

# **ESTUDIO DE LA DESCARBONIZACIÓN PARCIAL DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO ESPAÑOL MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DE ÉSTE POR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y DE GAS NATURAL**

Ana Rodríguez Álvarez <sup>[\*]</sup>, María Belén Folgueras Díaz, Javier Izquierdo López <sup>[\*\*]</sup>

[\*] Alumno; <sup>[\*\*]</sup> Tutor(es)

[uo218214@uniovi.es](mailto:uo218214@uniovi.es)

Departamento de Energía. Universidad de Oviedo

## **RESUMEN**

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y en particular de CO<sub>2</sub>, ha llevado al sector de vehículos de automoción al desarrollo de nuevas tecnologías, así como a la utilización de combustibles alternativos a la gasolina y el gasóleo, que además tienen la ventaja de reducir la dependencia del petróleo.

Así, los objetivos del presente trabajo son dos:

- Mostrar algunas de las tecnologías del sector de automoción que emplean energías alternativas, concretamente gas natural y energía eléctrica, y compararlas con las tecnologías convencionales (vehículos diésel y de gasolina).
- Analizar hasta que punto se pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en España si se sustituyeran los vehículos diésel y de gasolina, que conforman el parque automovilístico del país, por vehículos que emplean gas natural y eléctricos puros.

Para estudiar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se produciría en el país, se considerarán dos supuestos:

1. Sustituir el parque de vehículos diésel y de gasolina de España por vehículos de gas natural (supuesto 1).
2. Sustituir el parque de vehículos diésel y de gasolina de España por vehículos eléctricos de baterías (supuesto 2).

Los resultados han mostrado que para el primer supuesto las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen un 32% y para el segundo supuesto un 67%. En el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013 – 2020 se establece como objetivo la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero en un 20% respecto a las del año 1990. En este trabajo se ha concluido que si se sustituyeran

todos los turismos españoles por vehículos eléctricos de baterías (supuesto 2) se contribuiría a la consecución de dicho objetivo aproximadamente en un 44%, lo que pone de manifiesto la necesidad de avanzar en esta dirección.

## **ABSTRACT**

The necessity to reduce emissions of greenhouse gases, particularly CO<sub>2</sub>, has led the automotive vehicle sector to develop new technologies. As well as the use of alternative fuels to gasoline and diesel which also have the advantage of reducing dependence on oil.

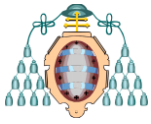
In this work, there are two aims:

- To introduce two new technologies: Vehicular Natural Gas and Electric Vehicles and compare them with conventional technologies (diesel and petrol vehicles).
- To study how could CO<sub>2</sub> emissions be reduced in Spain if diesel and petrol vehicles will be replaced by alternative energy vehicles (natural gas vehicles and electric battery vehicles).

The study of the reduction of CO<sub>2</sub> emissions that would occur in the country will be carried out two scenarios:

1. The replacement of the diesel and petrol vehicles fleet of Spain by natural gas vehicles (scenario 1).
2. The replacement of the diesel and petrol vehicles fleet of Spain by electric battery vehicles (scenario 2).

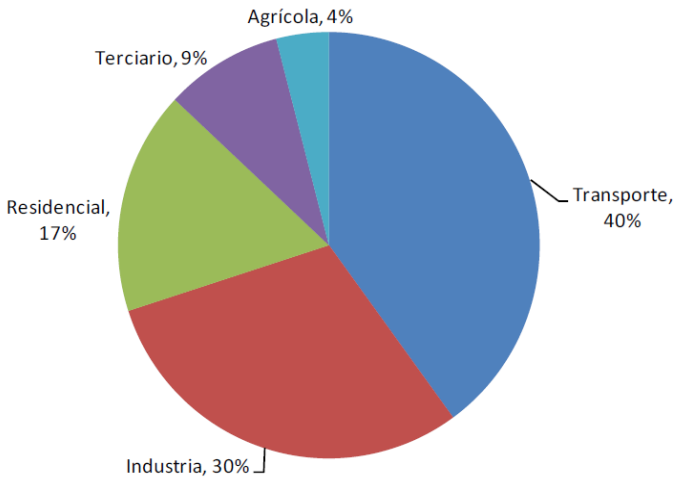
After the calculations, it has been observed that for the first scenario CO<sub>2</sub> emissions are reduced by 32% and for the second scenario they are reduced by 67%. In the European Energy and Climate Change Package 2013 – 2020, the aim is to reduce emissions of greenhouse gases



by 20% compared to 1990. In this work, the conclusion is that the best way to reduce CO<sub>2</sub> emissions in Spain is to replace all diesel and petrol vehicles with electric battery vehicles (scenario 2), and thus contribute to the achievement of this aim by 44% which demonstrates the need to move in this direction.

**INTRODUCCIÓN**

El sector Transporte es el principal consumidor de energía en España, dado que es el responsable del 40% del consumo de energía final nacional para usos energéticos, como se indica en la Figura 1.



**Figura 1: Distribución del consumo energético en España por sectores<sup>1</sup>**

Entre los diferentes modos de transporte, en España, el transporte por carretera supone el 80% del consumo sectorial, frente al 14% del transporte aéreo, el 3% del transporte ferroviario y el 3% de transporte marítimo<sup>2</sup>.

El sector se caracteriza por un alto nivel de motorización, siendo su riesgo principal la alta dependencia de una sola fuente de energía. Un 94,3% de la demanda corresponde a productos petrolíferos, lo que, sumado al impacto sobre el medio ambiente, hace imprescindible actuar de forma significativa sobre la eficiencia energética de este sector.

La sostenibilidad ambiental, o lo que es lo mismo, el cumplimiento de los objetivos internacionales en materia de emisiones de CO<sub>2</sub>, debe perseguirse con la promoción de dos líneas estratégicas. Por un lado, la del ahorro y la eficiencia energética, que además redundan en una mejora de la competitividad de la economía española, y por otro, la de la promoción de las energías renovables y la

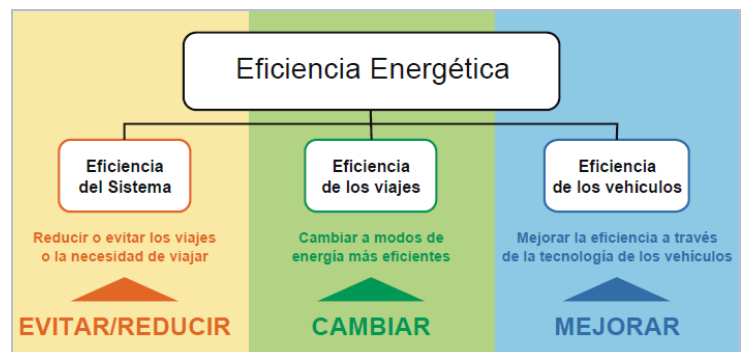
investigación de tecnologías alternativas no emisoras de CO<sub>2</sub>.

La eficiencia energética consiste en reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar los mismos productos y servicios, buscando la generación a partir de energías renovables y protegiendo el medio ambiente.

El transporte por carretera es un factor clave para el desarrollo social y económico y la cohesión de los distintos territorios. Sin embargo, tiene como contrapartida un elevado consumo energético y altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero.

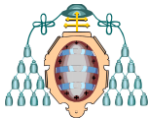
Por todo esto, es necesario fomentar la eficiencia energética en el transporte en tres niveles diferentes, tal como muestra la Figura 2:

- **Eficiencia del Sistema:** Se refiere a cómo se genera la demanda de transporte. Consiste en organizar el uso del suelo y las actividades sociales y económicas de tal manera que se reduzca la necesidad de transporte y el uso de combustibles fósiles.
- **Eficiencia de los viajes:** Se relaciona con el consumo de energía de los diferentes modos de transporte. Consiste en hacer uso de modos de energía eficientes, como el transporte público, y de modos no motorizados para reducir el consumo de energía por viaje.
- **Eficiencia de los vehículos:** Consiste en consumir tan poca energía como sea posible por kilómetro recorrido por los vehículos mediante el uso de tecnologías y combustibles avanzados, y optimizando el funcionamiento del vehículo (técnicas de conducción eficiente).



**Figura 2: El Sistema de Eficiencia Energética<sup>3</sup>**

En este trabajo sólo se van a analizar aquellos aspectos relacionados con la eficiencia de los vehículos, comparando dos tipos de vehículos alternativos (vehículo



a gas natural y vehículo eléctrico) con los vehículos convencionales (vehículo diésel y de gasolina).

Además, se va a llevar a cabo un estudio sobre la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en España, en el supuesto de que se sustituya el parque de turismos diésel y de gasolina existente en la actualidad en el país por vehículos de gas natural y eléctricos puros.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS QUE EMPLEAN GAS NATURAL Y ELÉCTRICOS**

Las principales opciones disponibles para sustituir la gasolina y el gasóleo derivados del petróleo, por combustibles alternativos en el sector del transporte son la electricidad, los biocarburantes, el gas natural (comprimido y licuado) y los gases licuados del petróleo.

#### ➤ **GAS NATURAL EMPLEADO EN LOS VEHÍCULOS<sup>4</sup>**

El gas natural es un combustible fósil extraído de yacimientos que no en todos los casos están asociados a los de petróleo. Es la energía de origen fósil que produce el menor impacto ambiental negativo, tanto por las propias características del producto, como por las tecnologías disponibles para su utilización. Su principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>), que se encuentra entre un 70%-90%, y que destaca por su alto punto de inflamabilidad (se quema fácil y completamente) y por su alta relación H/C. Estas características permiten que sus emisiones residuales de hidrocarburos tras la combustión (etano, propano, butano, pentano y pequeñas proporciones de otros gases) sean muy bajas en comparación con las de otros combustibles fósiles.

Como carburante, se usa por su combustión fácilmente regulable, su alto poder calorífico y la escasa contaminación que produce. El gas natural ocupa más volumen que los combustibles líquidos tradicionales, por lo que para su aplicación en el transporte debe ser comprimido o licuado. Se puede encontrar de dos formas: Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Natural Licuado (GNL).

El gas natural comprimido es el gas metano en estado gaseoso, por lo que ocupa bastante volumen a pesar de la compresión. Se caracteriza por estar almacenado en los vehículos en botellas a temperatura ambiente y una presión de 200 bar (en España). Por otro lado, el gas natural licuado es el gas criogenizado (enfriado a unos 160°C bajo cero), por lo que se vuelve líquido y ocupa mucho menos espacio. Se almacena y transporta en recipientes muy bien aislados para mantenerlo en estado líquido. Tanto si el vehículo está compuesto por un

depósito de gas natural comprimido como por un depósito de gas natural licuado, el motor se alimenta con gas natural en forma gaseosa. Las equivalencias del gas natural respecto a los combustibles convencionales sobre la base del poder calorífico superior se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1: Equivalencias del gas natural<sup>5(\*)</sup>**

1 kg de GNC <sup>6(**)</sup>		1 m <sup>3</sup> de GNL <sup>7(***)</sup>
1,5 l Gasolina	1,3 l Gasóleo	580 Nm <sup>3</sup> de GN <sup>(****)</sup>

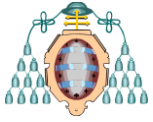
(\*) El contenido de metano en el gas natural corresponde a un valor medio del 92,4%.

(\*\*) La temperatura y la presión del GNC son 15°C y 200 bar, mientras que las del GNL son -161°C y 1 atm.

(\*\*\*) La temperatura y la presión del gas natural en condiciones normales son 0°C y 1 atm.

El gas natural puede utilizarse en los motores actuales con algunas modificaciones. La mayoría de los vehículos a gas natural funcionan con motores de combustión interna de encendido provocado con bujías, y son similares a los vehículos de gasolina, difiriendo de estos en los mecanismos de almacenamiento y alimentación del combustible. La utilización del gas natural como combustible en motores introduce algunas mejoras de tipo general, como son la mayor duración de los lubricantes y de las bujías de encendido, y un aumento de la vida del motor. El grado de reducción de las emisiones, así como su potencia y par motor, dependen de la forma de adaptación del motor para utilizar el gas natural, que puede ir desde una simple sustitución de combustible hasta el diseño completo del motor. Actualmente, existen tres tecnologías del gas natural en la automoción<sup>8</sup>:

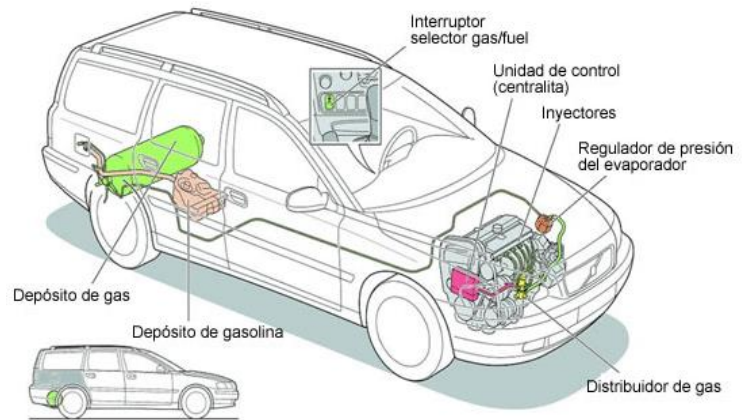
- **Mono-fuel:** Consiste en la conversión de un motor diésel a uno 100% de gas natural, modificando su sistema de ignición por fuente eléctrica (chispa), usando el gas natural como único combustible. Es una transformación intensiva, ya que se deben reemplazar y modificar elementos principales del motor como son la tapa de cilindros, los segmentos, los pistones, las válvulas, el árbol de levas, etc. La bomba de inyección de gasóleo es reemplazada por un sistema de control electrónico, incorporando bobinas de encendido individuales por cámara de combustión, con montaje directo en la tapa de cilindros. Se incorporan también sensores de control que miden los parámetros de funcionamiento del motor (presión de aceite, temperatura de los gases de escape y del refrigerante, revoluciones por minuto, posición del acelerador y oxígeno). Tienen la ventaja de que han sido diseñados para



funcionar con gas natural, asegurando una eficiencia máxima y emisiones de CO<sub>2</sub> mínimas. Algunos de los vehículos con este tipo de motores cuentan con un depósito adicional de reserva de gasolina, que puede ser usado si se agota el depósito de gas natural.

- Bi-fuel: Consiste en incorporar a un motor de gasolina un kit compuesto por una serie de elementos que hacen posible un segundo sistema de alimentación, siendo el sistema de gas natural el principal (70%) y dejando como sistema secundario el de gasolina (30%), empleando así la gasolina para la ignición en el momento del arranque o como alternativa cuando se agote el combustible gaseoso.
- Dual-fuel: Consiste en realizar sobre el motor conexiones periféricas que permiten que el mismo trabaje o bien sólo con gasóleo o bien con una combinación de gasóleo y gas natural. En el segundo caso, el sistema opera mezclando gasóleo y gas natural en la cámara de combustión. Un mezclador con diseño especial introduce gas natural en la toma de aire del motor que es encendido cuando se inyecta el gasóleo, actuando de chispa para encender el gas, siendo el gas natural el más importante para la generación de potencia. La relación aire-gas-gasóleo está controlada electrónicamente por medio de válvulas específicas que logran reducir las emisiones, disminuir el consumo y aumentar la potencia. Existen dos tipos de motores Dual-fuel, los de inyección indirecta en los que la proporción de gas natural y gasóleo que se utiliza en cada momento depende de la carga y del ciclo de trabajo, pudiendo funcionar con un porcentaje de sustitución por gas natural de hasta el 80%. Y los de inyección directa (HPDI), cuyo modo de funcionamiento es el de un ciclo Diésel, empleando el gasóleo para conseguir que se produzca la combustión, y alcanzando así un porcentaje de sustitución por gas natural superior al 90%.

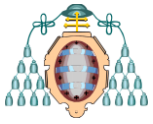
A continuación, se muestra en la Figura 3 el esquema general de un vehículo que utiliza gas natural como combustible.



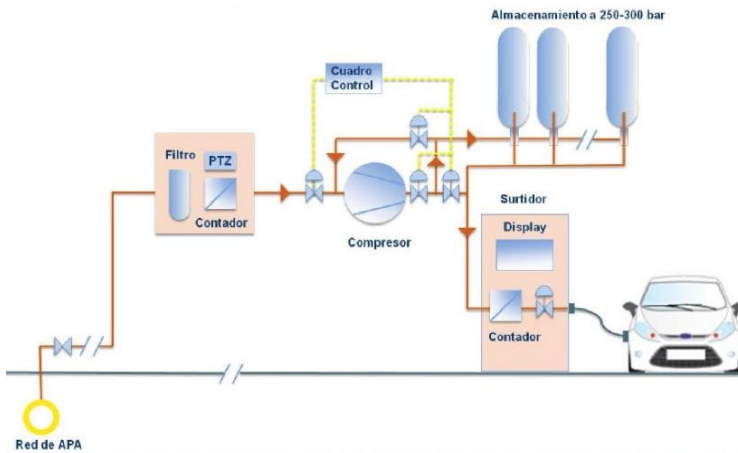
**Figura 3: Esquema de un vehículo de gas<sup>9</sup>**

Uno de los mayores inconvenientes de los vehículos que utilizan gas natural como combustible es el tamaño y peso de los depósitos de combustible. Actualmente, se empiezan a utilizar depósitos fabricados con materiales con los que disminuye apreciablemente su peso. Por otra parte, las estaciones de repostaje para los vehículos de gas natural son escasas en el país, aunque son equivalentes a las estaciones de servicio tradicionales.

Una estación de servicio de gas natural comprimido<sup>10</sup> (GNC) aspira el gas natural del gasoducto, lo comprime hasta 250 bar y lo carga en los depósitos de los vehículos a una presión máxima de 200 bar, como se muestra en la Figura 4. El gas natural llega hasta la estación de servicio a través del gasoducto, donde generalmente se encuentra a presiones entre los 2 bar y los 16 bar. Un compresor específico de GNC aspira el gas natural del gasoducto y lo eleva a una presión de 250 bar. El GNC comprimido es enviado al almacenaje, compuesto por un grupo de botellas de alta presión a 250 bar, este almacenaje es el que garantiza que la estación tenga una presión constante de combustible y que esté listo para ser comercializado. Desde el conjunto de almacenaje el GNC se conduce por una canalización de alta presión hasta los dispensadores específicos, que son los dispositivos con los que se abastece el GNC a los vehículos rápidamente y de manera similar a los de combustibles líquidos. Normalmente, cada dispensador tiene dos mangueras flexibles de alta resistencia para poder cargar dos vehículos simultáneamente, poseyendo cada una su correspondiente sistema de medición. Todos estos procesos están gestionados por un tablero principal de control, que determina el momento de compresión del gas natural, controla la presión, el envío de gas del compresor al almacenaje y la utilización de los surtidores. Además de



esto, el tablero registra todos los datos de carga para el control de las ventas realizadas.



**Figura 4: Esquema de una estación de GNC<sup>11</sup>**

En una estación de gas natural licuado<sup>10</sup> (GNL), el gas es transportado hasta la planta por un camión cisterna y descargado en el tanque de almacenamiento criogénico. El impulso del GNL desde el camión cisterna al tanque se realiza mediante una bomba centrífuga incorporada en el camión. El GNL está almacenado a una presión de 15 bar a temperatura criogénica de -160°C, siendo una bomba criogénica centrífuga sumergida la encargada de impulsarlo y hacerlo circular desde el tanque hasta el dispensador cuando es requerido, tal como se muestra en la Figura 5. Antes de llegar al dispensador, pasa por un acondicionador que se encarga de regular la presión del GNL para poder suministrarlo a los diferentes tipos de camiones, ya que cada uno trabaja a una temperatura de suministro diferente. Después se procede a su suministro mediante dispensador, que lo proporciona a presiones entre 5 bar y 18 bar dependiendo de las necesidades de cada camión.



**Figura 5: Esquema de una estación de GNL**

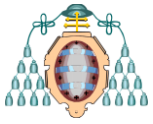
Los vehículos de gas natural son generalmente muy limpios en términos de emisiones, de ahí que sea una alternativa a la reducción del impacto ambiental respecto a los combustibles derivados del petróleo. En concreto, sus emisiones casi nulas de partículas en suspensión

constituyen una ventaja añadida cuando un vehículo de gas natural sustituye a uno convencional. A esto hay que añadir que la combustión del gas natural, por su composición química, emite mucho menos CO<sub>2</sub> que los combustibles derivados del petróleo (en torno a un 25% menos que la gasolina y un 10%-15% menos que el gasóleo por unidad de masa consumida). Por otro lado, el gas natural permite una oxidación más completa que la gasolina y el gasóleo, debido a una cadena carbonada más corta, por lo que las emisiones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC), así como las partículas sólidas carbonadas se verán reducidas. En el ámbito urbano, sin embargo, debido al mejor rendimiento de los motores diésel a bajas cargas, la ventaja de los vehículos de gas natural respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> desaparece, siendo dichas emisiones similares en ambos motores.

#### ➤ VEHÍCULO ELÉCTRICO<sup>4</sup>

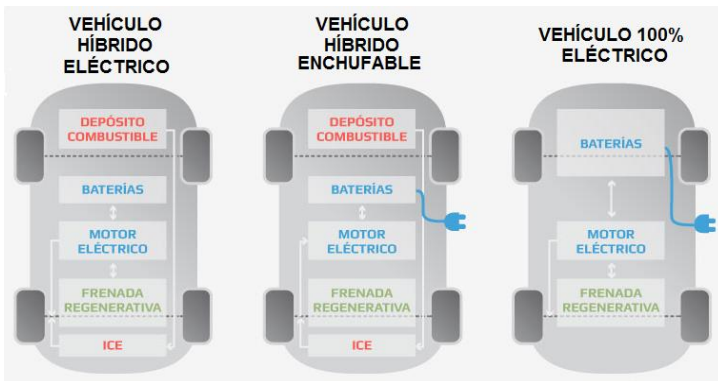
El concepto de “vehículo eléctrico” engloba a todos aquellos vehículos que utilizan para su propulsión la energía eléctrica, empleando para ello un motor eléctrico en lugar de o junto con un motor de combustión y un conjunto de baterías en sustitución del o junto con el depósito de combustible. Actualmente, tal como muestra la Figura 6, existen los siguientes tipos de vehículos eléctricos<sup>12</sup>:

- Vehículo híbrido eléctrico: Están equipados con un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imán permanente. En marcha constante, el motor de combustión interna (ICE) impulsa tanto al tren motor como al motor eléctrico. En los adelantamientos se obtiene potencia adicional del motor eléctrico, alimentado por las baterías. En la frenada, el motor eléctrico actúa como generador, recuperando parte de la energía cinética. A bajas velocidades, es sólo el motor eléctrico el que impulsa al vehículo. Al parar, el motor de combustión se apaga evitando así el consumo de combustible. Al arrancar, el motor eléctrico suministra la energía necesaria, a mayor par que el que alcanza el motor de combustión.
- Vehículo híbrido enchufable: Están equipados con el mismo mecanismo que el de los vehículos híbridos eléctricos, pero con la diferencia de que las baterías se pueden recargar enchufándolas a la red eléctrica. Así, los primeros kilómetros de rodaje se pueden realizar sólo con la parte eléctrica del vehículo.



- Vehículo 100% eléctrico: Son aquellos que se impulsan con la fuerza que produce un motor alimentado por electricidad. El motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Utiliza la energía química guardada en una o varias baterías recargables que se pueden enchufar a la red, transformándola en energía eléctrica durante la descarga y, produciéndose la transformación inversa durante la carga. Puede estar equipado con sistemas de frenos regenerativos que permiten recargar la batería en los momentos de desaceleración y frenado.

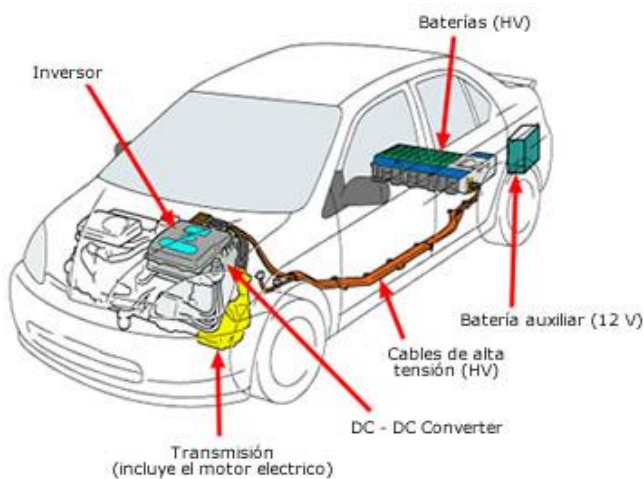
Las baterías son el sistema de almacenamiento de la energía en los vehículos eléctricos, lo que equivale al combustible en vehículos con motor térmico. Hasta el momento, las baterías presentan el inconveniente de su gran peso y baja autonomía. La batería ideal para un vehículo eléctrico debería tener una alta energía específica (kWh/kg), una alta densidad de energía (kWh/m<sup>3</sup>), una alta potencia específica (W/kg), un ciclo de vida útil largo, un tiempo de recarga corto y también debería ser segura, reciclable y económica. Los tipos de baterías<sup>14</sup> que existen actualmente son los siguientes:



**Figura 6: Tipos de vehículos eléctricos y sus componentes<sup>12</sup>**

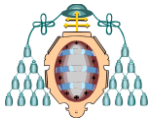
- **Batería de plomo-ácido:** Son las baterías más usadas en los vehículos eléctricos. Son muy económicas y fáciles de reciclar. Sin embargo, tienen baja energía específica y baja densidad de energía, por lo que son muy pesadas y tienen una autonomía limitada.
- **Batería de níquel-cadmio:** Tienen mayor energía específica (unos 55 Wh/kg) y mayor densidad de energía que las baterías de plomo-ácido. Sin embargo, debido a que el cadmio es un metal muy contaminante, en el año 2002 una Directiva Europea prohibió su instalación en vehículos nuevos.
- **Batería de níquel-metalhidruro:** Tienen una energía específica de alrededor de 90 Wh/kg y ciclos de vida útil muy largos. Son reciclables y relativamente benignas con el medioambiente, dado que el ánodo está hecho con una aleación de metales no pesados.
- **Batería de ion-litio:** Tienen una energía específica muy alta, de aproximadamente 150 Wh/kg, y ciclos muy largos de vida útil pero actualmente está prohibido su uso en vehículos eléctricos.

A continuación, se muestra en la Figura 7 el esquema básico de un vehículo eléctrico.



**Figura 7: Esquema de un vehículo eléctrico<sup>13</sup>**

El vehículo eléctrico representa una oportunidad de optimizar la curva de demanda de electricidad y de aprovechamiento de la energía renovable excedentaria de la noche. El consumo de electricidad tiene una variación diaria muy marcada y bastante predecible. A partir de las doce de la noche el consumo de electricidad decrece rápidamente y llega a un mínimo por la madrugada (hora valle), hacia las seis de la mañana comienza a crecer otra vez llegando a su máximo a media mañana (hora punta), se reduce ligeramente hacia el mediodía y tiene un pico secundario a última hora de la tarde (hora punta). Como la mayor parte de la electricidad excedentaria no se puede almacenar, es necesario mantener el sistema de generación eléctrica funcionando continuamente con una estrategia que permita tanto cubrir la demanda básica como los picos de demanda que puedan producirse. En



ciertos momentos de las horas valle, la demanda de energía eléctrica es menor que la producción, por lo que se crea un excedente. Es, por tanto, deseable fomentar la recarga nocturna de los vehículos eléctricos, permitiendo a su vez cargas diurnas ocasionales a fin de que el usuario no vea limitada la autonomía del vehículo. Existen diferentes tipos de recarga<sup>15</sup> para los vehículos eléctricos:

- Recarga super-lenta: Se realiza cuando la intensidad de corriente se limita a 10 A, demandando unos 2,3 kW de potencia como máximo. La instalación es de corriente alterna monofásica. La recarga completa de las baterías de un vehículo eléctrico medio, entre unos 22 kWh a 24 kWh de capacidad, puede durar entre diez y doce horas.
- Recarga lenta o normal: Se realiza a 16 A, demandando unos 3,6 kW de potencia. La instalación es de corriente alterna monofásica. Recargar las baterías de un vehículo eléctrico medio puede durar entre seis y ocho horas.
- Recarga semi-rápida: Se realiza a una potencia de unos 22 kW en una instalación de corriente alterna trifásica. La recarga de las baterías de un vehículo eléctrico medio puede durar entre una hora y un cuarto.
- Recarga rápida: Se realiza a potencia muy elevada, entre 44 kW y 50 kW, en una instalación de corriente alterna trifásica. La recarga de las baterías de un vehículo eléctrico medio puede durar media hora o menos. Lo normal es que no se haga una recarga del 100%, sino en torno al 80% o 90%.

Actualmente conviven en el mercado varios modos de recarga y varios tipos de conectores. En función de las características del terminal de recarga y del vehículo a cargar, existen los siguientes modos de recarga<sup>8</sup> (Norma IEC 61851-1):

- Modo 1: Es una recarga super-lenta con conexión a una toma doméstica convencional, por lo que la potencia está limitada a la de la toma. No existe comunicación entre el vehículo y la toma, por eso está orientada a la recarga de motocicletas y bicicletas eléctricas. El tipo de conector utilizado es el conector doméstico Schuko.
- Modo 2: Es una recarga super-lenta con conexión del vehículo eléctrico a una toma de corriente convencional con grado bajo de conexión a la red. El cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que sirve para verificar la correcta

conexión del vehículo a la red de recarga. Se puede seguir usando un conector Schuko.

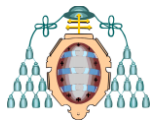
- Modo 3: En función de la potencia entregada puede ser una recarga normal, semi-rápida o rápida, con conexión a un terminal dedicado que permite la carga en monofásico o trifásico. El equipo de recarga dispone de protecciones eléctricas y un conector específico con función de hilo piloto para la gestión del proceso de carga. Los tipos de conectores que se pueden utilizar son el conector SAE J1772, Mennekes, Combinado o Scame.
- Modo 4: Es una recarga rápida con conexión del vehículo eléctrico a un punto de recarga con funciones de conversión de corriente alterna a corriente continua. Dispone de un hilo piloto para el control del proceso de carga. El tipo de conector utilizado es el conector CHAdeMO.

En la Figura 8 se muestran los diferentes tipos de conectores que pueden emplearse en la recarga de los vehículos eléctricos enchufables.



**Figura 8: Tipos de conectores para recarga de vehículos eléctricos<sup>16 17 18 19 20</sup>**

Los vehículos eléctricos, al no tener emisiones atmosféricas en el punto de uso, son una alternativa a los vehículos de motor térmico muy atractiva para zonas urbanas con mucho tráfico, en las que la calidad del aire entraña problemas de salud. Sin embargo, un análisis completo de los beneficios medioambientales de los vehículos eléctricos ha de considerar las emisiones asociadas a la producción y suministro de la electricidad empleada para recargar las baterías. Estas emisiones, lógicamente, varían de un país a otro en función del mix de generación eléctrico.



Al igual que otros vehículos que emplean combustibles alternativos, los vehículos de gas natural, y sobre todo los vehículos eléctricos, se caracterizan por presentar costes de inversión más altos, pero inferiores en combustible, frente a los vehículos de carburantes convencionales. En relación al coste del combustible, se presenta a continuación la Tabla 2, que compara el precio de los combustibles convencionales (gasóleo y gasolina) con los dos combustibles alternativos (GNC y electricidad).

**Tabla 2: Precio de los carburantes el 25/03/2017<sup>21 22 23</sup>**

Gasóleo A <sup>21</sup>	Sin Plomo 95 <sup>21</sup>	GNC <sup>22</sup>	VE <sup>23</sup>
€/l		€/kg	€/kWh
1,23	1,114	0,883	0,108

### ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LOS VEHÍCULOS DE GNC, ELÉCTRICOS Y CONVENCIONALES

Las mayores contribuciones a las emisiones de contaminantes a la atmósfera provienen en la actualidad del sector transporte, fundamentalmente del tráfico rodado. A pesar de la reducción de las emisiones unitarias por vehículo debido a las mejoras tecnológicas y a la aprobación de legislación de control de emisiones, el peso de este sector sobre el total de las emisiones sigue siendo importante, sobre todo por el aumento del parque de vehículos circulantes.

Existe una necesidad e interés cada vez mayor en evaluar la influencia del tráfico en la contaminación atmosférica y estudiar las posibles vías de mejora de calidad del aire, tales como el cambio de los combustibles, el uso de vehículos menos contaminantes, la limitación del número de vehículos en circulación, etc. Por ello, se va a llevar a cabo un estudio sobre la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se produciría en España en los dos siguientes supuestos:

1. Sustituir el parque de vehículos diésel y de gasolina de España por vehículos de gas natural.
2. Sustituir el parque de vehículos diésel y de gasolina de España por vehículos eléctricos de baterías.

Para obtener el número de vehículos que componen el parque de vehículos de España, se ha empleado un archivo Excel descargado de la página oficial de la DGT y que contiene las series históricas del parque de vehículos en los últimos años<sup>24</sup>. Para realizar el estudio planteado, sólo se van a utilizar los datos de vehículos que consumen gasolina y gasóleo. Además, se utilizarán los datos del año

más reciente del que se dispone información, que en este caso es el año 2015. En la Tabla 3, se muestra el resumen del parque de vehículos diésel y de gasolina de España en el año 2015.

**Tabla 3: Resumen del parque de vehículos de España en el año 2015<sup>24</sup>**

TURISMOS			
Gasolina	Diésel	TOTAL	%
9.677.594	12.665.275	22.342.869	72,26
CAMIONES Y FURGONETAS			
Gasolina	Diésel	TOTAL	%
503.728	4.343.585	4.847.313	15,68
AUTOBUSES			
Gasolina	Diésel	TOTAL	%
243	58.676	58.919	0,19
MOTOCICLETAS			
Gasolina	Diésel	TOTAL	%
3.071.077	2.122	3.073.199	9,94
TRACTORES INDUSTRIALES			
Gasolina	Diésel	TOTAL	%
0	195.657	195.657	0,63
OTROS VEHÍCULOS			
Gasolina	Diésel	TOTAL	%
124.542	275.905	400.447	1,30
<b>TOTAL VEHÍCULOS</b>		<b>30.918.404</b>	

Como se puede observar, los turismos constituyen el 72% del parque de vehículos español, por lo que para simplificar los cálculos que se van a llevar a cabo en los dos supuestos del estudio, sólo se tendrán en cuenta este tipo de vehículos.

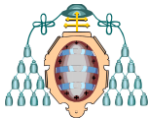
Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> que se necesitan para calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> que producen los diferentes tipos de vehículos se recogen en la Tabla 4.

**Tabla 4: Factores de emisiones de CO<sub>2</sub><sup>25 26</sup>**

Gasolina <sup>25</sup>	Gasóleo <sup>25</sup>	GNC <sup>25</sup>	Eléctrico <sup>26</sup>
kg CO <sub>2</sub> /l		kg CO <sub>2</sub> /kg	kg CO <sub>2</sub> /kWh
2,4	2,6	2,2	0,294

Debe tenerse en cuenta que los vehículos eléctricos de baterías no emiten CO<sub>2</sub> en la propulsión, pero obtienen de





la red eléctrica la energía que emplean. Por lo tanto, las emisiones finales de un vehículo eléctrico dependen del tipo de energías primarias empleadas en la generación de energía eléctrica en cada país, que a su vez cambian cada año. Las emisiones que aparecen en la Tabla 4 se han obtenido para el mismo año que los datos del parque de vehículos, el año 2015.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del consumo de cada vehículo, puesto que el factor de emisión está expresado por unidad de consumo (Tabla 4). Dado que el parque automovilístico español está constituido por diversos modelos con consumos muy dispares, para poder estimar sus emisiones y compararlas con los supuestos planteados, se ha considerado que los consumos medios de los vehículos diésel y de gasolina corresponden aproximadamente a los de los modelos siguientes:

- Modelo de gasolina: Toyota Auris 120T Active. Potencia de 116 CV (85 kW) y consumo medio homologado de 4,8 l/100 km<sup>27</sup>
- Modelo de gasóleo: Toyota Auris 115D Advance. Potencia de 111 CV (82 kW) y consumo medio homologado de 4,3 l/100 km<sup>28</sup>

El hecho de considerar que todos los vehículos diésel y de gasolina del parque nacional corresponden a los modelos anteriormente indicados supone adoptar una postura conservadora, puesto que existen múltiples vehículos con consumos superiores a los indicados. Concretamente, en España, existen más de 3 millones de vehículos activos que tienen más de 20 años de antigüedad, siendo la edad media del parque automovilístico de 11,6 años<sup>29</sup>.

A continuación, en la Tabla 5, se muestra el resumen de la antigüedad de los turismos de España en el año 2016.

**Tabla 5: Antigüedad de los turismos españoles en el año 2016<sup>29</sup>**

> 100 años	De 100 a 50 años	De 50 a 25 años	De 25 a 10 años	< 10 años
82	113.138	2.192.270	11.357.056	9.214.284

Por otra parte, para determinar la reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> al emplear vehículos que funcionan con gas natural y vehículos eléctricos, se han considerado los siguientes modelos que presentan potencias y prestaciones similares a los anteriores:

- Modelo de gas natural comprimido: Volkswagen Golf TGI. Potencia de 110 CV (81 kW) y consumo medio homologado de 3,5 kg/100 km<sup>30</sup>
- Modelo eléctrico de baterías: Volkswagen e-Golf. Potencia de 115 CV (84 kW) y consumo medio homologado de 12,7 kWh/100 km<sup>31</sup>

Multiplicando el consumo indicado para cada vehículo por los correspondientes factores de emisión de CO<sub>2</sub> (Tabla 4) se obtienen las emisiones producidas por estos al recorrer 100 km. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6: Emisiones de CO<sub>2</sub> para los cuatro modelos**

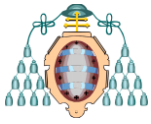
Gasolina	Diésel	GNC	Eléctrico
kg CO <sub>2</sub> /100 km			
11,52	11,18	7,70	3,73

Como puede observarse en la Tabla 6, las emisiones del vehículo eléctrico son mucho menores que las de los otros vehículos analizados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que éstas dependen del mix de generación eléctrico y serán tanto menores cuanto mayor sea la participación de las energías renovables en el mismo. A pesar de que el factor de emisión del vehículo de gasolina es menor que el del diésel, su menor rendimiento y, por consiguiente, su mayor consumo para el mismo recorrido provoca que las emisiones cada 100 km sean ligeramente mayores en el vehículo de gasolina.

Para calcular las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> producidas por cada uno de los tipos de turismos de referencia considerados, se emplea la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Emisiones CO}_2}{\text{Turismo}} = \frac{\text{Emisiones CO}_2}{100 \text{ km}} \times \frac{\text{Recorrido Medio Anual}}{\text{Turismo}}$$

En el año 2004, tanto en el caso de turismos como de furgonetas, la distancia media recorrida por vehículo superaba los 14.000 km anuales. La movilidad de los turismos experimentó un crecimiento espectacular desde 1950 hasta 2004 que presentó valores medios del 8% anual<sup>32</sup>. No se han encontrado datos de movilidad correspondientes al año 2015. Sin embargo, es muy probable que la crisis económica de 2008 y la fuerte elevación de los precios del petróleo que se produjo en el periodo 2009 – 2011<sup>33</sup> haya ralentizado e incluso paralizado el crecimiento experimentado por la movilidad del parque automovilístico en algún momento, por lo que se considerará que el recorrido medio anual de los turismos en el año 2015 fue de 15.000 km. Este valor supone asumir un crecimiento anual medio en el periodo 2004 – 2015 del 0,65%.



Finalmente, para estimar las emisiones anuales producidas por el parque automovilístico español en el año 2015 en el caso base, constituido por vehículos convencionales, y en los dos supuestos analizados, se emplea la siguiente expresión:

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{N}^\circ \text{Turismos} \times \text{Emisiones CO}_2/\text{turismo}$$

A continuación, se realizan los cálculos descritos para el caso base y cada uno de los dos supuestos considerados:

➤ **CASO BASE (PARQUE AUTOMOVILÍSTICO CONVENCIONAL)**

Las emisiones anuales producidas por un turismo de gasolina son las siguientes:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 11,52 \text{ kg CO}_2/100 \text{ km} \times 15.000 \text{ km} = 1.728 \text{ kg CO}_2$$

Las emisiones anuales producidas por todos los vehículos de gasolina son:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 9.677.594 \times 1.728 \text{ kg CO}_2 = 16.722.882 \text{ t de CO}_2$$

Las emisiones anuales producidas por un turismo diésel son:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 11,18 \text{ kg CO}_2/100 \text{ km} \times 15.000 \text{ km} = 1.677 \text{ kg CO}_2$$

Las emisiones anuales producidas por todos los vehículos diésel son:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 12.665.275 \times 1.677 \text{ kg CO}_2 = 21.239.666 \text{ t de CO}_2$$

El total de emisiones anuales de CO<sub>2</sub> producidas por los vehículos convencionales es:

$$\text{Total} = 16.722.882 + 21.239.666 = 37.962.549 \text{ t de CO}_2$$

➤ **SUSTITUCIÓN DE LOS TURISMOS DIÉSEL Y DE GASOLINA POR TURISMOS DE GAS NATURAL (SUPUESTO 1)**

Las emisiones anuales producidas por un turismo de gas natural son las siguientes:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 7,70 \text{ kg CO}_2/100 \text{ km} \times 15.000 \text{ km} = 1.155 \text{ kg CO}_2$$

Las emisiones anuales producidas al sustituir todos los vehículos convencionales por turismos de gas natural son:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 22.342.869 \times 1.155 \text{ kg CO}_2 = 25.806.014 \text{ t de CO}_2$$

➤ **SUSTITUCIÓN DE LOS TURISMOS DIÉSEL Y DE GASOLINA POR TURISMOS ELÉCTRICOS DE BATERÍAS (SUPUESTO 2)**

Las emisiones anuales producidas por un turismo eléctrico de batería son las siguientes:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 3,73 \text{ kg CO}_2/100 \text{ km} \times 15.000 \text{ km} = 560 \text{ kg CO}_2$$

Las emisiones anuales producidas al sustituir todos los vehículos convencionales por turismos eléctricos de baterías son:

$$\text{Emisiones CO}_2 = 22.342.869 \times 560 \text{ kg CO}_2 = 12.513.571 \text{ t de CO}_2$$

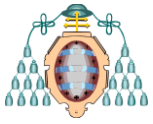
A continuación, en la Tabla 7, se comparan los resultados obtenidos en el caso base y en los dos supuestos.

**Tabla 7: Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en el caso base y en los dos supuestos analizados**

Convencionales	Alternativos	
	Caso base	Supuesto 1
t de CO <sub>2</sub> / año		
37.962.549	25.806.014	12.513.571

Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> correspondientes al sector transporte español en el año 2014 fueron de 79.002.300 t de CO<sub>2</sub><sup>34</sup>. Si se compara dicho valor con el del caso base analizado, se obtiene que éste representa aproximadamente un 48% de las emisiones totales del sector. Este resultado tiene sentido si se tiene en cuenta que en el sector transporte existen otros muchos vehículos (camiones, furgonetas, autobuses, motocicletas, etc.) que son responsables de una parte importante de las emisiones de este sector.

Como puede observarse en la Tabla 7, las menores emisiones de CO<sub>2</sub> se producen en el supuesto 2, es decir si todo el parque de vehículos se sustituyera por vehículos eléctricos de baterías. Para este supuesto, las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen en un 67% respecto al caso base y dicha reducción sería mayor si en el mix de generación



eléctrica español se aumentara el porcentaje de participación renovable.

La Unión Europea aprobó en 2008 el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013 - 2020, que establece objetivos concretos, que se tienen que alcanzar en el año 2020, en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Concretamente, se persigue una reducción de dichas emisiones de un 20% respecto los niveles de 1990<sup>35</sup>. Adicionalmente, el Consejo Europeo de octubre de 2014 ha aprobado para 2030 el objetivo de alcanzar una reducción del 40% de las emisiones de gases efecto invernadero.

El parque automovilístico español produce casi la cuarta parte de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero en España (24%)<sup>35</sup>. El proceso de combustión de los motores genera también emisiones contaminantes locales que tienen efectos nocivos tanto para la salud como para el medioambiente. La elevada concentración de vehículos en núcleos urbanos convierte al vehículo en la principal fuente de contaminación de la ciudad.

Los vehículos que emplean energías alternativas son soluciones tecnológicas que ayudarán a cumplir los distintos compromisos exigidos por el marco legislativo y el entorno internacional. La legislación relativa a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> fija objetivos muy exigentes para 2020 (95 g/km para turismos y 147 g/km para furgonetas), lo que obliga a los fabricantes a progresar en el sentido de introducir en el mercado estos vehículos<sup>35</sup>.

Según los distintos escenarios contemplados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, para poder mantener el incremento de la temperatura media global por debajo de 2°C, es necesario mantener la concentración de CO<sub>2</sub> equivalente en la atmósfera en valores no superiores a 450 ppm en volumen en el año 2100, por lo que las emisiones globales de gases de efecto invernadero en 2050 tendrán que estar comprendidas entre valores un 40% y un 70% inferiores a las de 2010, y nulas o incluso negativas en el año 2100<sup>34</sup>.

En el año 1990, España emitió 285.933 kt equivalentes de CO<sub>2</sub><sup>34</sup>. Debe tenerse en cuenta que dichas emisiones equivalentes comprenden, no sólo las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), SF<sub>6</sub>, que son otros gases de efecto invernadero. Por tanto, de acuerdo con el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013 – 2020, en el año 2020 dichas emisiones deben reducirse en 57.187 kt equivalentes de CO<sub>2</sub>. Si se aplicaran las condiciones del supuesto 2, se conseguiría contribuir a dicho objetivo en un 44%. Este resultado pone de manifiesto la necesidad

de aplicar medidas de estas características para poder cumplir los compromisos medioambientales adquiridos, contribuyendo de este modo a paliar los efectos negativos del cambio climático.

## CONCLUSIONES

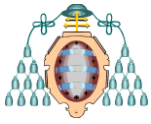
El uso del gas natural como combustible en el transporte se ha convertido en una alternativa viable e inmediata para reducir la dependencia del petróleo, máxime con la explotación en los últimos años de nuevos yacimientos de gas natural. Adicionalmente, desde el punto de vista medioambiental, el empleo del gas natural en automoción aporta múltiples ventajas. Su composición exenta de azufre, plomo u otros metales pesados evita la emisión a la atmósfera de estos componentes y, su fácil combustión, la de partículas sólidas en suspensión. Sus características permiten minimizar las emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos, y emplear catalizadores que minimicen las emisiones de óxidos de nitrógeno. Además, los vehículos de gas natural generan menores niveles de emisión sonora y vibraciones.

Por otro lado, la evolución tecnológica en el campo de las baterías y en la integración de sistemas que permiten combinar tecnología eléctrica y de combustión en la propulsión de los automóviles, es un factor importante para el desarrollo del vehículo eléctrico. El empleo de la electricidad permite disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a mejorar la calidad del aire y a reducir la contaminación acústica.

En el presente trabajo, se ha realizado un estudio sobre la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en España mediante la sustitución del parque de turismos diésel y de gasolina por vehículos de gas natural y eléctricos de baterías. Se han tenido en cuenta los dos siguientes supuestos al objeto de establecer cuál sería la mejor opción para reducir las emisiones del sector transporte en España:

1. Sustituir el parque de turismos diésel y de gasolina por vehículos de gas natural (supuesto 1).
2. Sustituir el parque de turismos diésel y de gasolina por vehículos eléctricos de baterías (supuesto 2).

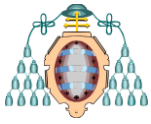
A partir de los cálculos realizados, se ha llegado a la conclusión de que, entre las dos opciones estudiadas, la mejor para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en España es la sustitución de todos los turismos diésel y de gasolina por vehículos eléctricos de baterías. En este caso, se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> un 67%, frente al 32% obtenido en el supuesto 1. Esta reducción tan significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuiría a alcanzar el 44% del



objetivo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2020 establecido en el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013 – 2020.

## REFERENCIAS

1. Ministerio de Fomento. Plan de ahorro, eficiencia energética y reducción de emisiones en el transporte y la vivienda [Internet]; 2011 [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.istas.ccoo.es/descargas/11040601P3PlanAhorroenerg%C3%A9tico.pdf>
2. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020 [Internet]. [actualizado 30 de abril de 2014, citado 24 de mayo de 2017]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/NEEAP\\_2014\\_ES-es.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/NEEAP_2014_ES-es.pdf)
3. GIZ. Transporte Urbano y Eficiencia Energética [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A\\_Sourcebook/SB5\\_Environment%20and%20Health/GIZ\\_SUTP\\_SB5h\\_Urban-Transport-and-Energy-Efficiency\\_ES.pdf](http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB5_Environment%20and%20Health/GIZ_SUTP_SB5h_Urban-Transport-and-Energy-Efficiency_ES.pdf)
4. Idae.es [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.idae.es/>
5. Gasnam.es [Internet]. [citado 6 de junio de 2017]. Disponible en: [http://gasnam.es/wp-content/uploads/2016/02/Tabla\\_equivalencias\\_GAS\\_NAM\\_SEDIGAS.pdf](http://gasnam.es/wp-content/uploads/2016/02/Tabla_equivalencias_GAS_NAM_SEDIGAS.pdf)
6. Brc.it [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.brc.it/es/cos-e-il-metano.asp>
7. Ham.es [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.ham.es/venta-de-gnl/>
8. Fundación de la Energía. Guía de eficiencia energética en la movilidad y el transporte urbano [Internet]. Madrid; 2014 [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Eficiencia-Energetica-en-la-Movilidad-y-el-Transporte-Urbano-fenercom-2014.pdf>
9. Aficionadosalamecanica.com [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://www.aficionadosalamecanica.com/glp\\_motores.htm](http://www.aficionadosalamecanica.com/glp_motores.htm)
10. Santisteban JM. Estación de servicio de gas natural licuado y comprimido para vehículos, Proyecto Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía [Internet]. España; 2015 [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://oa.upm.es/35443/7/PFC\\_JOSE\\_MANUEL\\_SANTISTEBAN\\_ARRIBAS.pdf](http://oa.upm.es/35443/7/PFC_JOSE_MANUEL_SANTISTEBAN_ARRIBAS.pdf)
11. Automocion.com [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://ca-automocion.com/productos/estaciones-de-servicio/estaciones-de-servicio-gnv/>
12. Endesavehiculoelectrico.com [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <https://www.endesavehiculoelectrico.com>
13. Aficionadosalamecanica.net [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>
14. IDAE. Combustibles y vehículos alternativos [Internet]; 2005 [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10297\\_TREATISE\\_CombustiblesVehiculosAlternativos\\_A2005\\_d9d8d6b3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10297_TREATISE_CombustiblesVehiculosAlternativos_A2005_d9d8d6b3.pdf)
15. Faen.es [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://www.faien.es/batterie/Recarga\\_vehiculo\\_electrico.pdf](http://www.faien.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf)
16. Enchufix.com [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.enchufix.com/base-enchufe-estanca-gris-de-superficie-legrand-plexo.html>
17. Solvingev.com [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://solvingev.com/charger-type/j1772>
18. Pérez, JA. Recarga de vehículos eléctricos [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.blogmecanicos.com/2014/07/recarga-de-vehiculos-electricos.html>



19. Arquitectsolar.com [Internet]; 2016 [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://blog.arquitectsolar.com/todo-sobre-la-recarga-de-coches-electricos-wallbox/>
20. Walter-emobil.de [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://walter-emobil.de/?page\\_id=129](http://walter-emobil.de/?page_id=129)
21. Dieselogasolina.com [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.dieselogasolina.com/>
22. Geoportal.es [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <http://geoportalgasolineras.es/#/Descargas>
23. Tarifaluzhora.es [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: [http://tarifaluzhora.es/?tarifa=coche\\_electrico](http://tarifaluzhora.es/?tarifa=coche_electrico)
24. Dgt.es [Internet]. [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/series-historicas/>
25. Clean Air Institute. Metodologías para la estimación de emisiones de transporte urbano de carga y guías para la recopilación y organización de datos [Internet]; 2013 [citado 5 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.cleanairinstitute.org/cops/wp-content/uploads/2013/03/Metodologias-del-transporte-de-carga-Junio-2013.pdf>
26. Fernández, S. Calculando las emisiones de CO<sub>2</sub> de un coche eléctrico en España [Internet]; 2016 [actualizado 13 de enero de 2016, citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <http://forococheelectricos.com/2016/01/calculando-las-emisiones-de-co2-de-un-coche-electrico-en-espana.html>
27. Km77.com [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.km77.com/precios/toyota/auris/2015/auris-12-turbo>
28. Km77.com [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.km77.com/precios/toyota/auris/2015/auris-115d-advance>
29. Anuario General 2016 - Anuario-estadistico-general-2016.pdf [Internet]. [citado 6 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/anuario-estadistico-general/Anuario-estadistico-general-2016.pdf>
30. Motorpasion.com [Internet]; 2014 [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/volkswagen/volkswagen-golf-tgi-otra-opcion-mas-en-espana-a-gnc>
31. Electromaps.com [Internet]. [citado 1 de abril de 2017]. Disponible en: <https://www.electromaps.com/coches-electricos/volkswagen/e-golf>
32. FITSA. Barómetro de Movilidad y Emisiones del Parque de Automoción. Madrid; 2006
33. 20minutos.es [Internet]. [citado 6 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/2653191/0/causas-efectos/crisis-petroleo-barato/perjudicados-beneficiados/>
34. Foro de la Industria Nuclear Española. Energía 2016 [Internet]. Madrid; 2016 [citado 6 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.foronuclear.org/es/publicaciones-y-documentacion/publicaciones/periodicas/122392-energia-2016>
35. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (VEA) en España (2014-2020) [Internet]. Madrid; 2015 [citado 6 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/estrategia-impulso-vehiculo-energias-alternativas/Documents/Estrategia-Impulso-Vehiculo-Energ%C3%ADas%20Alternativas-VEA-Espa%C3%B1a-2014-2020.pdf>