

EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y SU INFLUENCIA EN EL MEDIO URBANO

F. Trinidad
Director de Investigación
Grupo Tudor. Guadalajara

EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y SU INFLUENCIA EN EL MEDIO URBANO

1. Historia del desarrollo de los vehículos eléctricos

Durante la última década del Siglo XIX, los vehículos eléctricos fueron muy utilizados para el transporte, al no existir otras alternativas. Sin embargo, el enorme progreso realizado en los vehículos de combustión interna, hizo prácticamente desaparecer de la escena los vehículos de tracción eléctrica a partir de 1930. Desde entonces, solamente se han utilizado para aplicaciones especiales y bajo ciertas restricciones.

El interés creciente en los 60 por la polución atmosférica hizo revivir el interés por estos vehículos, tanto en America como en Europa, dónde se iniciaron diversos proyectos de desarrollo de vehículos eléctricos.

A partir de 1970, el interés por estos vehículos cambió, especialmente en Japón debido al problema energético. Sin embargo, la crisis del petróleo desapareció antes de que un vehículo eléctrico aceptable para una producción comercial pudiera ser desarrollado.

Al final de los 80, los problemas medioambientales en los centros urbanos, hicieron renacer antiguos proyectos de desarrollo de vehículos eléctricos y han despertado el interés de las autoridades locales y nacionales para mejorar la calidad del aire que respiran nuestras ciudades.

El Acta de California (1990) ha sido pionera en la regulación del medio ambiente urbano, ya que requiere que un porcentaje creciente de vehículos deben ser de emisión nula (desde un 2% en 1998 hasta un 10% en el año 2003). En el estado de la tecnología actual, únicamente los vehículos de tracción eléctrica alimentados con baterías cumplen este requerimiento.

Otros Estados se han adherido a esta Ley y muchos otros la han tomado en consideración para futuras regulaciones en la industria del automóvil.

Como consecuencia de ello, los tres grandes fabricantes Americanos (Ford, Chrysler y GM) formaron un consorcio denominado USABC, que junto a la industria eléctrica y el Departamento de Energía, tratará de desarrollar una batería avanzada que permita igualar las prestaciones del vehículo eléctrico a las del vehículo convencional.

En Europa, los grandes fabricantes se han asociado en torno al JRC (Joint Research Consortium), para experimentar e incitar al desarrollo de los vehículos eléctricos, principalmente de las baterías las cuales continúan siendo después de un siglo el principal escollo en el desarrollo de estos vehículos.

Actualmente casi todos los fabricantes de coches han anunciado la producción futura de vehículos eléctricos. Gran parte de ellos van alimentados por baterías convencionales de plomo o níquel-cadmio, si bien, existe un gran número de prototipos alimentados por baterías más avanzadas (sodio/azufre u otras).

Los vehículos eléctricos existentes en el mercado tienen una autonomía entre 50 y 80 Km por carga y una velocidad máxima entre 70 y 90 Km/h. Sin embargo, el coste y prestaciones de estos vehículos es aún muy inferior a los de combustión interna utilizados actualmente.

Se ha producido una aceleración considerable en el desarrollo de los vehículos eléctricos durante el inicio de los 90 y algunos prototipos, como el Impact de GM, han demostrado unas prestaciones en cuanto a velocidad máxima y aceleración comparables a los vehículos deportivos, pero aún queda una limitación considerable en cuanto a la autonomía (100 - 200 Kms), lo que obliga a limitar el uso de estos vehículos a distancias cortas. Ello unido al problema medioambiental, hace considerar el vehículo eléctrico como una solución para el transporte restringido al medio urbano, dónde las distancias recorridas son cortas, la eficiencia de los motores de explosión es muy baja y los niveles de contaminación superan en muchos lugares los límites permitidos.

La nueva generación de vehículos deberá ser diseñada teniendo en cuenta estos requerimientos y sobre todo deben aliviar, reduciendo el consumo energético y/o aumentando la energía específica de la batería, la limitación actual más importante para el desarrollo de estos vehículos: la autonomía disponible por carga de batería.

2. Impacto económico y medioambiental

La introducción de un determinado número de vehículos eléctricos en sustitución de los de gasolina, tiene consecuencias desde el punto de vista energético, medioambiental y económico.

El consumo de energía es inferior en el estado de la técnica actual del vehículo eléctrico, pero deberá disminuir considerablemente al mejorar la eficiencia

del cargador, batería y motor, siendo el objetivo primordial reducir el peso de la batería, el coeficiente aerodinámico y la resistencia de rodadura.

Desde el punto de vista medioambiental, los estudios realizados demuestran que las emisiones de hidrocarburos y monóxidos de carbono son muy inferiores. Con respecto a las emisiones de óxidos nitrosos, dióxido de azufre y dióxido de carbono, las comparaciones dependen de como se obtiene la electricidad. Para la "mezcla" de combustibles europeos la emisión de CO_2 y NO_x es inferior, mientras que la utilización de carbón con alto contenido en azufre daría lugar a una mayor emisión global de SO_2 . No obstante, la polución local disminuiría notablemente en la ciudad, sustituyéndose por otra de tipo regional, mientras que se reduciría de forma global en aquellos países que tienen generación de energía procedente de centrales hidroeléctricas, nuclear o renovables.

La economía representa el punto más débil de los vehículos eléctricos, ya que las comparaciones realizadas considerando el estado actual de desarrollo muestran que el coste supone más del doble del vehículo convencional a lo largo de su vida. Ello se debe fundamentalmente al alto precio de adquisición del vehículo y a que las baterías son relativamente caras y de vida muy corta. No se concibe por tanto una gran introducción de éstos, si no es a través de ayudas públicas o imponiendo su utilización mediante la legislación (California), o incentivos a su utilización en las ciudades. Un escenario probable, según los estudios más recientes consiste en la introducción progresiva de los vehículos eléctricos a partir de 1998, hasta alcanzar una fracción del 5% del total en la primera década del próximo siglo (Figura 1), lo que representa un volumen de baterías próximo al millón de unidades, solamente en Europa (Figura 2).

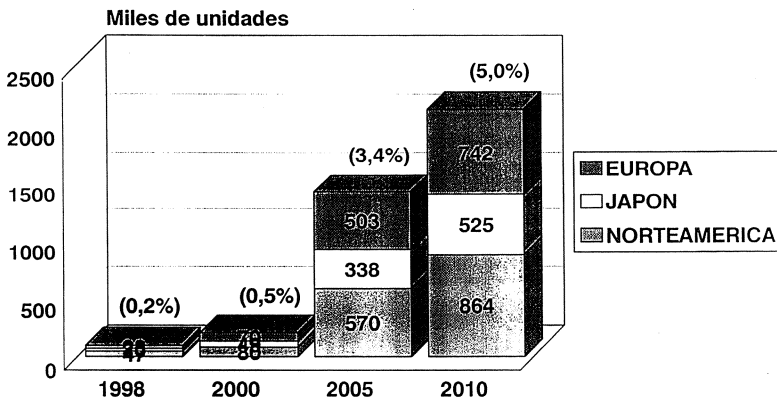
3. Fuentes de energía

Los vehículos eléctricos actuales están alimentados fundamentalmente por baterías de plomo-ácido (Figura 3), ó níquel-cadmio (Figura 4). Los fabricantes de automóviles trabajan actualmente en la mejora de estos tipos de baterías, pero también existen programas de desarrollo de al menos 10 tipos diferentes de baterías, entre las que podemos destacar las nuevas baterías alcalinas de níquel-hidruros (Figura 5) y de estado sólido basadas en el sistema litio/polímero (Figura 6).

Las baterías de alta temperatura, tales como las de sodio-azufre (Figura 7), han sido consideradas desde hace tiempo como las únicas que pueden permitir el desarrollo de un vehículo eléctrico competitivo con los de combustión inter-

na, pero aún subsisten problemas de fiabilidad en el uso que no han sido resueltos satisfactoriamente.

**POTENCIAL DE MERCADO DE VEHICULOS ELECTRICOS
ESTIMACION 1998 - 2010**

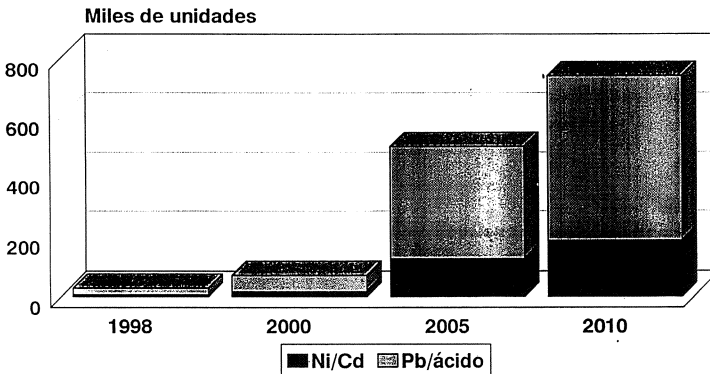


LOS PORCENTAJES ENTRE PARENTESIS SON SOBRE EL TOTAL DE VEHICULOS

Fuente: Symposium Realities and Prospect of Electric Vehicle

Figura 1

**POTENCIAL DE MERCADO DEL VEHICULO ELECTRICO
TIPOS DE BATERIAS EMPLEADOS EN EUROPA**



Supuesto 75% Pb/ácido, 25% Ni/Cd, si fracasa el proyecto USABC

Fuente: Journal Power of Sources, 48 (1994)

Figura 2

Batería de plomo-ácido sellada (Pb/PbO₂).

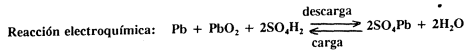
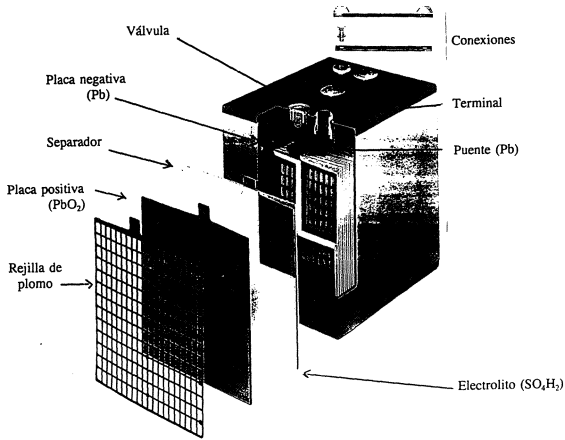


Figura 3

Batería de níquel-cadmio (Ni/Cd).

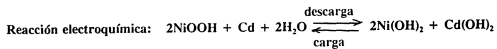
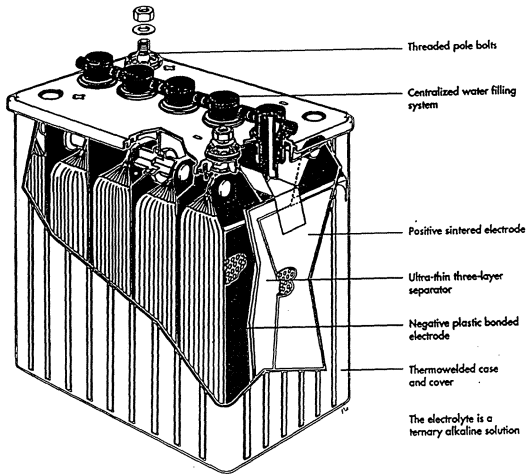


Figura 4

Batería de níquel-hidruros (Ni/MH).

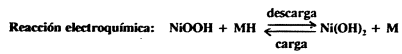
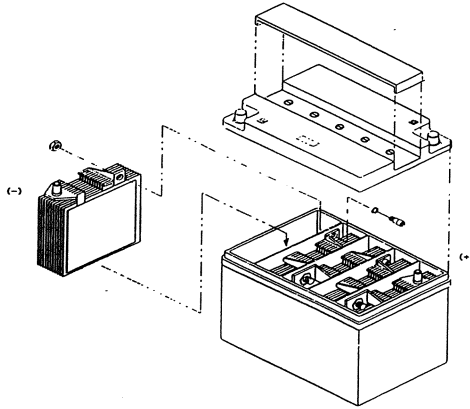


Figura 5

Célula elemental Litio-polímero (Li)/ V_6O_{13} .

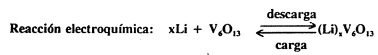
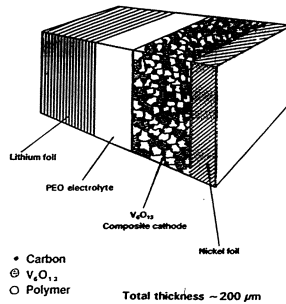


Figura 6

Célula Sodio/Azufre (Na/S).

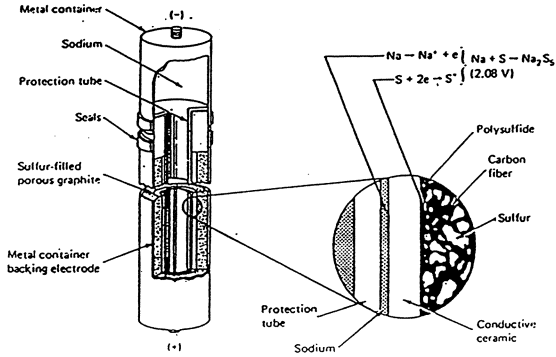


Figura 7

DIAGRAMA DE RAGONE.

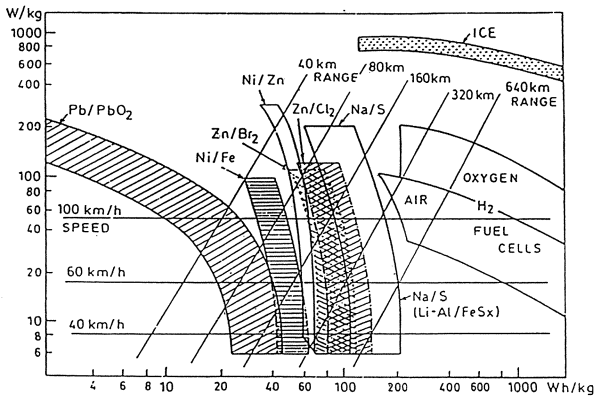


Figura 8

La Tabla I muestra una relación de los diferentes tipos de batería actualmente en desarrollo y la Tabla II compara las prestaciones de aquellos que tienen mejores perspectivas de utilización en los vehículos eléctricos.

La Figura 8 muestra un diagrama de Ragone, representativo de la aplicación en los vehículos eléctricos. Se puede apreciar que la batería de Pb/PbO₂ limita el rango, en función de la velocidad considerada entre 40 y 80 Km, mientras que las baterías alcalinas (Ni/Cd, Ni/Fe, Ni/MH) permiten alcanzar entre 80 y 160 Km. Únicamente las baterías de alta temperatura (Na/S, LiAl/FeS_x) permitirían alcanzar los 320 Km, a una velocidad máxima de 100 Km/h. En cualquier caso, ninguno de los sistemas de alta temperatura ha sido desarrollado con éxito después de más de 25 años, por lo que su utilización en el futuro resulta muy problemática.

La batería de plomo, por tanto, continuará predominando en el futuro cercano, por razones fundamentalmente de costo. Otros sistemas, como el Ni/Cd o Ni/Hidruros, deberán desarrollarse aún más para alcanzar el coste que permita aliviar el problema del alto precio de adquisición, si bien, la duración mayor puede compensar esta desventaja inicial. En un plazo más largo, a partir del año 2000, las baterías de Litio/polímero habrán alcanzado posiblemente el grado de desarrollo necesario para competir con los sistemas actuales.

TABLA I.

BATERIAS PARA VEHICULOS ELECTRICOS

TIPOLOGIA DE BATERIAS (I)

- 1.- ELECTROLITO ACIDO
 - ✓ Plomo/Ácido
 - ✓ Zinc/Bromo
- 2.- ELECTROLITO ALCALINO
 - ✓ Níquel/Cadmio
 - ✓ Níquel/Hidruros
 - ✓ Níquel/Hierro
 - ✓ Níquel/Zinc
 - ✓ Aluminio/Aire
 - ✓ Hierro/Aire
 - ✓ Zinc/Aire
- 3.- ALTA TEMPERATURA
 - ✓ Sodio/Azufre
 - ✓ Sodio/Cloruro de níquel
 - ✓ Litio/Sulfuro de Hierro
- 4.- ESTADO SOLIDO
 - ✓ Litio/Polímero

TABLA II.

BATERIAS PARA VEHICULOS ELECTRICOS
TIPOLOGIA DE BATERIAS (II), DATOS COMPARATIVOS:

	ENERGIA (Wh/kg)	POTENCIA (W/kg)	EFICIENCIA (%)	CICLOS DE VIDA	COSTE (US\$/kWh)
PLOMO/ACIDO	30 - 50	70 - 130	> 80	500 - 1500	70 - 130
NIQUEL/CADMIO	50 - 60	130 - 235	75	2000	500 - 1000
NIQUEL/HIDRUROS	60 - 70	160 - 180	70	500 - 1000	700 - 2000
SODIO/AZUFRE	100 - 140	130 - 180	85	800+	110
LITIO/POLIMERO	85 - 130	?	80 - 85	100+	100

Fuente: Batteries for road electric vehicles: systems in competition with nickel-cadmium

4. Proyectos de desarrollo en el mundo

4.1. Estado actual

La Ley de California, que ha sido ratificada recientemente y será implantada a partir de 1998, ha obligado a los fabricantes a reconsiderar los vehículos eléctricos como la única alternativa viable para cumplir esta exigencia. Los tres grandes (Ford, Chrysler y GM) formaron un consorcio, denominado USABC que destinará 260 M\$ para desarrollar una nueva generación de baterías avanzadas.

Otros Estados, como Nueva York, se han acogido a la normativa de California de manera que la previsión de vehículos para el año 2010 ascendería a unos 850.000 vehículos eléctricos, solamente en USA.

No obstante, las dificultades encontradas en el desarrollo de estas baterías avanzadas, hace pensar que el vehículo eléctrico se limitará al uso en ciudad para recorridos muy cortos (< 100 Km), con baterías tradicionales mejoradas (Pb y Ni/Cd). Esta es la idea generalmente aceptada en Europa, dónde PSA prevee alrededor de 200.000 vehículos para el año 2000. En Japón el ministerio de Industria prevee una cantidad similar.

En resumen, la situación actual del desarrollo del vehículo eléctrico es muy activa, aunque la previsión es que el mercado crecerá lentamente hasta el final de la década para luego experimentar un crecimiento mucho mayor.

4.2. Proyectos de Consorcios de varias Empresas

Anteriormente se ha citado el USABC que ha asignado ya más de 90 M\$ para los próximos tres años. La investigación esta dirigida a baterías (no convencionales de Pb o Ni/Cd) tales como níquel/hidruros, litio/polímero y de alta temperatura (litio), que permitan alcanzar un rango de 300 Km. Participan empresas como Ovonic, SAFT, Valence, Johnson Controls y Delco Remy, y también laboratorios públicos de USA. Ninguna empresa Europea participa en este proyecto.

Como consecuencia de que el plomo ha sido excluido del proyecto anterior, se ha creado otro consorcio denominado ALABC (Advanced Lead Acid Battery Consortium), cuyo objetivo es desarrollar la batería convencional de plomo de manera que permita alcanzar las prestaciones demandadas por el vehículo eléctrico a un coste competitivo.

El Grupo TUDOR participa en este consorcio, habiendo recibido la aprobación de un proyecto destinado a la mejora de baterías herméticas para vehículo eléctrico (subvencionado con 680.000 \$). El fondo total del consorcio asciende a 19,3 M\$.

En Europa se ha creado el Grupo JRC (Joint Research Consortium) en el que participan todos los fabricantes Europeos de coches. Están ensayando diversas tecnologías de baterías incluyendo Pb/ácido, Ni/Cd, Ni/Hidruros, Na/S, Litio/polímero, etc.

Renault y VW se ocupan de ensayar las baterías de plomo. Las demás están ensayando otros sistemas, tales como Ni/Cd (PSA y Volvo) y Na/S (Mercedes). TUDOR investiga también en un nuevo tipo de baterías alcalinas para vehículo eléctrico dentro de un proyecto financiado por el Ministerio de Industria y Energía.

4.3. Proyectos de Fabricantes de Automóvil

La practica totalidad de fabricantes de automóviles han anunciado durante los dos últimos años algún proyecto en desarrollo. La Tabla III resume los datos más significativos, de algunos de estos vehículos experimentales.

Fabricante	Vehículo	Batería	Autonomía (Km)	Situación actual
G M	IMPACT	Pb/ácido	190	50 prototipos en 1993. No hay fecha de lanzamiento
FORD	ESCORT Van	Na/S	160	Dificultades para el suministro de baterías
CHRYSLER	TE Van	Ni/Cd	195	Primeras series para prueba en California
NISSAN	FEV	Ni/Cd	100-240	Prototipo con recarga rápida
RENAULT	Express, Master, Clio	Pb/ácido o Ni/Cd	80-150	Lanzamiento de primeras series
PEUGEOT	106 J5	Pb/ácido o Ni/Cd	80-150	Lanzamiento de primeras series
CITROEN	AX C15	Pb/ácido o Ni/Cd	80-150	Lanzamiento de primeras series
FIAT	Cinquecento Ducato	Pb/ácido o Ni/Cd	70	Preseries
AUDI	Duo	Ni/Cd	40	Prototipos experimentales híbridos
B M W	E 1	Na/S	250	Prototipos
V W	Chico	Ni/Cd	320	Prototipos híbridos
CLEAN AIR Transport	LA 301	Pb/ácido o Na/S	100-240	Híbrido. Seleccionado para suministrar en California
LARAG	Larel	Pb/ácido	70	Fiat Panda modificado

Tabla III

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- M.P.LAFFITTE. Rapport du Véhicule Electrique. Assemblée Nat., FR. Nov. 1993.
- 2.- INTER.ENERGY AGENCY, FR. Electric vehicles: Technology, performance and potential. 1993.
- 3.- D.A.J.RAND. Batteries for road electric vehicles: systems in competition with nickel-cadmium. NICKEL-CADMIUM BATT UPDATE. Conf. Report: Munich, Oct.1992.
- 4.- NICKEL-CADMIUM BATT UPDATE. Semin. Report: Brussels, Sept. 1990.
- 5.- J.FULLEA. Acumuladores electroquímicos. 1994.
- 6.- Advancements in Electric and Hybrid Electric Vehicle Technology. SAE. (Soc.Automo.Eng. Inc.) SP-1023. Feb.1994.
- 7.- Electric Vehicle R&D. SAE. (Soc.Automo.Eng. Inc.) SP-880. Sept.1991.
- 8.- Electric Vehicle. Design and Development. SAE. (Soc.Automo.Eng. Inc.) SP-862. Feb.1991.
- 9.- Electric Vehicle Technology. SAE. (Soc.Automo.Eng. Inc.) SP-817. Feb.1990.
- 10.- J.M. TOURRE; Y.MOTTOT. VP/CV. Véhicules "Propres" - "Clean" Vehicles. Nov. 1993. La Rochelle, FR. p. 343-348.
- 11.- P.L.ADCOCK; P.J.MITCHELL. EVA. (Elec.Veh.Assoc. GB). Inter. Conf. Elec. Veh.Europe. May 1991.
- 12.- C.T.LIU; KUO C.C. J.Power Sources. 1994, V.48 p. 243-246.
- 13.- P.L.ADCOCK; R.T.BARTON. J.Power Sources. 1992, V.37 p. 201-207.
- 14.- ELECTRIC VEHICLE PROGRESS. June,1994. V.16 nº11.
- 15.- ELECTRIC VEHICLE PROGRESS. May,1994. V.16 nº10.
- 16.- ELECTRIC VEHICLE PROGRESS. April,1994. V.16 nº8.
- 17.- ELECTRIC VEHICLE PROGRESS. Feb.1994. V.16 nº4.
- 18.- ELECTRIC VEHICLE PROGRESS. Jan.1991. V.13 nº2.
- 19.- ELECTRIC VEHICLE PROGRESS. Dec.1990. V.12 nº24.
- 20.- IBERDROLA. Vehículos Eléctricos. Present. Programa Experiencias Valencia. Oct.1992.
- 21.- ALABC. Advanced Lead-acid Battery Consortium. Meeting Res.Triangle Park, North Carolina, March 1992.
- 22.- B.SIURU. The Battery Man. Sept.1992. p. 52,56.
- 23.- B.SIURU. The Battery Man. Dec.1991. p.31.
- 24.- K.F.BARBER; R.K.GERETH; K.TAKAHASHI. BCI. (Batt.Council Inter.). World Technology Panel Electric & Hybrid Vehicles. 1991 BCI Washington D.C. Convention. April 1991.