras que los países en vías de desarrollo debían controlar sus tecnologías energéticas para no aumentar exponencialmente sus emisiones.

Los resultados del llamado Protocolo de Kyoto han sido muy desiguales. Grandes países como China no asumieron compromisos, y otros como EEUU los asumieron pero no llegaron a validarlos en su Congreso.

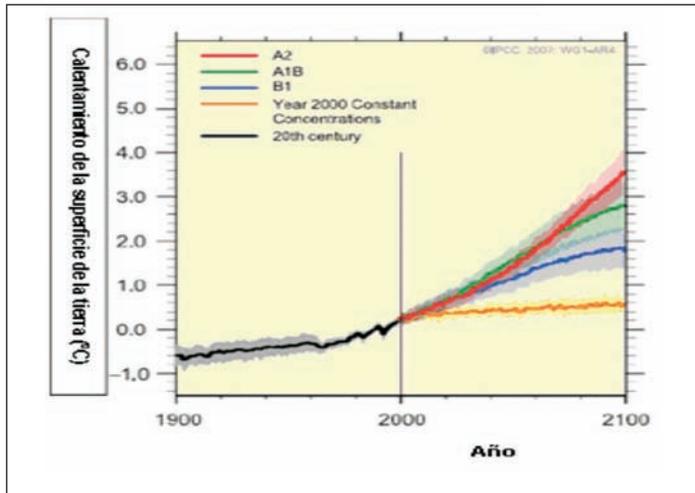
Europa asumió una reducción de sus emisiones de CO₂ en un 8% en 2012, respecto al valor referencia de 1990. Pero esta reducción no era homogénea entre los distintos países de la UE. Países más avanzados como Alemania y Reino Unido se comprometían a reducir un 21% y un 12,5% respectivamente, mientras otros como España, en fase de desarrollo, podía aumentar sus emisiones en un 15%. Ya pasado el 2012, se ha visto que el resultado ha sido asimismo irregular.

Alemania, Reino Unido, Francia y Suecia han cumplido sus compromisos de reducción, actuando sobre todo en la reducción del uso del carbón en la generación energética, y el uso de energías renovables.

España ha incumplido sus límites, pues en el período de control ha aumentado sus emisiones en un 40% en lugar del 15% previsto.

Esta presión mediática se incrementó en 2007, con la publicación del informe del IPCC (Intergubernamental Panel para el Cambio Climático). En sus miles de páginas, resumidas en un informe ejecutivo de 104 páginas, se venían a reflejar las siguientes conclusiones :

- Las temperaturas en la superficie terrestre, medidas por distintos sistemas, se mantuvieron sensiblemente estables desde el 3000 AC hasta 1800 DC.
- Desde el inicio de la revolución industrial, y más concretamente desde 1850 (fecha desde la que existen mediciones registradas), el aumento de temperatura en la superficie terrestre ha sido de +0,9 °C hasta 2005. Este efecto ha sido producido por un aumento de la concentración del CO₂ en la atmósfera, desde las 285 ppm del 1850, hasta las cerca de 375 ppm en el 2005.
- A partir de 2005, y hasta el 2100, el Panel de Expertos proponía varios escenarios posibles.
 - El escenario continuista con el modo de consumo energético y de combustibles fósiles actual llevaría a una concentración de CO₂ de más de 600 ppm, y un aumento de temperatura de + 4 °C respecto al 2005.
 - Un escenario posibilista, de fuertes reducciones en el consumo energético y de emisiones de CO₂, lleva a una concentración de 400 ppm y un aumento de la temperatura de + 2 °C.



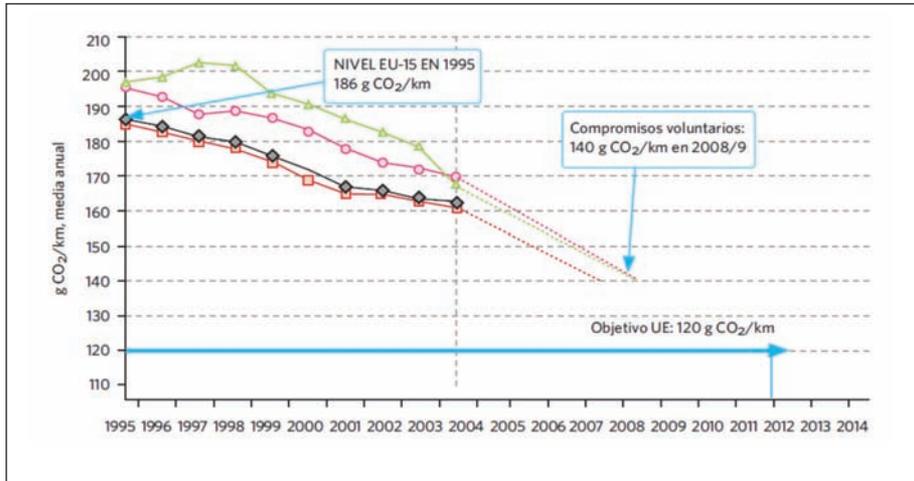
El escenario posibilista es el que se considera límite si se quieren evitar fuertes impactos ambientales, tales como la desertización de amplias zonas de la Tierra, dificultad de acceso al agua para millones de personas, inundación de zonas costeras bajas por el aumento de nivel de los océanos, incremento del efecto devastador de fenómenos tales como huracanes y tornados, pérdida de diversidad biológica, etc.

Podemos estar de acuerdo o no con estas conclusiones, pero como ya hemos visto, la Comisión Europea y sus estados miembro sí que creen en este fenómeno, y legislan en consecuencia.

En 2009, y con ocasión de la Cumbre del Clima de Copenhague, la UE se comprometió a lo que ahora conocemos como Directiva 20/20/20, que compromete a reducir en un 20% su consumo energético y sus emisiones de CO₂ en el año 2020 respecto a 1990, y una Hoja de Ruta para alcanzar una reducción de hasta el 80% en 2050.

Naturalmente, y dado que el transporte por carretera representa el 40% del consumo de energía de la UE, era necesario actuar sobre el consumo y las emisiones de los automóviles.

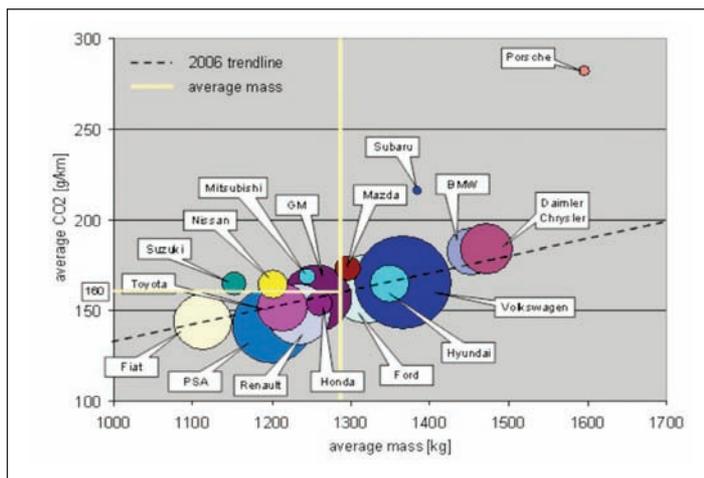
Después de los acuerdos de Kyoto, la Comisión Europea negoció unos acuerdos voluntarios con la Asociación de Constructores de Vehículos (ACEA). Puesto que en el año 2000, las emisiones medias de CO₂ de los coches turismo vendidos en Europa eran de unos 170 g/km, el objetivo voluntario que se marcó era de 140 g/km para el 2008.



Sin embargo, los acuerdos voluntarios no pudieron ser cumplidos por la industria, y la Comisión vio que las emisiones no iban a bajar de 155 g/km según la tendencia de reducción.

Ante esto, la Comisión Europea ya ha dictado su Directiva 443/2009, en la que fija unos límites promedio de emisiones de CO₂ de 120 g/km para el año 2012, y de 95 g/km para el 2020.

La aplicación de este límite ha sido consensuada dentro de la UE, marcando como criterio principal de valoración el peso del vehículo, tal como se observa en el gráfico de aplicación, siendo el límite más alto cuanto mayor sea el peso del coche.



El límite de 120 g/km se aplica a la media anual de vehículos vendidos por cada fabricante, y la superación del límite concedido a cada uno implica el pago de multas, que irán aumentando de 5 a 15, a 25, y finalmente, a partir de 2019, hasta 95 € por gramo de superación y vehículo vendido.

6. PASO HACIA EL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO –LOS HÍBRIDOS

La legislación sobre CO₂ de la Unión Europea va a obligar a los fabricantes a evolucionar progresivamente hacia el vehículo eléctrico.

El límite de 120 g/km que se aplica desde 2012 puede ser conseguido por los constructores de vehículos mediante la evolución de los motores de combustión interna y otras tecnologías.

Reducción de tamaño de los motores, reducción de 4 a 3 cilindros, uso masivo de sobrealimentación para aumentar potencias específicas, uso de inyección de gasoil y gasolina a altas presiones, reducción de peso de los vehículos, conllevan reducciones en el consumo de combustible, y por tanto de las emisiones de CO₂.

Sin embargo, la posterior evolución hacia los 95 g/km de media a alcanzar en el 2020 ya no serán posibles con la tecnología convencional, y se hace imprescindible la progresiva introducción de la electrificación del vehículo.

Los distintos niveles de electrificación se conocen como :

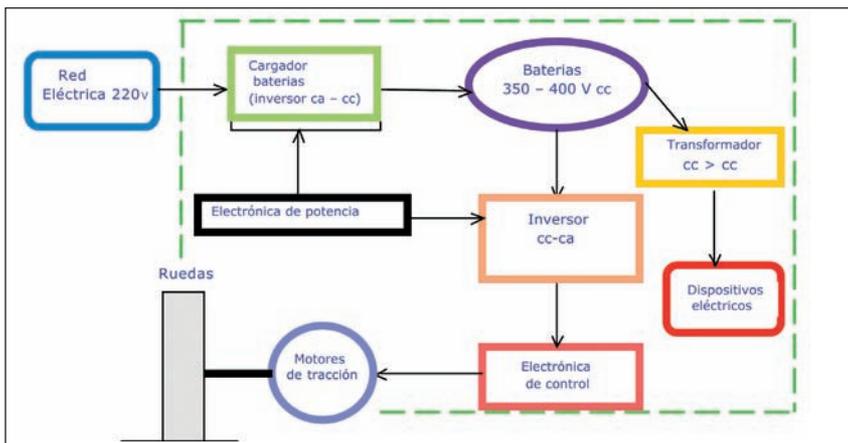
- Uso del sistema Start-Stop
- Mild-Hybrid, con incremento del generador eléctrico
- Full-Hybrid (Híbrido Completo)
- Full-Hybrid Plug-in (Híbrido completo enchufable)
- Vehículo Eléctrico de Baterías

Este último se considera como de 0 emisiones de CO₂, y por tanto es el que más puede ayudar a los fabricantes a reducir su media de emisiones.

Cada paso que se da en el camino de la hibridación y electrificación comporta una reducción en el consumo de combustible y de CO₂.

En síntesis, un vehículo híbrido es aquel que incorpora al mismo tiempo un motor de combustión y un motor eléctrico. El que sólo el motor eléctrico o ambos a la vez traccionen el vehículo distingue a los Híbridos en Serie o Paralelos. El motor de combustión se dedica a generar electricidad para hacer funcionar el motor eléctrico. El esquema de funcionamiento es el siguiente :

VEHÍCULO HÍBRIDO



A pesar de que ya se conocen automóviles híbridos a principios del Siglo XX (Lohner 1907), desaparecieron del panorama industrial al igual que los eléctricos, y no vuelven a aparecer hasta 1997, de la mano de Toyota y su famoso modelo PRIUS.



LOHNER – 1907

TOYOTA – PRIUS

HONDA - INSIGHT

Durante casi 10 años, Toyota ha sido el único fabricante que ha creído en la tecnología híbrida, presentando hasta tres versiones del Prius, del cual ha vendido ya más de tres millones de unidades. En los últimos 4 años, casi todos los fabricantes mundiales de automóviles han tenido que reconocer la utilidad de dicha tecnología, y a día de hoy la mayor parte de fabricantes ofrece al menos un modelo híbrido en su gama de producto, como se puede ver en la tabla.

En algunos híbridos, el motor de combustión es tan pequeño que el vehículo se puede considerar casi eléctrico, pues la mayor parte de funcionamiento se hace en este modo. Se conocen como “Range Extenders”.

AUTOMÓVILES HÍBRIDOS											
MARCA	Modelo	Clase	Motor térmico	Motor eléctrico	Tipo Híbrido	Vel.max (km/h)	Aceleración (0 a 100 km/h)	Consumo l/100 km	Emisión CO2 g/km	Tipo Batería	Año inicio
TOYOTA	PRIUS I	C	Gasolina 1,5L	33 kW	Serie-Paral-	170	10,9 s.	4,8	110	Ni-Me-H	1997
	PRIUS II	C	Gasolina 1,5L	50 kW	Serie-Paral-	170	10,9 s.	4,8	110		2004
	PRIUS III	C	Gasolina 1,8L	61 kW	Serie-Paral-	180	10,4 s.	3,9	89		2009
HONDA	INSIGHT I	B	Gasolina 1,0L	10 kW	Paralelo			3,9	89	Ni-Me-H	1999
	INSIGHT II	C	Gasolina 1,3L	10 kW	Paralelo	193	10,7 s.	4,4	101		2009
CHEVROLET	VOLT	C	Gasolina 1,4L	111 kW	Serie					Li-ion	2010
OPEL	AMPERA	C	Gasolina 1,4L	111 kW	Serie					Li-ion	2012
FORD	FUSIÓN	D	Gasolina 1,5L	33 kW	Paralelo			5,8	133	Li-ion	2009
VOLKSWAGEN	JETTA	D	Gasolina 1,4L	20 kW	Paralelo		8,6 s.	4,1	94	Li-ion	2012
AUDI	A3-e-tron	C	Gasolina 1,4L	75 kW	Paralelo	222	7,6 s.	1,5	35		2013

La tecnología híbrida se ha extendido asimismo a los vehículos industriales, especialmente a los de uso mayoritario en ciudad, tales como autobuses urbanos y camiones de servicios urbanos. En la imagen autobuses y camiones híbridos.

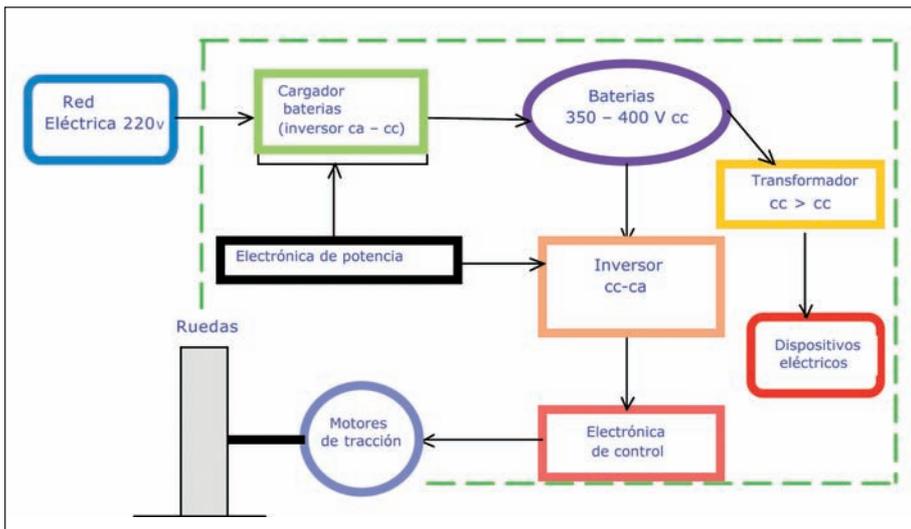


7. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ACTUALES

El paso siguiente al automóvil híbrido es directamente el desarrollo de vehículos eléctricos puros, sólo con baterías. Este paso a la tecnología eléctrica pura se está haciendo posible debido a la rápida evolución que están teniendo las baterías en los últimos años. En el vehículo eléctrico puro, simplemente se almacena la energía eléctrica en una batería a bordo, y a requerimiento del conductor el sistema suministra mayor o menor cantidad de energía al motor eléctrico, para accionar el vehículo.

En el siguiente esquema se representa el funcionamiento del vehículo eléctrico puro :

VEHÍCULO ELÉCTRICO



Los antiguos automóviles eléctricos, con sus pesadas baterías de plomo que ofrecían autonomías de funcionamiento muy bajas (50-60 kms), están dando paso a las nuevas baterías de ion Litio, que han hecho saltar los niveles de autonomía primero a 80-100 km, y actualmente a un rango entre 160-180 kms, lo cual ofrece a este tipo de vehículos una versatilidad de funcionamiento que ya los está acercando a los automóviles convencionales.

En la tabla podemos ver ya una oferta relativamente amplia de coches eléctricos, de tamaño de coche normal, y con los rangos de autonomía citados.

AUTOMÓVILES ELÉCTRICOS											
MARCA	Modelo	Cose	Motor eléctrico	Vel.max	Acceleración	Tiempo recarga		Autonomía	Tipo	Capacidad	Año inicio
				(km/h)	(0 a 100 km/h)	Normal	Rápida	km	Batería	Batería	
NISSAN	LEAF	C	80 kW	140	11.5 s.	4 h.	30 min.	199	Li-Ion	24 kWh	2010
TESLA	ROADSTER	C	185 kW	201	3.9 s.	3.5 h.	45 min.	360	Li-Ion	53 kWh	2006
MITSUBISHI	i-MIEV	A	47 kW	130		6 h.	30 min.	160	Li-Ion	16 kWh	2009
CITROEN	C-Zero	A	47 kW	130		6 h.	30 min.	160	Li-Ion	16 kWh	2009
RENAULT	ZOE	B	65 kW	135	13.5 s.	6 h.	30 min.	210	Li-Ion	22 kWh	2010
RENAULT	FLUENCE	C	66 kW	135	13 s.	10 h.	20 min.	185	Li-Ion	22 kWh	2009
REVA ELECTRIC	REVA	A	14.5 kW	78	12 s.	6 h.		120	Li-Ion	9.7 kWh	2008

En los próximos años, los fabricantes de vehículos y los de baterías siguen trabajando para ofrecer autonomías del orden de 300 km, lo cual ya les dará un mayor volumen por aceptación del mercado, y los rangos de 500 km se esperan hacia la década de 2020-2030.



NISSAN – LEAF

MITSUBISHI – i-MiEV

En paralelo a los coches, también los vehículos industriales para uso urbano están caminando hacia la electrificación pura (minibuses, camiones de servicios), y en el extremo opuesto, también las motos adquieren el modo de tracción eléctrica.

8. LA TECNOLOGÍA DE BATERÍAS – FACTOR CLAVE

En la historia del vehículo eléctrico, la tecnología de la batería ha sido siempre el factor determinante. Ya desde los años 20 del S.XX, en que los coches eléctricos fueron desapareciendo por su escasa autonomía, el problema ligado a la baja densidad energética de las baterías conocidas ha sido el freno principal al desarrollo.

En los últimos 20 años, la tecnología de baterías ha conocido un avance espectacular, no experimentado en los 100 años anteriores. De las tradicionales baterías de Plomo-Acido se ha evolucionado a las de Ni-Cd, luego a las de Ni-Metal-Hidruro, para entrar finalmente en todo el amplio abanico actual de distintas composiciones de Ion-Litio. Cada una de estas nuevas tecnologías ha ido incrementando espectacularmente la densidad energética de las baterías, así como su ciclo de vida.

A continuación se presentan los diferentes tipos de baterías que disponemos actualmente en el mercado:

• BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO (O ACUMULADORES DE PLOMO)

Las baterías de Plomo-ácido son uno de los tipos de baterías más utilizados en la actualidad, principalmente en los automóviles, y esto es así porque el plomo es un material relativamente barato, y que se puede encontrar con facilidad. Por ello, una de sus principales ventajas es que resultan económicas.

En contra, podríamos aducir su gran peso. El material activo de la placa positiva es óxido de plomo (PbO_2). El de la placa negativa es plomo puro esponjoso y el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Los electrones intercambiados se aprovechan en forma de corriente eléctrica por un circuito externo.

En la descarga baja la concentración del ácido sulfúrico, porque se crea plomo (II) y aumenta la cantidad de agua liberada en la reacción. Como el ácido sulfúrico concentrado tiene una densidad superior a la del ácido sulfúrico diluido, la densidad del ácido puede servir de indicador para el estado de carga del dispositivo.

No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente, porque, cuando el sulfato de plomo (II) forma cristales muy grandes, ya no responden bien a los procesos indicados, con lo que se pierde la característica esencial de la reversibilidad. Se dice entonces que el acumulador se ha sulfatado y es necesario sustituirlo por otro nuevo.

Este proceso tiene lugar cuando la batería se deja descargada por un período de tiempo prolongado (más de dos semanas).

Ventajas de esta tecnología:

- Tecnología totalmente establecida.
- Alta eficiencia.
- Su tasa de auto-descarga mensual es de las más bajas, de aproximadamente un 5%.
- El voltaje ofrecido es de 2 Voltios/celda.
- No necesita mantenimiento.
- Desventajas:
 - Su energía específica es de aproximadamente 30–50 Wh/kg, una tasa bastante baja, que se usa para cubrir las necesidades de arranque, iluminación e ignición, ya que no es lo suficientemente grande como para mover el coche (en este caso se denominan baterías SLI: Starting, Lighting and Ignition).
 - Peso elevado.
 - Largos períodos de recarga.
 - Corta vida cíclica: 500–600 ciclos de carga–recarga.

• **BATERÍAS DE NÍQUEL–CADMIO**

Las baterías de Níquel-Cadmio utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de cadmio, separados entre sí por un electrolito de hidróxido de potasa. Llevan también un separador situado entre el electrodo positivo y la envoltura exterior y un aislante que las cierra herméticamente.

Ventajas de la tecnología de níquel–cadmio:

- Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento (-40°C -60°C).
- Energía específica es de 45–80 Wh/Kg.
- Vida cíclica larga (más de 1.500 ciclos).
- Fiables y robustas.
- Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacenan.

Desventajas de la tecnología de níquel–cadmio:

- El voltaje proporcionado es de 1,2V/celda.
- Intensidad usual: 0.5 a 1.0 Amperios (en pilas tipo AA).
- El llamado efecto memoria es muy alto.
- Los materiales son muy tóxicos, lo que representa un grave perjuicio, ecológicamente hablando.
- Sufren envejecimiento prematuro con el calor

• BATERÍAS DE NÍQUEL–HIDRURO METÁLICO

El hidruro metálico de níquel (NiMH) se introdujo comercialmente en la última década del siglo XX. Tiene un rendimiento similar al de la batería de NiCd, siendo la principal diferencia que en la batería de NiMH se utiliza un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico, que la hace libre de cadmio, lo que conlleva una ventaja considerable con respecto a la toxicidad.

Ventajas de la tecnología de níquel–hidruro metálico:

- Energía específica elevada, por encima de 60–120 Wh/Kg.
- Son algo más ligeras que las de Níquel–Cadmio y no están tan sujetas al efecto memoria como éstas.
- Desventajas de la tecnología de níquel–hidruro metálico:
- No admiten bien el frío o el calor extremo, reduciendo drásticamente la potencia eficaz que puede entregar

- Voltaje proporcionado: 1,2V/celda.
- La auto-descarga es elevada.
- Vida media de aproximadamente 300–500 ciclos de carga.
- Sufren envejecimiento prematuro con el calor.
- Efecto memoria moderado.

• BATERÍAS DE IONES DE LITIO

Las baterías de iones de litio (Li-Ion) utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO₄) u óxido de manganeso. Permiten llegar a altas densidades de capacidad, y son muy ligeras. No admiten descargas completas, y sufren mucho cuando estas suceden por lo que suelen llevar acoplados circuitos protectores adicionales para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la carga excesiva, como la descarga completa. Al estar fabricadas con materiales inflamables, si se sobrecalientan pueden llegar a explotar, por ello son necesarios estos circuitos electrónicos adicionales, que obviamente, encarecen el producto. Además, como consecuencia de añadir dicha circuitería, los tiempos de auto-descarga se ven aumentados, rebajando la carga cuando la batería no está en uso, a una velocidad mayor de lo que debería.

Aún siendo peligrosas, últimamente se ha avanzado mucho en este sentido, y en la actualidad se puede decir que dicha tecnología es suficientemente segura como para que no se produzcan las citadas explosiones. Apenas sufren el efecto memoria y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil. No admiten bien los cambios de temperatura.

Otra desventaja de este tipo de baterías es que sufren un envejecimiento, como consecuencia de su uso. Este envejecimiento es consecuencia del calor que se genere en las celdas. Por tanto, el envejecimiento de la batería será más acusado con temperaturas elevadas del ambiente. Por ello se aconseja no exponerlas a estos ambientes extremos, siendo lo recomendable una temperatura comprendida entre los 20 y los 25 °C, y nunca fuera de los límites recomendables de funcionamiento, que oscilan entre los 0°C y los 60°C. Para temperaturas mayores se observará una descarga progresiva mayor, lo que conduce a una pérdida de capacidad gradual e

irreversible. La consecuencia principal del envejecimiento radica en que provoca que llegados a un número determinado de ciclos de carga, la batería no sea capaz de recargarse como lo hacía al principio, y que su autonomía se reduzca notablemente.

El envejecimiento de la batería de litio es inevitable, pero la velocidad a la que ocurre este proceso variará en función de cómo se cuide el dispositivo. Por tanto, para un mantenimiento básico se recomienda no descargarlas más de un 20%, y almacenarlas por tiempos prolongados con un estado de carga del 40%, y en sitios frescos. Además, existe el fenómeno de la pasivación, que se produce cuando se deja la batería mucho tiempo sin usar o se hacen pequeñas cargas. La carga y descarga completa soluciona este efecto. La pasivación es una fina película de cloruro de litio (LiCl) en la superficie del ánodo (incluso es beneficiosa ya que evita su auto-descarga). Va desapareciendo conforme la batería va siendo usada. Si la pasivación es excesiva, podría caer el voltaje por debajo del de funcionamiento.

Dependiendo de la composición de las baterías de litio, las podemos encontrar de cobalto, de fosfato o de manganeso. Entre ellas presentan ligeras diferencias en sus propiedades.

Ventajas de la tecnología de ión-litio:

- Voltaje proporcionado: 3,3–3,8 V. (Notar que es la batería que proporciona mayor tensión). Elevada energía específica: aproximadamente 110–160 Wh/Kg.
 - Efecto memoria prácticamente inexistente.
 - Auto-descarga moderada.
 - No está fabricada con productos tóxicos.
- Desventajas de la tecnología de ión-litio:
- Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales.
 - Las altas temperaturas son perjudiciales para su ciclo de vida, sufren envejecimiento prematuro con el calor.
 - Inflamabilidad, explosiones.
 - Vulnerable a sobrecargas y sobre descargas.
 - Pasivación.

• BATERÍAS DE POLÍMEROS DE LITIO

Las baterías de polímeros de litio son muy parecidas a las baterías de iones de litio anteriormente explicadas.

El Li-polímero se distingue de otros sistemas de batería en el tipo de electrólito usado. El diseño original utiliza un electrólito sólido seco del polímero solamente. Este electrólito se asemeja al plástico, como la película que no conduce electricidad pero permite un intercambio de iones (los átomos o los grupos eléctricamente cargados de átomos). El electrólito del polímero substituye el separador poroso tradicional, que se empapa con el electrólito.

Por lo tanto, aquí radica una de sus ventajas, junto con su bajo peso, su facilidad de empaquetamiento, su baja tasa de autodescarga, la ausencia del efecto memoria y un elevado número de ciclos de carga.

• CONDENSADOR DE ALTA CAPACIDAD

Los condensadores de alta capacidad, o también denominados súpercondensadores o ultra-condensadores, se desarrollan con una tecnología diferente a los anteriores, las cuales estaban basadas en reacciones electroquímicas.

Un capacitor es un elemento pasivo de circuito eléctrico con dos terminales formados por dos placas conductoras separadas por un aislante, donde se almacena energía eléctrica debido al paso de las corrientes de una placa a otra a través del aislante. Así que su principal característica es la de poder ofrecer una alta capacidad en un pequeño formato. Es capaz de absorber una gran cantidad de energía en un espacio de tiempo muy breve, lo que es especialmente bueno para los vehículos eléctricos, donde puntualmente se necesiten requerimientos de energía mayores, como por ejemplo, en el arranque. Por esta misma razón, las cargas y descargas son muy rápidas, y además, tienen un ciclo de vida muy largo, como consecuencia de que no se producen reacciones químicas en las que los componentes se desgasten. Se necesita conectarlos en serie para obtener altos voltajes y la densidad de energía es baja. Esta tecnología aún necesita mejorar, pues de momento tiene precios muy elevados.

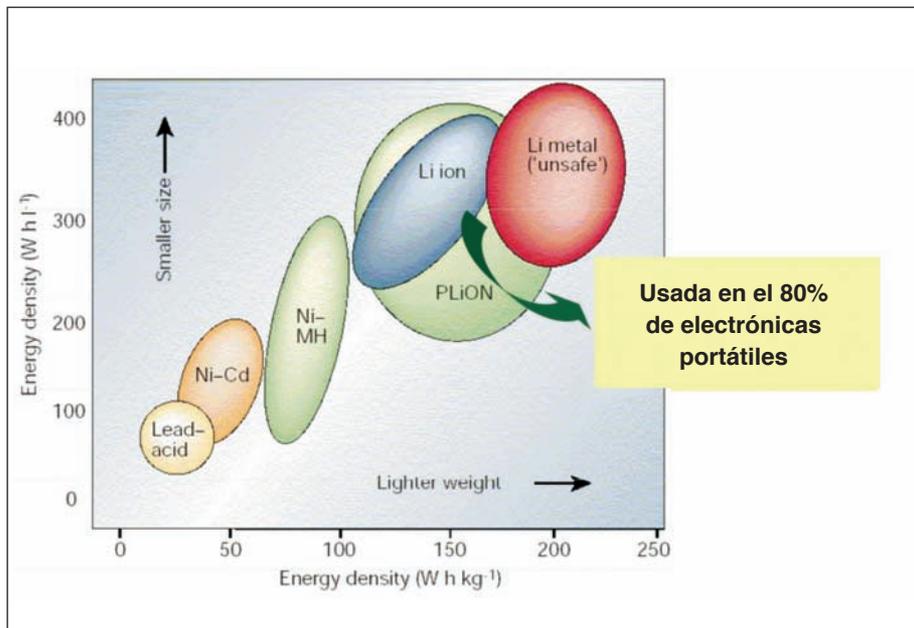
Ventajas de los condensadores de alta capacidad.

- Elevado número de ciclos de carga y descarga (del orden de millones).
- Alta eficiencia (mayor que el 97–98%).
- Alta potencia específica: 6 KW/kg.
- Velocidad de carga y descarga muy elevada.
- Pequeño tamaño.

Desventajas de los condensadores de alta capacidad.

- Baja energía específica: 0,5–10 Wh/kg.
- Precio elevado.

Asimismo, y con el objetivo de detallar el análisis, se presenta a continuación una gráfica que muestra los datos de la energía específica [Wh/kg] y la densidad energética [Wh/l], de las diferentes tecnologías de las que se disponen, comparando los valores de cada una como se ve a continuación:



TECNOLOGÍA PARÁMETROS	PB- ÁCIDO	NI-CD	NI-MH	LI-IÓN	LI-PO	SÚPER- CONDENSADORES
VOLTAJE (V/CELDA)	2	1,2	1,2	3,7	3.6-3.7	2-3
ENERGÍA ESPECÍFICA (Wh/kg)	30-50	45-80	60-120	100-160	100-130	0,5-10
CICLOS DE VIDA (PARA MANTENER EL 80% DE SU CAPACIDAD INICIAL)	500-600	1.500	300-500	500-1000	500	>1.000.000
AUTODESCARGA (%/MES)	5	20	30	10	10	50
TIEMPO CARGA RÁPIDA (Horas)	8-16	1	2-4	2-4	2-4	<1

9. PROYECCIONES DE FUTURO

El futuro del vehículo eléctrico va a seguir ligado íntimamente a la evolución de la tecnología de las baterías.

Establecida ya la necesidad legal que van a tener los fabricantes de coches, de ir consiguiendo cada vez mayores ventas de vehículos eléctricos, a fin de reducir su media de emisiones de CO₂, el secreto para conseguir que los clientes se inclinen por este tipo de coches en su elección vendrá determinado fuertemente por dicha tecnología.

La batería controla los dos factores que el cliente final más valora a la hora de elegir un vehículo : **El precio, y la autonomía.**

Las baterías actuales ofrecen unas densidades energéticas alrededor de los 100 W.h/kg. Las futuras han de estar por encima de los 200 W.h/kg, para ofrecer el doble de autonomía con el mismo peso, o la misma autonomía con la mitad de peso de batería.

Es decir, que donde la oferta actual de coches eléctricos se mueven en autonomías de unos 160 km, la oferta debe evolucionar hacia los 250-300 km, cifra mágica para hacer atractivo el vehículo.

Por otra parte, deben reducir drásticamente su coste, y evolucionar de los actuales 800-1000 €/kW.h, hasta valores de la mitad o una tercera parte de estos, consiguiendo así hacer más atractivo el precio de compra.

10. CONCLUSIONES

En definitiva, Sras. y Sres., podemos resumir en las siguientes conclusiones:

1. El automóvil eléctrico vuelve a aparecer en nuestras vidas, y esta vez parece que para quedarse definitivamente. Este hecho determinará cambios importantes en la realidad económica del sector de Automoción.
2. Los factores determinantes que traerán el vehículo eléctrico no serán, como se había creído siempre, ni la escasez de petróleo, ni la contaminación de las ciudades, problemas para los cuales la industria ha encontrado otros tipos de soluciones.
3. El factor determinante que popularizará el automóvil eléctrico será el efecto invernadero, y las consiguientes legislaciones europeas y mundiales para reducir las emisiones de CO₂. No hay solución más efectiva para dichas reducciones que la electrificación de los vehículos.
4. La evolución hacia el automóvil eléctrico será muy progresiva, acompañada con las necesidades de la industria de ir reduciendo sus niveles de CO₂. El primer paso será la introducción de los vehículos híbridos de forma generalizada, y luego los eléctricos iniciando por sectores de mercado y determinadas aplicaciones.
5. La velocidad de introducción del automóvil eléctrico será variable en función de diversos factores, tales como la evolución de costes de sus compo-

mentes (y por tanto el precio de venta), las inversiones necesarias, y sobre todo la presión normativa de los estados concretada en penalizaciones al uso de los vehículos de combustión.

En este sentido, y para el año 2020 en Europa, las previsiones oscilan desde un 5% hasta un 20% de vehículos eléctricos e híbridos en su parque móvil.

6. Asimismo dependerá la velocidad de introducción respecto a la rapidez de evolución de la tecnología de las baterías. Este ha sido el factor principal que ha frenado al automóvil eléctrico durante más de un siglo, y seguirá siendo un factor básico de su desarrollo.
7. La popularización e introducción masiva del automóvil eléctrico provocará un auténtico terremoto en la actual cadena de valor del Sector de Automoción. Ciertos componentes como las baterías pasarán a formar parte del corazón del vehículo, y otros componentes actuales simplemente desaparecerán. Lo mismo puede aplicarse a los servicios al automóvil.
8. Dentro de las inversiones a realizar, será básico el despliegue de una infraestructura de recarga, tanto en el ámbito de los domicilios particulares, para poder efectuar la deseable carga nocturna, como en el ámbito público (parkings, gasolinas, vía pública, etc.)
9. Y por último, pero quizá lo más importante, el automóvil eléctrico se ganará el mercado cuando sus prestaciones, tamaño, autonomía y precio sean comparables a los automóviles con motor de combustión.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Coches antiguos. Guía del automóvil de época.
Biblioteca Elfos Hans G. Isenberg, Editorial Elfos . 1986
2. Historia de los coches eléctricos
Javier Costas. Ediciones Motorpasión. 2010
3. Historia del Automóvil
Ilya Ehrenburg. Editorial Melusina. 2008
4. OICA (Organización Internacional Constructores Automóviles)
Estadísticas producción mundial automóviles. 2010-2012
5. ACEA (Asociación Constructores Europeos de Automóviles)
Estadísticas producción europea de automóviles. 2010-2012
6. ANFAC (Asociación Nacional Fabricantes Automóviles y Camiones)
Estadísticas producción española de automóviles. 2010-2012
7. BP Statistical Review of World Energy. 2012
8. SHELL Energy Scenarios to 2050
Shell International BV. 2008
9. World Energy Outlook
IEA (International Energy Agency). 2012
10. Oil Market Report
IEA (International Energy Agency). 2012
11. Directivas Europeas sobre Emisiones Contaminantes de Automóviles

70/220/CEE	-	88/77/CEE	Normativa base
91/441/CEE	-	91/542A/CEE	Euro 1
94/12/CE	-	91/542B/CEE	Euro 2
98/69/CE	-	1999/96A-B/CE	Euro 3 – Euro 4
2005/55/CE	-	1999/96B2/CE	Euro 5

12. Directiva Europea de Calidad del Aire
DIRECTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL
CONSEJO de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente
y a una atmósfera más limpia en Europa
13. Protocolo de KYOTO de la Convención marco de las Naciones Unidas
sobre Cambio Climático.
Naciones Unidas (ONU). 1998
14. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
Cambio Climático. 2007. Informe de Síntesis
15. XV Conferencia sobre el Cambio Climático. Copenhague
Naciones Unidas (ONU). 2009
16. ACEA. Acuerdos voluntarios de limitación emisiones de CO₂
ACEA. 2004
17. Reglamento Europeo sobre limitación emisiones de CO₂ de vehículos
ligeros REGLAMENTO 443/2009/CE del PARLAMENTO EUROPEO
Y DEL CONSEJO de 23 de Abril de 2009.
18. Guía de Vehículos Turismo de venta en España, con indicación de consu-
mos y emisiones de CO₂
IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). España.
2013
19. El Vehículo Eléctrico. Desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportuni-
dades de negocio.
STA. Editorial Librooks. 2011

Discurso de contestación por el Académico de Número
EXCMO. SR. DR. D. LORENZO GASCÓN



EXCMO. SR. DR. D. LORENZO GASCÓN

Excmo. Sr. Presidente.

Excmos. e Ilmos. Sres. Académicos y Autoridades.

Señoras y Señores.

Ante todo, deseo agradecer al Excmo. Sr. Presidente, el privilegio con que me ha distinguido al designarme para responder, en nombre de esta Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, al discurso de ingreso del Excmo. Sr. Dr. D. Juan Llorens Carrió.

La continuidad de una Real Corporación como la nuestra queda asegurada con la integración de nuevos Académicos. Que se produce por cooptación y por la libre y democrática decisión de nuestros órganos de gobierno y por el Pleno de la Academia.

El acierto y capacidad de atracción de nuestra actividad en este ámbito viene avalada por contar entre nuestras filas, y entre otras personalidades del mundo científico, a cinco académicos galardonados con el Premio Nobel de Economía. Dudo que haya ninguna otra entidad que pueda hacer este aserto.

Para mi representa una doble satisfacción contestar el discurso del recipiendario. En primer lugar, por hacerlo en nombre de esta Real Corporación, y, además por el hecho de la entrañable amistad que me une al Dr. Llorens desde hace muchísimos años.

Juan Llorens Carrió, nacido en Barcelona, es Doctor Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, habiendo dedicado una gran parte de su vida profesional al sector de la Automoción.

Durante la carrera realizó prácticas en empresas internacionales: en Holanda, en Werkspoor N.V., (instalaciones de Amsterdam y Utrech), dedicada a la fabricación de diversas líneas de construcciones metálicas e innovadora en la producción de cascos de barco de fibra de vidrio (FRP- Fiberglass Reinforced Plastic). En el Reino Unido, en la Acerería Stewards and Lloyds Ltd., en Corby, Midlands.

Se doctoró en Ingeniería Industrial en el año 1967, con la máxima calificación.

Desde 1967 realizó programas de continuidad en Administración y Dirección de Empresas en el IESE.

En 1987 se desplazó a EEUU para seguir el “Stanford Executive Program” en la Stanford University, de California.

En 1956 fue elegido entre los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Barcelona como estudiante en prácticas durante 3 años en un programa especial de formación de la Empresa Nacional de Autocares S.A., ENASA-Pegaso, fábrica de Sagrera. Desde entonces, permanecería en ENASA-Pegaso hasta 1986, desempeñando cargos de responsabilidad en sucesivas promociones, liderando el Proceso de Apertura y Globalización de la Empresa a través de diversos acuerdos internacionales.

Se trasladó al Reino Unido para completar un programa de formación en las Empresas Leyland Motors, Beans Industries y West Yorkshire Foundries, en el marco del Programa de Colaboración Leyland/ENASA.

En el año 1960, a petición de Leyland, fue transferido a Madrid para desarrollar y dirigir la construcción de la nueva Fundición de Barajas (joint venture Leyland/ENASA, de 700 personas), unidad autónoma dentro del Grupo, reportando directamente a D. Claudio Boada, Consejero Delegado de ENASA.

En 1971 fue ascendido a Gerente de la Planta de Madrid, principal centro de producción, que significaba el 60% del Grupo.

Las actividades de la Planta incluían fundición, fabricación de motores, cadenas de montaje de camiones y autobuses, fabricación de equipos de inyección con licencia Bosch, etc.... con un total de 6.500 personas.

En el año 1975 fue promocionado a Gerente Adjunto, responsable de las cinco fábricas del Grupo, repartidas entre Madrid, Barcelona y Valladolid, con un total de fuerza laboral de 11.500 personas.

Era también responsable de las funciones generales de compras, contratación, programación y seguimiento.

En 1978, a las citadas responsabilidades se le añadió la dirección de RR.HH. (13.000 empleados), labor sumamente delicada y difícil, dada la situación política y económica que vivía el país.

Fué miembro del Consejo de Dirección y del Comité Técnico, y Presidente del Comité de Producción y del Comité de Personal.

Entre 1980 y 1981 desempeño varios cargos en empresas subsidiarias de ENA-SA: MATACAS S.A. (fabricaciones diversas); JORSA (fabricación de autobuses y autocares); COPSA-Comercial Pegaso- S.A. (empresa de comercialización).

En 1982 fue nombrado gerente de Desarrollo Corporativo y Adjunto al consejero Delegado, lo que le obligaba a realizar frecuentes visitas a EE.UU., Japón y Europa. Fue nombrado Miembro del consejo de SEAT, representando al INI, hasta la compra por VW.

En 1987 fundó su propia empresa, PIC Group S.A. (Products Initiatives Commerce), organización dedicada a la consultoría estratégica y el comercio.

Desde 1989 hasta enero de 1994 fue Presidente de la Confederación Española de Automoción, que agrupaba a once Asociaciones y Federaciones que cubrían todo el espectro del sector de automoción español. Al dejar la Confederación, fue nombrado Presidente Honorario de la misma.

En noviembre de 1993 fue nombrado Presidente del Comité Ejecutivo de la empresa SEAT S.A. Durante el período 1993-1996 lideró con éxito el programa de Reversión y Rentabilización (“Turnaround”) de la empresa.

Desde enero de 1977 fue miembro de consejos de administración y órganos rectores y consultivos de varias empresas y organizaciones corporativas, incluyendo Pymes y empresas familiares.

Habla castellano, catalán, inglés, francés y alemán.

Es amante de las actividades al aire libre, golf, tenis, pádel; de la buena música, la lectura y el estudio.

Posee, entre otras distinciones, la Cruz de Oficial de la Orden del Mérito de la República Federal Alemana y la Creu de Sant Jordi de la Generalitat de Catalunya.

Ha sido y es, persona muy activa en numerosas y varias sociedades representativas de la sociedad civil. Entre ellas, a destacar, y para solo mencionar una, ha sido el Presidente del Real Club de Golf del Prat.

Y a esta brillante hoja de vida, yo quisiera añadir que es hombre de muchas, buenas y duraderas amistades. Es amigo de los amigos. De carácter afable y dialogante. A pesar de haber dirigido a miles y miles de personas, de ser un asiduo conferenciante, en su trato personal es de una sorprendente timidez y sencillez. Esto le hace ser aún más querido y apreciado por los que gozamos de su trato.

El discurso del recipiendario es de una extraordinaria actualidad. Y de un alto nivel técnico.

Nos ha disertado con gran sentido pedagógico del hecho de que el concepto de coche eléctrico nació al mismo tiempo o incluso antes que el coche convencional, dotado de un motor de combustión interna. Ha sido a causa de la diferente evolución del almacenamiento de energía a bordo lo que ha provocado el éxito durante más de un siglo, de los coches movidos por gasolina o diesel. Ello, apoyado, por la amplia disponibilidad de este tipo de energía y su bajo coste en contraposición al lento desarrollo de otros sistemas de almacenamiento energético.

El coche eléctrico ha aparecido de nuevo, en nuestra historia reciente, cuando las vicisitudes políticas y las guerras han puesto en entredicho la disponibilidad del crudo, provocando su encarecimiento, y por la toma de conciencia de que las emisiones de gas contaminante provocan la polución y la mala calidad del aire en las ciudades.

Pero el factor más determinante ha sido que los gases que queman los combustibles, hasta ahora convencionales, influyen en el efecto “greenhouse” ocasionando el aumento de la temperatura del planeta.

No voy a comentar la documentadísima descripción técnica de los coches híbridos y eléctricos con que nos ha obsequiado el Dr. Llorens. Ha sido una pieza maestra enriqueciendo el acervo de nuestra abundante y variada bibliografía.

Sí quisiera decir que, a mi entender, el recipiendario debería desarrollar en profundidad algunas de las conclusiones en lo que se refiere a los aspectos económicos del coche eléctrico. No me cabe ninguna duda de que el nuevo académico, nos aportará en sendas contribuciones y comunicaciones su visión de la incidencia del coche eléctrico en el futuro económico de la industria automovilística. Su gran conocimiento de los entresijos de esta actividad industrial serán de gran interés cuando desarrolle estos aspectos.

Como es lógico, en una Corporación como la nuestra, contamos con una mayoría de Académicos procedentes de la Cátedra. Pero siempre ha habido la voluntad y la vocación de incorporar a representantes de otros sectores y que fueran estudiosos e investigadores en sus especialidades. Así tenemos una cualificada representación del mundo de la banca, las finanzas, los servicios, la industria alimentaria, etc...

Hoy nos hemos enriquecido con la llegada de una figura de proyección internacional de la industria automovilística. Felicitémonos por ello y por el acierto en su cooptación. Y naturalmente en nombre propio y en el de la Real Academia le damos la bienvenida y nuestra más cordial enhorabuena.

