



# Combustibles de automoción

Revisión y análisis  
comparativo de diferentes  
opciones





## Contenido

1.	Resumen ejecutivo .....	1
2.	Introducción.....	3
3.	Emisiones de GEI.....	5
3.1	Evolución de la eficiencia en motores de combustión interna y tendencias futuras.....	6
3.2	Análisis WtW (WtT + TtW) .....	7
3.2.1	Carburantes Convencionales (gasóleo y gasolina).....	8
3.2.2	Uso de biocombustibles en altos porcentajes.....	9
3.2.3	Gas natural.....	12
3.2.4	GLP .....	16
3.2.5	Vehículo eléctrico .....	17
3.2.6	Hidrógeno .....	19
4.	Emisiones gases regulados .....	20
4.1	Evolución en motores de combustión interna y tendencias futuras.....	22
5.	Costes de cada tecnología .....	24
5.1	Costes del motor .....	24
5.2	Costes de la energía por tipo de tecnología (Perspectiva del usuario) .....	26
6.	Conclusiones .....	30
7.	Documentación de referencia .....	32
8.	Glosario de acrónimos .....	33

## 1. Resumen ejecutivo

Este documento tiene como **objetivo analizar, de forma rigurosa y abarcando toda la cadena de producción, transformación, distribución y uso, los aspectos medioambientales y económicos de cada una de las alternativas a los combustibles para el transporte por carretera que se plantean actualmente**. Este análisis se centra fundamentalmente en la comparativa de los llamados combustibles alternativos, que la Comisión Europea quiere fomentar a través de Directivas como la 2014/94/UE relativa a infraestructuras para el suministro de dichos combustibles.

Las **políticas de clima y energía en Europa** apuntan hacia una economía baja en carbono y tienen como objetivo central la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Existen razones objetivas que justifican que el sector del transporte forme parte esencial de estas políticas europeas:

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector transporte, a pesar de la reducción en los últimos ejercicios y de las medidas de eficiencia energética ya implantadas, presentan una senda divergente respecto a la del resto de sectores, impulsada por las mayores necesidades de movilidad tanto de personas como de mercancías. El transporte representa el 21% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> en el ámbito comunitario.
- En cuanto al consumo, el sector del transporte supone casi el 30% del consumo de energía final en la UE; además, existe en este sector una elevada dependencia energética de los derivados del petróleo (93%), que en su mayor parte deben ser importados (90%).

Por todo lo anterior los responsables del diseño de las políticas europeas han iniciado un debate sobre cómo debe contribuir el transporte en la consecución de los objetivos medioambientales fijados para el año 2030. Al mismo tiempo, los sectores de actividad afectados por estas políticas exigen criterios de factibilidad técnica, viabilidad económica y neutralidad tecnológica y fiscal a fin de asegurar que las políticas y medidas supongan el menor coste posible para la sociedad.

En este sentido, la **mejora de la eficiencia de los motores y la búsqueda de fuentes de energía alternativas** para el transporte son las dos principales alternativas para alcanzar estos objetivos de reducción de GEI. Es importante señalar que el análisis de dicha reducción no puede limitarse a las emisiones en el vehículo, sino que debe abarcar toda la cadena de producción y de uso de cada alternativa, mediante un análisis “del pozo a la rueda” (“Well to Wheels”), en el que, además de las emisiones de GEI, se analice cuánta energía es necesaria emplear para cada caso (eficiencia energética).

Además de las emisiones recogidas en este tipo de análisis, existen otras que no se recogen aquí (fabricación de vehículo y gestión de los residuos generados durante su uso y al final de su vida útil) y que deberían tenerse en cuenta en un análisis completo de ciclo de vida de las diferentes alternativas.



De este análisis se concluye que **el potencial de mejora de los motores de gasóleo y gasolina es todavía muy alto**: se estima que los motores de combustión interna futuros (motor de gasolina o de gasóleo de inyección directa 2020+) emitirán un 25-30% menos de CO<sub>2</sub> y consumirán un 25-30% menos de energía que los homologados en 2010.

Los **vehículos híbridos** de gasolina o gasóleo son los que mayor potencial de reducción de emisiones de GEI y de consumo presentan. Si a los vehículos con motor de gasolina evolucionado se les incorpora un sistema de hibridación eléctrica, la mejora es de un 34% adicional (mejora del 64% en comparación con un motor de gasolina homologado en 2010). Para el caso de los motores Diesel, el potencial de mejora es del 25% adicional (mejora del 50% respecto a los motores homologados en 2010).

El uso de gases licuados del petróleo (**GLP**) es favorable en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> (10-15% menos emisiones por kilómetro) y en términos de eficiencia energética frente a la gasolina y frente al gas natural comprimido (GNC) procedente de fuentes convencionales, pero no frente al gasóleo.

El uso de **GNC en el transporte** presenta ventajas en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> comparado con la gasolina (20% menos emisiones de GEI por kilómetro), pero presenta mayores emisiones de CO<sub>2</sub> si se compara con el gasóleo (hasta un 20% más de emisiones por kilómetro). Desde un punto de vista energético, para orígenes convencionales del gas natural, es la opción menos eficiente.

Respecto al **vehículo eléctrico**, se presenta como una opción con potencial en cuanto a mejora de eficiencia energética y reducción de emisiones de GEI, aunque todavía es una tecnología poco madura que tiene su punto débil en los procesos de fabricación del automóvil y sobre todo en las baterías, no solo por su alto coste y escasa capacidad de almacenar energía (poca autonomía) frente al resto de alternativas, sino también por las altas emisiones de CO<sub>2</sub> que generaría su sustitución cuando resultara necesario.

Adicionalmente, la **preocupación por la calidad del aire** en los núcleos urbanos ha llevado en los últimos 20 años a que la UE haya enfocado sus políticas medioambientales hacia la reducción de gases contaminantes con efecto local (NO<sub>x</sub>, CO, HCs y partículas). La continua reducción de los límites máximos de emisión de estos gases contaminantes en motores de automoción, ha hecho que **los vehículos más modernos de gasóleo y gasolina se puedan considerar vehículos limpios** con niveles de emisiones contaminantes, para el caso de la gasolina, equivalentes a cuando se utilizan alternativas en forma de gas (GLP o GNC).

## 2. Introducción

En 1895, Karl Benz fabricó el primer automóvil con motor de explosión. Pocos años más tarde, Rudolf Diesel patentó un motor de combustión interna mucho más eficiente que los existentes en esa época, el cual se alimentaba con aceite vegetal. Dicha invención supuso un hito para el desarrollo del sector de automoción. Desde entonces, los vehículos han experimentado cambios tecnológicos constantes que han implicado, además del desarrollo del propio motor, una **evolución constante de los combustibles, los lubricantes y los procesos asociados con su producción**. Las demandas continuas de innovación han implicado tener que enfrentarse a retos tecnológicos no resueltos hasta ese momento, buscando soluciones económicamente aceptables para la sociedad.

Las políticas de calidad del aire iniciadas en Europa en los años 90 han supuesto una **evolución tecnológica continua del binomio motor-combustible**. Por ejemplo, la introducción de catalizadores en los sistemas de post-tratamiento de los gases de escape, implicó que la industria petrolera tuviera que desarrollar tecnología para producir carburantes sin azufre y lubricantes de altas prestaciones adaptados a esas nuevas tecnologías de motor. Gracias a estos avances tecnológicos, los motores actuales emiten, comparados con los homologados en 1992, treinta veces menos partículas y siete veces menos HC+NO<sub>x</sub> para el caso del diésel y diez veces menos NO<sub>x</sub> en el caso de la gasolina.

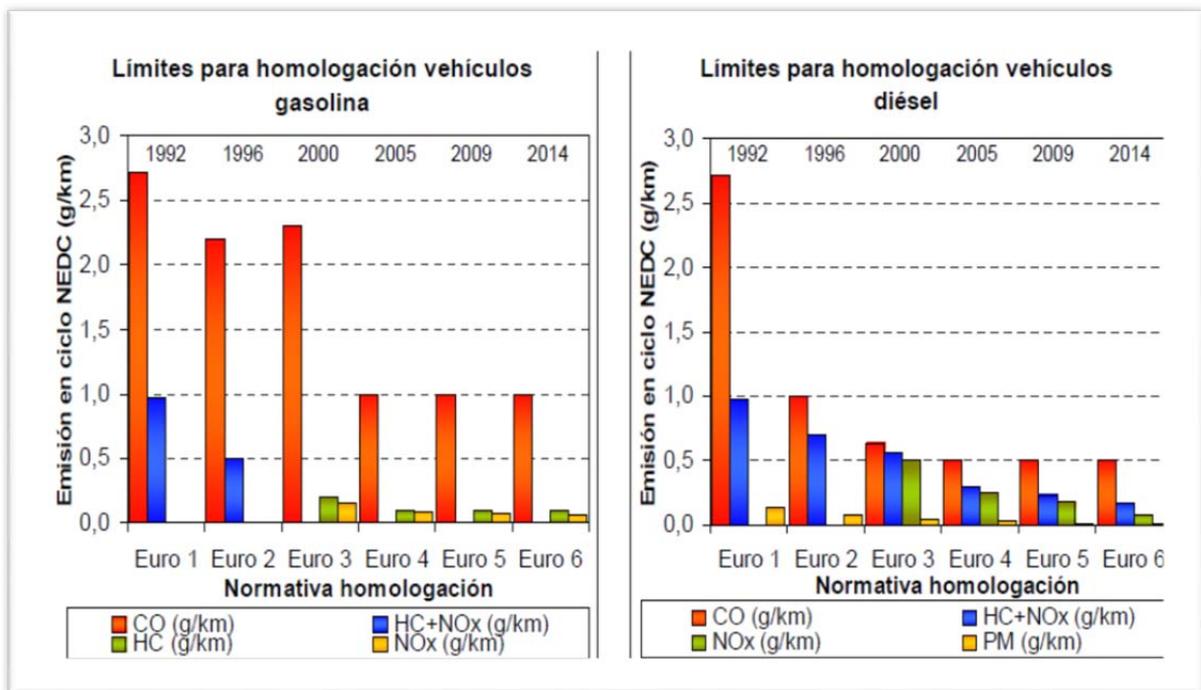


Figura 1. Fuente: Centro de Tecnología Repsol en base a información de la CE

La evolución del automóvil sigue sin signos de desaceleración. **El reto actual más importante para la industria es aumentar la eficiencia energética del transporte sin aumentar, e incluso disminuyendo, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de contaminantes locales.**

**El transporte es el responsable del 21% de las emisiones de GEI de la UE**, las emisiones en el año 2012 fueron un 17% superiores a las del año 1990 (véase figura 2). Sin embargo, en los últimos años de este periodo la tendencia ha cambiado y desde 2007 se observa una disminución del 9% en los niveles de emisión.

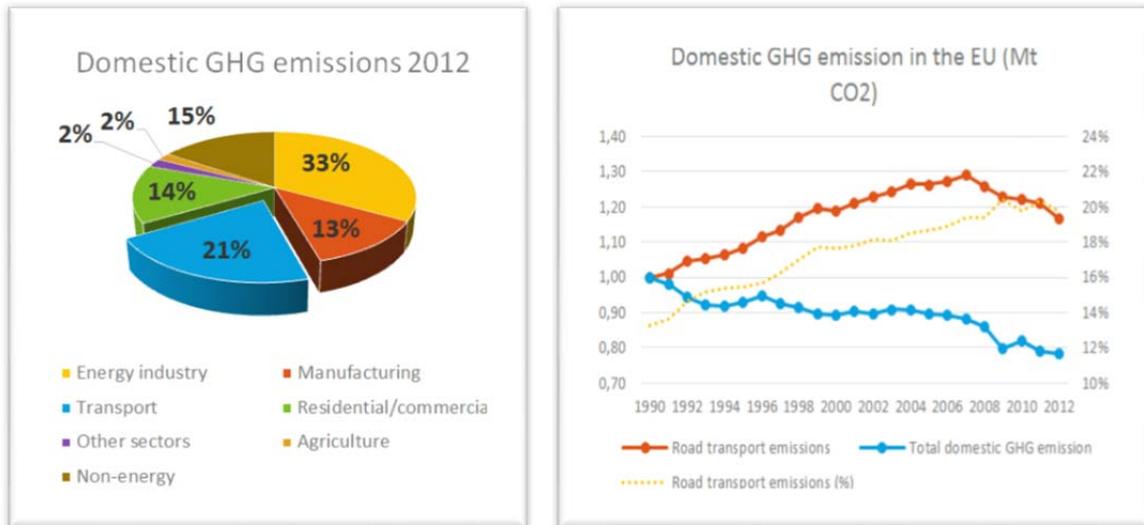


Figura 2. Fuente: FuelsEurope (2015)

Como puede verse en la figura 3, en Europa, dentro del sector transporte, **el transporte por carretera es el responsable del 94% de las emisiones de GEI**. De la flota de vehículos europea, el 60% son vehículos de pasajeros (PC, por sus siglas en inglés), el 25% son vehículos pesados (HDV, camiones para transporte de mercancías o autobuses) y el 15% son vehículos industriales ligeros (LCV, furgonetas).



Figura 3. Fuente: ACEA basado en Eurostat (2014), DG EN(2013), TRACCS(2013) and IPCC(2007) y DG MOVE Pocket book (2014)



Las políticas de clima y energía de la Unión Europea de cara a las próximas décadas (periodo 2020-30 e incluso a 2050), presentan **objetivos medioambientales muy ambiciosos** en términos de reducción de emisiones de GEI, los cuales implicarán cambios revolucionarios en el concepto de movilidad y de vehículo.

En la actualidad la energía para el transporte por carretera se suministra mayoritariamente en forma de gasolina y gasóleo. Sin embargo, existen otras opciones, como los biocombustibles, los gases licuados del petróleo (GLP), el gas natural (GNL o GNC) o la electrificación del transporte que podrían satisfacer una parte de esta demanda de energía.

### 3. Emisiones de GEI

Tal y como ya se ha indicado, en este informe se abordan las **emisiones de GEI durante la fase producción de la energía, transformación, transporte y uso en los vehículos**. Para ello se utiliza la metodología WtW (“Well to Wheels”). Además de las emisiones recogidas en este tipo de análisis, existen otras (asociadas a la fabricación de vehículo y gestión de los residuos generados durante su uso y al final de su vida útil), que no se han considerado por no existir información contrastable disponible para poder realizar un análisis completo de ciclo de vida de las diferentes alternativas.

**En el transporte por carretera, las emisiones de GEI dependen principalmente de dos factores: del consumo del vehículo y del tipo de carburante que utilice dicho vehículo.** Europa ha fijado un objetivo obligatorio de emisiones de CO<sub>2</sub> para la flota de vehículos vendida en 2020 de 95 gCO<sub>2</sub>/km lo que supone una disminución de las emisiones de GEI en los vehículos de aproximadamente un 30% respecto al año 2010. Esta tendencia no es aislada, ya que países como Japón, China, India, Canadá o EE.UU también han fijado objetivos para el año 2020 o 2030 que suponen niveles de mejora similares a los de Europa. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que Europa quiere dar continuidad a esta tendencia de cara a 2030 fijando objetivos aún más ambiciosos.

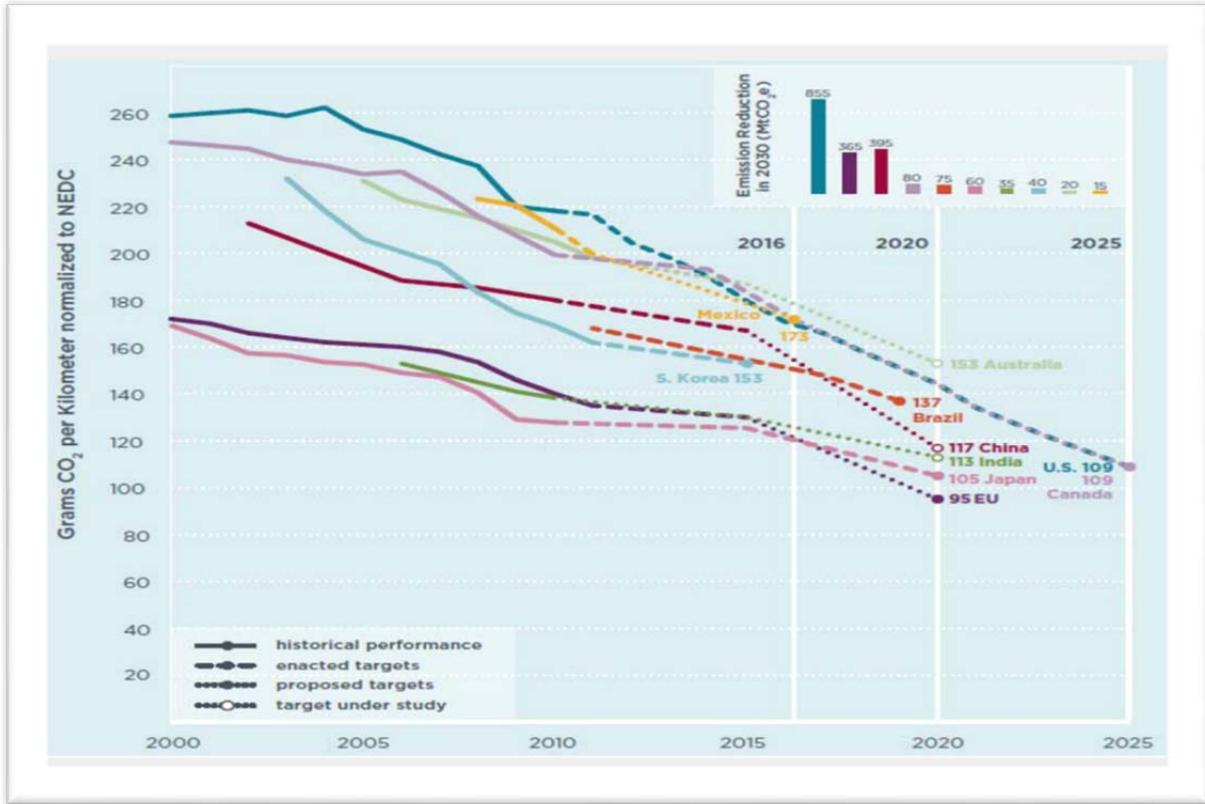


Figura 4. Fuente: ICCT (2012)

### 3.1 Evolución de la eficiencia en motores de combustión interna y tendencias futuras

Para alcanzar estos objetivos será necesaria, en general para todos los segmentos de vehículos, una **evolución de los motores actuales con una mejora significativa de su eficiencia** y en algunos segmentos, la combinación del motor de combustión con sistemas de propulsión eléctrica (hibridación). A la hora de valorar cómo será este cambio, es muy importante valorar el **sobre-coste que los vehículos de cada segmento serán capaces de asumir**. Combinando ambos factores (objetivos de reducción de CO<sub>2</sub> y sobre-coste de cada tecnología) el análisis de la **tendencia en la evolución de cada segmento** muestra cómo (véase figura 5):

- La tecnología de los motores de combustión interna (gasóleo y gasolina) tiene capacidad de mejora suficiente para cumplir los objetivos de reducción de CO<sub>2</sub> fijados en 2020 en vehículos pequeños, medianos e incluso parte de los más grandes (los correspondientes al segmento D).
- Los vehículos más pequeños tenderán a equiparse mayoritariamente con motores de gasolina muy eficientes.

- Según aumenta el tamaño de los vehículos, el grado de penetración del motor diésel es mayor, al igual que el grado de hibridación eléctrica necesario para alcanzar, sobre todo, los objetivos post 2020.
- Para los segmentos de vehículos más grandes (segmentos E y F) la hibridación eléctrica predominará sobre el motor de gasóleo para poder alcanzar el objetivo fijado para 2020.

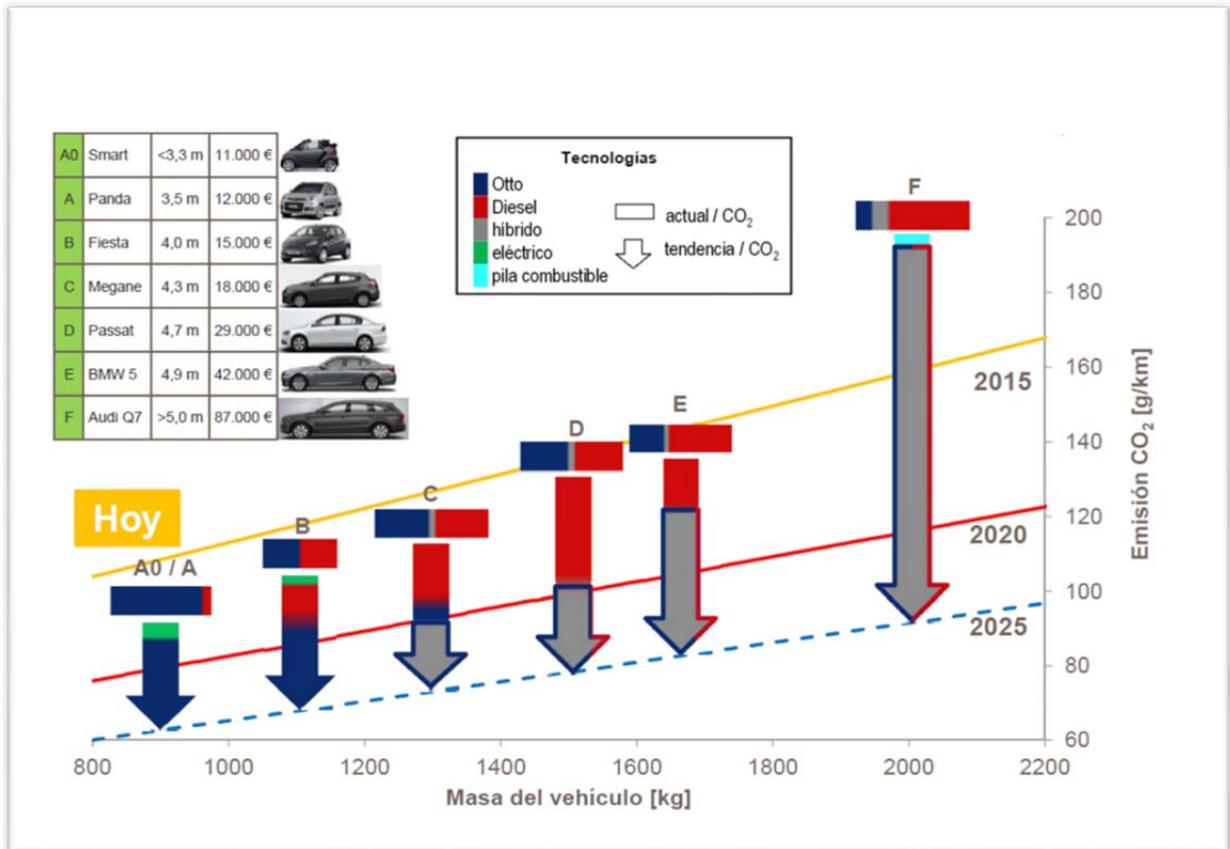


Figura 5. Fuente: Centro de Tecnología Repsol

### 3.2 Análisis WtW (WtT + TtW)

Para poder comparar las emisiones de CO<sub>2</sub> y la eficiencia energética de las distintas tecnologías de motor y las diferentes alternativas en cuanto a combustibles para automoción, se hace necesario realizar un análisis “pozo a la rueda” (en inglés “Well to Wheels”, WtW) en el cual se tienen en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen en toda la cadena de valor, es decir, desde el origen de la fuente de energía hasta su consumo en el vehículo.

Este tipo de análisis se divide en dos fases:

- **Análisis “pozo a tanque” (Well to Tank- WtT)**, en el que se analiza tanto la energía invertida como las emisiones de GEI durante los procesos de obtención, transformación y transporte de un determinado tipo de energía hasta el vehículo.
- **Análisis “tanque a la rueda” (Tank to Wheels- TtW)**, en el que se calcula la energía invertida y las emisiones de GEI producidas en el vehículo con una tecnología determinada.

Estos dos análisis nos dan información suficiente y fiable para realizar comparaciones entre las diferentes alternativas que actualmente se presentan para el sector transporte.



Figura 6. Fuente: Elaboración propia

En el presente informe se ha considerado oportuno tomar como referencia la misma fuente que utiliza la Comisión Europea. Concretamente se trata del análisis WtW realizado por el consorcio JEC ([JEC Well-to-wheels analyses \(WtW\) | JEC research collaboration](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw_report_v4a_march_2014_final.pdf)), formado por el Joint Research Center (JRC), EUCAR y CONCAWE. Dicho estudio se revisa periódicamente incorporando mejoras en las estimaciones relativas a los procesos de obtención de combustibles y biocombustibles, fabricación y características de los vehículos, etc. La última versión fue publicada en 2014<sup>1</sup>.

### 3.2.1 Carburantes Convencionales (gasóleo y gasolina)

La figura 7 muestra los **resultados obtenidos del análisis para las tecnologías de gasóleo y gasolina**. En ellos podemos ver las mejoras que experimentarán las tecnologías de motor de combustión interna, tanto de gasolina como de diésel:

- Se estima que **los motores de gasolina futuros (motor de gasolina de inyección directa 2020+) emitirán un 30% menos de CO<sub>2</sub> y consumirán un 30% menos de energía** que los homologados en 2010. Si a este vehículo con motor de gasolina evolucionado se le incorpora un **sistema de**

<sup>1</sup> [http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw\\_report\\_v4a\\_march\\_2014\\_final.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/wtw_report_v4a_march_2014_final.pdf)

**hibridación eléctrica**, la mejora en cuanto a emisiones y consumo de energía es de un 34% adicional, es decir, obtenemos una mejora del 64% en cuanto a emisiones de GEI y consumo de energía comparados con un motor de gasolina convencional homologado en 2010.

- **Para el caso de los motores diésel, la capacidad de mejora es del 25%** por evolución de las tecnologías de motor y un **25% adicional en caso de incorporar un sistema híbrido eléctrico**, es decir, obtenemos una mejora del 50% en cuanto a emisiones de GEI y consumo de energía comparados con un motor de gasóleo convencional homologado en 2010.

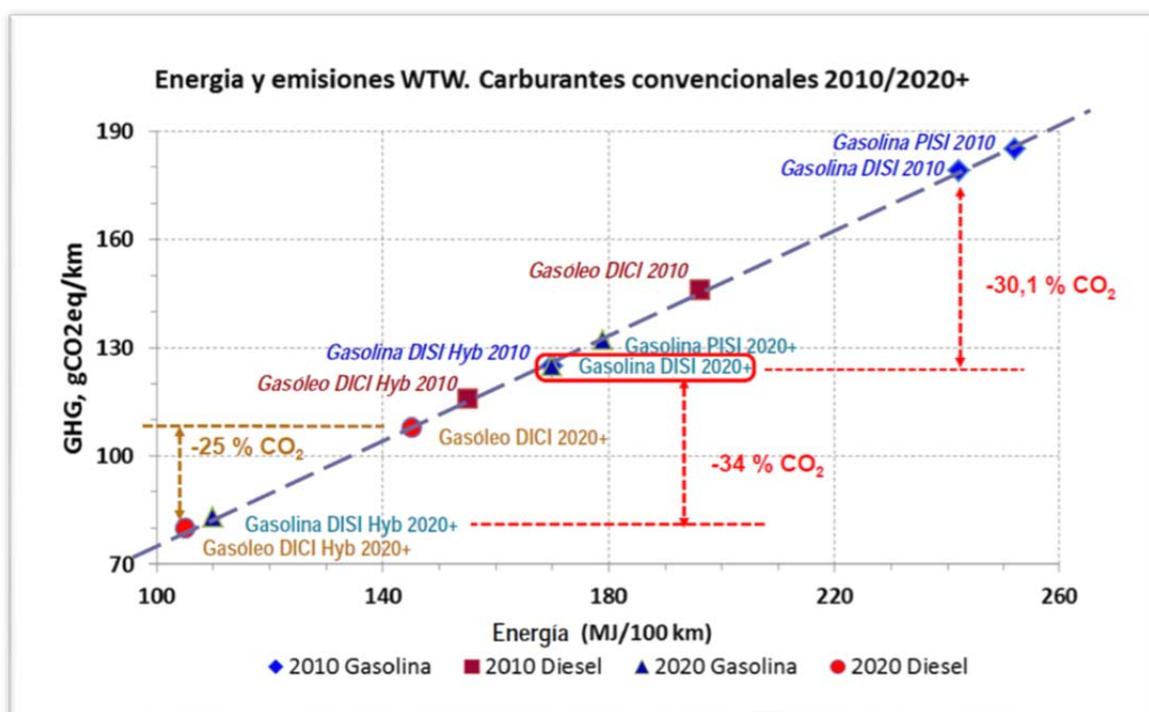


Figura 7. Fuente: Análisis WtW JRC v4.a (2014)

### 3.2.2 Uso de biocombustibles en altos porcentajes

El uso de biocombustibles en el transporte por carretera es una realidad desde hace algunos años. Según el Boletín Estadístico de CORES, en el año 2014 en el mercado español de carburantes, los biocarburantes representaron el 6% de las gasolinas y el 4,3% del gasóleo (% expresado en peso).

En la actualidad **existen tres tipos de biocarburantes disponibles en el mercado** que se usan en mezcla con los carburantes convencionales. Sin embargo los motores actuales no son compatibles con cualquier cantidad de biocombustible y por lo tanto existen limitaciones técnicas de mezcla para cada caso:

	Etanol	FAME	HVO
Motor de gasolina (ciclo Otto)	Máximo 5% v/v (E5) en motores antiguos Máximo 10% v/v (E10) en motores modernos	NO COMPATIBLE	NO COMPATIBLE
Motor Diesel	NO COMPATIBLE	Max. 7% v/v (B7)	Sin Restricciones

Figura 8: Elaboración propia

- **Etanol:** Los problemas de compatibilidad se deben a que los vehículos más antiguos (los fabricados antes del año 2000) utilizan materiales en juntas, gomas y elastómeros que puede verse afectados cuando la gasolina contiene más de un 5% de etanol (E5). Los vehículos modernos ya incorporan nuevos materiales que son compatibles con hasta un 10% de etanol (E10) y no se descarta un futuro aumento del contenido de alcohol permitido en gasolina hasta 20-25% v/v (E20-E25). Existen mezclas con altos contenidos de etanol (E85) que requieren motores diseñados específicamente para su uso (vehículos flexi-fuel).
- **FAME:** Este biocombustible puede presentar problemas de estabilidad, ensuciamiento de inyectores y obstrucción prematura de filtros, lo cual ha provocado la limitación de su mezcla con gasóleo a un máximo del 7% v/v (B7). El sector de automoción es contrario a aumentar este límite en el futuro debido a la severidad de condiciones a las que trabajan los motores diésel modernos (presión y temperatura) para cumplir con los requisitos medioambientales.
- **HVO:** El aceite vegetal hidrotratado no tiene restricciones de uso en vehículos con motor Diesel, ya sean antiguos o modernos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, hemos analizado qué **impacto tendrá el uso de biocombustibles en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> y eficiencia energética.**

**En el caso del etanol,** se han considerado mezclas del 10% v/v (E10), 20% v/v (E20) y 85% v/v (E85) teniendo en cuenta la procedencia de la materia prima utilizada para la producción del etanol.

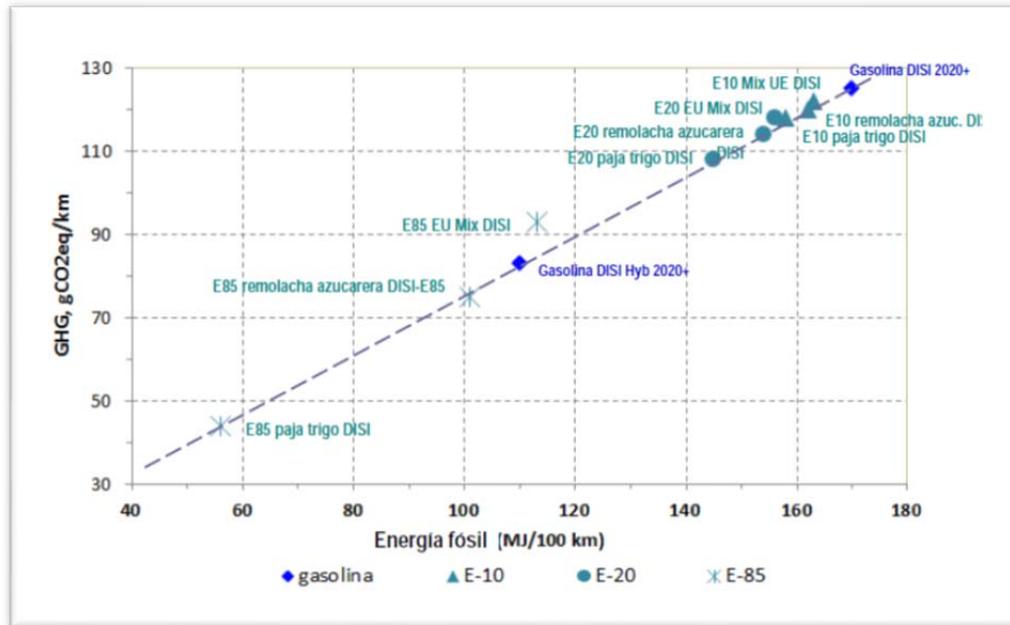


Figura 9. Análisis WtW JRC v4.a 2014. Uso de gasolina vs. mezclas con etanol en la UE

La figura 9 muestra cómo el uso de E10 o E20 en motores de inyección directa de gasolina supone una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 4% y del 8% respectivamente. Para el caso del E85 la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> teniendo en cuenta el mix de materias primas en la UE está en el entorno del 25%. Sin embargo, ninguna de las opciones anteriores alcanza la reducción de emisiones de GEI que alcanzará un vehículo de gasolina híbrido.

Para el caso del **FAME (biodiesel)** se han considerado únicamente las mezclas al 7% con gasóleo. La figura 10 muestra cómo la mejora en emisiones de CO<sub>2</sub> del B7 es de alrededor del 3,5% mejorando ligeramente en el caso de que el aceite vegetal sea aceite reciclado de segundo uso (aceite de fritura). Las opciones analizadas están lejos de la mejora que podrá alcanzar la hibridación de los motores de gasóleo.

La **sustitución de gasóleo por HVO** puro muestra reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> muy significativas que dependen del proceso de producción y de la materia prima utilizada. En cualquiera de los casos estudiados las reducciones de CO<sub>2</sub> son mayores que la opción de hibridación y se mueven entre el 35% de reducción para el caso de la tecnología UOP a partir de aceite de colza y el 95% de reducción de emisiones de GEI para el caso de utilizar aceite reciclado de cocina.

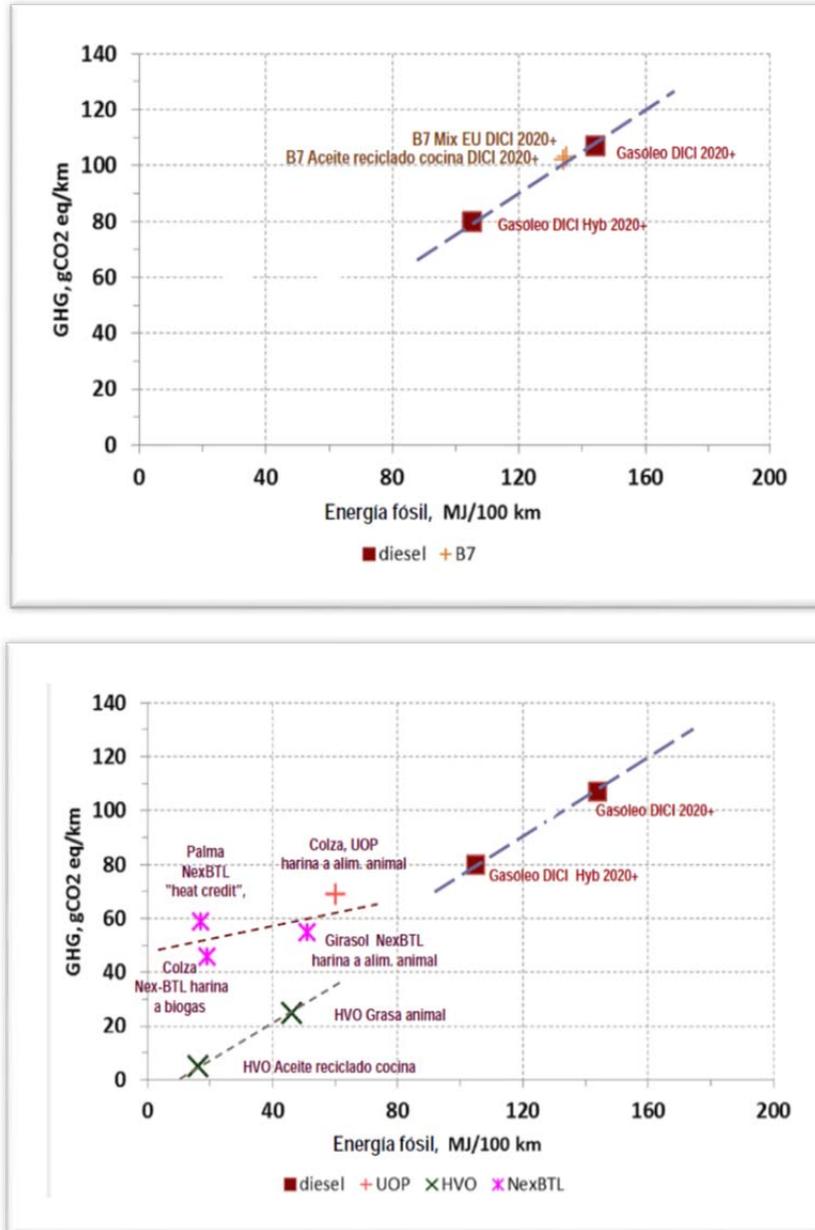


Figura 10. Análisis WtW JRC v4.a 2014. Uso de gasóleo vs. B7 y HVO en la UE

### 3.3.3 Gas natural

Tal y como se ha indicado anteriormente, los análisis WtW tienen en cuenta las emisiones y energía consumida a lo largo de la cadena de valor de cada opción. **Para el caso del gas natural, el lugar de origen y la forma de transporte hasta el lugar de consumo son claves** para dicho análisis comparativo.

Como puede verse en la figura 11, el uso de gas natural como combustible para transporte en Europa es, en cualquiera de los casos estudiados, **energéticamente menos eficiente que el uso del gasóleo**,

siendo necesario entre un 15-40% más de energía. La misma comparación frente al uso de gasolina muestra que para orígenes convencionales del gas natural, el uso de gasolina puede llegar a ser hasta un 20% más eficiente que el GNC desde el punto de vista energético.

**En cuanto a emisiones de GEI**, la comparación con las tecnologías de motores convencionales muestra que el gas natural puede presentar unas emisiones de CO<sub>2</sub> inferiores si se compara con el motor de gasolina (0-30% menores) pero superiores al caso de motor de gasóleo de inyección directa convencional (15% superiores).

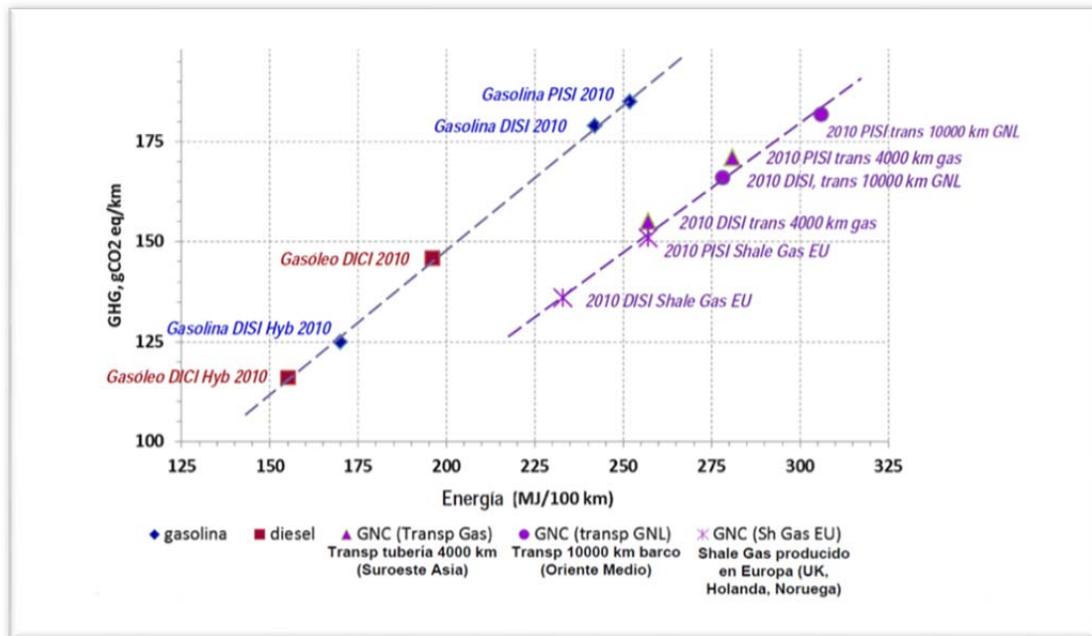


Figura 11. Análisis WtW JRC v4.a (2014). Uso de carburantes convencionales vs gas natural en EU

Teniendo en cuenta que el gas natural en España en 2014 fue suministrado en un 53% por gasoducto (75 % Argelia) y en un 47% por barco como GNL, los casos más representativos del escenario actual serían los mostrados en la figura 12. Como puede verse, los casos de gas natural son siempre desfavorables frente al uso de gasóleo, tanto por emisiones de CO<sub>2</sub> (15% superiores) como por consumo energético (45% superior)

Frente al uso de gasolina, las **mejoras por uso de gas natural en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>** son significativas únicamente para el caso de uso en motores de inyección directa de gas, y son equivalentes en el caso de motores de gas de inyección indirecta.

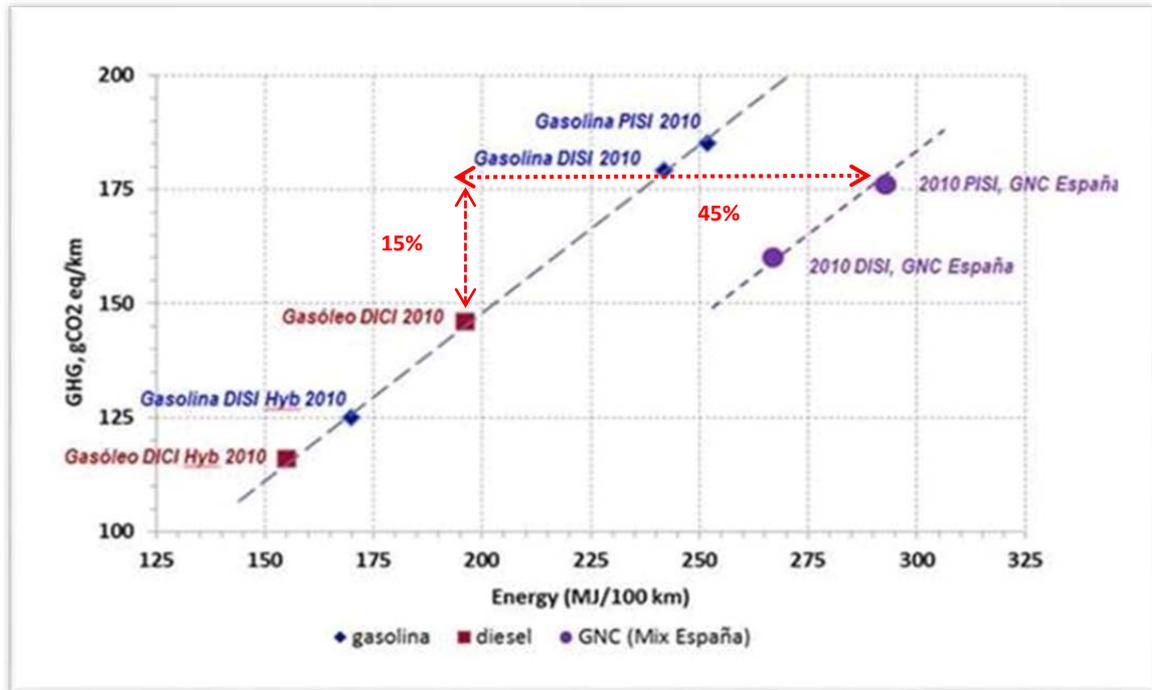


Figura 12. Análisis WtW JRC v4.a (2014). Uso de carburantes convencionales vs gas natural en España

Los **consumos y emisiones en condiciones reales** indican que, a pesar del menor factor de emisión del gas natural por unidad de energía, la menor eficiencia de los motores de gas natural respecto a los motores Diesel, hace que **las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro en los vehículos propulsados por gas natural sean comparables e incluso superiores a las de los vehículos Diesel equivalentes (ver figura 13)**. Así se extrae a partir de los informes de gestión de las dos principales gestoras de flotas de autobuses urbanos, la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT) y Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB).

A igual conclusión, aunque con menor diferencia porcentual, se llega en lo que respecta a la comparativa entre el gasóleo de automoción y el GNL en vehículos pesados, según el análisis de la Agencia Alemana de la Energía (DENA)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> "LNG in Germany: Liquefied Natural Gas and Renewable Methane in Heavy-Duty Road Transport" (septiembre 2014): <http://www.dena.de/en/publications/transport/study-entitled-lng-in-germany-liquefied-natural-gas-and-renewable-methane-in-heavy-duty-road-transport.html>.

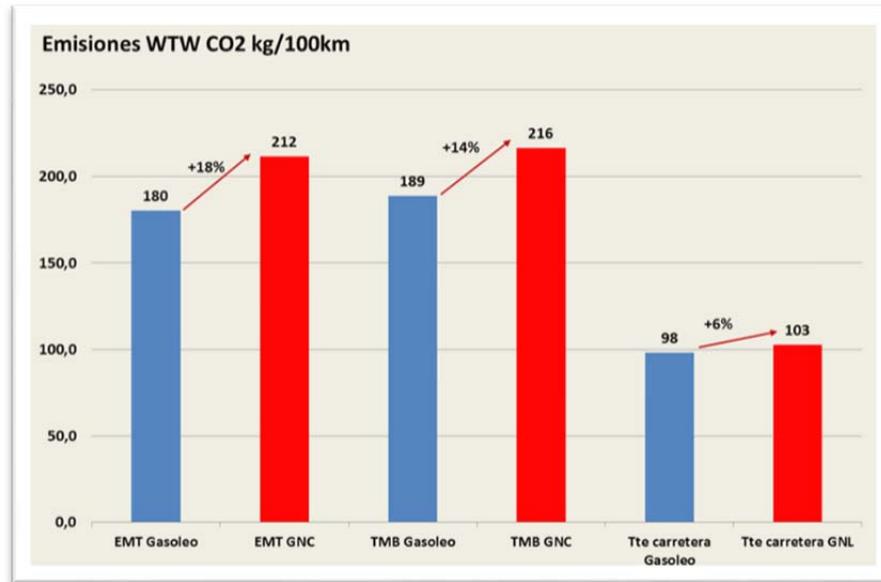


Figura 13: Análisis comparativo de emisiones por distancia recorrida  
Fuentes: Informes de gestión (2014) de la EMT y de TMB e Informe JEC WTT versión 4.a (2014)

A su vez, la menor densidad energética junto con la menor eficiencia de los motores de gas natural, explican su mayor **consumo energético por distancia recorrida** (GJ/100 km) frente al gasóleo según se puede ver en la figura 14.

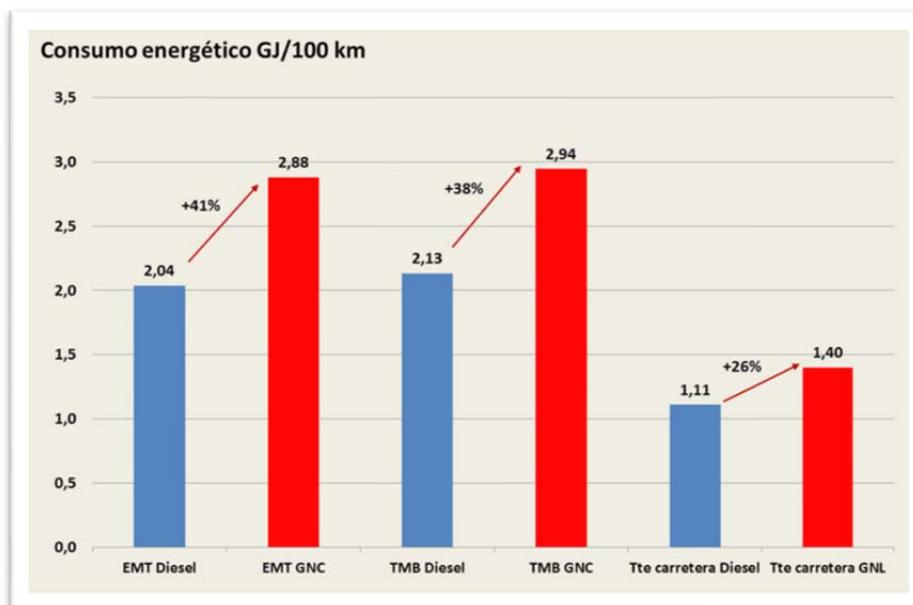


Figura 14: Análisis comparativo de emisiones por distancia recorrida.  
Fuente: Informe de gestión de la EMT y de TMB (2014)

Finalmente, debido igualmente a su menor densidad energética, la **autonomía de los vehículos** en modo de funcionamiento 100% GNC es muy limitada y raramente sobrepasa los 400 km. Para evitar

esta restricción, los fabricantes comercializan como vehículos de GNC vehículos en realidad bi-fuel GNC/gasolina con un depósito de gasolina que incrementa la autonomía en este caso desde los 400 km con GNC hasta los 1.300 km.

En conclusión, de acuerdo con los consumos reales en condiciones normales de operación y reflejados en las memorias de ambas compañías, **la utilización de gas natural provoca unas mayores emisiones de CO<sub>2</sub> y un mayor consumo de energía para recorrer 100 km que el diésel.**

### 3.2.4 GLP

El GLP es una alternativa que presenta, para tecnologías de motor futuras, **valores de consumo de energía inferiores a los de la gasolina (10% inferiores) pero superiores a la opción del gasóleo (10-13% superior).** En cuanto a **emisiones de CO<sub>2</sub>**, presenta unas emisiones equivalentes a las del gasóleo y un 15-20% inferiores a las opciones de las tecnologías de los motores de gasolina (véase figura 15).

En cuanto a la **comparación con el gas natural de origen convencional**, los resultados indican que el GLP presenta unas emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes e incluso mejores en algunos casos (hasta un 10% inferiores). Además en esta comparación del GLP con el gas natural los resultados del análisis WtW indican, para todos los casos, que el GLP es una opción más eficiente energéticamente (entre un 10 – 25 % menos energía).

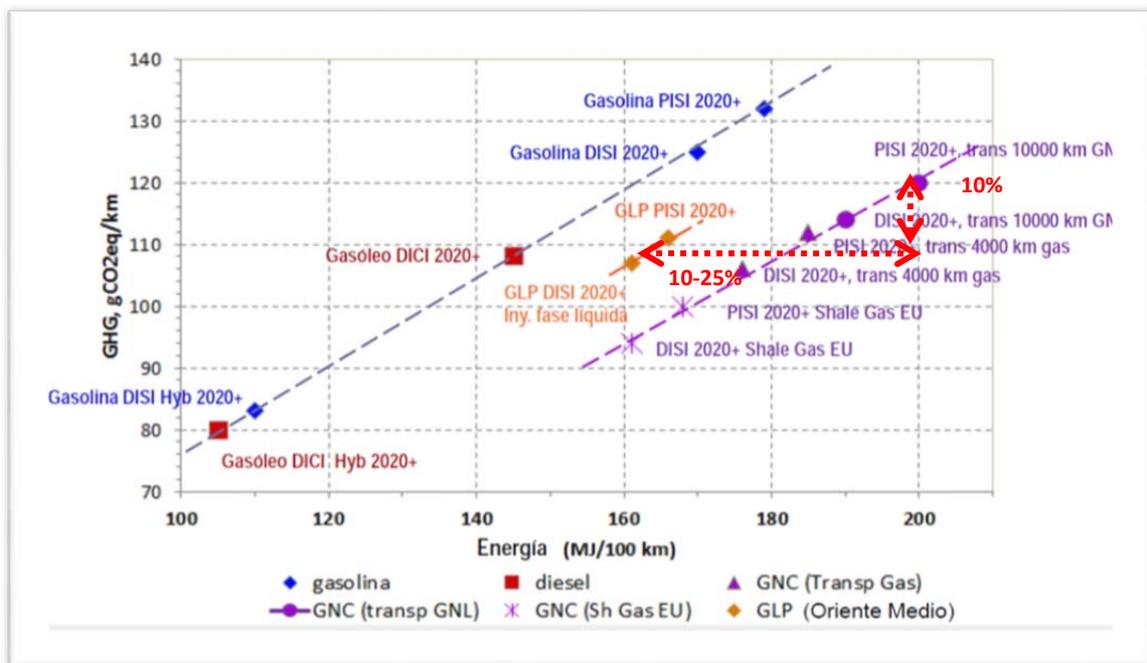


Figura 15. Análisis WtW JRC v4.a 2014. Uso de GLP vs. carburantes convencionales y gas natural  
Fuente: Análisis WtW JRC v4.a (2014)

### 3.2.5 Vehículo eléctrico

A la hora de comparar al vehículo eléctrico con el resto de alternativas de energía para el transporte, es necesario contemplar las **diferentes tecnologías de electrificación**:

- Hybrid SI: Vehículo híbrido de gasolina
- Hybrid CI: Vehículo híbrido de gasóleo
- PHEV: Vehículo híbrido enchufable (gasóleo o gasolina)
- REEV: Vehículo eléctrico “Range Extender”
- BEV: Vehículo con batería eléctrica
- FCEV: Vehículo eléctrico con pila de combustible

En los diferentes casos evaluados anteriormente (gasolina, gasóleo, GNC, GLP) puede verse que **la opción de hibridación del vehículo convencional de gasolina o gasóleo es siempre favorable en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía** (ver figura 16).

En cuanto a la **comparación con vehículos enchufables**, cuando se representan las diferentes alternativas de electrificación, la consideración de cómo se genera la electricidad y cuándo se realiza la recarga es clave para posicionar cada tecnología frente al uso de combustibles líquidos o gaseosos (ver figura 16).

El **análisis WtW del JEC**, analiza los casos en los que la energía eléctrica es generada mediante fuentes renovables (energía solar, eólica, hidráulica, etc.) y se asignan emisiones 0 a la generación de dicha energía. Igualmente se analiza el caso en el que la energía eléctrica se ha generado utilizando el mix energético de Europa.

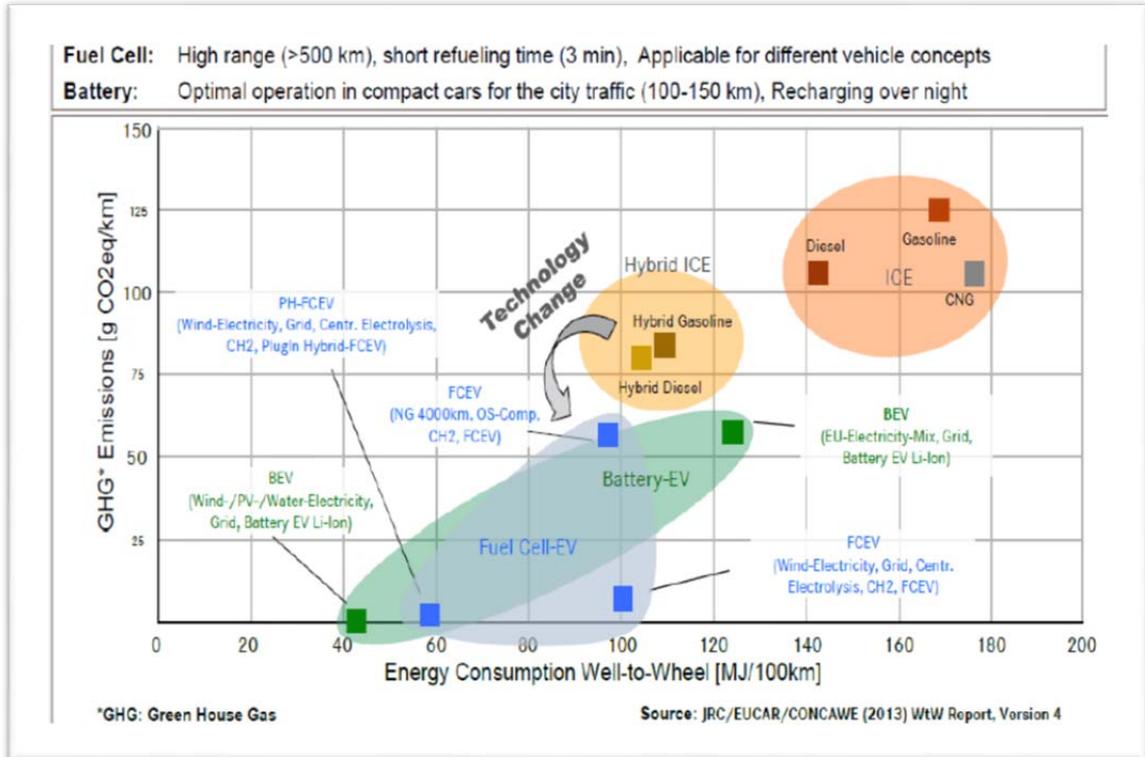


Figura 16. Análisis WtW JRC v4.a (2014). Vehículo Eléctrico vs. Resto de alternativas

Con estas premisas el resultado de la comparación de un BEV, recargado teniendo en cuenta el mix energético de Europa, frente a un vehículo híbrido de gasolina o gasóleo es una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>/km del 30% y de un 60% frente a los vehículos de combustión interna. Sin embargo, existen otros factores como son las **emisiones durante la fabricación y sustitución de las baterías eléctricas**, que el estudio JEC no considera y que cuando se incorporan en el análisis suponen un cambio significativo en lo referente a emisión de gCO<sub>2</sub>/km (ver figura 17).

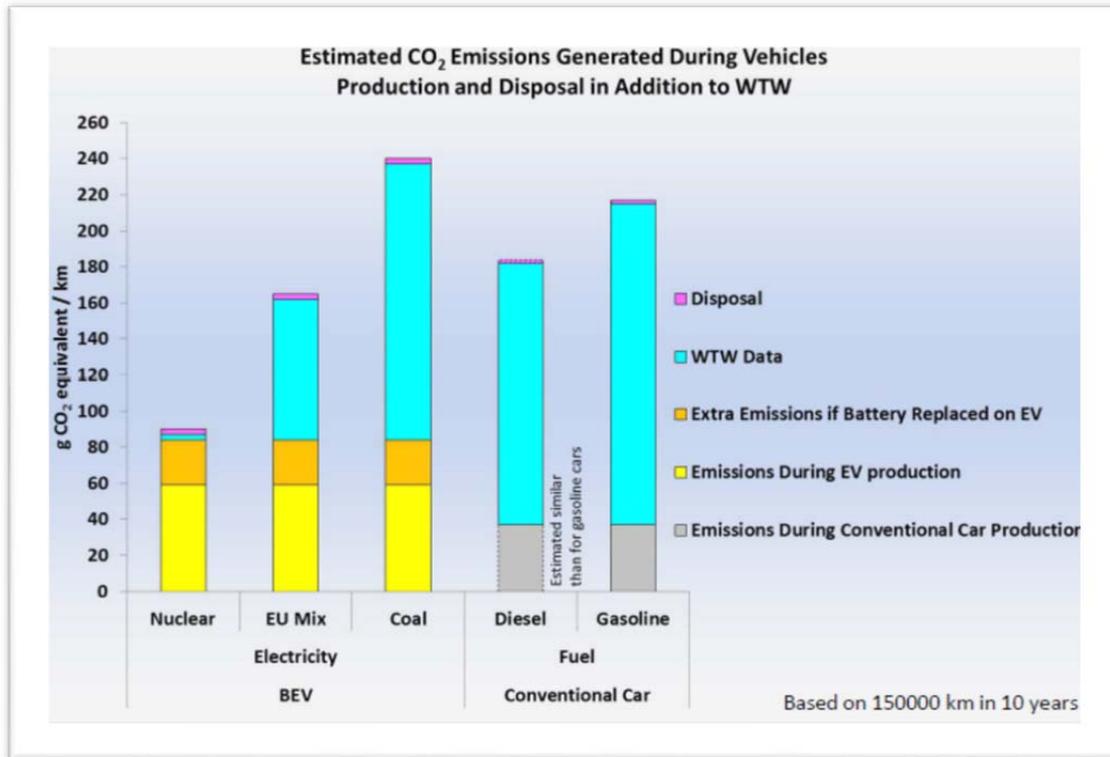


Figura 17. Fuente: Ricardo (2011) y WtW JRC v4.a (2014)

### 3.2.6 Hidrógeno

El hidrógeno, como combustible para el transporte, se asocia a vehículos no contaminantes y eficientes. Por ello, **desde hace años el hidrógeno es foco de mucha atención**. La realidad ha resultado ser más compleja y los avances en las tecnologías para permitir el uso de hidrógeno como fuente de energía para el transporte no están siendo tan satisfactorios como se esperaban en un primer momento.

El hidrógeno es el más ligero de todos los gases, y por lo tanto tiene una baja densidad de energía. Por ello se almacena, bien comprimido a muy altas presiones (actualmente 700 bar) o licuado a temperaturas muy bajas. También existe la posibilidad de utilizar sistemas de almacenamiento híbridos (compresión + enfriamiento). Estas tecnologías permiten cargar una cantidad significativa de hidrógeno a bordo del vehículo.

**El hidrógeno no es una fuente primaria de energía, sino un vector energético.** A pesar de que es el elemento más extendido en el universo, el hidrógeno libre no se da en la naturaleza. Es necesario "extraerlo" de compuestos tales como hidrocarburos o del agua, a costa de un consumo de energía. Esto da lugar a emisiones de gases de efecto invernadero en mayor o menor grado dependiendo de la fuente de esa energía y la vía de obtención elegida.

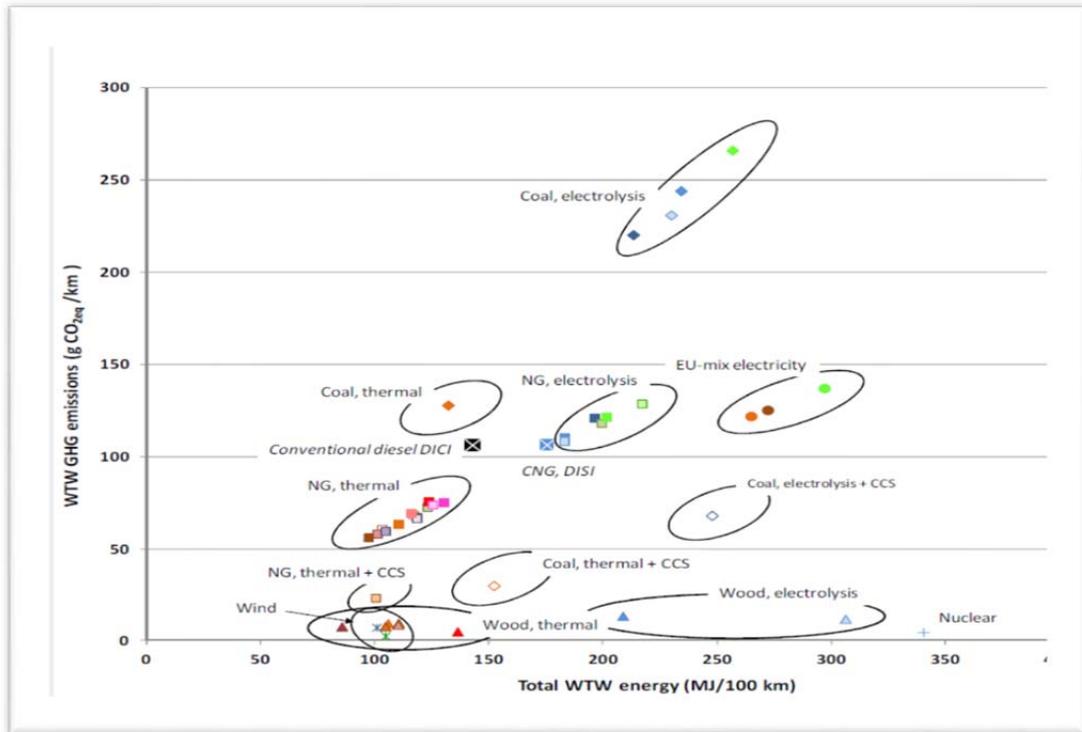


Figura 18. Análisis WtW JRC v4.a 2014. Vehículo “Fuel cell” con tecnologías futuras (2020+) según ruta de obtención del H2

Es evidente que, desde un punto de vista energético y de emisiones de GEI, **hay vías favorables y desfavorables de producción de hidrógeno.**

Las rutas de electrólisis, mediante las cuales la energía primaria primero se transforma en electricidad y luego la electricidad en hidrógeno, son grandes consumidoras de energía. Incluso cuando se combina con un convertidor eficiente como una célula de combustible (“Fuel Cell”), el consumo de energía sigue siendo mayor que el de los combustibles y sistemas de propulsión convencionales. La producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables de generación de energía eléctrica (biomasa, eólica), o a partir de energía nuclear, es la opción que presenta mayores ahorros de GEI.

#### 4. Emisiones gases regulados

Los motores de combustión interna convierten la energía química contenida en el combustible en energía mecánica. La gasolina y el gasóleo son mezclas de hidrocarburos que durante una combustión ideal producirían solamente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). De hecho, los gases de escape se componen principalmente de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y la porción no utilizada de aire de carga del motor. Las **concentraciones volumétricas de estos gases en el escape** están típicamente en los siguientes rangos:

CO <sub>2</sub>	2-12%
H <sub>2</sub> O	2-12%
O <sub>2</sub>	3-17%
N <sub>2</sub>	Balance

Figura 19. Fuente: elaboración propia

Las concentraciones de cada uno de estos componentes dependen de la carga del motor, aumentando el contenido de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y disminuyendo la de O<sub>2</sub> al aumentar la carga. Ninguna de estas emisiones tiene un efecto adverso para la salud o el medio ambiente (con la excepción, en el caso del CO<sub>2</sub>, del medio ambiente).

Adicionalmente, durante el proceso de combustión de un motor, se producen **emisiones de pequeñas cantidades de otros contaminantes** originados por diferentes procesos no ideales durante la combustión, tales como la combustión incompleta de combustible, las reacciones entre componentes de la mezcla a alta temperatura y presión, la combustión de aditivos de aceites lubricantes y aceite del motor, así como la combustión de componentes no hidrocarbonados procedentes del combustible. Los contaminantes más comunes cuyas emisiones actualmente están reguladas bajo los estándares de homologación de motores, son:

- Hidrocarburos no quemados (HC)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Partículas (PM)

La concentración total de estos contaminantes en los gases de escape es minoritario (ver figura 20) y, tal y como vamos a ver en este capítulo, gracias a la evolución de las tecnologías de post-tratamiento de gases de escape las emisiones finales en vehículos modernos se acercan a “cero”.

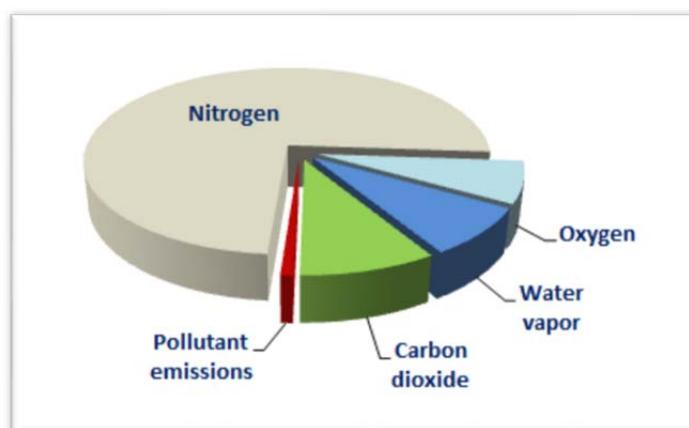


Figura 20. Concentración relativa de emisiones en gases de escape en MCI



#### 4.1 Evolución en motores de combustión interna y tendencias futuras

A principios de los años 90 la UE muestra su preocupación por las emisiones contaminantes en el sector del transporte por carretera y fija estándares de homologación de motores de combustión interna limitando el contenido de ciertos contaminantes.

En este sentido, el **Programa Auto-Oil** ha sido uno de los procesos más interesantes de cara a la formulación de políticas ambientales de la UE en los últimos años. Este programa se inició en 1992 y se dio por finalizado en 1998 con el desarrollo de Directivas más estrictas en términos de calidad de combustibles y de emisiones de vehículos ligeros y pesados.

Respecto a los **niveles de emisión permitidos en vehículos**, en Europa se fijan los límites en función del tipo de motor (motor ciclo Otto o motor Diesel) y no en función del tipo de carburante que utiliza dicho motor. Por ejemplo, un motor de ciclo Otto que se homologue en el año 2015 deberá cumplir con los límites especificados para un motor EURO 6, independientemente de que ese motor funcione con gasolina, GLP o gas natural y, por lo tanto, los niveles de emisiones contaminantes (CO, HC, NOx) son equivalentes para todas las alternativas posibles.

Para poder alcanzar los niveles exigidos de emisiones de gases regulados, con la entrada en vigor del reglamento EURO 1 en el año 1992, fue necesaria la instalación de sistema de post-tratamiento de gases de escape en los vehículos, comúnmente denominados catalizadores. La continua restricción de los límites de emisiones desde ese año (EURO 2, EURO 3, etc.) han supuesto **la necesidad de desarrollar tecnologías cada vez más complejas y además, para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas, ha sido necesario modificar las características de la calidad de los carburantes** (eliminación de azufre, plomo, etc.).

Gracias a estos avances tecnológicos se han reducido drásticamente los niveles de emisiones en vehículos ligeros. Los motores actuales comparados con los homologados en 1992 emiten **treinta veces menos partículas y siete veces menos HC+NOx para el caso del Diesel y diez veces menos NOx en el caso de la gasolina** (ver figura 21).

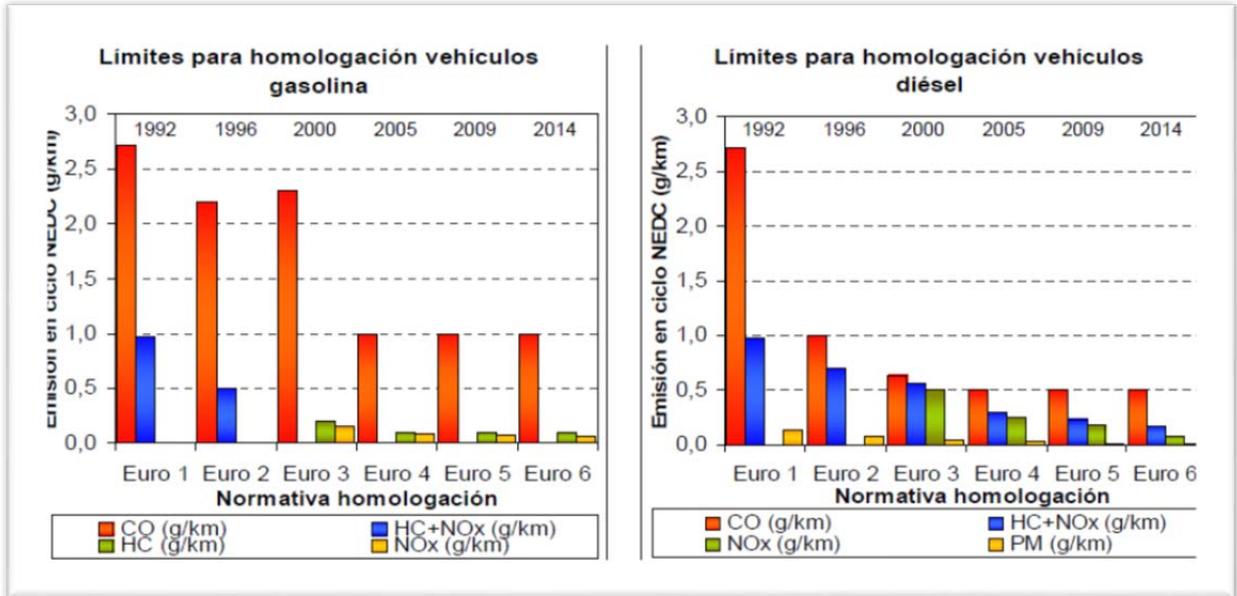


Figura 21. Fuente: Centro de Tecnología Repsol en base a información de la CE

Analizando la **evolución de las tecnologías para vehículos pesados** (véase Figura 22), vemos cómo para la fase Euro III (año 1999/2000) existía una diferenciación entre los niveles de emisión para motores convencionales frente a los vehículos EEV (“Enhanced Environmentally friendly Vehicle”). Los vehículos pesados propulsados mediante gas natural (GNC), eran capaces de cumplir estas exigencia de vehículo EEV y, por lo tanto, eran considerados “vehículos limpios” al compararlos con los motores Euro III de gasóleo.

Stage	Date	Test	CO	NMHC	CH <sub>4</sub> <sup>a</sup>	NOx	PM <sup>b</sup>	PN <sup>e</sup>
			g/kWh					
Euro III	1999.10 EEV only	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02	
	2000.10		5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 <sup>c</sup>	
Euro IV	2005.10	WHTC	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03	
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03	
Euro VI	2013.01	WHTC	4.0	0.16 <sup>d</sup>	0.5	0.46	0.01	6.0×10 <sup>11</sup>

a - for gas engines only (Euro III-V: NG only; Euro VI: NG + LPG)  
b - not applicable for gas fueled engines at the Euro III-IV stages  
c - PM = 0.21 g/kWh for engines < 0.75 dm<sup>3</sup> swept volume per cylinder and a rated power speed > 3000 min<sup>-1</sup>  
d - THC for diesel engines  
e - for diesel engines; PN limit for positive ignition engines TBD

Figura 22. Límites de emisión estándar en EU para motores de vehículos pesados Diesel y de gas natural. Régimen transitorio. Fuente: Comisión Europea

Sin embargo, a partir del año 2013, con la entrada en vigor de los límites Euro VI, los niveles de emisiones exigidos a los motores que funcionan con gasóleo son más exigentes que los que en su momento se exigían a los “vehículos limpios” EEV y por lo tanto podemos considerar que, **en cuanto a emisiones de gases regulados, los motores Diesel actuales son igual de limpios que los de gas natural.**

Al igual que en vehículos ligeros, para vehículos pesados los límites de emisión de contaminantes locales se ha reducido muy significativamente y si comparamos los niveles exigidos en 2013 para motores Euro VI con los exigidos en 1992 (ver figura 23) encontramos que los motores actuales emiten:

- 3 veces menos CO
- 10 veces menos HC
- 20 veces menos NO<sub>x</sub>
- 3-6 veces menos PM

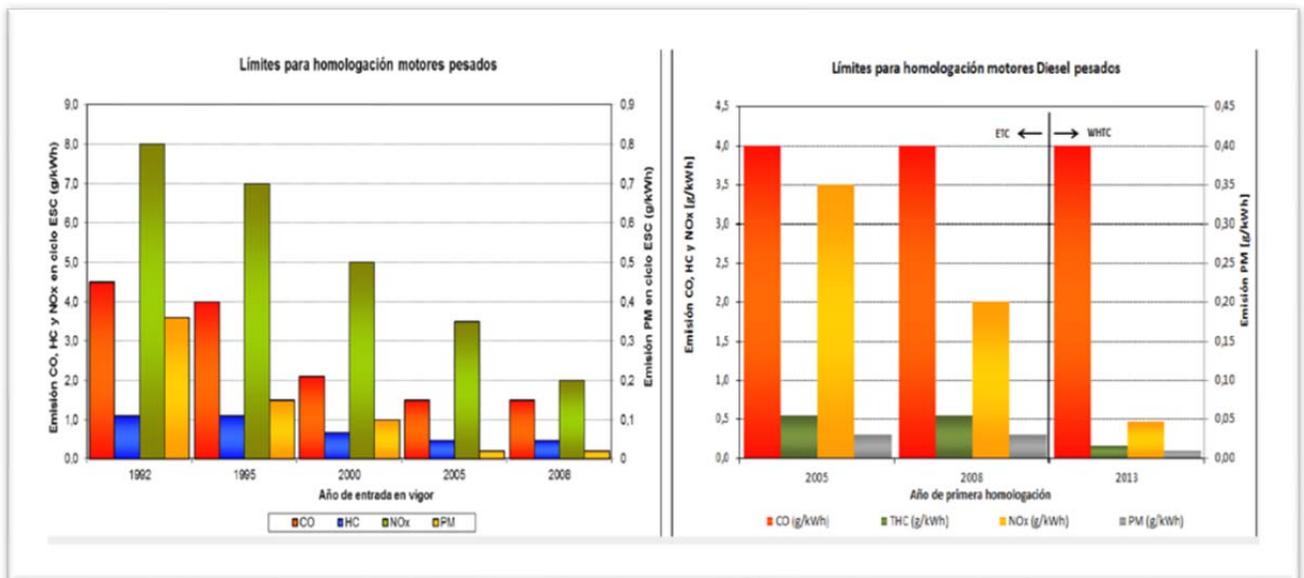


Figura 23. Fuente: Centro de Tecnología Repsol en base a información de la CE

## 5. Costes de cada tecnología

### 5.1 Costes del motor

Tal y como ha quedado plasmado en anteriores capítulos de este informe, **las restricciones en los límites de emisiones de gases contaminantes que la UE viene exigiendo desde el año 1992, han supuesto una continua evolución de los sistemas de post-tratamiento de los gases de escape de los vehículos, lo que se ha traducido en un aumento de costes.**

#### Motor de Combustión Interna (MCI)

En la figura 24 se muestra cómo este incremento de costes ha sido mucho mayor para el caso de los motores Diesel.

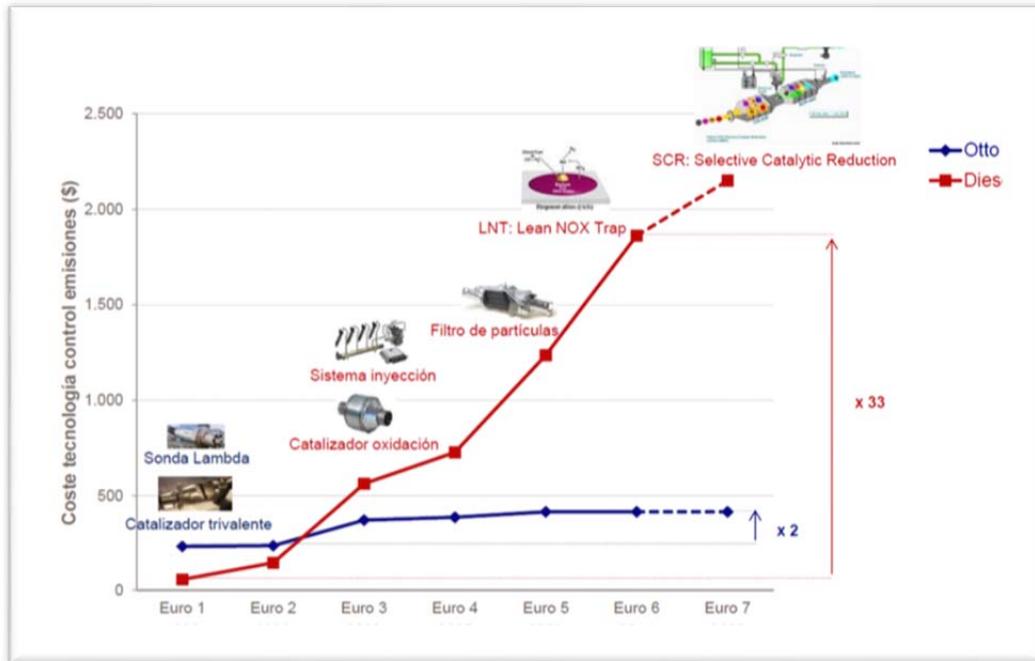


Figura 24. Fuente: Centro de Tecnología Repsol en base a información de la ICCT

Si además consideramos un vehículo bi-fuel, el cual puede funcionar con gasolina o con gas (GLP o GNC), en el cálculo de incremento de coste deberemos considerar los costes de adaptación, que pueden ser significativamente diferentes según estemos considerando el uso de GLP o GNC. Por ejemplo:

### GNC (Seat León TGI)

- Carrocería específica.
  - o Depósitos adicionales para almacenar el gas natural = ~900€ (+135kg peso)
  - o Alternativa depósitos materiales avanzados ultraligeros = ~1.600€ (+55kg peso)
- Grupo motor-propulsor específico (1.500-2.500 €)
  - o Pistones reforzados de Cr-Ni y segmentos de pistón adaptados a gas
  - o Árbol de levas modificado
  - o Válvulas de admisión reforzadas
  - o Asientos de válvulas más resistentes al desgaste
  - o Turbocompresor más ligero
  - o Catalizador específico

### GLP

- Depósito toroidal = 300€ (+27kg peso)

### Vehículo Eléctrico (VE)

Para el caso de vehículos híbridos o eléctricos, el cálculo de los sobrecostes que tiene la electrificación debe tener en cuenta la evolución que esperamos para cada una de las tecnologías. A continuación se muestran los costes adicionales que en el año 2005 suponía el uso de una tecnología de impulsión híbrida frente a la opción más barata (motor de gasolina) y cómo se espera que evolucionen estos sobrecoste hasta el año 2020.

- Escenario en el año 2005:

😊 Implantado   😞 Cuota baja   n.e. no existe

	Mercado (%)	Consumo (l/100km)	Diesel	Diesel+ Hibridación	Otto	Otto + Hibridación	Vehículo Eléctrico	Pila de combustible
Coste motor			1,7	n.e.	1	3	n.e.	n.e.
Pequeño	33	5,9	😊	n.e.	😊	n.e.	n.e.	n.e.
Mediano	37	6,3	😊	n.e.	😊	😞	n.e.	demo
Grande	17	7,5	😊	n.e.	😊	n.e.	n.e.	
Lujo	13	11,3	😊	n.e.	😊	n.e.	n.e.	n.e.

Figura 25. Fuente: elaboración propia

- Evolución esperada para el año 2020:

😊 Muy probable   😞 Dudoso   😟 Poco probable   n.j. no se justifica

	Mercado (%)	Consumo (l/100km)	Diesel	Diesel+ Hibridación	Otto	Otto + Hibridación	Vehículo Eléctrico	Pila de combustible
Coste motor			1,5	2,5	1	1,5	3	10
Pequeño	52	3,5	😟	n.j.	😊	😞	😊 city car	n.j.
Mediano	28	3,8	😊	n.j.	😊	😊	😞	
Grande	13	4,0	😊	😊	n.j.	😊		
Lujo	7	4,2 – 5,0	n.j.	😊	n.j.	😊	demo	demo

Figura 26. Fuente: elaboración propia

## 5.2 Costes de la energía por tipo de tecnología (Perspectiva del usuario)

Una vez comparadas las diferentes opciones desde un punto de vista medioambiental, se ha considerado interesante realizar un análisis de los **costes que tendría para un usuario el recorrer 100 km utilizando vehículos equivalentes propulsados con las diferentes tecnologías** que hemos comparado en este informe.

Para ello se ha tomado como referencia la media de los precios mensuales publicados desde enero de 2014 a abril de 2015 para cada uno de los tipos de carburante, diferenciando entre precio antes de impuestos (PAI) y precio venta al público incluyendo impuestos (PVP):



PAI	Gasóleo A	Gasolina 95	GLP	GNC
	€/l	€/l	€/l	€/kg
	0,675	0,648	0,557	0,777

PVP	Gasóleo A	Gasolina 95	GLP	GNC
	€/l	€/l	€/l	€/kg
	1,265	1,346	0,713	1,007

Figura 27. Fuente: Precios gasolina 95 y gasóleo: Boletín Petrolero estadísticas AOP; Precios GLP: Geoportal estadísticas Repsol Butano; Precio GNC: Gas Natural Fenosa

Para el caso del **vehículo eléctrico**, el coste de la recarga con electricidad difiere mucho entre usuarios al estar muy relacionado con sus hábitos y necesidades. Los horarios en los que se realiza la recarga (noche o día), el tipo de recarga (carga normal o rápida), el lugar dónde se recarga (en una vivienda privada o en instalaciones públicas). Para esta comparación se ha tomado como referencia un caso de un usuario particular que recarga habitualmente en su domicilio y esporádicamente en instalaciones públicas de carga rápida.

Para esta comparación hemos tomado un ejemplo en el que hemos considerado **versiones de un mismo modelo de vehículo**, Ford Focus, con prestaciones equivalentes impulsados por diferentes tecnologías:

Modelo	Tipo combustible	Consumo, l/100km	Consumo, kg/100km	Consumo, kWh/100km
Ford Focus 1.5 TDCi 120 CV	Gasóleo	4,1		
Ford Focus C-Max 1.6 Autogas (117 CV)	GLP	6,8		
Ford Focus 1.0 EcoBoost (125 CV)	Gasolina	5,1		
Ford Focus electric (125 CV)	Eléctrico			17,5

Figura 28. Fuente: elaboración propia con datos de Ford



Figura 29. Fuente: Elaboración propia

(\*) En el caso del vehículo eléctrico no se incluye el coste antes de impuestos debido a que la enorme variabilidad en la casuística de la recarga (energía consumida, horarios de consumo, coste fijo en concepto de potencia disponible, inversión en infraestructura vinculada, etc.) hace que el coste del km con electricidad difiera mucho entre usuarios.

Tal y como puede verse en la figura 29, el vehículo eléctrico es la opción que presenta un menor coste por kilómetro recorrido. Entre los combustibles líquidos y gaseosos, la gasolina resulta ser la opción más cara cuando se tienen en cuenta los impuestos y el GNC la opción más barata. Sin embargo, **en el análisis de costes de los carburantes es importante señalar las grandes diferencias de impuestos que se aplican a cada alternativa.** Esta diferencia impositiva hace, a día de hoy, que ciertas alternativas sean atractivas para el usuario. Sin embargo, un cambio en la política de incentivos a estas alternativas cambiaría significativamente el panorama. Así, cuando no se consideran los impuestos que se aplican a cada opción, el gasóleo se presenta como la opción más barata mientras que la gasolina y el GNC presentan valores muy similares.

Tal y como se explica en el capítulo 5.1, los **costes de cada tecnología de motor** son muy diferentes y por lo tanto es algo que debe tenerse en cuenta a la hora de valorar los costes. Para analizar este factor se han tomado los PVP de cada uno de los modelos seleccionados y se les ha restado las ayudas que actualmente aplican en España para la adquisición de vehículos “limpios” (Plan PIMA aire 4 y Plan MOVELE/MOVEA), siendo la opción de gasolina la más económica:

Modelo	Combustible	PVP, €
C- Max CNG (125 CV)	GNC	24.500
1.5 TDCi (120 CV)	Gasóleo	23.050
1.6 C-Max (117 CV)	GLP	22.250
1.0 Ecoboost (125 CV)	Gasolina	21.050
Ford Focus elec (125 CV)	Eléctrico	33.500

Figura 30. Fuente: Elaboración propia con datos de Ford (dic 2015)

Coincide que **la opción de vehículo de gasolina es la opción con la energía más cara pero el vehículo más barato**. Por ello se han calculado los kilómetros que son necesarios recorrer con cada vehículo para que el coste final (vehículo + carburante) sea equivalente a la opción más barata (vehículo de gasolina).<sup>3</sup>

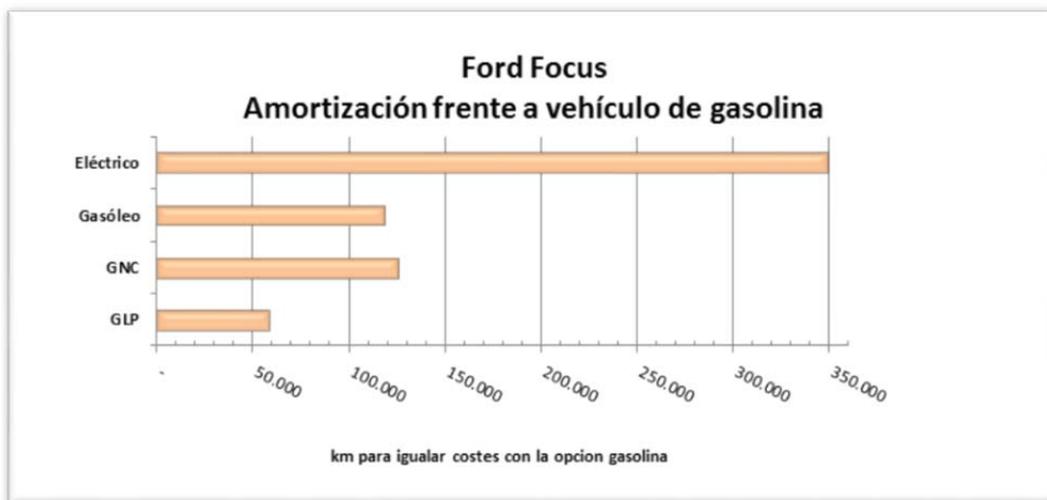


Figura 31. Fuente: Elaboración propia con datos Ford

La figura 31 muestra que para equiparar los costes con los de un vehículo de gasolina son necesarios recorrer más de 350.000 km para la opción del vehículo eléctrico, 120.000 km para la opción de gasóleo, 130.000 km para la opción de GNC o 60.000 km para el caso del GLP.

Otro aspecto a tener en cuenta por los usuarios a la hora de decidirse por una u otra opción es, sin duda, la **autonomía que cada modelo ofrece**. Este factor, junto con el de disponibilidad de infraestructuras para el repostaje condiciona el tipo de uso del vehículo y por lo tanto es a día de hoy un factor que deberá tenerse en cuenta a la hora de estimar la evolución de las ventas de cada opción.

<sup>3</sup> Para esta estimación no se han considerado los costes de mantenimiento de cada una de las tecnologías de vehículo.

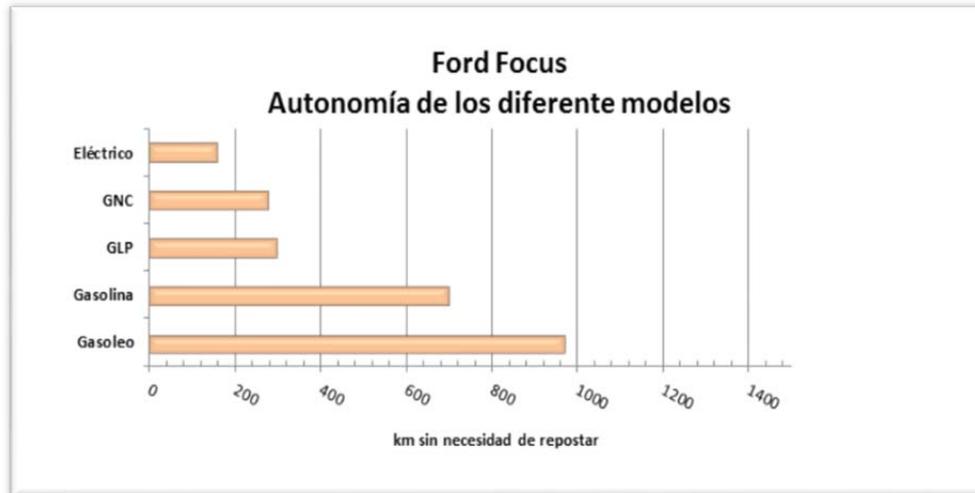


Figura 32. Fuente: Elaboración propia con datos Ford

En la figura 32 podemos ver cómo **el modelo con motor Diesel (gasóleo) es el que mayor autonomía ofrece**, con casi 1.000 km sin repostar, seguido del modelo de gasolina con 700 km de autonomía. El vehículo eléctrico es el que actualmente ofrece una menor autonomía, 180 km sin repostar, restringiéndose actualmente su uso a entornos urbanos con puntos de recarga cercanos.

Con el análisis realizado hasta este punto, **podemos concluir que el VE es la opción que menores emisiones de CO<sub>2</sub> presenta (sin contemplar las emisiones asociadas a la fabricación de las baterías) y el que menor coste de energía supone para un usuario en el escenario impositivo actual. Sin embargo el coste del vehículo es muy superior al del resto de opciones.**

## 6. Conclusiones

Mientras que en los años 90 y primeros años de este siglo el vector de desarrollo para el sector de automoción ha sido la reducción de las emisiones de los contaminantes locales (NOx, partículas, CO), **en los próximos años el desarrollo vendrá impulsado por los objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.**

El tamaño del vehículo (segmento) y su uso son claves para determinar qué tecnología será la más adecuada para conseguir alcanzar las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> requeridas por la Unión Europea.

**Las principales conclusiones del estudio presentado son las siguientes:**

- **El potencial de mejora de los motores de gasóleo y gasolina es todavía muy alto.** Se estima que los motores de combustión interna futuros (motor de gasolina o de gasóleo de inyección directa 2020+) emitirán un 25-30% menos de CO<sub>2</sub> y consumirán un 25-30% menos de energía que los homologados en 2010.

Frente al resto de alternativas estudiadas, **la combinación de motores de combustión interna modernos con motores eléctricos (vehículos híbridos) presenta los mejores resultados** tanto en emisiones de CO<sub>2</sub> como en eficiencia energética. Se estima que con los nuevos desarrollos se podrían reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte en más de un 60% respecto a las tecnologías de motor de 2010.

- Respecto a los **biocombustibles**, el uso de **HVO es el que presenta mayor potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>** debido a que es el único que no tiene restricciones de mezcla por ser totalmente compatible con los motores de los vehículos. Sin embargo, este potencial de reducción de emisiones se ve limitado, actualmente, por la escasa disponibilidad de producto en el mercado.
- En cuanto al **gas natural**, desde un punto de vista **energético**, es siempre **menos eficiente que los carburantes convencionales**. En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta resultados inferiores en unos casos y superiores en otros:
  - Si se compara con el motor de gasolina, el de gas natural comprimido (GNC) produce unas emisiones de CO<sub>2</sub> entre un 0% y un 30% menores, dependiendo del tipo de motor (ver apartado 3.2.3 del informe).
  - Si se compara con un motor de gasóleo, el de GNC presenta unas emisiones de CO<sub>2</sub> un 15% superiores, tanto con los motores actuales como futuros.
- **Si comparamos el GLP con el gas natural**, en términos de emisiones, se concluye que el GLP proporciona unas **emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes e incluso mejores** en algunos casos (hasta un 10% inferiores dependiendo de la procedencia del gas natural). Sin embargo, **energéticamente**, los resultados del análisis indican que, para todos los casos, **el GLP es una opción más eficiente** que el gas natural (entre un 10-25 % menos consumo de energía). **En comparación con la gasolina y el gasóleo**, presenta para tecnologías de motor futuras valores de consumo de energía un 10% inferiores a los de la gasolina pero un 10-13% superiores a los del gasóleo. En cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta unas emisiones equivalentes a las del gasóleo y un 20% inferiores a las de la gasolina.
- Por último, **el vehículo eléctrico se presenta como la opción más cara para el usuario** (ver apartado 5.2). Cuando comparamos las emisiones de CO<sub>2</sub> y eficiencia energética del vehículo eléctrico, éste muestra mejores resultados frente al resto de alternativas en ciclo WtW. Sin embargo, **cuando se añaden las emisiones asociadas a la fabricación y sustitución de las baterías de los vehículos eléctricos, las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden llegar a ser equivalentes o incluso peores que las de los vehículos convencionales**, dependiendo del origen de la electricidad consumida (ver apartado 3.2.5).



## 7. Documentación de referencia

1. Estudio comparativo sobre carburantes para el transporte. Dirección de Energía para el Transporte. Dirección de Tecnología Repsol. Junio 2015
2. JEC Well to Wheels Analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Report version 4.a. 2014
3. Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure. Octubre 2014
4. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council regarding the specification of petrol, diesel and gas-oils. Abril 2009
5. Regulation 443/2009/EC of the European Parliament and of the Council setting emission performance standards for new passenger cars. Abril 2009
6. Regulation 510/2011/EC of the European Parliament and of the Council setting emission performance standards from new light commercial vehicles. Mayo 2011
7. Regulation 393/2012/EC of the European Parliament and of the Council amending Regulation 443/2009/EC to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO2 emissions from new passenger cars.
8. Regulation 394/2012/EC of the European Parliament and of the Council amending Regulation 510/2009/EC to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO2 emissions from new light commercial vehicles.
9. Boletín estadístico de CORES. [www.cores.es](http://www.cores.es)

## 8. Glosario de acrónimos

<b>BEV</b>	Vehículo con batería eléctrica
<b>CCS</b>	Carbon capture and storage (captura y almacenamiento de carbono)
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>DICI</b>	Direct Injection Compression Ignition (Motor Diesel con inyección directa)
<b>DISI</b>	Direct Injection Spark Ignition (Motor de encendido por chispa –ciclo Otto- con inyección directa)
<b>EEV</b>	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle
<b>EUCAR</b>	European Council for Automotive R&D
<b>EV</b>	Electric Vehicle (Vehículo eléctrico)
<b>FAME</b>	Ésteres metílicos de ácidos grasos (biodiesel)
<b>FCEV</b>	Vehículo eléctrico con pila de combustible
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>GLP</b>	Gases licuados del petróleo
<b>GNC</b>	Gas natural comprimido
<b>GNL</b>	Gas natural licuado
<b>HC</b>	Hidrocarburos inquemados
<b>HDV</b>	Vehículo pesado (Heavy Duty Vehicle)
<b>HVO</b>	Aceite vegetal hidrotratado
<b>Hyb</b>	Híbrido
<b>Hybrid CI</b>	Vehículo híbrido de gasóleo
<b>Hybrid SI</b>	Vehículo híbrido de gasolina
<b>JEC</b>	Consortio JRC / EUCAR / CONCAWE
<b>JRC</b>	Joint Research Center
<b>LCV</b>	Vehículo comercial ligero (Light Commercial Vehicle)
<b>MCI</b>	Motor de Combustión Interna
<b>NOx</b>	Óxidos de nitrógeno
<b>PAI</b>	Precio antes de impuestos
<b>PC</b>	Vehículo de pasajeros (Passenger Cars)
<b>PHEV</b>	Vehículo híbrido enchufable (gasóleo o gasolina)



<b>PISI</b>	Port Injection Spark Ignition (Motor Otto con inyección indirecta)
<b>PM</b>	Partículas
<b>PVP</b>	Precio de venta al público
<b>REEV</b>	Vehículo eléctrico “Range Extender”
<b>TtW</b>	Tank to Wheels (Análisis “Tanque a la Rueda”)
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>VE</b>	Vehículo eléctrico
<b>WtT</b>	Well to Tank (Análisis “Pozo al Tanque”)
<b>WtW</b>	Well to Wheels (Análisis “Pozo a la Rueda”)