



**El Gas Natural Vehicular frente a los combustibles tradicionales: comparativa de emisiones de Gases de Efecto Invernadero de su ciclo de vida en España**

**Autor:** Ignacio Montero Sanz

**Institución:** Grupo Gas Natural - Unión Fenosa

**Otros autores:** Carmen Belén Díaz López (Grupo Gas Natural - Unión Fenosa)

## Resumen

Se denomina Gas Natural Vehicular (GNV) al gas natural que se utiliza como combustible para vehículos. Este combustible se abre paso en España como una alternativa beneficiosa frente a los combustibles tradicionales, ya que presenta importantes ventajas tanto económicas para los usuarios por presentar ahorros significativos, como ambientales para la población en general ya que por la propia naturaleza del combustible, reduce drásticamente las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno que suponen actualmente un problema de polución en muchas ciudades españolas.

Por otro lado, los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y su contribución al cambio climático merecen especial atención en esta comparativa : ¿Se reducen las emisiones de GEI con el uso del GNV frente al de combustibles tradicionales?

En la presente Comunicación Técnica, Gas Natural Fenosa presenta el trabajo realizado para comparar las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de la gasolina, el gasóleo y el Gas Natural vehicular en España.

En dicho análisis se incluyen las emisiones relativas a las etapas de extracción, transporte, proceso y uso final de los diferentes combustibles, teniendo siempre en cuenta el origen y reparto de suministro de los mismos para España en el año 2013.

**Palabras clave:** Huella de Carbono; Emisiones Gases de Efecto Invernadero; Análisis Ciclo de Vida; Gas Natural; Sostenibilidad; Transporte Sostenible

## 1. Introducción

En este informe se comparan las emisiones generadas durante el ciclo de vida de los siguientes combustibles para automoción: gas natural vehicular comprimido (GNV), gasolina y gasóleo en España. Para ello se han calculado las emisiones de todo el ciclo de vida del combustible desde los distintos yacimientos de gas y crudo hasta los centros de consumo.

Los cálculos han sido realizados con la Herramienta de Cálculo de Huella de Carbono, empleada por Gas Natural Fenosa para el cálculo de su Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

## 2. Consideraciones iniciales

A fin de obtener resultados de emisiones comparables entre combustibles se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando se hace referencia a GNV, se habla de Gas Natural Vehicular Comprimido.
- Se han determinado los consumos de cada sistema de emisión del ciclo de vida en base a la energía primaria de cada combustible (TJ/TJ). Las emisiones se han calculado en base a estos consumos y a las pérdidas de energía (tGEI/TJ)
- Los factores de emisión y otros factores de cálculo empleados, han sido los mismos que se han empleado en la Herramienta de Cálculo de Huella de Carbono de Gas Natural Fenosa, del año 2013, verificada.
- Para estimar la cantidad de energía consumida por el vehículo, se tienen en cuenta la eficiencia del motor donde se realiza el consumo de combustible.

### 2.1 Identificación de los sistemas del Ciclo de Vida.

Para calcular las emisiones del ciclo de vida de los combustibles, se han determinado las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de cada una de las siguientes etapas o sistemas:

- GAS NATURAL: Extracción, Transporte terrestre por gasoducto en país de origen, Licuefacción, Transporte marítimo en metanero, Regasificación, Transporte terrestre por gasoducto en España (país destino) y Proceso de almacenamiento y compresión en Estación de Servicio. En el cálculo se incluyen las emisiones fugitivas generadas en la extracción, el transporte terrestre y la licuefacción.
- GASOLINA Y GASÓLEO: Extracción, Transporte terrestre del crudo por oleoductos en país de origen, Transporte marítimo, Refino en país destino y Transporte Terrestre por oleoductos y camiones cisternas en país destino (España). En el cálculo se incluyen las emisiones fugitivas en extracción y refino.



Imagen 1. Proceso completo del ciclo de vida (ACV).

## 2.2 determinación del origen de Combustibles.

Para cualquier combustible se ha considerado su mix de aprovisionamiento a nivel nacional. En el caso del **gas natural**, la fuente de datos ha sido el Informe de Responsabilidad Corporativa de 2013 de Gas Natural Fenosa, en el que se identifica el origen y porcentaje del gas consumido en España:

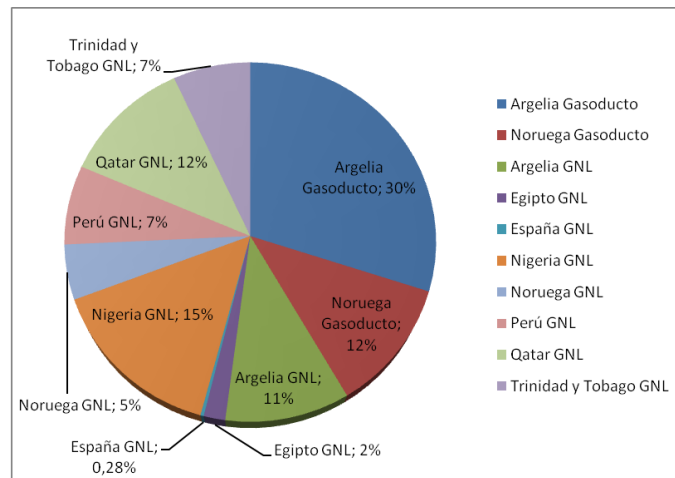


Gráfico 1. Porcentaje de origen del gas natural.  
(Fuente: Informe de Responsabilidad Corporativa de 2013).

Para el origen de los combustibles **derivados del petróleo** (gasolina y diesel) la fuente de datos es el Informe de importación de crudo del Cores de Enero-Noviembre 2013 (<http://www.cores.es/sites/default/files/archivos/icores/i-crudosnov2013.pdf>). En este caso, las procedencias que no aparecen definidas con exactitud, se reparten entre los países de mayor producción y por área geográfica

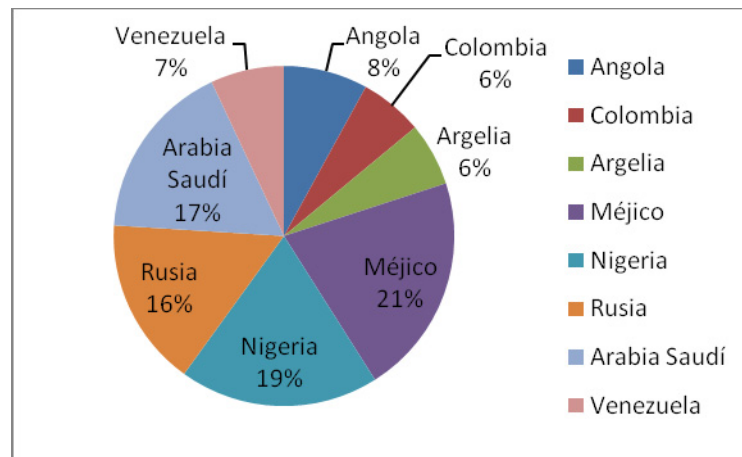


Gráfico 2. Informe Origen de los combustibles derivados de petróleo. (Fuente: Cores).

### 3. Desarrollo del cálculo

#### 3.1 Hipótesis de cálculo en los sistemas del ACV.

Una vez identificado el origen del combustible y las fuentes de emisión o sistemas del ciclo de vida del mismo, se establecen algunas hipótesis para determinar la energía consumida en cada sistema y poder calcular las emisiones.

Es importante seleccionar debidamente los factores de emisión específicos. Así, anualmente para el cálculo de la huella de GNF, se realizan estudios bibliográficos de factores de consumo de energía durante el ciclo de vida del gas y crudo de diferentes bases de datos de LCA, IPCC, etc. Posteriormente, estos datos se comparan con los datos reales obtenidos en las instalaciones propias de GNF. Combinando ambos análisis se definen los factores de consumo de energía de cada sistema

Se define como “**País origen**” el país en el que se extrae el combustible; y “**País destino**”, el país en el que se produce el consumo.

##### 3.1.1 Sistema de Extracción

En cada “país origen” se identifica el porcentaje de gas o crudo que procede de cada tipo de yacimiento: pozos on-shore o plataforma off-shore, y el factor de consumo de energía asociado a cada tipo de extracción. (Fuente de datos: *Medias de valores de extracción para pozos de las bases de datos del Öko-Institut para gas y crudo en plataformas on-shore y off-shore*).

Hay que tener en cuenta que no en todos los yacimientos se consume el mismo tipo de energía, pueden consumirse combustibles y/o electricidad. Por este motivo, en yacimientos donde existe consumo de electricidad, el factor de consumo energético durante la extracción variará en función del factor eléctrico correspondiente al mix de generación del país donde se produce la extracción.

Por ejemplo, el gas de las plataformas off-shore de Ormen-Asgard (con el 48%), Sleipner (12%) y Troll (40%), en el Mar del Norte se asignan a Noruega (País origen). Y el gas consumido en España (País destino) procedente de Argelia (País origen), se extrae del pozo on-shore de Hassi R'Mel. Cada uno de estos yacimientos (off-shore Noruega y on-shore Argelia), tiene un factor diferente de energía consumida por TJ.

### **3.1.2 Sistema de Fugitivas de extracción**

Durante la extracción del combustible, se producen una serie de emisiones (mayormente de metano) no controladas denominadas Fugitivas de extracción. Estas emisiones implican una pérdida de energía referida al total de la energía extraída en forma de gas natural. Si bien, estas pérdidas son poco relevantes en forma de energía, su importancia aumentará al considerarlas en forma de emisiones de GEI.

Para determinar estas emisiones, se han seleccionado los valores propuestos por la IPCC tanto para gas como para crudo, ponderados en función del índice de desarrollo humano de cada país origen en el que se produce la extracción, asumiendo que existe relación entre la tecnología usada, las exigencias ambientales y el desarrollo económico de dicho país. (*Fuente: IPCC 2006 GUIDELINES, Vol.2: Energía. Capítulo 4: Emisiones Fugitivas, pág. 4.55, Cuadro 4.2.5 "Factores fugitivas"*).

### **3.1.3 Sistema de Procesos**

En este punto se contemplan los consumos energéticos en los procesos de transformación de los combustibles.

Para el **gas natural**, estos procesos son licuefacción, regasificación y almacenamiento y compresión en las estaciones de servicio. Los datos han sido obtenidos a partir de las propias instalaciones de Gas Natural.

La cantidad de energía consumida en estos procesos, no es fija por TJ de combustible, ya que depende de la cantidad de gas natural licuado (GNL) del mix gasista consumido y de los factores eléctricos específicos de cada país.

Para el caso **del crudo**, el proceso de transformación del combustible es el refino. La hipótesis principal es que el refino se realiza en el país destino, es decir, no se importan derivados del crudo.

### **3.1.4 Sistema de Transporte Terrestre**

Para los cálculos, se plantean siempre dos rutas para el transporte terrestre: la primera que discurre por el "país origen" y la segunda por el "país destino". Como "**País de paso**", se entienden los países por los que discurre el transporte terrestre entre el país origen y el país destino. El transporte por gasoductos/oleoductos consume tanto combustible como electricidad, y estas cantidades de energía son específicas para cada "país de paso".

En el caso del **gas**, la primera ruta por gasoducto va desde el yacimiento hasta la frontera con el “país destino” o hasta la planta de licuefacción considerada en el “país origen” (en caso de GNL). La segunda ruta se considera desde, un punto de entrada de gas en el “país destino” o desde la planta de regasificación, y hasta las estaciones de servicio.

**En el caso del crudo**, la primera ruta por oleoducto va desde el yacimiento hasta el puerto en “país origen” y la segunda ruta por oleoducto discurre por el “país destino” desde la refinería hasta el centro logístico. Adicionalmente, se contempla un sistema de transporte terrestre en camiones cisternas por carretera desde centros de almacenamiento hasta estaciones de servicio.

A modo de ejemplo, para el caso del gas natural procedente de los pozos de extracción (Sleipner, Ormen-Asgard y Troll) en Noruega (país origen) que llega hasta España (país destino) por gasoducto hay dos posibles rutas:

- a. Ruta 1: Desde las plataformas off-shore en gasoducto submarino hasta Bélgica (por Dunkerque), continúa por Francia y llega a España
- b. Ruta 2: Desde las plataformas off-shore en gasoducto submarino hasta Alemania (Groningen), pasando por Bélgica, Francia y llega a España.

(Km)	Sleipner	Ormen-Asgard	Troll
Noruega	936	1399	972
Alemania	-	438	438
Bélgica	141	188	188
Francia	962	962	962

**Tabla 1.** Distancia de los gasoductos en cada país de paso  
(Fuente: *Elaboración Propia.*)

En cada “país de paso” el transporte por gasoducto tiene consumos energéticos diferentes (motores eléctricos, consumo de gas en motores y/o en turbinas) y por lo tanto, diferentes factores de emisión. A continuación se define la emisión específica por cada país de paso en el ejemplo anterior:

(kgGEI/kWh)	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Alemania	6,12E-01	4,36E-05	1,09E-05
Bélgica	5,86E-01	1,32E-04	9,41E-06
España	6,12E-01	4,36E-05	1,09E-05
Francia	6,51E-01	3,52E-04	8,73E-06
Noruega	1,30E-02	2,18E-07	5,10E-08

**Tabla 2.** Emisiones de GEI por kWh consumido.

(Fuente: *Elaboración Propia, a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía e IPCC 2006.*)

Una vez definido el % de abastecimiento de cada “país origen”, las rutas de los ductos y los factores de emisión específicos de cada país de paso, ya se pueden calcular las emisiones generadas por el sistema de transporte terrestre.

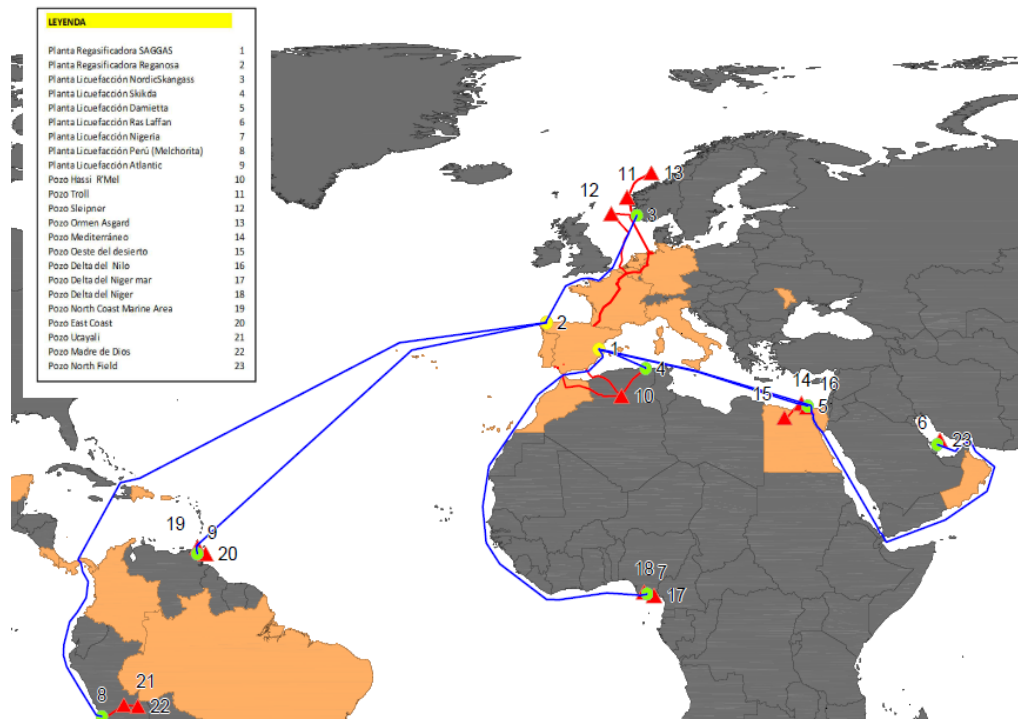
### 3.1.5 Transporte Marítimo

Se trata del transporte en barco del gas natural licuado (GNL) o crudo desde el país origen al país destino. En este caso, los cálculos son sólo función de la distancia entre el país origen y el país destino de cada ruta y el consumo de combustibles de metaneros y petroleros. Los valores de consumo en metaneros se han determinado extrapolando datos reales de los trayectos realizados por buques de Gas Natural Fenosa.

### 3.1.6 Fugitivas de transporte terrestre

Al igual que con la extracción, se han seleccionado los valores propuestos por la IPCC tanto para gas como para crudo, que son ponderados con el índice de desarrollo humano de cada país de origen, asumiendo que también existe relación entre la tecnología usada, las exigencias ambientales y el desarrollo económico de dicho país. (*Fuente: IPCC 2006 GUIDELINES, Vol.2: Energía. Capítulo 4: Emisiones Fugitivas, pág. 4.55, Cuadro 4.2.5 "Factores fugitivas"*).

A continuación, se muestra un esquema de las rutas seleccionadas para el cálculo del gas natural en España 2013:



**Imagen 2.** Rutas de gas seleccionadas para España.  
(Fuente: Elaboración Propia).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, la energía consumida en todo el ciclo de vida del combustible, es el resultado de integrar los consumos energéticos y las pérdidas en extracción y transporte (emisiones fugitivas) con:



- El porcentaje de combustible que viene de cada país origen
- El porcentaje de combustible que procede de yacimientos on-shore u off-shore (tipo de extracción).
- Las distancias de cada ruta de transporte y los países de origen, paso y destino.
- El tipo de energía consumida en cada sistema, y en cada país.

A continuación se muestra una tabla en la que aparece el consumo de combustibles o la pérdida de energía total de todo el ciclo de vida (desde el pozo de extracción hasta los puntos de consumo) del gas natural, la gasolina y el diesel, en TJ/TJ de combustible, para las flotas de vehículos en España:

(TJ/TJ de combustible)	Gas Natural	Gasolina	Diesel
Fugitivas	0,0021	0,0107	0,0121
Consumo de combustibles	0,1192	0,1393	0,1342

**Tabla 1.** Consumo de Energía en el ciclo de vida del Gas Natural y del crudo para España 2013.  
 (Fuente: *Elaboración Propia*).

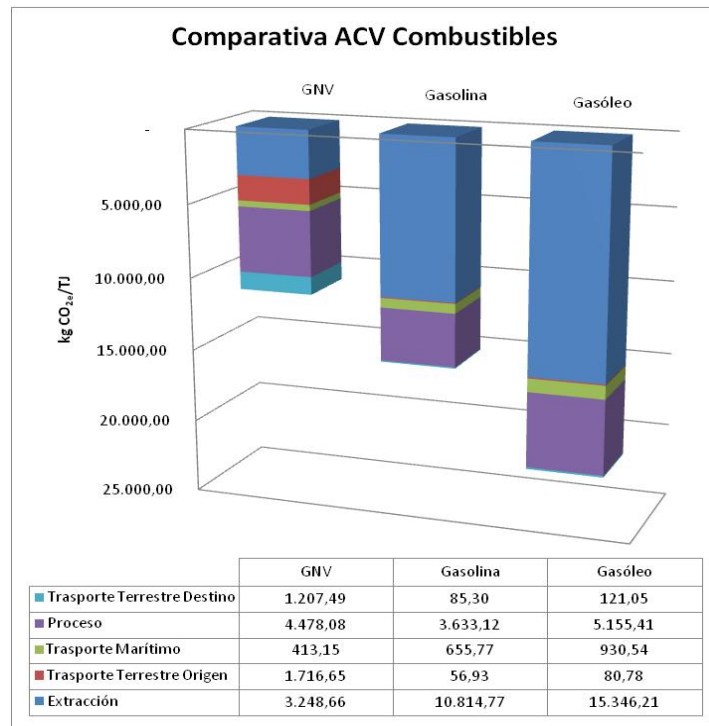
Cabe indicar que estos datos tienen una gran variación interanual, debido fundamentalmente al % de gas natural licuado (GNL) importado. Así estos valores de consumo de combustibles y fugitivas, pueden oscilar entre el 0,08 TJ/TJ para % de GNL muy bajos, (valores similares a países productores como México o Argentina); y de 0,28 TJ/TJ para países que únicamente consumen GNL (como Puerto Rico, Japón o Corea).

Las pérdidas de energía (emisiones fugitivas) son prácticamente despreciables, (en el caso del gas natural apenas representan el 2% del valor obtenido para el consumo energético y el 8-9% en el caso de derivados del crudo). Sin embargo, si estos datos se analizan desde el punto de vista de emisiones de gases de efecto invernadero, el valor cambia de manera significativa como se verá a continuación.

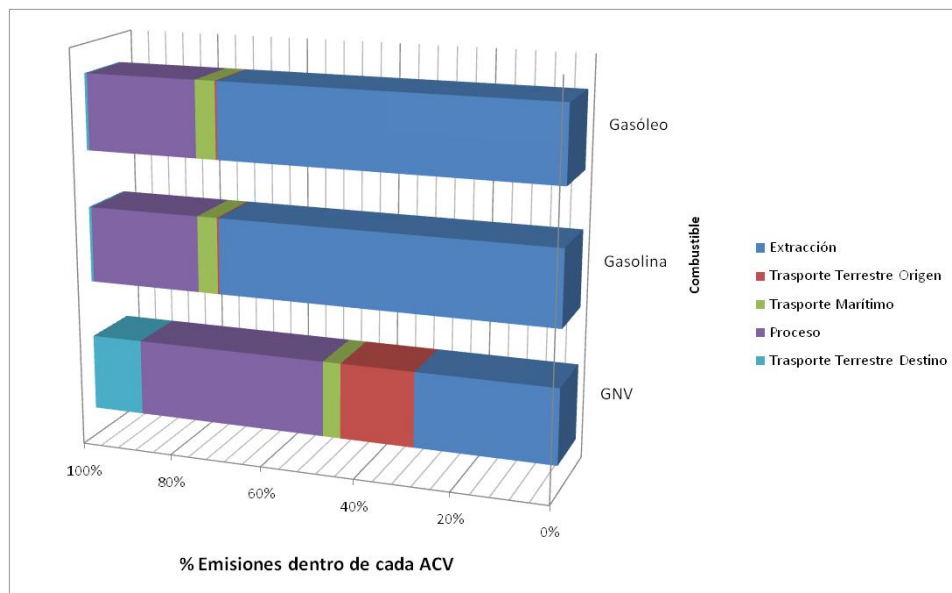
### 3.2 Emisiones durante el ciclo de vida del combustible (kgGEI/TJ de combustible)

Los sistemas de emisión calculados en la Herramienta de Cálculo de huella de carbono y que se muestran en los gráficos siguientes son: extracción, transporte terrestre origen (gasoducto/oleoducto), proceso (licuefacción, regasificación, consumos en ERM y estaciones de compresión, para el caso del gas natural y refino, almacenamiento en Estación de Servicio para el caso de derivados del crudo), transporte marítimo y transporte terrestre destino hasta el punto de consumo.

Las emisiones fugitivas (pérdidas de energía) están incluidas en los valores finales de los sistemas en las que se generen.



**Gráfico 3.** Comparativa del ciclo de vida de los combustibles  
(Fuente: *Elaboración Propia*).



**Gráfico 4.** Porcentaje de emisiones dentro de cada sistema del ciclo de vida.  
(Fuente: *Elaboración Propia*)

El primer gráfico, muestra las emisiones en  $\text{kgCO}_{2e}/\text{TJ}$  generadas en cada sistema del ciclo de vida de los combustibles, mientras que el segundo gráfico, muestra el porcentaje de esas emisiones sobre el total. En ambos se excluye el consumo final.

A la vista de los resultados se pueden sacar las siguientes conclusiones:

El ciclo de vida que genera menos emisiones por TJ de combustible es el del GNV (como gas natural comprimido) y el de mayores emisiones es el del gasóleo, con una emisión un 96% superior al del GNV. Las emisiones del ciclo de vida de la gasolina son un 38% mayores que las del ciclo de vida del GNV.

En el caso del crudo, el sistema más intensivo en emisiones es el de la Extracción, seguido de los Procesos (refino). Esto es debido, a que las emisiones fugitivas de metano durante la extracción son mayores que las emisiones derivadas del consumo de combustibles, a pesar de que en términos de energía, estas pérdidas sean mínimas.

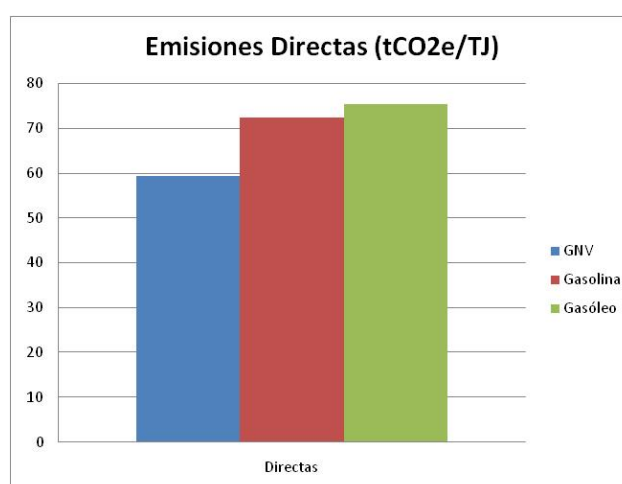
En cuanto al sistema de transporte, el que más emisiones genera es el de transporte por gasoducto. Supone casi un 26% de las emisiones totales del ciclo de vida del gas, a diferencia de los combustibles líquidos cuyo transporte implica el 0,9% del total de las emisiones. Esto es debido a que en los oleoductos no existen emisiones fugitivas de GEI.

### 3.3 Emisiones derivadas del uso final del combustible, (kgGEI/TJ de combustible).

A continuación se muestran en una tabla los factores de emisión empleados para los cálculos expresados en kgGEI para 1 TJ de combustibles:

(kgGEI/TJ)	GNV	Gasolina	Gasóleo
CO <sub>2</sub>	56.100	69.300	74.100
CH <sub>4</sub>	92	25	3,9
N <sub>2</sub> O	3	8	3,9
CO <sub>2e</sub> <sup>(1)</sup>	59.294	72.309	75.359,7

**Tabla 2.** Factores de Emisión por defecto para combustión móvil.  
(Fuente: IPCC).



**Gráfico 5.** Emisiones Directas por consumo de combustible.

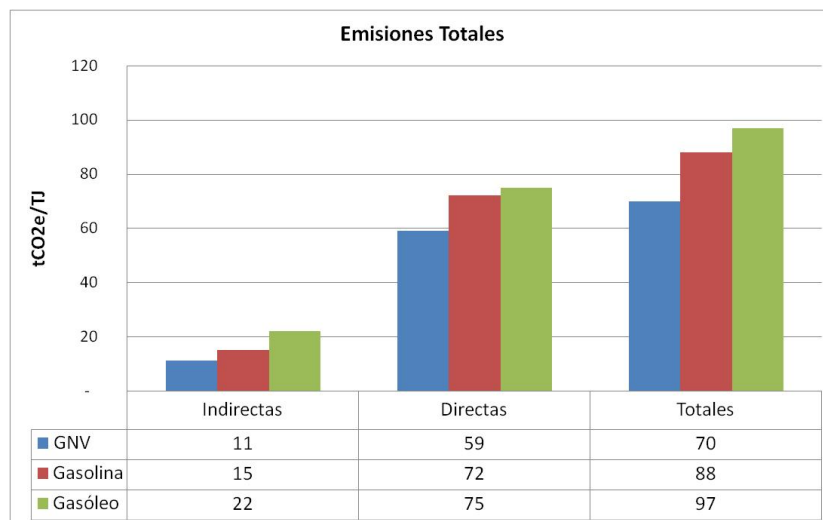
<sup>1</sup> Para calcular CO<sub>2e</sub> se ha usado un PCG de CH<sub>4</sub> de 25 y de N<sub>2</sub>O de 298

El gráfico anterior muestra las emisiones directas de CO<sub>2e</sub> derivadas de la combustión de 1TJ de combustible. Como se puede ver, se mantiene la misma tendencia que en las emisiones del ciclo de vida (emisiones indirectas), siendo el gasóleo el combustible que más emite, frente a las emisiones del gas natural.

### 3.4 Emisiones Totales (kgGEI/TJ de combustible).

Cabe recordar que los resultados aquí presentados corresponden a los cálculos realizados para consumos de combustibles en fuentes móviles en España, con datos del mix de origen de combustibles de Gas Natural Fenosa de 2013 y el mix de generación eléctrica de estos países de origen correspondientes al año 2013.

Para determinar las emisiones totales, se han tenido en cuenta, además de las emisiones derivadas del ciclo de vida del combustible (emisiones indirectas), las emisiones directas derivadas del uso final del combustible (combustión directa). Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:



**Gráfico 6.** Emisiones totales en (tCO<sub>2e</sub>/TJ).  
(Fuente: *Elaboración Propia*).

De acuerdo con los resultados del gráfico, el GNV emitiría un 20% menos que la gasolina y un 28% menos que el gasóleo.

No obstante, a los cálculos anteriores se debe añadir el efecto del rendimiento del motor en el que se está produciendo la combustión (uso final del combustible), ya que pueden producirse variaciones en las emisiones directas y en las indirectas, al variar la cantidad de combustible consumido para un mismo recorrido.

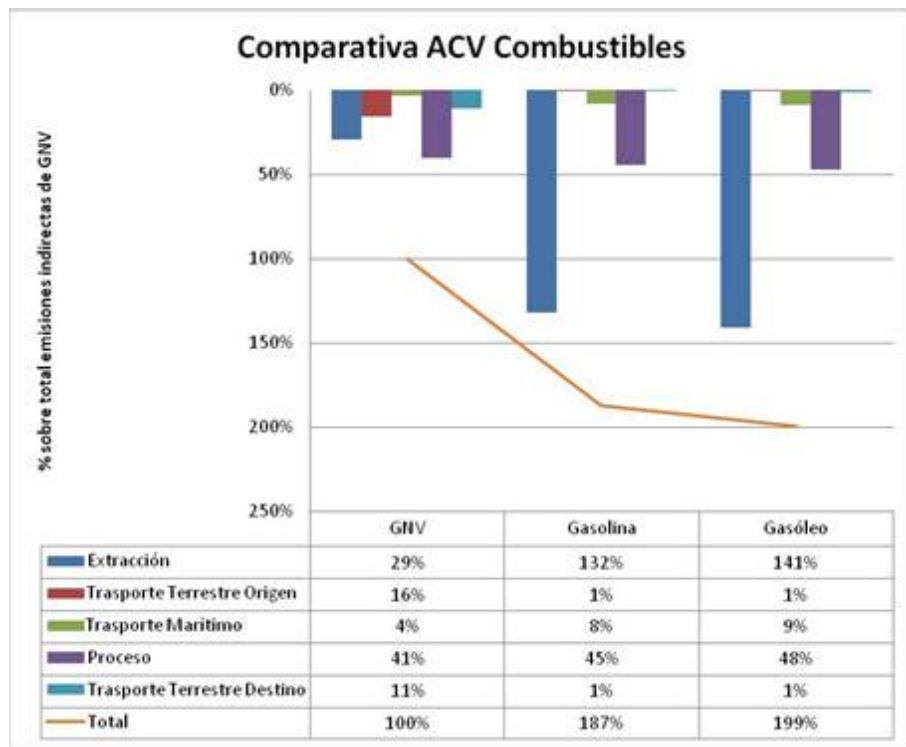
Las eficiencias consideradas son las siguientes:

Motor Diesel	Motor Gasolina	Motor de Gas comprimido
36%	27,7%	36,7%

**Tabla 3.** Rendimiento de diferentes motores

(Fuente: Jesús Casanova Quindelán, Catedrático de Motores de la Universidad Politécnica de Madrid.).

A continuación se muestra el efecto del rendimiento en las emisiones del ciclo de vida, Como referencia se considera que el 100% corresponde a las emisiones totales del GNV



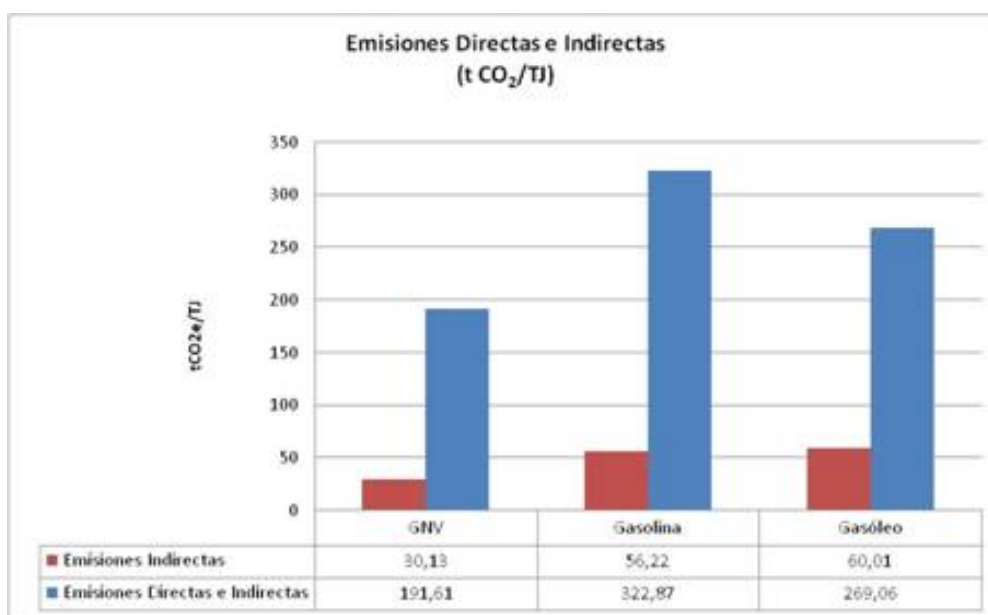
**Gráfico 7.** Porcentaje sobre el total de emisiones totales del GNV.

(Fuente: Elaboración Propia).

Los resultados muestran como las emisiones indirectas generadas a lo largo del ciclo de vida del GNV (antes del consumo) son menores que las derivadas del sistema de extracción del crudo para la obtención de la gasolina o del gasóleo.

#### 4. Conclusiones

Con los resultados de este estudio se puede concluir que **los vehículos que consumen GNV comprimido, a efectos de emisiones de GEI, son cuantitativamente mejores** que los vehículos que consumen combustibles tradicionales.



**Gráfico 8.** Emisiones directas e indirectas en (tCO<sub>2</sub> /TJ).  
(Fuente: Elaboración Propia).

Como puede observarse, el GNV supone un ahorro en emisiones totales (de hasta un 59%<sup>(\*)</sup>) frente a la gasolina.

Si este mismo ejercicio se realiza sólo teniendo en cuenta las emisiones indirectas derivadas del ciclo de vida, el GNV supone un ahorro de hasta un 54%<sup>(\*)</sup> en emisiones.

Al comparar las emisiones por TJ de combustible quemado, existe un ahorro en las emisiones de gases de efecto invernadero de hasta un 71%<sup>(\*)</sup> si se consume GNV frente al consumo de diesel. Si se excluye el uso final del combustible y se comparan únicamente las emisiones indirectas del ciclo de vida esta cifra sube al 50%<sup>(\*)</sup>.

**En conclusión se puede decir que el GNV (como gas natural comprimido), tiene un comportamiento en emisiones de GEI mejor que el diesel y la gasolina a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo el uso final del combustible.**

<sup>(\*)</sup>Debe considerarse que el cálculo es válido únicamente para consumos de combustibles en fuentes móviles en España y para datos del mix de origen de combustibles de Gas Natural Fenosa de 2013 y mix eléctrico de estos países de origen del combustible de 2013.