

VEHÍCULO ELÉCTRICO: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

PABLO FRÍAS
JAIME ROMÁN

Instituto de Investigación Tecnológica IIT-ICAI
Universidad Pontificia Comillas

La electrificación de los sistemas de transporte comienza a finales del siglo XIX, principalmente en el transporte urbano como el tranvía, el metro, el trolebús y a continuación el tren en medias distancias. En la misma época surgieron los coches eléctricos, pero su limitada autonomía hizo triunfar al histórico Ford T. Hasta 1996 no resurgió puntualmente el vehículo eléctrico con el General Motors EV1, y en 2009 con el nacimiento de Tesla.

Hoy día, la gran mayoría de marcas ya ofrecen vehículos totalmente eléctricos o híbridos. En toda esta transición ha sido el desarrollo de la electrónica de potencia, la sensorización y el control los que han permitido evolucionar hacia un nuevo concepto de movilidad eléctrica, conectada y autónoma.

En la transición hacia el coche eléctrico del futuro existen diversos factores aceleradores, siendo el más importante el crecimiento de la población en las zonas urbanas y la mejora de la calidad del aire en las mismas, tal y como se recoge en la iniciativa de Naciones Unidas SUM4ALL. La iniciativa local dará paso a una movilidad más sostenible, basada en transporte limpio y compartido, donde el vehículo eléctrico será el eje fundamental, tanto público como privado. Estas necesidades empujarán los desarrollos tecnológicos en baterías más eficientes, económicas y reciclables, así como la creación de una infraestructura de recarga adecuada. La reducción del coste de las baterías tiene que hacer más competitivo al coche eléctrico frente al de combustión para que su aceptación sea masiva. Existen nu-

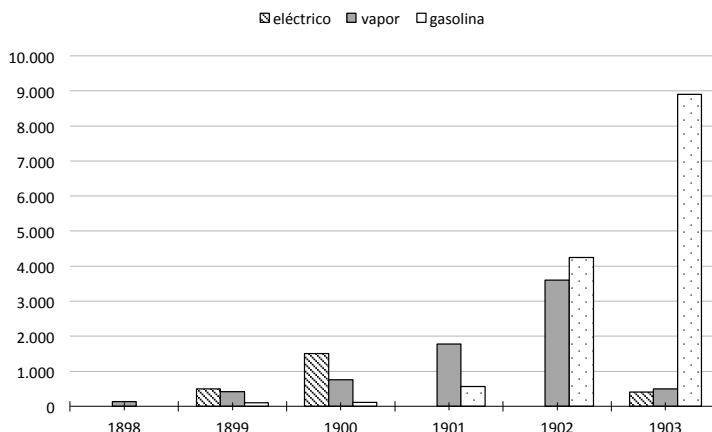
merosos desarrollos tecnológicos externos al coche que también lo integrarán e impulsarán, como es el uso de baterías para otras aplicaciones, los servicios asociados a la sensorización en las Smart-cities, el blockchain en el uso compartido de los coches, etc.

Según diversas fuentes en el año 2030 se estima que se consiga que la mayoría de las ventas de vehículos sean eléctricos. En España, considerando un parque móvil de 25 millones de coches, unas ventas anuales de 1 millón de coches y una vida de los coches de 12 años, esta transición hacia un parque mayoritariamente eléctrico podría durar más de 40 años.

EL CAMINO HACIA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA ↓

Aunque en la actualidad estemos sorprendidos de la aparición de los coches eléctricos, la movilidad eléctrica nació a la vez que la transición del coche de caballos al coche de motorizado. La electrificación de los sistemas de transporte comenzó a finales

FIGURA 1
PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS EN ESTADOS UNIDOS



Fuente: [Automobils, 1994]

TABLA 1
GENERAL MOTORS EV1 Y PEUGEOT 106 ELECTRIQUE

	GM EV1	Peugeot 106 Electrique
Motor	Motor inducción trifásico; 102kW; 149NM, @ 7000rpm	11kW, pico 20kW
Batería	16.5-26.4kWh Níquel metal hidruro @ 340V	Níquel Cadmio, 256kg, 120V
Autonomía	250 km	80-100km
Cargador	6.6 kW, convertor inductivo	Enchufe doméstico, 220V/16A
Alquiler	350-575 \$/mes; 34.000 \$ coste total	14.000 €
Unidades	1117	3542
Fabricación	1996-2003	1993-2003

Fuente: diversas

del siglo XIX, principalmente en el transporte urbano como el tranvía, el metro, el trolebús y a continuación el tren en medias distancias. En la actualidad se ha conservado el uso del transporte público electrificado, e incluso algunas ciudades europeas apuestan por nuevas inversiones en soluciones tradicionales como el trolebús.

En la misma época surgieron los coches eléctricos, que llegaron a ser muy populares en las ciudades de Estados Unidos (ver Figura 1), donde durante varios años consecutivos la producción y venta de vehículos eléctricos era superior a la de vehículos con motor de gasolina o vapor. Nacieron varios fabricantes de vehículos eléctricos, que se caracterizaban por su facilidad y suavidad en la conducción. Eso sí, tenían la misma una problemática: su limitada autonomía. En esos momentos nació el histórico Ford T, un coche de bajo coste, y que sí permitía recorrer medias y largas distancias. Este último sí se adaptaba perfectamente a las necesidades de movilidad de los Estados Unidos de la época donde era preciso recorrer largas distancias. De esta forma, el coche eléctrico quedó relegado a entornos urbanos, que hacía limitada su venta y por tanto en pocos años la

industria del automóvil de gasolina acaparará el mercado de vehículos de tracción mecánica.

En la década de 1990 algunos fabricantes realizaron pruebas de concepto para ver la viabilidad de los coches eléctricos (ver Tabla 1). Un ejemplo en Europa fue el grupo PSA, con los modelos Citroën AX o Peugeot 106 eléctricos, con motores de 20kW, autonomía de 100km, y un precio de unos 14.000 € (casi el doble de lo que costaban sus homólogos en gasolina), y con un tiempo de dos horas para la recarga del 80% de la batería; sólo se vendieron 3.500 unidades y se dejaron de producir en 2003. Una experiencia similar ocurrió en Estados Unidos en 1996, cuando una iniciativa de General Motors dio luz al EV1, del que se fabricaron 1117 unidades, con una autonomía de hasta 250 km y un avanzado sistema de conducción y confort, similar a los coches eléctricos actuales. A pesar del éxito de dicho modelo y la satisfacción de sus usuarios (trabajadores de General Motors en su mayoría), el coche dejó de producirse tres años después y las unidades existentes fueron retiradas de la circulación y destruidas en 2003. Esta decisión del fabricante de automóviles puso de manifiesto el temor de la industria del automóvil tradicional hacia el cambio tecnológico. (1)

TABLA 2
NIVELES DE CONGESTIÓN EN 2016

Mundial		Europa		España	
Ciudad de Méjico	66%	Bucarest	50%	Barcelona	31%
Bangkok	61%	Moscú	44%	Palma de Mallorca	29%
Jakarta	58%	San Petesburgo	41%	Las Palmas	27%
Chongqing	52%	Londres	40%	Granada	26%
Bucharest	50%	Marsella, Roma	40%	Sevilla	25%

Fuente: www.tomtom.com

La reacción de este nuevo sector tecnológico culminó con el nacimiento de la empresa AC Propulsion, destinada a la construcción de un nuevo prototipo de coche eléctrico T-Zero, que pocos años después se convirtió en TESLA. La estrategia de TESLA, clave para entender la situación actual de los vehículos eléctricos, se resume en tres hitos asociados a los modelos TESLA Roadster, Model S y Model 3: Se partió de un proyecto pequeño cuyo objetivo fue demostrar que se puede crear un vehículo (Tesla Roadster) tan atractivo e incluso con mejores prestaciones que cualquier deportivo del mercado; a continuación, se quiso introducir todos los avances tecnológicos en un vehículo y así crear una berlina de lujo (Model S) con una producción mediana; y por último, se han integrado los desarrollos en un vehículo asequible (Model 3). Esta estrategia ha supuesto un revulsivo para la industria del automóvil tradicional, donde algunos fabricantes han visto en la movilidad eléctrica una oportunidad de crecimiento.

SITUACIÓN ACTUAL DEL DESARROLLO DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA ↓

De forma simplista podríamos decir que la situación actual de la movilidad eléctrica se dinamiza mediante dos factores: las restricciones de circulación en las grandes ciudades y la percepción social del conductor hacia el vehículo eléctrico.

Por un lado, desde mediados del siglo pasado y a escala mundial se ha producido una migración de las zonas rurales hacia las ciudades. El aumento de población en las ciudades ha obligado a rediseñar las infraestructuras para el transporte privado y a mejorar las existentes de transporte público. No obstante, se podría decir que actualmente se ha llegado en muchos países al límite de capacidad de las infraestructuras para el uso privado, que se ha visto reflejado en dos índices claros: congestión y contaminación.

En la tabla 2 se muestra un listado de las cinco ciudades con más alto nivel de congestión en distintas zonas geográficas del mundo, donde este nivel se define como el porcentaje de tiempo extra que se necesita en los recorridos por las ciudades en comparación con una situación sin congestiones. Ade-

más del natural malestar de los conductores que sufren un atasco dentro de las ciudades o en su periferia, existen numerosos efectos colaterales en el entorno, como son la contaminación del aire y el ruido. Se ha estimado que el coste real de la reducción de la productividad laboral derivado de dicho tiempo ascendería a 180 millones de euros al año en ciudades como Madrid o Barcelona (2). Por otro lado, el número de situaciones de alerta por contaminación, principalmente de ozono o partículas, ha crecido notablemente en las grandes ciudades como Madrid.

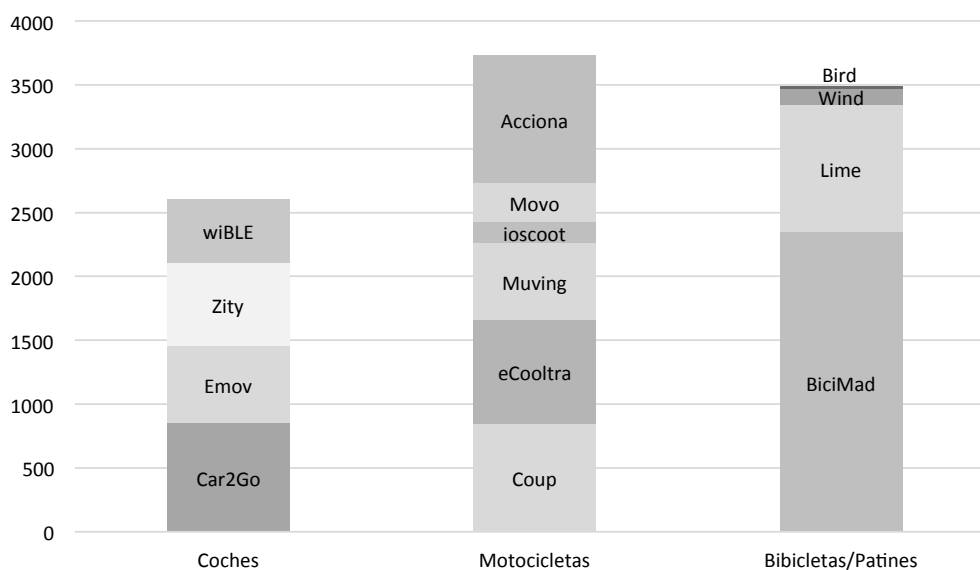
Estas situaciones son las que han hecho que los ayuntamientos establezcan medidas del control de tráfico rodado de combustibles fósiles, mediante la imposición de restricción al tráfico, el establecimiento de zonas de aparcamiento regulado o restringido, o la creación de peajes por congestión (tal como ocurre en las ciudades como Londres o Estocolmo).

El segundo elemento dinamizador de los coches eléctricos es su imagen. La estrategia de TESLA comentada anteriormente ha revitalizado claramente la percepción del coche eléctrico, no sólo desde el punto de vista tecnológico, sino también de la imagen actual de los propietarios de vehículos eléctricos, asociada a personas jóvenes, con recursos económicos, amantes de la tecnología y con una clara responsabilidad medioambiental.

Ambos elementos, restricción de circulación en grandes urbes junto con una imagen atractiva, han hecho avanzar a una nueva etapa de desarrollo de los vehículos eléctricos. Esta revitalización no sólo afecta a los coches eléctricos de uso privado, sino también al uso de otros medios como el vehículo eléctrico compartido: coche, motocicleta, bicicleta o patinete. El crecimiento de la oferta de los servicios de movilidad compartida en ciudades como Madrid ha sido exponencial, como se muestra en la Figura 2. Finalmente, el uso de los sistemas de transporte público eléctrico ha seguido creciendo, como es el metro, el tren de cercanías, y de forma mucho menor por los autobuses eléctricos (apenas 15 en Madrid (3) y cerca de 50 en Barcelona).

Para atender a las necesidades de movilidad de los ciudadanos las distintas estructuras de gobierno, des-

FIGURA 2
SERVICIOS DE MOVILIDAD COMPARTIDA EN MADRID EN 2018



Fuente: OVEMS

de el nivel local al nivel nacional, están reaccionando. No obstante, esta respuesta dista mucho de estar coordinada, tanto a nivel horizontal (entre ministerios o consejerías), como a nivel vertical (entre gobierno locales, regionales, nacional o comunitario).

A nivel nacional o de la Comunidad Europea se buscan modelos de movilidad que garanticen en el transporte la eficiencia energética, la seguridad de abastecimiento y la independencia energética. Esta política se concreta en incentivos de uso de combustibles alternativos como el gas natural, biodiesel o eléctrico. No obstante, estas iniciativas pueden chocar con la necesidad de garantizar la competitividad como país, y en ocasiones puede derivar en un proteccionismo de la industria automovilística tradicional (4). Un segundo elemento que impide concretar políticas eficientes es la falta de coordinación entre los distintos ministerios, consejería o departamentos implicados, por ejemplo Energía, Industria, Interior, Sanidad o Hacienda, entre otros, dado que cualquier política afectará de una forma distinta a cada uno de ellos.

A nivel local existe una capacidad de regular sobre aspectos de movilidad y medioambientales, siempre acordes a normativa de rango superior. Por tanto, las políticas locales están muy centradas en garantizar la calidad medioambiental y para ello estableciendo limitaciones en determinadas zonas. Estas políticas locales, en ocasiones pueden interferir con intereses nacionales, como has sido el caso de la prohibición de circulación de vehículos Diesel antiguos en las ciudades (en Hamburgo que requirió de la acción judicial del Tribunal Administrativo Federal en abril de 2018 para dar la razón a la capacidad limitadora de los municipios).

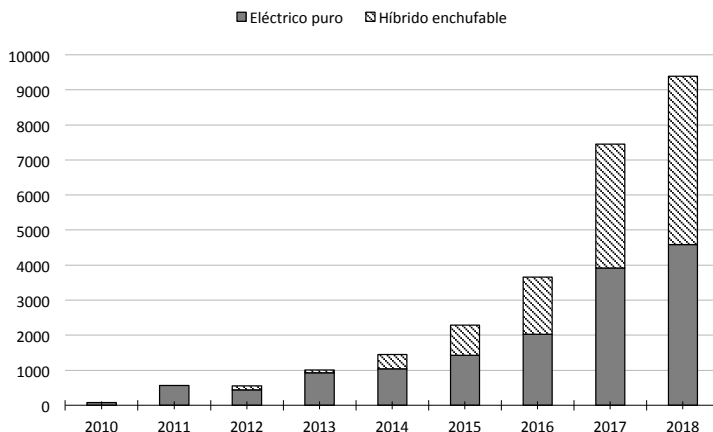
En España las medidas concretas hacia los vehículos eléctricos de momento han sido limitadas, centradas en dos niveles: por un lado, ayudas económicas a la renovación de los vehículos más contaminantes y a la instalación de puntos de recarga, y por otro lado el desarrollo de una normativa sobre puntos la instalación y gestión de puntos de recarga. No obstante, dista mucho de las necesidades que garanticen un desarrollo eficiente y sostenible de los mismos.

El número de matriculaciones de turismos eléctricos (tanto eléctricos puros como híbridos) (5) ha crecido de forma exponencial en los últimos años en todo el mundo, en Europa y en concreto en España, como se puede ver en la Figura 3, llegando a los 9.400 vehículos eléctricos en 2018.

Para ver el orden de magnitud de las ventas en España en un contexto europeo, cabe indicar que el país con mayor porcentaje de ventas de vehículos eléctricos en Europa el año 2018 es Noruega donde cerca del 45% de las nuevas ventas de turismos son eléctricos, frente a menos del 1% que representan las ventas actuales en España (ver Figura 4). Este éxito en Noruega se basa en distintas estrategias: apoyo del gobierno eliminando casi todos los impuestos en la compra de los vehículos eléctricos así como eliminación de pagos por uso de vías preferentes, disponer de una amplia infraestructura de recarga y una generación eléctrica un 98% hidráulica (renovable y barata).

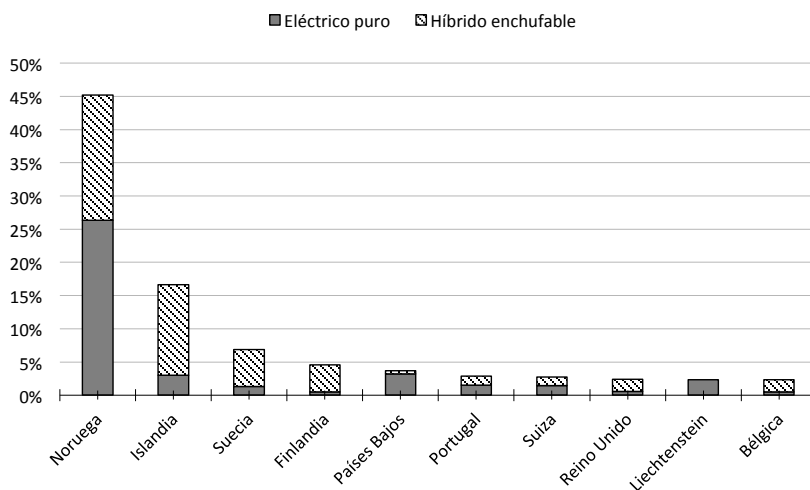
Los modelos de turismos eléctricos puros más vendidos son el Nissan Leaf, Renault Zoe y Volkswagen e-Gol, que copan el 50% de las ventas, mientras que los vehículos híbridos enchufables existe una gran variedad de modelos en el mercado y sus ventas no están tan

FIGURA 3
MATRICULACIONES DE TURISMOS EN ESPAÑA



Fuente: OVEMS

FIGURA 4
PAÍSES DE EUROPA CON MAYOR PORCENTAJE DE VENTAS DE TURISMOS ELÉCTRICOS



Fuente: EAFO

concentradas, salvo por el SUV Mitsubishi Outlander PHEV (ver Figura 5).

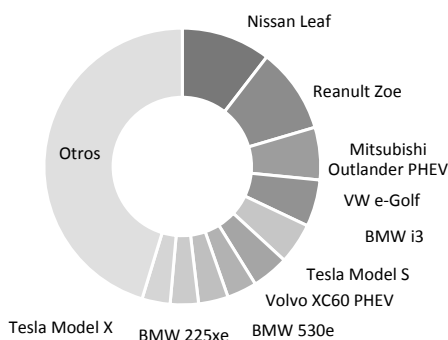
En la Figura 6 se muestra la evolución a lo largo de los años del número de estaciones de recarga de acceso público en España, clasificando estas infraestructuras en función de su potencia (6). Se observa que el crecimiento de la infraestructura de recarga es lineal, frente a un crecimiento exponencial del número de vehículos eléctricos. Este desacoplamiento podría dar lugar a un estancamiento del crecimiento de las ventas de vehículos eléctricos, y precisa de estrategia. Conforme a estos datos hay 7 coches eléctricos por estación de recarga pública, frente a los más de 400 vehículos de combustión por surtidor de gasolinera, (aunque juega en contra el hecho de éstos tengan una mayor autonomía y por tanto menor necesidad de recarga). (7)

TENDENCIAS DE LA MOVILIDAD EN EL FUTURO ↓

En el medio y largo plazo las tendencias de movilidad van a seguir evolucionando, incluso a mayor velocidad a la que lo ha hecho hasta hoy día, en concreto la futura distribución de la población marcará las exigencias de movilidad de las personas y mercancías, la cual se plasmará en función de la percepción social de los distintos medios de transporte y de la evolución técnica de los mismos.

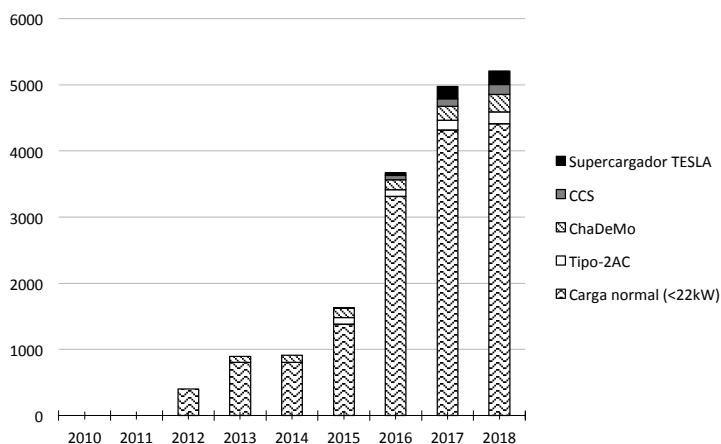
La despoblación de las zonas rurales hacia las zonas urbanas va a centrar más aún el problema de movilidad, de calidad del aire y ruido en las grandes ciudades en: el transporte privado, la necesidad de un transporte público más eficiente, y el reparto urbano de mercancías. En gran parte de los países se espera

FIGURA 5
MODELOS DE TURISMOS ELÉCTRICOS MÁS VENDIDOS EN 2018



Fuente: EAFO

FIGURA 6
ESTACIONES DE RECARGA EN ESPAÑA



Fuente: EAFO

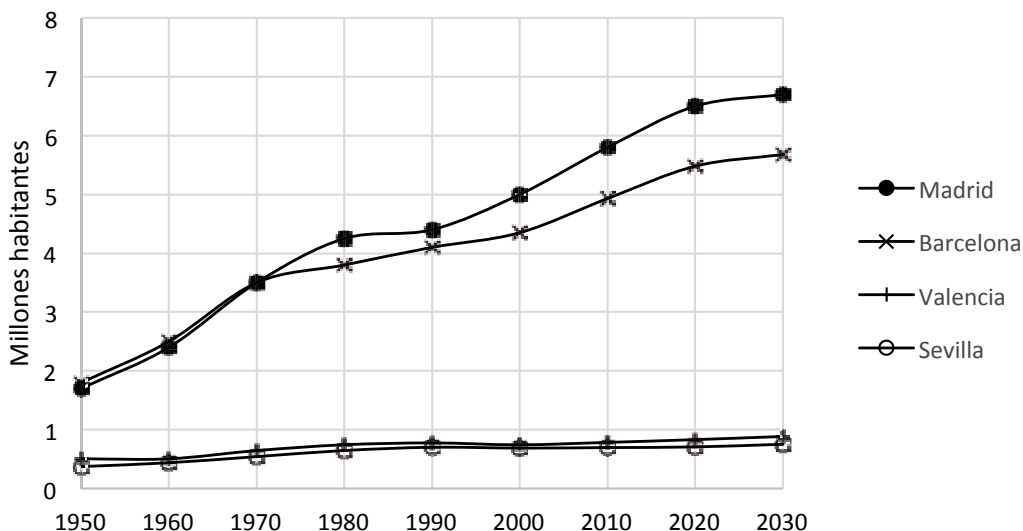
un crecimiento demográfico estable, que hará que el desarrollo de las ciudades progresivo y contenido, dando tiempo a establecer políticas de gestión de tráfico. Las grandes zonas urbanas como Tokio, Nueva York, Méjico, São Paulo seguirán siendo las mayores urbes a nivel mundial en los próximos años. En España se prevé que ciudades como Madrid y Barcelona sigan aumentando su población hasta 6.7 y 5.7 millones de habitantes respectivamente, mientras que el resto de las ciudades seguirán un pequeño crecimiento (ver Figura 7).

No obstante, el desarrollo urbano en las próximas décadas se centrará en países actualmente en vías de desarrollo, debido a un crecimiento elevado de la población y a un proceso progresivo de industrialización [WB, 2018]. Según estudios de largo plazo, en 2.100 las megaciudades se localizarán en su mayoría en África e India, tales como Lagos, Kinshasa o Mumbai, con más de 70 millones de personas (ver Tabla 3). Para garantizar un desarrollo sostenible urge una planificación de las infraestructuras, priorizando

el transporte público, así como medios compartidos, todos eléctricos.

La sociedad también está sufriendo una evolución en muchas dimensiones, que afecta directamente a la movilidad tanto en cantidad como en medios. Por un lado, gracias a las nuevas tecnologías de comunicación, se puede tener acceso al teletrabajo, que tiene un claro impacto sobre la frecuencia y duración de los viajes, el tráfico y por ende en la congestión y la contaminación (8). Estudios recientes indican que los viajes por trabajo se podrían reducir en un 10%. No obstante, la situación actual en España dista de ser así, menos de un tercio de las empresas ofrecen esta posibilidad. Además, es posible la aparición de un efecto rebote aumentando los desplazamientos en horas valle a los clientes o en el entorno cercano al trabajador. Por tanto, todo ello exige un estudio profundo de la gestión del trabajo en grandes ciudades [Verano, 2014]. Por otro lado, está aumentando la concienciación por el medioambiente de la sociedad en su conjunto, en especial por la calidad del

FIGURA 7
EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LAS CIUDADES ESPAÑOLAS EN 2030



Fuente: EuropaPress

TABLA 3
POBLACIÓN ESTIMADA DE LAS MEGACIUDADES

Posición	Ciudad	2010	Ciudad	2025	Ciudad	2050	Ciudad	2075	Ciudad	2100
1	Tokio	36.094	Tokio	36.400	Mumbai	42.404	Kinshasa	58.424	Lagos	88.345
2	Mexico	20.117	Mumbai	26.385	Delhi	36.157	Mumbai	57.862	Kinshasa	83.494
3	Mumbai	20.072	Delhi	22.498	Dhaka	35.193	Lagos	57.195	Dar Es Salaam	73.678
4	Beijing	19.610	Dhaka	22.015	Kinshasa	35.000	Delhi	49.338	Mumbai	67.240
5	Sao Paulo	19.582	Sao Paulo	21.428	Kolkata	33.042	Dhaka	46.219	Delhi	57.334

Fuente: [Hoonweg, 2014]. Datos en miles de habitantes.

aire en entornos urbanos, lo que mejora la predisposición al uso del transporte público, compartido o en vehículos sin emisiones.

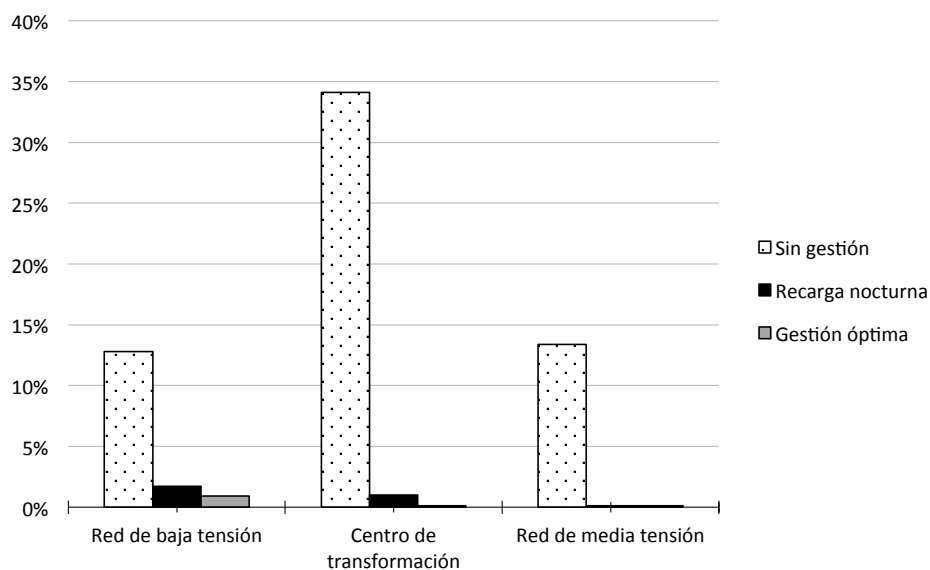
Todavía existen numerosos retos tecnológicos dentro del desarrollo de los vehículos eléctricos, tanto a nivel de componentes del vehículo como en la infraestructura de recarga. La evolución tecnológica de las baterías será un aspecto crítico, tanto en su potencia máxima de carga/descarga, en la energía que pueden almacenar (las distintas tecnologías deberán adaptarse a estos requisitos) y finalmente en el coste de adquisición de la misma. La potencia de carga permitirá una recarga más rápida y segura que la actual, que requerirá una potencia de más de 350kW (frente a valores actuales de 4 ó 50kW). Por otro lado, la energía de la batería irá en aumento hasta satisfacer una autonomía de hasta 1.000 km, y para ello será necesario disponer de una capacidad superior a 150kWh, que triplica la actual.

Respecto a la infraestructura de recarga, ésta quedará caracterizada por la demanda en potencia y energía de las baterías y por el sistema de conexión.

Actualmente es en la mayoría de los casos una conexión física de enchufe, que evolucionarán a sistemas más funcionales y seguros como el contacto con pantógrafo o las recargas inalámbricas.

Según estudios recientes la capacidad prevista de generación eléctrica permitirá integrar el crecimiento del consumo asociado a la carga de los vehículos eléctricos, de forma segura y con muy bajas emisiones de generación. No obstante su impacto en las redes de distribución eléctrica requiere una gestión inteligente de las recargas, dado que en caso contrario podría dar lugar a congestiones en la red de suministro que obliguen a reforzar dicha red (como se puede ver en la figura 8). Es importante considerar que en el proceso de recarga parte de la capacidad de la batería sería potencialmente gestionable, lo que supondrá disponer de un volumen de demanda flexible que podrá usarse como elemento de apoyo en la operación del sistema eléctrico y la red eléctrica. La gestión inteligente de parte de la recarga es fundamental para garantizar la eficiencia de las redes eléctricas y evitar inversiones ineficientes.

FIGURA 8
IMPACTO EN LOS COSTES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ANTE UNA RECARGA INTELIGENTE, GESTIONABLE O RECARGA SIN CONTROL



Fuente: [Frías, 2011]

LA TRANSICIÓN

Del análisis presentado en los apartados anteriores se puede concluir que la electrificación del transporte es un elemento imprescindible para garantizar la sostenibilidad de las ciudades, en un amplio sentido.

La pregunta natural es ¿cuándo y cómo se llegará al desarrollo de la electrificación en el transporte privado?

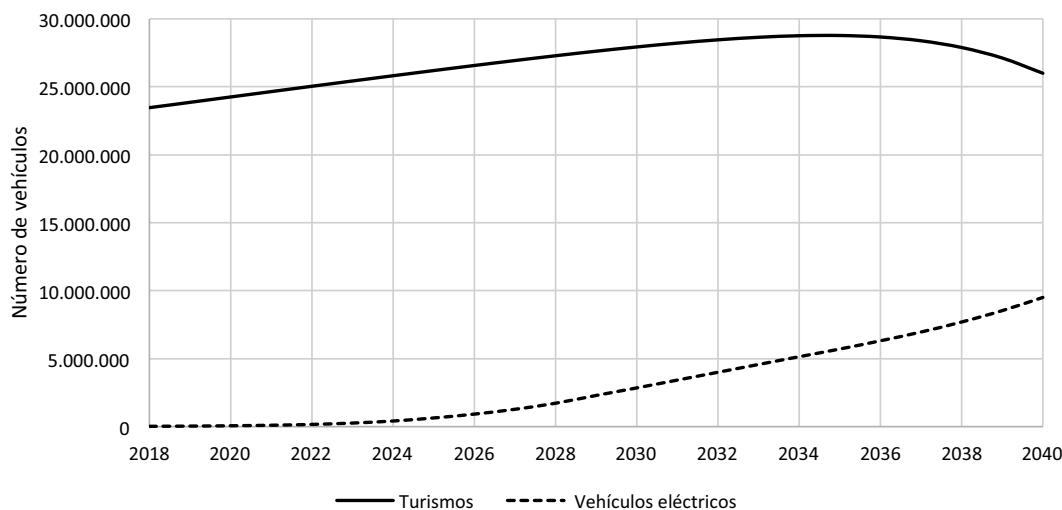
Los análisis llevados a cabo por organismos internacionales estiman que ante las políticas más favorables se podrá llegar en el mundo a cerca de 220 millones de vehículos eléctricos en 2030 [EV Outlook, 2018]. En los escenarios que se usan para España este número oscila entre 1 y 2,5 millones de vehículos para ese mismo año. [Expertos, 2018], que apenas supondrá cerca del 10% del parque automovilístico y se estima que se tardarán unos 20 años para una electrificación total del parque ante las políticas más favorables (9). Hay análisis más sofisticados que tienen en cuenta el efecto del uso compartido del transporte urbano y su efecto en la reducción del parque de automóviles, tal como se muestra en el Figura 9, que marcan tiempos similares.

Respecto a cómo se alcanzarán estas cifras se estima que, en el año 2030 en España un 15% de las ventas serán de coches eléctricos puros, 25% híbridos y 60% todavía vehículos de combustión [CEPSA, 2017]. Como competidor natural de los vehículos eléctricos, los vehículos de combustión van a seguir liderando las ventas en los próximos años, dado que las sucesivas mejoras tecnológicas o el cambio a combustibles como el gas, permitirán una reducción progresiva de las emisiones.

El elemento dinamizador fundamental para la transición será la regulación sobre movilidad. [EV Outlook, 2018], tanto internacional respecto a los límites cada vez más restrictivos de emisiones y medidas de independencia energética, como nacional en lo referente a incentivos al uso de vehículos no contaminantes o restricciones de circulación en las ciudades. Como se mencionó anteriormente es muy importante establecer una estrategia coordinada vertical y horizontal, entre autoridades locales y nacional y ministerios/consejerías. Esta coordinación es necesaria por su impacto en la economía del país.

En este sentido, es fundamental definir una fiscalidad efectiva a todo el parque automovilístico que integre el impacto medioambiental de los vehículos. Para ello hay que realizar un estudio detallado del impacto en todo el ciclo de vida del vehículo eléctrico, desde los componentes usados para su fabricación, el montaje, la circulación por las vías del país, y por último su achatarramiento. Para ello es preciso diseñar señales económicas claras para que «paguen quienes contaminen», y además incluirlas en aquellos conceptos donde el consumidor final pueda responder (por ejemplo centrar las señales en la compra del vehículo en lugar del consumo de combustibles), pero siempre teniendo en consideración a qué estamento afecta (recaudación local o estatal). En esta línea es importante incorporar las recomendaciones de las comisiones de expertos de reforma del sistema tributario en 2014 y de transición energética en 2018. En el proceso de diseño de esquemas de incentivos hacia la movilidad eléctrica no es sencillo, y debe identificar qué señales enviar a la compra de vehículos y a la infraestructura de re-

FIGURA 9
PROYECCIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA



Fuente: OVEMS

carga, dado que ambos elementos necesariamente exigen una coordinación.

Por otro lado es necesario realizar un cálculo sobre cómo la transición hacia una movilidad sostenible afecta a la balanza comercial como país. El impacto positivo del menor consumo de combustibles fósiles puede suponer un aumento de la importación de vehículos si éstos no se fabrican en España. Por ello, es necesario aprovechar la oportunidad no sólo de adaptar nuestra industria del automóvil, sino invertir en I+D+I para generar tecnología made-in-Spain con nuevas patentes, para que la transición aporte valor a la industria.

En conclusión, España necesita diseñar una estrategia coordinada de país para garantizar una transición hacia la movilidad sostenible eficaz y eficiente.

NOTAS

- [1] Tal como se recoge en el conocido documental «Who Killed the Electric Car?».
- [2] www.lavanguardia.com
- [3] Frente a lo más de 450 autobuses de gas natural comprimido que se prevén adquirir en Madrid entre 2019 y 2020 que, aunque cumplen con la normativa de emisiones Euro 6, distan mucho de los vehículos de cero emisiones eléctricos.
- [4] Países como Noruega donde no existe una industria automovilística, pueden tomar decisiones que afectan a ésta con una menor preocupación sobre su impacto.
- [5] Para entender las fuentes de información de matrículas de vehículos eléctricos, principalmente ANFAC en España y EAFO en Europa, es importante tener en cuenta las categorías de vehículos por tamaño: M1 turismos, N1/2 furgonetas o camiones

ligeros, M2/3 autobuses o autocares, L6e/L7e cuadríciclos; y las categorías de vehículos por combustible: gasolina, diésel, autogás (GLP), gas natural (GNC), híbrido (gasolina-electricidad) y eléctrico. El foco de este artículo es este último grupo, donde a su vez se establecen dos categorías de vehículos eléctricos: PHEV se refiere a híbridos enchufables (propulsados total o parcialmente mediante motores de combustión interna de gasolina/diésel y eléctricos, y donde el motor eléctrico deberá estar alimentado con baterías cargadas desde una fuente de energía externa), y BEV son eléctricos puros. En ocasiones se usa PEV de forma genérica para vehículos eléctricos que se pueden conectar a la red eléctrica.

- [6] Las estaciones de recarga se clasifican en: estándar para valores inferiores o iguales a 22 kW, estaciones de recarga de alta potencia para infraestructuras de más de 22 kW, dentro de las que se incluyen aquellas con conectores Tipo 2 AC, CHAdeMO, CCS y los Supercargadores de Tesla.
- [7] Bajo la hipótesis de 11500 gasolineras en España y 5 surtidores en cada una.
- [8] En Japón se ha promovido el teletrabajo para la reducción de la contaminación en las grandes ciudades como Tokio, Yokohama o Kioto.
- [9] En base a la tasa de reposición del parque de vehículos, que es actualmente de 1 millón de vehículos al año, teniendo en cuenta que el parque actual es de 25 millones de vehículos con una edad media de 12 años, se puede estimar que en el mejor de los escenarios se necesitarían 20 años en la electrificación completa del parque.

BIBLIOGRAFÍA

- [CEPSA, 2017] CEPSA, Energy Outlook 2030, 2017.
[Frías, 2011] P. Frías, C. Mateo, I.J. Pérez-Arriaga. Evalua-

ción del impacto de la integración del coche eléctrico en las redes de distribución de energía eléctrica. *Lychnos*. Cuadernos de la Fundación General CSIC. no. 6, pp. 56-61, Septiembre 2011

[Verano, 2014] D. Verano, H. Suárez, S. Sosa. El teletrabajo y la mejora de la movilidad en las ciudades. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Volume 20, Issue 1, January–April 2014, Pages 41-46.

[WB, 2018] *Urban sustainability Framework*. Global Platform for Sustainable Cities (GPSC). 2018 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

[Hoorweg, 2014] Daniel Hoorweg & Kevin Pope, *Socioeconomic Pathways and Regional Distribution of the*

World's 101 Largest Cities, January 2014, Global Cities Institute Working Paper No. 04.

[Automobils, 1994] Hans-Otto Neubauer, *Die Chronik des Automobils*, Gütersloh/München, Chronik-Verl., 1994.

[OVEMS] Observatorio del Vehículo Eléctrico y Movilidad Sostenible de la Universidad Pontificia Comillas – IIT, evobservatory.iit.comillas.edu

[EV Outlook, 2018] *Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification*. International Energy Agency.

[Expertos, 2017] Comisión de Expertos de Transición Energética. Análisis y propuestas para la descarbonización, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid, 2018