RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

Grupo Red Eléctrica

Emisiones de CO_2 asociadas a la generación de electricidad en España

Marzo de 2021

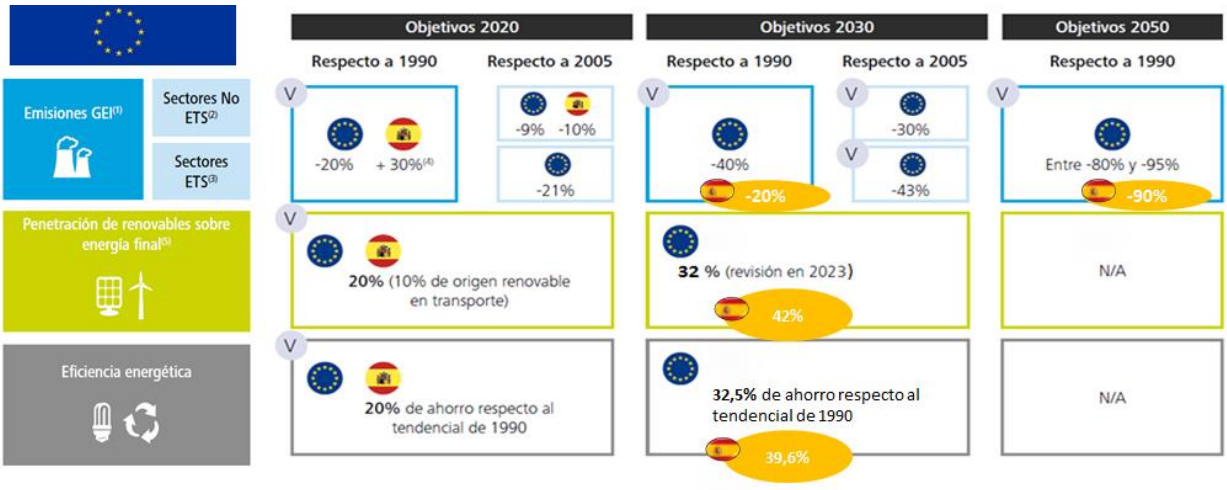
1. ¿Por qué son importantes las emisiones de gases de efecto invernadero?

El Acuerdo de París, alcanzado en diciembre de 2015 en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, fijó el compromiso de las partes firmantes para contener el incremento de la temperatura de la Tierra "muy por debajo de los 2ºC" con respecto al nivel preindustrial.

En este marco, el **sistema energético de la Unión Europea** está experimentando **un profundo cambio**, asociado al objetivo común de la descarbonización, lo que crea nuevas oportunidades y desafíos para todos los participantes en dicho sistema energético. Los objetivos marcados a nivel de la Unión Europea pasan por un 40% de reducción de emisiones en 2030 para llegar a 2050 a un sistema prácticamente descarbonizado.

Estos objetivos de descarbonización están íntimamente relacionados con la integración de energía final procedente de fuentes renovables y con los de eficiencia energética, destacando los objetivos finalmente aprobados de un 32% de energía final procedente de renovables en 2030 y de una eficiencia del 32,5% respecto al tendencial de 1990.

En el caso de España, los objetivos para 2030 se traducen en un 42% de energía final procedente de renovables, objetivo aún más ambicioso que el global de la UE, con una reducción de emisiones del 20% respecto a 1990.



Objetivos en materia de emisiones, renovables y eficiencia

2. ¿Cuáles son los gases de efecto invernadero?

Los **gases de efecto invernadero** (en adelante, GEI) son fundamentalmente los considerados por el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change)* y por el Sistema Español de Inventario de Emisiones (SEI). Es decir, son el propio CO_2, el CH_4, el N_2O y los compuestos derivados del Fluor o gases fluorados (F-gases como el SF_6).

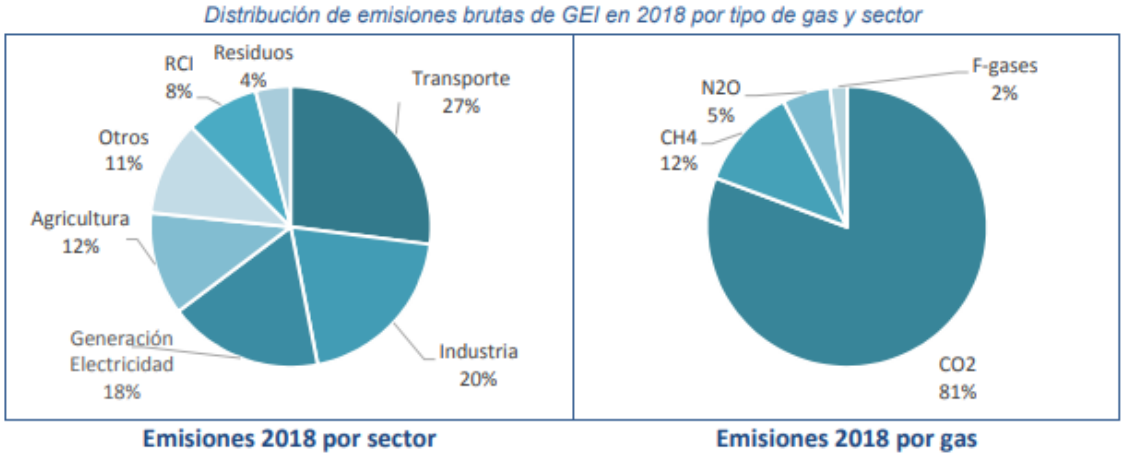
3. ¿Qué GEI tenemos en cuenta en la generación de electricidad?

Las emisiones de GEI debido a la **generación de electricidad** se deben mayormente a los gases formados en la combustión, por lo que a estos efectos, se tienen en cuenta las emisiones de CO_2 y de N_2O.

A efectos de calcular el potencial de efecto invernadero del N_2O, se utiliza el valor GWP (*Global Warming Potential*, o *potencial de calentamiento global PCG*) que recoge el *Fifth Assesessment Report (AR5)* del IPCC (*intergovernmental panel on climate change*), y que asigna al N_2O un GWP de 265, lo que significa que 1 g de N_2O tiene un potencial de calentamiento global equivalente a 265 g de CO_2.

4. ¿Cuáles fueron las emisiones de GEI en España en 2018?

Las emisiones de GEI a nivel nacional se estiman para el año 2018 en 334,3 $MtCO_2$-eq.La generación de electricidad supone el 18% de las emisiones de GEI, frente al 27% del transporte o el 20% de la industria. Estos valores están referidos a CO_2-eq, e incluyen tanto las emisiones de CO_2, como las del resto de GEI (N_2O, CH_4 y gases fluorados).

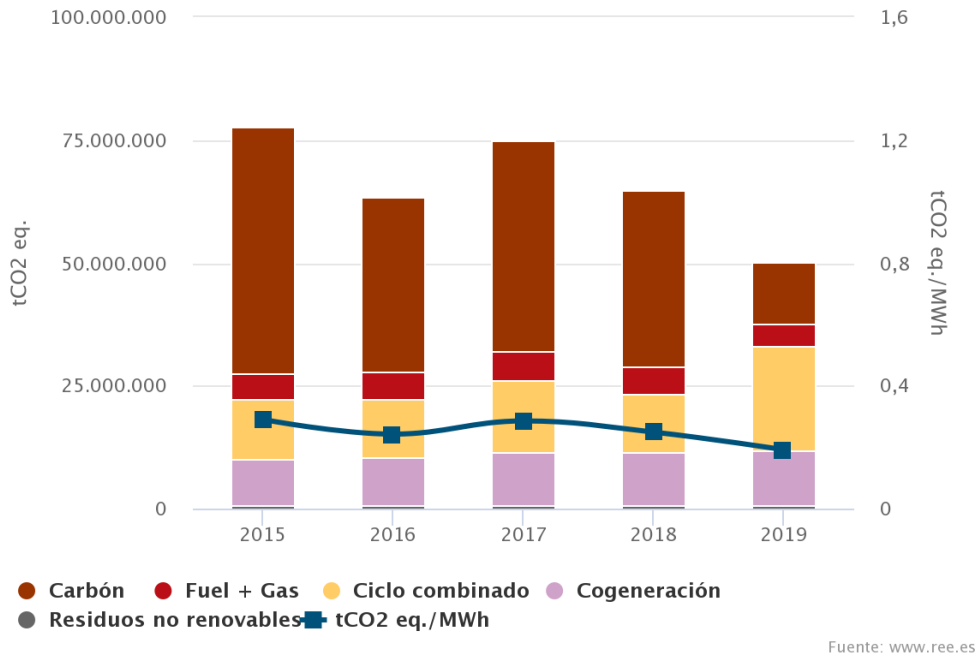


Emisiones GEI 2018 por sector de actividad y tipo de gas.
Fuente: Edición 2020 del Inventario Nacional de GEI 2018 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

5. ¿Cuáles son las emisiones actuales de GEI del sistema eléctrico español?

En el caso del sistema eléctrico español, las emisiones se han venido reduciendo como consecuencia de la mayor tasa de energías renovables y la reducción de la producción con carbón, pasando de cerca de 80 $MtCO_2$-eq en 2015, a aproximadamente 50 $MtCO_2$-eq en 2019.

El factor de emisión ha pasado de 0,29 tCO_2-eq/MWh en 2015 a 0,19 tCO_2-eq/MWh en 2019, lo que supone una reducción de más del 30%.



Evolución de las emisiones de GEI y del factor de emisión del sistema eléctrico español. Fuente REE.

6. ¿Cómo calculamos estas emisiones de GEI?

Estas emisiones de CO_2-eq son calculadas a partir de unos factores de emisión expresados en tCO_2-eq por MWh eléctrico producido, agrupados en función de los diferentes territorios y las tecnologías de generación. Estos factores de emisión permiten obtener las toneladas totales de CO_2-eq emitidas por un generador o agrupación, multiplicando el factor de emisión asignado por la energía producida (MWh) por el generador o agrupación. De esta manera podemos calcular el total de las emisiones de CO_2-eq asociadas a la generación de electricidad en nuestro sistema eléctrico.

7. ¿Cuáles son las fuentes de información utilizadas?

Para la elaboración de los factores de emisión de cada tecnología, combustible y territorio se utilizan distintas fuentes en función de la mejor disponibilidad de información:

- Inventario de emisiones de cada planta, disponible en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
- Información de producción real de cada planta (SIMEL).
- Factores de emisión del Reglamento (UE) 601/2012 de la Comisión Europea de 21 de junio de 2012.
- Factores de emisión por tecnología del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión.
- Factores de emisión por tecnología en los territorios no peninsulares Resolución de la DGPEM de 30 de junio de 2017.
- Rendimientos por tecnología del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010.
- Rendimientos eléctricos equivalentes de la cogeneración del Real Decreto 413/2014.

8. ¿Cuáles son los factores de emisión de GEI?

Los factores de emisión de CO_2 asociados a la generación de electricidad se resumen en las siguientes tablas y su cálculo en detalle se encuentra recogido en el Anexo I:

Sistema Peninsular	
Tecnología	Emisiones CO_2-eq (tCO_2-eq/MWh)
Central Térmica de Carbón	0,95
Central Térmica Ciclo Combinado (Gas Natural)	0,37
Central Térmica Fuel-Gas	0,77
Cogeneración	0,38
Residuos	0,24

Territorios no peninsulares	
Tecnología	Emisiones CO_2-eq (tCO_2-eq/MWh)
Central Térmica Ciclo Combinado (Gasóleo)	0,60
Central Térmica Ciclo Combinado (Gas Natural)	0,41
Central Térmica de Carbón	1,05
Motores Diesel (gasoil, fuel, gas natural)	0,68
Central Térmica Vapor	0,90
Turbina de Gas (Gasóleo)	1,12
Turbina de Gas (Gas Natural)	0,84
Cogeneración	0,38
Residuos	0,24

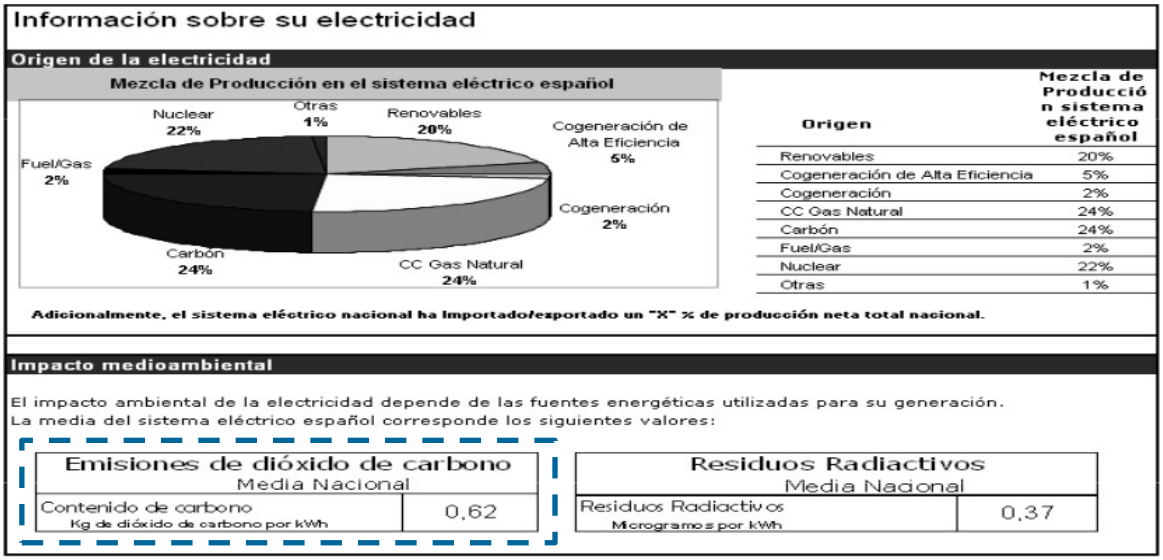
9. *¿Cuándo se actualizan los factores de emisión de GEI?*

Los factores de emisión se actualizan de forma general con periodicidad anual. Adicionalmente, se realizan actualizaciones de los mismos siempre que se den circunstancias que así lo requieran.

10. *¿Para qué se utilizan los factores de emisión de GEI?*

Los factores de emisión son utilizados con fines informativos y divulgativos, con el objetivo de facilitar el seguimiento de las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica, uno de los principales indicadores vinculados a la transición energética.

Además, desde la entrada en vigor de la *Circular 2/2021, de 10 de febrero, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establece la metodología y condiciones del etiquetado de la electricidad para informar sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente*, el Operador del Sistema eléctrico propondrá a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, factores de emisión basado en esta metodología, a los efectos de que ésta determine la información sobre el origen de electricidad que todos los consumidores recibimos junto con nuestra factura eléctrica, según un formato definido.



Anexo I. Metodología de cálculo de los factores de emisión de CO_2-eq

Esta metodología permite obtener unos factores de emisión de CO_2-eq desglosados por **tecnología y combustible**.

Los factores de emisión obtenidos mediante esta metodología se expresan en tCO_2-eq/MWh y permiten obtener las toneladas totales de CO_2-eq emitidas por un generador o agrupación, multiplicando el factor de emisión asignado por la energía producida (MWh).

Estos factores de emisión tienen en cuenta únicamente las emisiones directas asociadas a la producción de electricidad y no incluyen emisiones indirectas asociadas a la construcción de las plantas de generación, transporte de combustibles, mantenimiento, etc.

GEI incluidos en esta metodología

Para el cálculo de los factores de emisión de CO_2 equivalente se tienen en cuenta las emisiones de CO_2 y las de N_2O asociadas a la generación de electricidad.

A efectos de calcular el potencial de efecto invernadero del N_2O, se utiliza el valor GWP (*Global Warming Potential*, o *potencial de calentamiento global PCG*) que recoge el *Fifth Assesessment Report (AR5)* del IPCC (*intergovernmental panel on climate change*), y que asigna al N_2O un GWP de 265, lo que significa que 1 g de N_2O tiene un potencial de calentamiento global equivalente a 265 g de CO_2.

Fuentes de información.

Para la elaboración de los factores de emisión de cada tecnología, combustible y territorio se utilizan distintas fuentes en función de la mejor disponibilidad de información.

- Inventario de emisiones de cada planta, disponible en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.

  El Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) dispone de información de inventario de emisiones de CO_2, N_2O y otros agentes contaminantes, para las plantas de producción de electricidad con una potencia térmica nominal instalada igual o superior a 50MW_t. El último año con información registrada es 2018. La información del año n, se publica el 15 de noviembre de n+1.

  Esta información (expresada tCO_2/año o tN_2O/año), combinada con los datos de producción de energía eléctrica de cada una de las plantas permite obtener unos factores de emisión particularizados para cada instalación.

- Información de producción real de cada planta (SIMEL).

  En el caso del cálculo del factor de emisión individualizado de una planta a partir de las tCO_2 y tN_2O de inventario del PRTR, se utiliza la energía producida registrada en SIMEL (Sistema de Información de Medidas Eléctricas) para obtener el factor de emisión en tCO_2/MWh.

- Factores de emisión del Reglamento (UE) 601/2012 de la Comisión Europea de 21 de junio de 2012.

  El Reglamento recoge unos factores de emisión están expresados en tCO_2/TJ y que están asociados al poder calorífico del combustible. Estos factores permiten obtener las emisiones totales de CO_2 a partir de las cantidades totales de combustible consumido.

  Para poder referir estos factores a MWh eléctricos producidos, es necesario afectarlos del rendimiento de las diferentes tecnologías o plantas.

- Factores de emisión por tecnología del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión.

  El Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión proporciona unos factores de emisión en tCO_2 por MWh eléctrico producido, por tecnología y combustible para los territorios no peninsulares. Estos valores se han actualizado recientemente en la resolución de la DGPEM de 30 de junio de 2017.

- Rendimientos por tecnología del Plan de Energías Renovables en España 2005-2010.

  Estos rendimientos permiten convertir los factores de emisión asociados al combustible (tCO_2/TJ) en factores de emisión asociados a la producción de energía eléctrica (tCO_2/MWh). En particular se utilizan los rendimientos de las plantas de ciclo combinado de gas natural y de las centrales térmicas de carbón.

- Rendimientos eléctricos equivalentes de la cogeneración del Real Decreto 413/2014.

  En el caso de la cogeneración, esta metodología considera que una parte de las emisiones de la combustión corresponde a la producción de electricidad y otra parte corresponde a la producción combinada de calor, siendo necesario cuantificar dicho reparto para asignar correctamente un factor de emisión a la producción de energía mediante esta tecnología.

  A estos efectos se utilizan los rendimientos eléctricos equivalentes publicados en el Real Decreto 413/2014.

Cálculo de los factores de emisión del parque generador español.

Para el cálculo de los factores de emisión de CO_2 equivalente por tecnología y combustible se combinan las diferentes fuentes de información conforme a los siguientes criterios:

- Centrales térmicas de carbón

  En estas centrales se utiliza carbón como combustible principal para producir energía eléctrica. El carbón es un combustible con un alto contenido en carbono y, por ello, su combustión genera una elevada cantidad de CO_2 por cada MWh producido.

  Para este tipo de centrales se distinguen cuatro tipos de carbones: Hulla sub-bituminosa, Hulla antracita, Lignito negro y Lignito pardo, correspondiéndole un factor de emisión asociado al combustible a cada uno de ellos.

  Para obtener el factor emisión en tCO_2/MWh producido, se utiliza un rendimiento medio de la tecnología del 36% (η), valor recogido en el *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010* y utilizando la siguiente fórmula de conversión:

$$f\left(\frac{tCO_2}{MWh}\right) = \frac{tCO_2}{TJ} \cdot \frac{3{,}6\ TJ}{1000\ MWh} \cdot \frac{100}{\eta}$$

  Resultando:

Combustible	$ktCO_2/ktep$	TJ/ktep	Factor de Emisión combustible (tCO_2/TJ)	Rendimiento eléctrico (%)	tCO_2/MWh_e
Hulla + Antracita nacional	4,032	41,868	96,303	36%	0,96
Carbón importado	4,032	41,868	96,303	36%	0,96
Lignito negro	3,861	41,868	92,218	36%	0,92
Lignito pardo	3,983	41,868	95,132	36%	0,95

En caso de que sea necesario un factor de emisiones correspondiente a las centrales térmicas de carbón en su conjunto, se realiza una ponderación teniendo en consideración los factores de emisión de cada tipo de carbón y la energía producida por cada uno de ellos en el periodo de tiempo considerado.

Así en promedio y para el sistema peninsular, el factor de emisión promedio de las centrales de carbón es de 0,95 tCO_2/MWh.

Las emisiones de N_2O de las centrales térmicas de carbón no son significativas a efectos del cálculo del factor de emisión de CO_2 equivalente para esta tecnología.

- Centrales de ciclo combinado de gas natural

Las centrales de ciclo combinado utilizan gas natural, combustible con un contenido en carbono mucho menor que el del carbón, el fuel o el gasóleo; lo que unido al elevado rendimiento de la tecnología hace que presente un factor de emisión mucho menor que el de las plantas de carbón.

Se utiliza el factor de emisión asociado al combustible recogido en el *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*.

Para obtener el factor emisión en tCO_2/MWh producido, se utiliza un rendimiento medio de la tecnología del 54% (η), valor recogido en el *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010* y utilizando la siguiente fórmula de conversión:

$$f\left(\frac{tCO_2}{MWh}\right) = \frac{tCO_2}{TJ} \cdot \frac{3{,}6\ TJ}{1000\ MWh} \cdot \frac{100}{\eta}$$

Resultando:

Combustible	$ktCO_2$/ktep	TJ/ktep	Factor de Emisión combustible (tCO_2/TJ)	Rendimiento eléctrico (%)	tCO_2/MWh_e
Gas Natural	2,337	41,868	55,818	54%	0,37

Las emisiones de N_2O de las centrales de ciclo combinado no son significativas a efectos del cálculo del factor de emisión de CO_2 equivalente para esta tecnología.

- Centrales térmicas de fuel-gas

En esta categoría se encuentran centrales térmicas que emplean como combustible fuelóleo, gas natural u otro tipo de combustibles; se trata de centrales convencionales habitualmente con turbinas en ciclo abierto.

Debido a su heterogeneidad se utilizan valores medios empíricos para este conjunto de centrales.

En particular se han tomado los valores de inventario de emisiones de CO_2 (tCO_2) anuales del Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) y los datos de producción de energía anual de SIMEL (MWh), obteniendo así un valor medio de factor de emisión para este tipo de centrales, que resulta en 0,77 tCO2/MWh.

Resaltar que no se registra actualmente generación para esta tecnología en el sistema eléctrico peninsular.

Las emisiones de N_2O de las centrales térmicas de fuel-gas no son significativas a efectos del cálculo del factor de emisión de CO_2 equivalente para esta tecnología.

- Hidráulica, eólica y nuclear

Estas tecnologías comparten la característica de no emitir CO_2 para producir electricidad ya que su funcionamiento no depende de la combustión de combustibles fósiles. Por ello, su factor de emisión es 0 tCO_2/MWh.

- Cogeneración

La cogeneración consiste en la producción combinada de calor y electricidad, lo que permite obtener un rendimiento conjunto superior a la producción independiente de ambos vectores energéticos.

Se ha considera un factor de emisión para cada una de las tecnologías de cogeneración utilizando la siguiente fórmula de conversión para posteriormente realizar una ponderación en función del peso de cada una de ellas.

$$f\left(\frac{tCO_2}{MWh}\right) = \frac{tCO_2}{TJ} \cdot \frac{3{,}6\ TJ}{1000\ MWh} \cdot \frac{100}{\eta}$$

Resultando:

Tecnología	Factor de Emisión combustible (tCO_2/TJ)	Rendimiento eléctrico equivalente (%)	tCO_2/MWh_e	Ponderación %[1]
Cogeneración GN Turbina	56,100	59%	0,34	52,1%
Cogeneración GN Motor	56,100	55%	0,37	37,7%
Cogeneración Gasóleo Motor	73,300	56%	0,47	0,4%
Cogeneración Fueloil Motor	76,600	56%	0,49	9,1%
Cogeneración Carbón	95,550	49%	0,70	0,5%
Cogeneración Gas Refinería	66,100	59%	0,40	0,1%
Cogeneración			**0,37**	

El factor de emisión de CO_2 ponderado actual para la cogeneración es de 0,37 tCO_2/MWh.

Para el conjunto de tecnologías de cogeneración, se obtiene un equivalente de emisiones de GEI asociado al N_2O correspondiente a 0,01 tCO2/MWh, así el factor emisión de CO_2 equivalente del promedio de la cogeneración es de 0,38 tCO_2/MWh.

- Residuos

En el caso de la combustión de residuos para la producción de electricidad, existe una gran heterogeneidad en los combustibles utilizados por lo que de forma general se utiliza un factor promedio de 0,24 tCO_2/MWh con un rendimiento de dichas plantas del 25%.

En el caso de residuos de biomasa o biogás se considera un factor de emisión 0,0 tCO_2/MWh, al considerarse, conforme al Reglamento (UE) 601/2012, estos combustibles neutros desde el punto de vista de las emisiones de CO_2.

Las emisiones de N_2O asociadas a los residuos no son significativas a efectos del cálculo del factor de emisión de CO_2 equivalente para esta tecnología.

- Interconexiones internacionales

Esta metodología considera exclusivamente las emisiones de CO_2 asociadas al parque de generación español. Por este motivo, no se añaden las emisiones asociadas a la energía importada de otros países, ni se retraen aquellas correspondientes a emisiones del parque español debidas a la energía exportada.

1 *Ponderación a partir de información del IDAE y la CNMC 2004-2014.*

Particularidades de los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares.

En los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares, se dan un conjunto de circunstancias que hacen necesaria la adaptación de algunos de los factores de emisión a dichos sistemas, fundamentalmente relacionadas con el tamaño, tecnologías y combustibles de las plantas de generación de energía eléctrica, que hacen que sus factores de emisión específicos puedan ser distintos a los del sistema peninsular.

En particular, en los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares, una de las bases para la determinación de los factores de emisión es la *Resolución de la DGPEM de 30 de junio de 2017*, que actualiza los factores del *Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión*, para los territorios de los sistemas eléctricos no peninsulares.

Destacar que en los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares estos factores de emisión de CO_2 son básicamente los mismos que se utilizan para determinar la retribución por costes de los derechos de emisión de los grupos de generación y que se recoge en el *Real Decreto 738/2015 de 31 de julio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica y el procedimiento de despacho en los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares*.

Tecnología	Emisiones CO_2 (tCO_2/MWh)	Emisiones N_2O (tCO_2 eq/MWh)	Emisiones GEI (tCO_2 eq/MWh)
Central Térmica Ciclo Combinado (Gasóleo)	0,60	0,00	0,60
Central Térmica Ciclo Combinado (Gas Natural)	0,41	0,00	0,41
Central Térmica de Carbón	1,05	0,00	1,05
Motores Diesel (gasoil, fuel, gas natural)	0,65	0,03	0,68
Central Térmica Vapor	0,90	0,00	0,90
Turbina de Gas (Gasóleo)	1,12	0,00	1,12
Turbina de Gas (Gas Natural)	0,84	0,00	0,84

Factores de emisión utilizados para los TNP, recogidos en la Resolución de la DGPEM de 10 de julio de 2017.

Únicamente se consideran significativas a efectos de esta metodología las emisiones de N_2O asociadas a los *Motores Diesel* (motores de combustión interna-MCI), con cualquier de los combustibles que utilizan.

Para la **cogeneración y los residuos**, se utilizan los mismos valores para los factores de emisión que en el sistema peninsular.



Paseo del Conde de los Gaitanes, 177
28109 Alcobendas (Madrid)

Tel. 91 650 85 00 / 20 12

www.ree.es