



**Informe metodológico de la  
Herramienta del cálculo de  
la Huella de Carbono de los  
municipios de Andalucía**

**Diciembre 2021**

# Informe metodológico de la Herramienta del cálculo de la Huella de Carbono de los municipios de Andalucía

diciembre 2021

Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

La presente publicación tiene carácter divulgativo y ha sido elaborada a iniciativa de la Oficina Andaluza de Cambio Climático

Los contenidos de esta publicación pueden ser reproducidos siempre que se indique la fuente.

# Índice

1 OBJETO.....	8
2 ANTECEDENTES.....	9
2.1 Generalidades sobre la contabilidad de las emisiones de gases de efecto invernadero.....	9
2.1.1 Gases de efecto invernadero.....	9
2.1.2 Potencial de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero....	10
2.1.3 Unidad de medida: toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente.....	11
2.2 Huella de Carbono Municipal.....	12
3 METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	13
3.1 Sector consumo de energía eléctrica.....	13
3.1.1 Alcance.....	13
3.1.2 Metodología de estimación de las emisiones de dióxido de carbono debidas a la generación de energía eléctrica.....	13
3.1.2.1 Datos de actividad.....	13
3.1.2.1.1 Consumo de electricidad ( $C_{elec,i,t,k}$ ).....	13
3.1.2.1.2 Consumos de electricidad RCDE ( $C_{Elec RCDE,i,t}$ ).....	15
3.1.2.2 Factor de emisión ( $FE_{k,t}$ ).....	15
3.1.2.3 Algoritmo de cálculo.....	16
3.2 Sector de tratamiento de residuos.....	17
3.2.1 Alcance.....	17
3.2.2 Metodología de cálculo de las emisiones de metano generadas por los residuos municipales depositados en vertedero.....	17
3.2.2.1 Datos de actividad.....	18
3.2.2.1.1 Cantidad de metano generado en el año t ( $G_t$ ).....	18
3.2.2.1.2 Cantidad metano procedente del biogás recuperado en el año t ( $R_t$ )...23	
3.2.2.1.3 Factor de oxidación del metano generado y no recuperado (OX).....24	
3.2.2.2 Algoritmo de cálculo.....	24
3.2.2.2.1 Municipios que depositan sus residuos en vertedero.....	24
3.2.2.2.2 Municipios que envían sus residuos a una planta de recuperación y compostaje.....	25
3.2.3 Metodología para la determinación de las emisiones de la combustión del biogás.....	25
3.2.3.1 Datos de actividad.....	25
3.2.3.1.1 Cantidad de metano procedente del biogás recuperado ( $R_t$ ).....	25
3.2.3.2 Factor de emisión.....	26
3.2.3.2.1 Factor de emisión del metano quemado para el gas i ( $FE_i$ ).....	26

3.2.4 Metodología para la determinación de las emisiones de la fabricación de compost.....	26
3.2.4.1 Datos de actividad.....	27
3.2.4.1.1 Masa de residuos destinada a compostaje ( $M_t$ ).....	27
3.2.4.2 Factor de emisión.....	28
3.3 Sector tratamiento de aguas residuales.....	29
3.3.1 Alcance.....	29
3.3.2 Metodología de estimación de las emisiones de metano generadas por la degradación de la materia orgánica en las EDARs.....	29
3.3.2.1 Datos de actividad.....	30
3.3.2.1.1 Metano generado en el año t ( $G_t$ ).....	30
3.3.2.1.2 Metano recuperado en el año t ( $R_t$ ).....	34
3.3.3 Metodología de estimación de las emisiones debidas a la combustión del biogás recuperado.....	35
3.3.3.1 Datos de actividad.....	35
3.3.3.1.1 Cantidad de $CH_4$ quemado en el año t en el dispositivo de combustión j ( $R_{j,t}$ ).....	35
3.3.3.2 Factor de emisión.....	36
3.3.3.2.1 Factor de emisión del gas i asociado a la combustión de $CH_4$ en el equipo j ( $FE_{i,j}$ ).....	36
3.3.4 Metodología de estimación de las emisiones de óxido nítrico procedentes de las aguas residuales.....	36
3.3.4.1 Datos de actividad.....	37
3.3.4.1.1 Consumo anual per cápita de proteínas ( $C_{proteína}$ ).....	37
3.4 Sector gases fluorados.....	38
3.4.1 Alcance.....	38
3.4.2 Metodología de cálculo de las emisiones de $SF_6$ .....	38
3.4.2.1 Datos de actividad.....	39
3.4.2.1.1 Emisiones de $SF_6$ en Andalucía ( $SF_{6, And\text{al}}$ ).....	39
3.4.2.1.2 Consumos eléctricos municipales (Consumo Elec <sub>i</sub> ).....	39
3.4.3 Metodología de cálculo de las emisiones de HFCs y PFCs.....	40
3.4.3.1 Datos de actividad.....	41
3.4.3.1.1 Emisiones de HFCs y PFCs en Andalucía (Emisiones HFC y PFC <sub>Andal</sub> )....	41
3.4.3.1.2 Población del municipio (Pobl.).....	41
3.5 Sector Agricultura.....	42
3.5.1 Alcance.....	42
3.5.2 Metodología de estimación de las emisiones directas de $N_2O$ de los suelos agrícolas.....	42
3.5.2.1 Datos de actividad.....	43

3.5.2.1.1 Cantidad anual de nitrógeno aportado en los fertilizantes sintéticos ( $F_{SN}$ ).....	43
3.5.2.1.2 Cantidad anual de nitrógeno aportado en el estiércol animal ( $F_{EA}$ ).....	45
3.5.2.1.3 Cantidad anual de nitrógeno aportado por fijación biológica ( $F_{FB}$ ).....	46
3.5.2.1.4 Cantidad anual de nitrógeno aportado por las semillas ( $F_S$ ).....	48
3.5.2.2 Factor de emisión.....	49
3.5.2.2.1 Factor de emisión correspondiente a los aportes de nitrógeno al suelo ( $FE_1$ ).....	49
3.5.3 <i>Metodología de estimación de las emisiones directas de <math>N_2O</math> provenientes del pastoreo</i> .....	49
3.5.3.1 Datos de actividad.....	49
3.5.3.2 Factor de emisión.....	50
3.5.3.2.1 Factor de emisión correspondiente a los aportes de nitrógeno por pastoreo ( $FE_3$ ).....	50
3.5.4 <i>Metodología de cálculo de las emisiones indirectas de <math>N_2O</math> de los suelos agrícolas</i> .....	50
3.5.4.1 Datos de actividad.....	51
3.5.4.2 Factores de emisión.....	51
3.5.5 <i>Metodología de cálculo de las emisiones de <math>CH_4</math> del cultivo de arroz</i> .....	52
3.5.5.1 Datos de actividad.....	52
3.5.5.1.1 Superficie cultivada de arroz en el municipio (SCArroz).....	52
3.5.5.1.2 Duración del periodo de cultivo de arroz (t).....	52
3.5.5.2 Factor de emisión.....	52
3.6 Sector ganadería.....	54
3.6.1 Alcance.....	54
3.6.2 <i>Metodología de estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica</i> .....	54
3.6.2.1 Datos de actividad.....	55
3.6.2.1.1 Número medio de cabezas de ganado de la categoría T por municipio ( $N_T$ ).....	55
3.6.2.2 Factor de emisión.....	55
3.6.2.2.1 Factor de emisión del metano generado en la fermentación entérica correspondiente a la categoría T ( $FE_T$ ).....	55
3.6.3 <i>Metodología de estimación de las emisiones de metano por gestión del estiércol</i> .....	56
3.6.3.1 Datos de actividad.....	57
3.6.3.1.1 Número medio de cabezas de ganado de la categoría T por municipio ( $N_T$ ).....	57
3.6.3.2 Factor de emisión.....	57

3.6.3.2.1	Sólidos Volátiles excretados ( $VS_T$ ) y capacidad máxima de producción de metano ( $B_0$ ).....	57
3.6.3.2.2	Fracción del estiércol del ganado de la categoría T manejado según el sistema de gestión S ( $MS_{S,T}$ ).....	58
3.6.3.2.3	Factor de conversión del metano ( $MCF_S$ ).....	58
3.6.4	<i>Metodología de estimación de las emisiones de <math>N_2O</math> por gestión del estiércol</i> .....	59
3.6.4.1	Datos de actividad.....	59
3.6.4.1.1	Número medio de cabezas de ganado de la categoría T por municipio ( $N_T$ ).....	59
3.6.4.1.2	Excreción anual media de nitrógeno por cabeza de ganado de la categoría T ( $N_{Exc,T}$ ).....	59
3.6.4.1.3	Fracción del estiércol del ganado de la categoría T gestionado con el sistema S ( $MS_{S,T}$ ).....	60
3.6.4.2	Factor de emisión.....	60
3.6.4.2.1	Factor de emisión de $N_2O$ directo para el sistema S de gestión de estiércol ( $FE_{3,S}$ ).....	60
3.7	Sector uso de combustibles en instalaciones fijas.....	62
3.7.1	<i>Alcance</i> .....	62
3.7.2	<i>Metodología de cálculo</i> .....	62
3.7.2.1	Datos de actividad.....	62
3.7.2.1.1	Consumo anual del combustible i en el municipio ( $Q_i$ ).....	62
3.7.2.2	Factor de emisión.....	79
3.8	Sector transporte.....	81
3.8.1	<i>Alcance</i> .....	81
3.8.2	<i>Metodología de cálculo</i> .....	81
3.8.2.1	Datos de actividad.....	84
3.8.2.1.1	Parque de vehículos.....	84
3.8.2.1.2	Recorridos.....	87
3.8.2.1.3	Factores de consumo energético.....	89
3.8.2.1.4	Consumo de combustible por pauta.....	90
3.8.2.2	Factor de emisión.....	90
3.8.2.3	Desagregación municipal de las emisiones calculadas.....	92
3.9	Sector sumideros.....	95
3.9.1	<i>Alcance</i> .....	95
3.9.2	<i>Metodología de cálculo</i> .....	95
3.10	Sector energías renovables.....	97
3.10.1	<i>Alcance</i> .....	97
3.10.2	<i>Metodología de cálculo</i> .....	97

<b>3.10.2.1 Biomasa, solar térmica y fotovoltaica.....</b>	<b>97</b>
<b>3.10.2.2 Energía eléctrica de origen renovable.....</b>	<b>97</b>
<b>3.10.2.3 Biocarburantes.....</b>	<b>100</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Potenciales de Calentamiento Global de GEI considerados en la HCM.....	10
Tabla 2. Factores de emisión del periodo 2005-2014.....	15
Tabla 3. Año de entrada en funcionamiento y cese de las instalaciones de tratamiento de residuos.....	20
Tabla 4. Contenido de Carbono Orgánico Degradable (DOC).....	22
Tabla 5. Factores de emisión por combustión del metano del biogás recuperado.....	26
Tabla 6. Factores de emisión del compostaje.....	28
Tabla 7. Equivalencia entre los tipos de tratamientos de aguas y fangos CAGPDS - IPCC.....	31
Tabla 8. Factores de corrección de metano según el tipo de tratamiento.....	33
Tabla 9. Consumo diario per cápita de proteínas.....	37
Tabla 10. Proporción de las emisiones nacionales de SF <sub>6</sub> por actividad.....	39
Tabla 11. Emisiones nacionales de HFCs y PFCs por actividad.....	40
Tabla 12. Agrupación de los distintos tipos de cultivos herbáceos del SIMA en las categorías de la Huella de Carbono Municipal.....	44
Tabla 13. Agrupación de los distintos tipos de cultivos leñosos del SIMA en las categorías de la Huella de Carbono Municipal.....	44
Tabla 14. Toneladas de nitrógeno de fertilización mineral aplicadas en cultivos herbáceos, año 2014.....	45
Tabla 15. Toneladas de nitrógeno de fertilización mineral aplicadas en cultivos leñosos, año 2014.....	45
Tabla 17. Toneladas de nitrógeno de fertilización orgánica aplicadas en cultivos herbáceos, año 2014.....	46
Tabla 18. Toneladas de nitrógeno de fertilización orgánica aplicadas en cultivos leñosos, año 2014.....	46
Tabla 20. Toneladas de nitrógeno de fijación biológica aplicadas en cultivos herbáceos, año 2014.....	47
Tabla 21. Toneladas de nitrógeno de fijación biológica aplicadas en cultivos leñosos, año 2014.....	47
Tabla 22. Toneladas de nitrógeno de fijación biológica aplicadas en zonas de pastoreo, año 2014.....	48
Tabla 24. Toneladas de nitrógeno por siembra en cultivos herbáceos, año 2014.....	48
Tabla 25. Toneladas de nitrógeno procedentes del pastoreo aplicadas en cultivos herbáceos y zonas de pastoreo, año 2014.....	50
Tabla 26. Fracciones de volatilización y lixiviación.....	51

Tabla 27. Factores de emisión por deposición atmosférica y lixiviación.....	51
Tabla 28. Parámetros de cálculo del factor de emisión del cultivo de arroz.....	53
Tabla 29. Relación entre las categorías de ganado y las subcategorías.....	55
Tabla 30. Factores de emisión por categoría de ganado por fermentación entérica. Año 2019.....	56
Tabla 31. VS y B <sub>0</sub> por categorías de ganado T. Año 2019.....	57
Tabla 32. Rango de temperaturas de cada zona climática.....	58
Tabla 33. Excreción media anual de N por cabeza y tipo de ganado. Año 2019.....	59
Tabla 34. Factor de emisión directa de N <sub>2</sub> O debida a la gestión del estiércol. Año 2019.....	60
Tabla 35. Puertos de titularidad estatal con actividad pesquera en la provincia de Cádiz.....	76
Tabla 36. Factores de emisión de CO <sub>2</sub> para la combustión en instalaciones fijas.....	79
Tabla 37. Categorías de vehículos consideradas por la HCM.....	82
Tabla 38. Segmentos de vehículos pesados DGT vs metodología HCM.....	86
Tabla 39. Asignación de recorridos a las pautas interurbana y rural.....	88
Tabla 40. Variables que inciden en los factores de consumo energético.....	89
Tabla 41. Pautas de circulación y velocidades medias.....	90
Tabla 42. Relación hidrógeno - carbono y oxígeno - carbono de los combustibles.....	91
Tabla 43. Valor calorífico neto de los combustibles.....	91
Tabla 44. Normativa sobre el porcentaje de utilización de los biocarburantes.....	91
Tabla 45. Categorías de vehículo y combustible consideradas para la desagregación municipal..	92
Tabla 46. Factores de absorción por tipología de superficie.....	96
Tabla 47. Porcentaje de energía eléctrica de origen renovable. Periodo 2005 - 2014.....	99

# 1 OBJETO

El objeto del presente documento es la descripción de las metodologías de estimación del consumo energético y de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que constituyen la base de la herramienta de cálculo de la Huella de Carbono de los Municipios de Andalucía (en adelante, HCM).

La información a nivel municipal de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, así como del consumo energético fósil y renovable es un aspecto fundamental para que los municipios puedan elaborar sus Planes Municipales contra el Cambio Climático, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 15 de la Ley 8/2018, de 8 de octubre.

Los distintos sectores incluidos en la HCM son los siguientes:

- Consumo de energía eléctrica.
- Tratamiento de residuos.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Gases fluorados.
- Agricultura.
- Ganadería.
- Uso de combustibles en instalaciones fijas.
- Transporte.
- Sumideros.
- Energías renovables.

El presente documento está estructurado en capítulos en los que se procede a la descripción de la metodología de estimación de las emisiones/absorciones de cada una de los sectores descritos. En cada uno de los capítulos se indica el alcance de la metodología, la fórmula de cálculo a emplear y la obtención de los datos de actividad y los factores de cálculo correspondientes. En el caso de las energías renovables se detalla el procedimiento de cálculo del consumo energético de origen renovable a nivel municipal.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 Generalidades sobre la contabilidad de las emisiones de gases de efecto invernadero

#### 1 Gases de efecto invernadero

En el Protocolo de Kioto se definen los gases que se consideran de efecto invernadero. En la HCM no se contabilizan todos ellos, solo los siguientes:

##### Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta.

##### Metano (CH<sub>4</sub>)

Producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles.

##### Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

Potente gas de efecto invernadero que se origina por el uso de fertilizantes en agricultura, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de biomasa.

##### HFCs (Hidrofluorocarbonos)

Utilizados sobre todo en refrigeración y fabricación de componentes electrónicos.

##### PFCs (Perfluorocarbonos)

Se usa en la fundición del aluminio y en el enriquecimiento del uranio.

##### Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Se utiliza en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alto voltaje y en sistemas de enfriamiento de cables.

## 2 Potencial de Calentamiento Global de los gases de efecto invernadero

Cada uno de los gases de efecto invernadero (GEI) afecta a la atmósfera en distinto grado y permanece allí durante un periodo de tiempo diferente. La medida en la que un gas de efecto invernadero determinado contribuye al calentamiento global se define como su Potencial de Calentamiento Global.

Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, el Potencial de Calentamiento Global expresa el potencial de calentamiento de un determinado gas en comparación con el que posee el mismo volumen de CO<sub>2</sub> durante el mismo periodo de tiempo, por lo que el Potencial de Calentamiento Global del CO<sub>2</sub> es siempre 1.

Algunos gases provocan mucho más calentamiento que el CO<sub>2</sub> pero desaparecen de la atmósfera más rápidamente que éste, de modo que pueden representar un problema considerable durante unos pocos años pero pasan a ser un problema menor más adelante. Por el contrario, otros pueden tener una persistencia mayor, planteando así problemas durante un largo periodo de tiempo.

En la siguiente tabla se muestran los valores del potencial de calentamiento considerados en la HCM. Dichos valores proceden del cuarto Assessment Report del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en adelante IPCC, y son los utilizados en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2019.

Tabla 1. Potenciales de Calentamiento Global de GEI considerados en la HCM

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	25
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	298
<b>Hidrofluorocarburos</b>		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	14.800
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	675
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	92
HFC-43-10mee	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	1.640
HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	3.500
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> )	1.100
HFC-134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )	1.430
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	124
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F)	353

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento Global
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> )	4.470
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	3.220
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9.810
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	693
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1.030
HFC-365 mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	794
<b>Perfluorocarburos</b>		
Perfluorometano	CF <sub>4</sub>	7.390
Perfluoroetano	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12.200
Perfluoropropano	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8.830
Perfluorobutano	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	8.860
Perfluorociclobutano	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	10.300
Perfluoropentano	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	9.160
Perfluorohexano	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9.300
Perfluorodecalin	C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	7.500
Perfluorociclopropano	c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	17.340
<b>MEZCLA HFC-PFC</b>		
Mezcla HFC-PFC		990
<b>Hexafluoruro de azufre</b>		
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	22.800

Fuente: IPPC

### 3 Unidad de medida: toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente

Las emisiones GEI de efecto directo sobre el calentamiento se computan de forma agregada en términos de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq), para homogeneizar los efectos individuales de cada uno de los gases. Para ello, se ponderan las emisiones de cada gas de acuerdo a la tabla de potenciales de calentamiento que se muestra en el apartado anterior, de acuerdo con la siguiente fórmula de cálculo:

$$Emisiones(tCO_2) = \sum_i E_i \times PCG_i \quad (\text{Ec } 1)$$

Donde:

$E_i$ . Emisiones del gas de efecto invernadero  $i$ , expresada en toneladas.

$PCG_i$ . Poder de calentamiento global del gas de efecto invernadero  $i$ .

$i$ . Gas de efecto invernadero:  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , ...

## 2.2 Huella de Carbono Municipal

La HCM es un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de Andalucía que ofrece resultados con una desagregación municipal. Su objetivo es proporcionar una imagen de las emisiones del municipio debidas a aquellas áreas de actividad que puedan tener relación con las competencias municipales.

Este planteamiento da lugar a que se incluyan las emisiones del sector difuso (transporte, gestión de residuos, agricultura, ganadería,...), y las debidas a la generación de la energía eléctrica consumida por el municipio. Estas últimas no pertenecen al sector difuso ya que se producen en su práctica totalidad en instalaciones afectadas por la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (RCDE).

La primera versión de esta herramienta tenía un formato de Hoja de cálculo Excel, y fue creada por la Consejería de Medio Ambiente en 2010. La versión objeto del presente documento es una actualización de la anterior, y ha sido desarrollada en forma de aplicación web. Permite el cálculo de las emisiones y absorciones de GEI de los municipios andaluces en el periodo 2005 – 2019, estando previsto que se pueda realizar la carga de datos para ampliar el periodo de cálculo hasta 2030.

En el presente documento se procede a realizar una descripción de las metodologías de cálculo que están implementadas en la herramienta para facilitar su comprensión por parte de los posibles usuarios.

La información de partida para los cálculos son datos estadísticos oficiales de publicación periódica procedentes fundamentalmente del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía a través del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA), del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, y otros organismos de la Administración regional y estatal.

Las metodologías de cálculo se basan en las recogidas en las Directrices del IPCC de 2006 y en las empleadas por el Servicio Español de Inventario para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de GEI que da cumplimiento a las obligaciones de comunicación de España a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático y a la Unión Europea, en materia de seguimiento y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

A continuación, se describen las metodologías de cálculo implementadas y se identifican los datos de partida para cada uno de los sectores considerados.

# 3 METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

## 3.1 Sector consumo de energía eléctrica

Tal y como se ha indicado anteriormente, las emisiones asociadas a la generación de la energía eléctrica consumida por el municipio son las únicas de todos los sectores considerados en la HCM que no pertenecen al sector difuso al producirse en instalaciones afectadas por el RCDE.

### 1 Alcance

Las emisiones que se contabilizan en este sector son las de dióxido de carbono procedentes de la combustión de combustibles fósiles para generación de energía eléctrica. Dichas emisiones se estiman en la HCM como el producto del consumo de energía eléctrica por un factor de emisión anual. Los cálculos a realizar se detallan a continuación.

### 2 Metodología de estimación de las emisiones de dióxido de carbono debidas a la generación de energía eléctrica

Las emisiones debidas a la generación de la energía eléctrica consumida se calculan según la siguiente expresión:

$$Emisiones_{Elec,i}(tCO_2/año) = \sum_k (C_{Elec.i,t,k} - C_{Elec.RCDEi,t}) \times FE_{k,t} \quad (Ec 2)$$

Donde:

$C_{elec,i,t,k}$  Consumo de electricidad del municipio i, en el sector o subsector k, correspondiente al año de cálculo t, expresado en MWh.

$C_{Elec RCDE,i,t}$  Consumo de electricidad de las instalaciones afectadas por el RCDE ubicadas en el municipio i, durante el año de cálculo t, expresado en MWh.

$FE_{k,t}$  Factor de emisión del sistema eléctrico en términos de energía final (tCO<sub>2</sub>/MWh) aplicable a la energía consumida por el sector/subsector k, en el año de cálculo t.

En los siguientes apartados se describe como se obtienen cada uno de estos parámetros.

#### 3.1.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

##### 3.1.2.1.1 Consumo de electricidad ( $C_{elec,i,t,k}$ )

Dado que el objeto de la herramienta es el cálculo de las emisiones asociadas a las actividades que se realizan en el ámbito municipal y que son competencia de las autoridades locales, se asume la hipótesis de que el consumo eléctrico que se debe emplear es el del conjunto del municipio menos el de aquellas instalaciones pertenecientes al RCDE ubicadas en el término municipal.

En la herramienta se carga el consumo del municipio desagregado por sectores o subsectores y el dato total obtenido como el sumatorio de los anteriores. Los datos de consumo de cada sector/subsector se obtienen del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA).

Los sectores y subsectores considerados son los siguientes:

- Agricultura.
- Industria.
- Comercio-servicios.
- Sector residencial.
- Administración y servicios públicos. En este sector se distinguen los siguientes subsectores:
  - Consumo en edificios, equipamientos e infraestructuras municipales: está integrado por los edificios e instalaciones titularidad de la administración local. Las instalaciones incluyen el consumo de energía que pueda darse en determinados equipamientos que no son considerados edificios, como las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).
  - Consumo del alumbrado: incluye alumbrado público y semafórico.
  - Otros consumos administración: recoge aquellos edificios de las administraciones no municipales.
  - Total: si los datos del municipio no se encuentran desglosados corresponderá al dato del SIMA para el sector Administración y Servicios Públicos. En caso contrario, corresponderá a la suma de los subsectores anteriores.
- Resto de sectores.

Actualmente, el SIMA proporciona para el sector Administración y servicios públicos únicamente el consumo total. Pese a ello, se han incluido los subsectores: edificios, alumbrado y otros, para contemplar la posibilidad de que en un futuro los municipios aporten esta información y se puedan añadir a la herramienta de cálculo.

Existen municipios para los que el SIMA no aporta los datos de consumo eléctrico. En estos casos, el consumo se estima a partir del consumo total de Andalucía, ponderando en términos de población. Los datos de población para cada uno de los años de la serie de cálculo se obtienen de la base de datos MAESTROS de la Junta de Andalucía.

La metodología descrita en el párrafo anterior permite la obtención de un valor de consumo eléctrico total para los municipios sin dato en SIMA. La desagregación de dicho consumo en los sectores considerados por la herramienta se realiza asumiendo que la distribución porcentual entre sectores para estos municipios es igual a la distribución media calculada para el conjunto de Andalucía.

### 3.1.2.1.2 Consumos de electricidad RCDE ( $C_{Elec RCDE,i,t}$ )

El consumo de electricidad de las instalaciones afectadas por el RCDE en Andalucía se obtiene de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (CAGPDS).

### 3.1.2.2 FACTOR DE EMISIÓN ( $FE_{k,T}$ )

El factor de emisión del sistema eléctrico en términos de energía final es el valor que expresa las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la generación de la electricidad que se consume.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión del mix eléctrico aplicables cada año del periodo 2005-2014 al consumo de todos los sectores considerados en el apartado anterior:

Tabla 2. Factores de emisión del periodo 2005-2014.

Año	Factor de emisión del sistema eléctrico (tCO <sub>2</sub> /MWh consumido)
2005	0,49
2006	0,44
2007	0,45
2008	0,40
2009	0,36
2010	0,28
2011	0,33
2012	0,37
2013	0,29
2014	0,31

Fuente: MITERD y Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

La Garantía de Origen y Etiquetado de la Electricidad (GdO) es una acreditación expedida por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) que asegura que una cantidad determinada de energía eléctrica, medida en MWh, se ha obtenido a partir de fuentes renovables y cogeneración de alta eficiencia, en un periodo determinado.

Del 2015 en adelante la herramienta emplea los factores de emisión por comercializadora que se recogen en el documento “Acuerdo sobre los resultados del Sistema de Garantía de Origen y etiquetado de la electricidad relativos a la energía producida en el año 20XX”, elaborado anualmente por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

La inclusión de los factores de emisión de las comercializadoras se realiza para que los municipios puedan aplicar al consumo eléctrico del sector “Administración y servicios públicos” el factor de emisión de la comercializadora que tengan contratada. De esta forma se mejora la exactitud de la estimación de las emisiones asociadas a este concepto.

En aquellos casos en los que los municipios no especifiquen la comercializadora, la HCM aplica el factor de emisión de la comercializadora genérica sin garantías de origen.

### **3.1.2.3 ALGORITMO DE CÁLCULO**

En base a lo indicado en el apartado anterior, se distinguen dos periodos de cálculo diferenciados:

- Años 2005 – 2014. Se aplican a todos los sectores y municipios los factores de emisión del sistema eléctrico correspondiente al año seleccionado (ver Tabla 2).
- Años 2015 en adelante. Se emplea por defecto el factor de emisión de la comercializadora genérica sin GdO para todos los municipios y sectores. En el sector “Administración y servicios públicos” la herramienta ofrece la posibilidad de que cada municipio pueda seleccionar la comercializadora con la que tiene contratado el suministro eléctrico para un año concreto. El factor de emisión de la comercializadora seleccionada se aplica a todos los consumos del sector “Administración y servicios públicos”, mientras que para el resto de sectores el factor de emisión a emplear es el de comercializadora sin GdO.

## 3.2 Sector de tratamiento de residuos

### 1 Alcance

En el sector de tratamiento de residuos, la HCM estima las emisiones provenientes de la gestión de los residuos municipales. Se incluyen las emisiones generadas por las siguientes actividades:

- Depósito de residuos municipales en vertedero. Se estiman las emisiones de metano de los residuos depositados en vertedero distinguiendo entre aquellos cuyo destino inicial es el propio vertedero, y aquellos cuyo destino inicial es una Planta de Recuperación y Compostaje (PRyC).
- Combustión del biogás recuperado en vertederos. Se estiman las emisiones de GEI debidas a la valorización energética del biogás recuperado.
- Fabricación de abonos orgánicos (compost) a partir de residuos municipales, residuos de jardinería y tratamiento de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales. Se calculan las emisiones de GEI asociadas al proceso de fabricación.

Siguiendo las Directrices del IPCC 2006, las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del tratamiento de residuos no se contabilizan porque se consideran de origen biogénico.

### 2 Metodología de cálculo de las emisiones de metano generadas por los residuos municipales depositados en vertedero

La HCM, al igual que el Inventario Nacional de Emisiones de GEI, estima las emisiones debidas a esta actividad siguiendo el método de la cinética de primer orden. La característica principal de esta metodología es que trata de seguir la pauta temporal natural de generación de metano tras el depósito de los residuos en el vertedero. En general, los procesos de biodegradación de los residuos en vertedero tienen un periodo de maduración que oscila desde un año para los componentes más lábiles hasta más de 35 años para los de menor velocidad de biodegradación. La aplicación de esta metodología conlleva la necesidad de conocer las cantidades de residuos depositadas en vertedero de una serie histórica que se remonta hasta el año 1970.

La fórmula de cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> en el año t es la siguiente:

$$Emisiones_t(tCH_4/año) = (G_t - R_t) \times (1 - OX) \quad (Ec 3)$$

Donde:

G<sub>t</sub>: Cantidad de CH<sub>4</sub> generado en el año t (tCH<sub>4</sub>/año).

R<sub>t</sub>: Cantidad de CH<sub>4</sub> presente en el biogás recuperado en el año t (tCH<sub>4</sub>/año).

OX: Factor de oxidación del CH<sub>4</sub> generado y no recuperado.

t: Año de cálculo de las emisiones.

### 3.2.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.2.2.1.1 Cantidad de metano generado en el año t ( $G_t$ )

La cantidad de metano generado en el año t se calcula según la siguiente fórmula:

$$G_t(tCH_4/año) = DDOCm_{descomp_t} \times F \times \left(\frac{16}{12}\right) \quad (Ec 4)$$

Donde:

F. Fracción en volumen de metano en el biogás.

16/12. Relación de pesos moleculares para pasar de masa de carbono a masa de metano (t CH<sub>4</sub>/t C).

DDOCm<sub>descomp<sub>t</sub></sub>. Masa de carbono orgánico disuelto descompuesto durante el año t. (tC/año). Se calcula mediante la expresión:

$$DDOCm_{descomp_t}(tC/año) = DDOCma_{t-1} \times (1 - e^{-k}) \quad (Ec 5)$$

Donde:

k: Ratio de generación de metano.

DDOCma<sub>t-1</sub>: Masa de carbono orgánico disuelto acumulado al final del año t-1 (t C)

$$DDOCma_{t-1}(tC/año) = DDOCmd_{t-1} + (DDOCma_{t-2} \times e^{-k}) \quad (Ec 6)$$

Donde:

DDOCmd<sub>t-1</sub>: Masa de carbono orgánico disuelto depositado durante el año t-1 (tC). Calculado mediante la expresión:

$$DDOCmd_{t-1}(tC/año) = W_{t-1} \times DOC \times DOC_f \times FCM \quad (Ec 7)$$

Donde:

W<sub>t-1</sub>. Cantidad de residuo depositado en el año t-1 (t).

DOC. Fracción de carbono orgánico degradable contenido en los residuos depositados (tC/t).

DOC<sub>f</sub>. Fracción del DOC que se descompone en condiciones anaerobias.

FCM. Factor de corrección de metano.

A continuación se describe como se obtienen los términos variables de las ecuaciones anteriores.

### *Cantidad de residuos depositada en el año t-1 ( $W_{t-1}$ )*

La cantidad de residuos municipales depositada en vertedero se ha determinado para todos los años de la serie histórica, desde 1970 hasta el año t-1, siendo t el año de cálculo de las emisiones. Asimismo, se ha asignado a cada una de dichas cantidades un sistema de tratamiento, distinguiendo entre el depósito directo en vertedero y las PRyC.

La determinación de las cantidades generadas para cada municipio se ha realizado a partir de datos de población y de la estimación de tasas de generación de residuos municipales, distinguiéndose entre los siguientes periodos:

- Periodo 1970 – 2003. Se han empleado las tasas de generación de residuos municipales recogidas para algunos de los años del periodo en los Informes de Medio Ambiente elaborados por la CAGPDS con periodicidad anual, así como las incluidas en el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010 – 2019 para el año 1999. Se trata de valores de ámbito regional y provincial.
- Periodo 2004 – 2009. Se ha realizado una estimación a partir de las tasas de generación contempladas en el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010 – 2019 para el año 2008, y las calculadas a partir de los datos sobre instalaciones de tratamiento de residuos que la CAGPDS remite al MITERD para el año 2010. Se trata de valores provinciales y municipales.
- Periodo 2010 – 2019. Se han empleado para cada uno de los años del periodo los datos sobre las instalaciones de tratamiento de residuos que la CAGPDS remite al MITERD. En este caso se trata de valores municipales.

La identificación del sistema de tratamiento de residuos aplicable a cada municipio se ha realizado a partir del análisis de los datos facilitados por la CAGPDS al MITERD, distinguiéndose entre los siguientes casos:

- Municipios que llevan sus residuos a una PRyC. En este caso se consideran dos periodos:
  - i. 1970 – Año apertura de la PRyC. Se asume que los residuos iban destinados a vertedero.
  - ii. Año de apertura de la PRyC a la actualidad. Se asume que los residuos van destinados a la PRyC.
- Municipios que llevan los residuos a un vertedero. Se considera que desde 1970 han estado llevando los residuos a vertedero.

A su vez, en el caso de que el destino de los residuos sea una PRyC se distingue entre las siguientes corrientes debido a que difieren en el contenido de carbono orgánico degradable (DOC):

- Residuos que entran a la PRyC y son destinados al vertedero de apoyo.

- Residuos que entran al triaje. En el proceso de triaje se separa la materia orgánica, que se destina a compostaje, y las fracciones de materiales reciclables (vidrio, metal, ...) y queda un rechazo que es destinado al vertedero de apoyo.

La determinación de las fracciones de la cantidad de residuos que entran a una PRyC que son destinadas al vertedero de apoyo así como las que se producen como rechazo del proceso de triaje se ha realizado a partir del análisis de los datos de cada una de las PRyCs que la CAGPDS remite al MITERD.

En la siguiente tabla se recogen las fechas de entrada en funcionamiento y cese de actividad de las instalaciones de tratamiento de residuos consideradas en la HCM:

*Tabla 3. Año de entrada en funcionamiento y cese de las instalaciones de tratamiento de residuos.*

Instalación	Año inicio funcionamiento	Año cese de actividad
PRyC de Gádor	2002	
PRyC de Albox	2000	
PRyC de Almería	2004	
PRyC de Miramundo-Medina Sidonia	2008	
PRyC Los Barrios	2003	
PRyC Las Calandrias (Jerez de la Frontera)	2003	
PRyC de Montalbán	2001	
PRyC de Córdoba	2001	
PRyC Alhendín	1999	
PRyC de Vélez de Benaudalla	1996	
PRyC Tharsis-Andévalo	2006	
PRyC de Villarrasa	1995	
PRyC de Linares	2006	
PRyC Jaén-Sierra Sur	2009	
PRyC de Jaén	1996	2016
V Ctr. de Antequera		2018
PRyC de Antequera	2019	
PRyC de Casares	1999	
V Ctr. de Casarabonela		2016
PRyC de Málaga	2000	
PRyC Montemarta Cónica. Alcalá de Guadaíra	1996	
PRyC Alcalá del Río	2001	
PRyC de Estepa	2003	
PRyC de Marchena	1996	
V Ctr. de Lebrija		2012
PRyC de Utrera	2003	2012

Instalación	Año inicio funcionamiento	Año cese de actividad
-------------	---------------------------	-----------------------

V Ctr. De Écija

2010

Fuente: elaboración propia

*Fracción de carbono orgánico degradable contenido en los residuos depositados en vertedero (DOC)*

Desde el punto de vista de la composición, se distinguen tres corrientes de residuos distintas:

1. Residuos depositados en vertedero directamente. Se considera que estos residuos tienen una composición análoga a la composición media de los residuos en España.
2. Residuos depositados en vertedero tras haber pasado por un proceso de triaje. Tal y como se ha indicado anteriormente, este proceso supone una reducción del contenido de materia orgánica.
3. Residuos destinados al vertedero de apoyo de las PRyCs. Se considera que estos residuos tienen la misma composición que los del grupo 1.

Para los residuos que **se depositan directamente en vertedero** (apartados 1 y 3), el valor de la fracción de carbono orgánico degradable se calcula según la siguiente expresión:

$$DOC(tC/residuo) = \sum_i (DOC_i \times W_i) \quad (\text{Ec } 8)$$

Donde:

DOC. Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos depositados, en tC/t de residuos.

DOC<sub>i</sub>. Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos de la categoría i, expresada en tC/t de residuos.

W<sub>i</sub>. Cantidad de residuos depositados pertenecientes a la categoría i (en masa húmeda), expresada en toneladas.

Los datos de composición aplicables a los residuos que se depositan en vertedero directamente para cada año de la serie 1970 – 2019 se toman del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, distinguiéndose entre las siguientes fracciones:

- Materia orgánica.
- Papel y cartón.
- Plásticos.
- Vidrio.

- Metales férricos.
- Metales no férricos.
- Madera.
- Textil.
- Goma y caucho.
- Pilas y baterías.
- Otros.
- Parques y jardines.

A cada una de estas fracciones se le asigna un valor de carbono orgánico degradable (COD) de acuerdo con lo recogido en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

Para los **residuos depositados en vertedero tras un proceso de triaje** (apartado 2) se considera un valor constante de carbono orgánico degradable para todos los años de la serie 1970 – 2019. Dicho valor es de 0,1 (10%), correspondiente a la categoría “Otros. Rechazo de las plantas de tratamiento de residuos mezclados” del Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

En la siguiente tabla se muestran los valores de DOC implementados en la herramienta para cada una de las fracciones consideradas:

*Tabla 4. Contenido de Carbono Orgánico Degradable (DOC)*

Fracción	DOC (% en masa húmeda)
Madera	43
Materia orgánica	15
Metales férricos	0
Metales no férricos	0
Goma y caucho	0
Otros (rechazo PRyCs)	10
Plásticos	0
Papel y cartón	40
Parques y jardines	20
Pilas y baterías	0

Fracción	DOC (% en masa húmeda)
Textiles	24
Vidrio	0

Fuente: Sistema Español de Inventarios. MITERD.

### *Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone en condiciones anaerobias (DOC<sub>i</sub>)*

Se adopta un valor de 0,5 para todos los años de la serie 1970 – 2019 procedente de las Directrices del IPCC 2006, Volumen 5 Residuos, apartado 3.2.3 Elección de los factores y parámetros de emisión. Este es el mismo valor que adopta el SEI en la elaboración del Inventario Nacional de GEI.

### *Factor de corrección del metano (FCM)*

En este caso se adopta un valor de 1 para todos los años de la serie 1970 - 2019, correspondiente a la categoría “Gestionado – anaerobio”, del cuadro 3.1, del Volumen 5 Residuos, de las Directrices de IPCC 2006. Al igual que en el caso anterior, se trata del mismo valor que se emplea en el Inventario Nacional de GEI.

### *Ratio de generación de metano (k)*

Se aplica el valor 0,05 para todos los años de la serie 1970 – 2019, correspondiente a la zona climática Boreal y templada, y la categoría Desechos brutos, del cuadro 3.3, del Volumen 5 Residuos, de las Directrices IPCC 2006.

### *Fracción de metano en el biogás (F)*

Se emplea el valor 0,5 para todos los años de la serie 1970 – 2019 procedente de las Directrices del IPCC 2006, Volumen 5 Residuos, apartado 3.2.3 Elección de los factores y parámetros de emisión. Este es el mismo valor que adopta el SEI en la elaboración del Inventario Nacional de GEI.

#### *3.2.2.1.2 Cantidad de metano procedente del biogás recuperado en el año t (R<sub>i</sub>)*

La cantidad de metano procedente del biogás captado se obtiene aplicando la hipótesis que emplea la CAGPDS en la validación de los datos de las instalaciones de tratamiento de residuos afectadas por el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (E-PRTR). Dicha hipótesis supone que en los vertederos que disponen de sistema de captación de biogás, la eficiencia de dicho sistema es del 75%.

De esta forma, la cantidad de metano recuperado en los vertederos con sistema de captación se estima con la siguiente expresión:

$$R_{t,i}(tCH_4) = G_{t,i} \times 0,75 \quad (\text{Ec } 9)$$

Donde:

$G_{t,i}$ . Cantidad de metano generado en el año t en el vertedero i. Se determina de acuerdo con la ecuación 4.

La aplicación de esta ecuación requiere determinar las siguientes variables:

- Vertederos que cuentan con sistema de captación de biogás.
- Periodo de tiempo en el que el sistema de captación ha estado funcionando.
- Cantidad de biogás destinado a cada sistema de tratamiento (dispositivos de combustión).

Esta información se ha obtenido a partir del análisis de las notificaciones realizadas al E-PRTR por las instalaciones de tratamiento de residuos.

La distinción del dispositivo en el que se produce la combustión del metano recuperado no tiene incidencia desde el punto de vista del cálculo de las emisiones de este apartado, pero si es relevante para la estimación de las emisiones debidas a la combustión del biogás (apartado 3).

Para llevar a cabo dicha distinción, es necesario determinar para cada instalación y para cada año, los dispositivos que se emplean para el tratamiento del biogás y la proporción de biogás que se trata en cada uno de ellos. Análogamente a lo indicado anteriormente, dicha información se obtiene del análisis de los informes de notificación al PRTR presentados por las instalaciones cada año.

La estimación del metano recuperado que se quema en cada dispositivo, para cada municipio y cada año, se realiza aplicando al resultado de la ecuación 9 la proporción de biogás quemado en cada dispositivo de combustión de la instalación que trata los residuos del municipio.

Sólo existen datos en el registro E-PRTR para la serie de años 2006-2019, por lo que se supone que para el resto de años de la serie histórica no se ha realizado recuperación de biogás en los vertederos.

#### *3.2.2.1.3 Factor de oxidación del metano generado y no recuperado (OX)*

El factor de oxidación (OX) refleja la cantidad de  $CH_4$  generada que se oxida en el suelo u otro material que cubre el vertedero. La oxidación del  $CH_4$  se produce por la acción de microorganismos metanotrópicos en los suelos de la cubierta y puede variar desde lo insignificante hasta el cien por cien del  $CH_4$  producido internamente. El espesor, las propiedades físicas y el contenido de humedad de los suelos de la cubierta afectan directamente a la oxidación del  $CH_4$ .

Se adopta un valor de 0,1 para toda la serie 1970 – 2019, de acuerdo con las Directrices IPCC 2006, Volumen 5 Residuos, cuadro 3.2. Es el mismo valor que se emplea en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

### 3.2.2.2 ALGORITMO DE CÁLCULO

Con objeto de facilitar la comprensión de cómo se aplica la ecuación 7, se describen a continuación las distintas casuísticas contempladas en la herramienta:

#### 3.2.2.2.1 Municipios que depositan sus residuos en vertedero

En este caso,  $W_{t-1}$  es la cantidad de residuos generada en el municipio, calculada de acuerdo con la tasa de generación del municipio y su población promedio.

El valor de DOC se corresponde con la aplicación de la composición media de los residuos a nivel nacional y su contenido en carbono orgánico (ver Tabla 4).

#### 3.2.2.2.2 Municipios que envían sus residuos a una planta de recuperación y compostaje

En estos casos hay que distinguir dos corrientes:

- i. Residuos depositados en el vertedero de apoyo. La variable  $W_{t-1}$  se calcula multiplicando la cantidad de residuos generada en el municipio por la fracción destinada directamente a vertedero de apoyo de la instalación a la que destina sus residuos. El valor de DOC a emplear es el mismo que se ha descrito en el apartado anterior.
- ii. Residuos depositados en el vertedero de apoyo tras el triaje. La variable  $W_{t-1}$  se calcula multiplicando la cantidad de residuos generada en el municipio por la fracción de rechazo del triaje de la instalación a la que destina sus residuos. Se aplica un DOC de 0,1 (10%) para todos los años de la serie de cálculo.

### 3 Metodología para la determinación de las emisiones de la combustión del biogás

El biogás recuperado en los vertederos puede ser quemado en distintos dispositivos de combustión, generando emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . Tal y como se ha indicado anteriormente, las emisiones de  $\text{CO}_2$  se consideran de origen biogénico y no se contabilizan en los Inventarios Nacionales de Emisiones, ni se estiman en la herramienta.

Respecto de las emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , las cantidades emitidas se obtienen multiplicando el metano recuperado por el factor de emisión correspondiente:

$$Emisiones_{i,t}(\text{tgas}_i/\text{año}) = R_t \times FE_i \times 10^{-6} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

$Emisiones_{i,t}$ . Emisiones del gas  $i$  ( $\text{CH}_4$  o  $\text{N}_2\text{O}$ ) correspondientes al año  $t$ .

$R_t$ . Cantidad de metano procedente del biogás recuperado en el año  $t$  ( $\text{tCH}_4/\text{año}$ ).

$FE_i$ . Factor de emisión del gas  $i$  ( $\text{CH}_4$  o  $\text{N}_2\text{O}$ ) del metano quemado, expresado en gramos de gas  $i$  por tonelada de metano.

### 3.2.3.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.2.3.1.1 Cantidad de metano procedente del biogás recuperado ( $R_i$ )

Es necesario conocer para cada municipio qué cantidad de metano se quema, ya sea para su eliminación (antorchas) o para su aprovechamiento energético (calderas, motores o turbinas). En el apartado 3.2.2.1.2 se detalla cómo la herramienta calcula dicha cantidad (Ec 9).

En aquellos vertederos en los que el metano recuperado se quema en antorcha, se adopta la hipótesis de que las emisiones resultantes son despreciables, de acuerdo con las Directrices IPCC 2006, Volumen 5 Residuos: “Sin embargo, las emisiones provenientes de la quema en antorcha son insignificantes, pues las emisiones de  $CO_2$  son de origen biogénico y las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  son muy pequeñas, de modo que, en el sector de los desechos, la buena práctica no exige su estimación.”

### 3.2.3.2 FACTOR DE EMISIÓN

#### 3.2.3.2.1 Factor de emisión del metano quemado para el gas $i$ ( $FE_i$ )

En el caso de que el metano se queme para su valorización energética, se aplican los factores de emisión propuestos por las Directrices IPCC 2006, Volumen 2 Energía, Cuadro 2.2 Combustión estacionaria en industrias energéticas, que se muestran a continuación:

Tabla 5. Factores de emisión por combustión del metano del biogás recuperado.

Dispositivo combustión	FE $CH_4$ (g $CH_4$ /t $CH_4$ )	FE $N_2O$ (g $N_2O$ /t $CH_4$ )
Calderas	50,4	5,04
Motores	50,4	5,04
Turbinas	50,4	5,04

Fuente: Directrices IPCC 2006. Volumen 2 Energía.

Los factores de emisión de la tabla se utilizarán para todos los años de la serie 2006 – 2019, y son coincidentes con los que se emplean en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

## 4 Metodología para la determinación de las emisiones de la fabricación de compost

En este apartado se recogen las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  derivadas del proceso de fabricación de abono orgánico (compost) a partir de la fracción orgánica recuperada de los residuos municipales y los lodos de EDAR. Durante la fabricación del abono tienen lugar procesos aeróbicos, donde gran parte del carbono orgánico de los materiales de desecho se convierte en dióxido de carbono ( $CO_2$ ), mientras que el metano ( $CH_4$ ) se forma durante los procesos anaeróbicos. Una gran proporción de dicho metano se oxida en las secciones aeróbicas del proceso.

Para el cálculo de las **emisiones de  $CH_4$**  se emplea la siguiente ecuación:

$$Emisiones(tCH_4/año)=M_t(t\text{ residuos})\times FE(gCH_4/kg\text{ residuo})\times 10^{-3} \quad (Ec.11)$$

Donde:

$M_t$ . Masa de los residuos destinados a compostaje en el año de cálculo t, expresada en toneladas.

FE. Factor de emisión del proceso de compostaje, expresado en gramos de  $CH_4$ /kg de residuos tratados.

En cuanto al cálculo de las **emisiones de  $N_2O$**  se empleará la ecuación que se muestra a continuación:

$$Emisiones(tN_2O/año)=M_t(t\text{ residuos})\times FE(gN_2O/kg\text{ residuo})\times 10^{-3} \quad (Ec.12)$$

Donde:

$M_t$ . Masa de los residuos destinados a compostaje en el año de cálculo t, expresada en toneladas.

FE. Factor de emisión del proceso de compostaje, expresado en gramos de  $N_2O$ /kg de residuos tratados.

### 3.2.4.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.2.4.1.1 Masa de residuos destinada a compostaje ( $M_t$ )

En Andalucía, la fabricación de compost está focalizada en las Plantas de Recuperación y Compostaje. Por tanto, esta fuente de emisión solo debe considerarse en aquellos municipios que destinan sus residuos a una PRyC.

La cantidad de residuos destinados a compostaje en cada municipio, cada año, se determina tal y como se describe a continuación, en función del periodo considerado:

- 2010 – 2019. Las cantidades se estiman a partir de la información que la CAGPDS remite al MITERD anualmente. Dicha información es individualizada para cada PRyC.
- Año de entrada en funcionamiento de la PRyC - 2009. Se calcula la cantidad de residuos destinada al compostaje aplicando la siguiente expresión:

$$Residuos\ compostaje_{i,t}(t/año)=[RC_{i,2010}/RP_{i,2010}]\times RP_{i,t} \quad (Ec\ 13)$$

Donde:

$RC_{i,2010}$ . Cantidad de residuos que entraron a compostaje en la instalación i en el año 2010.

$RP_{i,2010}$ . Cantidad de residuos que entran en la instalación en el año 2010.

$RP_{i,t}$ . Cantidad de residuos que entran en la instalación i, en el año de cálculo t.

La desagregación de los residuos destinados a compostaje en cada instalación y cada año en los distintos municipios a los que da servicio se realizará ponderando dicha cantidad por el peso de los residuos del municipio de cálculo sobre el total de los residuos que entran en la instalación.

La aplicación calcula las emisiones de esta actividad desde el año 1995, que es cuando entró en funcionamiento la primera PRyC en Andalucía, pero tan solo muestra las correspondientes a la serie de cálculo 2005 – 2019.

### 3.2.4.2 FACTOR DE EMISIÓN

Los factores de emisión considerados para todos los años de la serie 2005 – 2019 se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 6. Factores de emisión del compostaje*

Gas	FE	Unidad
CH <sub>4</sub>	4	gCH <sub>4</sub> /kg residuos
N <sub>2</sub> O	0,24	gN <sub>2</sub> O /kg residuos

Fuente: Directrices IPCC 2006. Tabla 4.1, Cap 4, Vol 5.

Estos valores son los que se emplean en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

### 3.3 Sector tratamiento de aguas residuales

El proceso de depuración de las aguas residuales se realiza en las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR). En ellas se distinguen tres tipos de tratamiento: primario, secundario y terciario. En el tratamiento primario, los sólidos de gran volumen son separados mediante barreras físicas al tiempo que las partículas de menor tamaño se dejan sedimentar. El tratamiento secundario consiste en un proceso biológico que promueve la biodegradación de la materia orgánica por microorganismos. Por último, los tratamientos terciarios incluyen los procesos destinados a depurar las aguas de otros contaminantes y elementos patógenos. Los tratamientos indicados constituyen la denominada línea de aguas.

Los lodos se producen en las etapas primaria y secundaria. El lodo del tratamiento primario está compuesto por los sólidos separados de la línea de aguas. El lodo generado en el tratamiento secundario es el resultado de un crecimiento biológico de la biomasa así como de la agregación de pequeñas partículas. Estos lodos deben ser tratados con posterioridad para su estabilización, en la denominada línea de fangos.

Cada EDAR vendrá definida por los tratamientos que tenga implantados tanto en la línea de aguas, como en la línea de fangos. En ambas se generan emisiones de metano en forma de biogás, pero la mayoría provienen de las digestiones anaerobias de la línea de fangos.

Al igual que en el caso de los vertederos, existen sistemas de recuperación del biogás generado en las EDAR, que posteriormente es quemado, bien en antorcha o bien valorizado energéticamente en dispositivos de combustión.

#### 1 Alcance

En este sector se calculan las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por las siguientes actividades:

- La degradación de la materia orgánica de las aguas residuales de origen residencial y comercial que se produce en la línea de aguas y la de fangos.
- Las emisiones de la combustión del biogás captado en las EDAR valorizado energéticamente.
- Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes del contenido en proteínas de las evacuaciones humanas presente en el efluente de las EDAR.

A continuación se detallan las fórmulas de cálculo de cada una de ellas.

#### 2 Metodología de estimación de las emisiones de metano generadas por la degradación de la materia orgánica en las EDARs

La ecuación empleada para el cálculo de emisiones de metano en los diferentes tratamientos de aguas residuales es:

$$\text{Emisiones (tCH}_4\text{/año)} = G_t - R_t \quad (\text{Ec 14})$$

Donde:

$G_t$ . Cantidad de metano generado en el año t (tCH<sub>4</sub>/año)

$R_t$ . Metano recuperado en el año t (tCH<sub>4</sub>/año)

### 3.3.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.3.2.1.1 Metano generado en el año t ( $G_t$ )

El cálculo del metano generado se realiza conforme a la siguiente ecuación:

$$G_t(\text{tCH}_4\text{/año}) = \sum_j \text{TOW} \times S_j \times FE_j \quad (\text{Ec 15})$$

Donde:

TOW. Carga contaminante total (t DBO<sub>5</sub>/año).

$S_j$ . Porcentaje de la carga contaminante dirigida al tratamiento j. Aplica únicamente cuando hay línea de fangos en la EDAR.

$FE_j$ . Factor de emisión del tratamiento j (tCH<sub>4</sub>/t DBO<sub>5</sub>).

A continuación se describe cómo se determinan cada uno de estos parámetros.

#### *Carga contaminante total (TOW)*

Para el cálculo de la carga contaminante total se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{TOW (tDBO}_5\text{/año)} = \text{Población} \times F_{eq} \times \text{DBO}_5 \times 10^{-6} \times 365 \quad (\text{Ec 16})$$

Donde:

Población. N° medio de habitantes del municipio durante el año de estudio. Calculado tal y como se ha indicado en el apartado 3.1.2.1.1.

$F_{eq}$ . Factor de conversión de habitantes empadronados a habitantes equivalentes. Se aplica el valor del ratio entre la población revisada en habitantes equivalentes y la población nacional del periodo 2005 – 2019. Ambas variables se recogen en el Anexo I de la ficha metodológica del Sistema Español de Inventarios para el sector “Tratamiento de aguas residuales domésticas”.

DBO<sub>5</sub>. Demanda biológica de oxígeno por habitante y día. Se aplica el valor de 60 g DBO<sub>5</sub>/hab/día, del Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990-2019.

#### *Porcentaje de la carga contaminante dirigida al tratamiento j ( $S_j$ )*

La carga contaminante calculada en el apartado anterior se reparte entre la línea de aguas y la línea de fangos, ya que los factores de emisión a aplicar son distintos en cada caso. Este reparto se realiza en función de las características de la EDAR que trata las aguas del municipio objeto de estudio.

La casuística que puede darse es la siguiente:

- EDAR sin línea de fangos. En este caso se supone que toda la carga contaminante es tratada en la línea de aguas ( $S_j = 1$ ).
- EDAR con línea de fangos. En estas instalaciones se ha de repartir la carga contaminante entre la línea de aguas y la línea de fangos. Dicho reparto se realiza considerando que el 25% de la carga es tratada en la línea de aguas y el 75% en la de fangos, de acuerdo con el Volumen 2 del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2012. Por tanto, el valor de  $S_j = 0,25$  para la línea de aguas y de 0,75 para la de fangos.

Para poder determinar el valor de  $S_j$  a aplicar es necesario, en primer lugar, identificar la EDAR que da servicio a cada municipio. Dicha identificación se ha realizado a partir de información procedente de la CAGPDS.

En segundo lugar, se relacionan los distintos tipos de tratamiento de las aguas que se llevan a cabo en las EDARs de Andalucía según la denominación aportada por la CAGPDS, con los tratamientos recogidos en las Directrices IPCC 2006. El objetivo es poder asignar a cada municipio un tratamiento de aguas y fangos de los contemplados en las Directrices del IPCC, para tal y como se expone a continuación, poder aplicar el factor de emisión correspondiente.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre las categorías de tratamientos según la nomenclatura de CAGPDS y los tratamientos que contempla el capítulo 6, del volumen 5, de las Directrices IPCC de 2006.

*Tabla 7. Equivalencia entre los tipos de tratamientos de aguas y fangos CAGPDS - IPCC*

Tipos de tratamiento CAGPDS	Categorías IPCC Tratamiento aguas	Categorías IPCC Tratamiento fangos
Aireación prolongada sin tratamiento primario	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Biodiscos sin tratamiento primario	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Fangos activos alta o media carga sin tratamiento primario	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Filtro de turba sin tratamiento primario	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Lecho bacteriano sin tratamiento primario	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
MBR	Reactor anaerobio	Tratamiento anaerobio de fangos

Típos de tratamiento CAGPDS	Categorías IPCC Tratamiento aguas	Categorías IPCC Tratamiento fangos
Decantación - digestión sin tratamiento secundario	Sistemas sépticos	Tratamiento anaerobio de fangos
Decantación - digestión + Biodiscos	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Decantación - digestión + Lecho bacteriano	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Decantación - digestión + Laguna anaerobia + Humedal artificial	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Decantación primaria + Aireación prolongada	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Decantación primaria + Biofiltración en lechos inundados	Reactor anaerobio	Tratamiento anaerobio de fangos
Decantación primaria + Fangos activos alta o media carga	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Decantación primaria + Lecho bacteriano	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Laguna anaerobia + Biodiscos	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Laguna anaerobia + Fangos activos alta o media carga	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Laguna anaerobia + Filtro de turba	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Laguna anaerobia + Lagunaje	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Laguna anaerobia + Lecho bacteriano	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Tratamiento físico químico	Tratamiento aerobio en una planta sobrecargada o mal gestionada	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Tratamiento físico químico + Fangos activos alta o media carga	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Tratamiento físico químico + Decantación primaria	Tratamiento aerobio en una planta sobrecargada o mal gestionada	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Tratamiento físico químico + Decantación primaria + Aireación prolongada	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento aerobio de fangos centralizado
Tratamiento físico químico + Decantación primaria +	Reactor anaerobio	Tratamiento anaerobio de fangos

Típos de tratamiento CAGPDS	Categorías IPCC Tratamiento aguas	Categorías IPCC Tratamiento fangos
Biofiltración en lechos inundados		
Tratamiento físico químico + Decantación primaria + Fangos activos alta o media carga	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Tratamiento físico químico + Decantación primaria + Lagunaje	Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	Tratamiento anaerobio de fangos
Sin datos	Sistema sin tratamiento con vertido directo al medio receptor	

Fuente: Elaboración Propia

#### Factor de emisión del tratamiento $j$ ( $FE_j$ )

Para el cálculo del factor de emisión de cada tratamiento se aplica la siguiente expresión:

$$FE_j(tCH_4/tDBO_5) = B_0 \times FCM \quad (\text{Ec 17})$$

Donde:

$B_0$ . Capacidad máxima de producción de  $CH_4$ . Se aplica el valor de 0,6  $tCH_4/tDBO_5$  del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2019.

FCM. Factor de corrección del metano. Este factor adopta distintos valores según el tipo de tratamiento.

Los valores del factor de corrección del metano (FCM) implementados en la herramienta para cada uno de los tratamientos de aguas y fangos de las Directrices del IPCC 2006 recogidos en la Tabla 7, se muestran a continuación:

Tabla 8. Factores de corrección de metano según el tipo de tratamiento

Tipo de tratamiento	FCM
<b>Línea de aguas</b>	
Sistema sin tratamiento con vertido directo al medio receptor	0,1
Sistemas sépticos	0,5
Lagunas anaerobias con profundidad inferior a 2 metros	0,2
Lagunas anaerobias con profundidad superior a 2 metros	0,8
Tratamiento aerobio centralizado bien gestionado	0

Tipo de tratamiento	FCM
Tratamiento aerobio en una planta sobrecargada o mal gestionada	0,3
Reactor anaerobio	0,8
<b>Línea de fangos</b>	
Tratamiento anaerobio de los fangos	0,8
Tratamiento aerobio de fangos centralizado	0

Fuente: Directrices IPCC 2006. Volumen 5. Capítulo 6 . Cuadro 6.3.

### 3.3.2.1.2 Metano recuperado en el año $t$ ( $R_t$ )

La metodología a aplicar para la determinación de la cantidad de metano recuperado se basa en la determinación del volumen de biogás recuperado en cada EDAR:

$$R_t(tCH_4/año) = VR_t \times \%CH_4 \times \rho_{CH_4} \quad (\text{Ec 18})$$

Donde:

$VR_t$ . Volumen de biogás recuperado para un municipio en el año  $t$  ( $Nm^3/año$ ) asociado a la depuración de aguas residuales.

$\%CH_4$ . Concentración en volumen de metano en el biogás recuperado. Se adopta el valor constante de 64% (valor proporcionado por la CAGPDS). En la fórmula se ha de introducir en tanto por uno.

$\rho_{CH_4}$ : Densidad del metano existente en el biogás recuperado. Se adopta el valor constante de  $0,7143 \cdot 10^{-3} t/Nm^3$  (valor proporcionado por la CAGPDS).

A continuación se describe cómo se obtienen estos parámetros.

#### *Volumen de biogás recuperado para un municipio en el año $t$ ( $VR_t$ )*

El biogás asociado a la depuración de aguas residuales recuperado en cada municipio se calcula como la suma del biogás quemado en antorcha y el biogás valorizado energéticamente en calderas, motores o turbinas. Estos datos proceden del Registro PRTR de la CAGPDS, y están disponibles a nivel de EDAR.

La desagregación a nivel municipal se realiza teniendo en cuenta dos variables:

- Los municipios cuyas aguas residuales son tratadas en cada EDAR.
- Población de cada municipio.

Atendiendo a dichas variables se pueden dar las siguientes casuísticas:

- La EDAR da servicio a un único municipio. En este caso el biogás recuperado en la EDAR se asigna a dicho municipio.
- La EDAR da servicio a varios municipios. El biogás recuperado en la EDAR se reparte entre los municipios a los que da servicio de forma proporcional a su población.
- El municipio reparte sus aguas residuales entre varias EDAR. En este caso, en una primera etapa se reparte equitativamente la población del municipio entre el número de EDARs que tratan sus aguas. A continuación, el biogás recuperado en cada una de dichas EDARs se reparte entre todos los municipios que destinan a ella sus aguas en función de la población de cada uno.

La identificación de cada municipio con la EDAR que trata sus aguas residuales ya se ha descrito en el apartado correspondiente a la estimación del metano generado (3.3.2.1.1).

Existen datos de recuperación de biogás para la serie 2007-2019, por lo que se supone que en los años anteriores a 2007 no hay recuperación de biogás en las EDAR.

### 3 Metodología de estimación de las emisiones debidas a la combustión del biogás recuperado

Tal y como se ha descrito anteriormente, el biogás recuperado es quemado en distintos dispositivos de combustión (antorchas, calderas, motores y turbinas), generando emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se consideran de origen biogénico y no se contabilizan en la herramienta de HCM.

La expresión a emplear para la determinación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O es la siguiente:

$$Emisiones_{i,t} (tgas_i/año) = \sum_j R_{j,t} \times FE_{i,j} \quad (Ec 19)$$

Donde:

Emisiones<sub>i,t</sub>. Emisiones del gas i (CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O) correspondientes al año t.

R<sub>j,t</sub>. cantidad de metano quemado en el año t, en el equipo de combustión j, en el municipio (tCH<sub>4</sub>/año).

FE<sub>i,j</sub>. Factor de emisión del gas i (CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O) asociado a la combustión de metano en el equipo j (tgas<sub>i</sub>/tCH<sub>4</sub>).

j. Tipo de equipo de combustión, que pueden ser antorcha, caldera, turbina o motor.

#### 3.3.3.1 DATOS DE ACTIVIDAD

##### 3.3.3.1.1 Cantidad de CH<sub>4</sub> quemado en el año t en el dispositivo de combustión j (R<sub>j,t</sub>)

Es necesario conocer para cada municipio la cantidad de metano se quema en cada uno de los posibles equipos de combustión. Dicha cantidad es calculada por la herramienta a partir de los

datos de biogás recuperado por EDAR aplicando la (Ec 18), tal y como se ha descrito en el apartado 3.3.2.1.2.

En relación con las emisiones en las antorchas, las Guías IPCC 2006, en el capítulo 6 del Volumen 5, indican lo siguiente: “Las emisiones provenientes de la quema en antorcha son insignificantes, pues las emisiones de CO<sub>2</sub> son de origen biogénico y las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son muy pequeñas, de modo que en el Sector Desechos, la buena práctica no exige su estimación.” **Por tanto, análogamente a lo supuesto para el biogás recuperado en vertedero, se ha considerado que estas emisiones son despreciables.**

### 3.3.3.2 FACTOR DE EMISIÓN

#### 3.3.3.2.1 Factor de emisión del gas *i* asociado a la combustión de CH<sub>4</sub> en el equipo *j* (FE<sub>*i,j*</sub>)

Los factores de emisión a emplear para los motores, las calderas y las turbinas son los mismos que se han descrito en el apartado correspondiente a la combustión del biogás recuperado en los vertederos (ver Tabla 5).

#### 4 Metodología de estimación de las emisiones de óxido nitroso procedentes de las aguas residuales

En el presente apartado se describe la metodología de estimación de las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O derivadas de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se vierten en medios acuáticos (fluviales, lagos o el mar).

La fórmula de cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso es la siguiente:

$$\text{Emisiones } N_2O \text{ (t/año)} = C_{\text{proteína}} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NONCON}} \times F_{\text{INDCON}} \times P \times FE \times (44/28) \times 10^{-3} \quad (\text{Ec 20})$$

Donde:

C<sub>proteína</sub>. Consumo anual per cápita de proteínas (kg/hab-año).

F<sub>NPR</sub>. Fracción de nitrógeno en la proteína. Se emplea el valor por defecto aplicado en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI de 0,16 kg N/kg proteína.

F<sub>NON-CON</sub>. Factor de ajuste de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales. Se utiliza el valor del cuadro 6.11 del capítulo 6, del volumen 5, de las Directrices IPCC 2006, de 1,4 para países con tratamiento de eliminación de basuras. Este valor se corresponde con el que se utiliza en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

F<sub>IND-CON</sub>. Factor de ajuste de las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado. Se utilizará el valor del cuadro 6.11 del capítulo 6, del volumen 5, de las Guías IPCC 2006, de 1,25. Análogamente a lo indicado para los dos parámetros anteriores, este valor se corresponde con el que se utiliza en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

P. Población del municipio (hab). Este valor se obtendrá de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.1.2.1.1.

FE: Factor de emisión. Se utilizará el valor del cuadro 6.11 del capítulo 6, del volumen 5, de las Guías IPCC 2006, de 0,005 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N. Este valor se corresponde con el que se utiliza en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

A continuación se indica cómo obtener el consumo anual per cápita de proteínas.

### 3.3.4.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.3.4.1.1 Consumo anual per cápita de proteínas ( $C_{proteína}$ )

El consumo per cápita de proteínas es un valor que varía anualmente y se obtiene del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2019. En concreto, de la ficha metodológica elaborada por el Sistema Español de Inventarios.

*Tabla 9. Consumo diario per cápita de proteínas.*

Año	kg/hab-año
2005	29,59
2006	29,01
2007	29,19
2008	31,39
2009	30,75
2010	30,15
2011	29,96
2012	30,03
2013	30,55
2014	29,91
2015	29,65
2016	29,85
2017	28,71
2018	28,57
2019	28,23

Fuente: Ficha Metodológica del SEI “Tratamiento de aguas residuales domésticas”

## 3.4 Sector gases fluorados

### 1 Alcance

Este apartado se centra en los cálculos necesarios para estimar las emisiones asociadas a los siguientes gases y actividades contemplados en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI:

- SF<sub>6</sub>
  - i. Producción y uso de otros productos. Se incluyen las emisiones derivadas del uso del SF<sub>6</sub> como aislante en equipos eléctricos así como de su empleo en equipos médicos.
- PFCs y HFCs
  - i. Uso de sustitutos de los GEI. Refrigeración y aire acondicionado. Las emisiones incluidas contemplan las asociadas a la refrigeración comercial, doméstica e industrial, al transporte refrigerado y al uso de aires acondicionados en vehículos e instalaciones estacionarias (edificios).
  - ii. Uso de sustitutos de los GEI. Agentes espumantes. Se incluyen las emisiones derivadas del uso de HFCs en el espumado de plásticos.
  - iii. Uso de sustitutos de los GEI. Protección contra incendios. Se recogen las emisiones debidas al empleo de HFCs y PFCs en equipos de protección contra incendios, tanto en la fase de fabricación como en la de funcionamiento.
  - iv. Uso de sustitutos de los GEI. Aerosoles. Se incluyen las emisiones derivadas del uso de HFCs y PFCs como propelentes en dispositivos para aseo personal, aplicaciones domésticas e industriales y aerosoles de uso general.

Las emisiones de estos gases, pese a ser de magnitudes reducidas, pueden comportar una contribución sustancial al total de emisiones de GEI, como consecuencia de los elevados potenciales globales de calentamiento que tienen asociados.

### 2 Metodología de cálculo de las emisiones de SF<sub>6</sub>

La metodología se basa en la desagregación municipal de las emisiones de SF<sub>6</sub> de Andalucía procedentes del Inventario Nacional de GEI por Comunidades Autónomas, realizada en base al consumo eléctrico de cada municipio. El empleo de la variable del consumo eléctrico se justifica por el hecho de que es el mismo criterio que emplea el Sistema Español de Inventarios para el reparto provincial de las emisiones nacionales de este gas.

Siendo rigurosos, el SEI emplea el consumo eléctrico provincial para la desagregación de las emisiones de SF<sub>6</sub> asociadas a equipos eléctricos. En la herramienta se aplica para el conjunto de las emisiones de SF<sub>6</sub> porque la proporción de las emisiones del resto de actividades (equipos médicos) son muy inferiores a las de los equipos eléctricos, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. Proporción de las emisiones nacionales de SF<sub>6</sub> por actividad

Actividad	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Equipos eléctricos	0,987	0,987	0,987	0,989	0,989	0,989	0,991
Equipos médicos	0,013	0,013	0,013	0,011	0,011	0,011	0,009

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2019.

La expresión a aplicar es la siguiente:

$$Emisiones SF_{6,i} (kgCO_{2-eq}/año) = \frac{(Emisiones SF_{6,Andal}) \times Cons Elec_i}{Cons Elec_{Andal}} \quad (Ec 21)$$

Donde:

Emisiones SF<sub>6,i</sub>. Emisiones de SF<sub>6</sub> del municipio i.

Emisiones SF<sub>6,Andal</sub>. Emisiones de SF<sub>6</sub> de Andalucía, expresadas en kgCO<sub>2-eq</sub>/año.

Consumo Elec<sub>i</sub>. Consumo eléctrico del municipio i en el año objeto de cálculo, expresado en MWh.

Consumo Elect<sub>Andal</sub>. Consumo eléctrico de Andalucía en el año objeto de cálculo, expresado en MWh.

### 3.4.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.4.2.1.1 Emisiones de SF<sub>6</sub> en Andalucía (SF<sub>6,Andal</sub>)

Las emisiones de SF<sub>6</sub> de Andalucía para cada año de la serie se obtienen del Inventario Nacional de Emisiones de GEI desagregado por Comunidad Autónoma, en formato CRF. Se consideran las emisiones correspondientes al epígrafe 2.G Producción y uso de otros productos.

#### 3.4.2.1.2 Consumos eléctricos municipales (Consumo Elec<sub>i</sub>)

Los consumos eléctricos de los municipios en cada uno de los años de la serie de cálculo son una variable que se emplea para la estimación de las emisiones indirectas debidas al consumo de electricidad, tal y como se ha descrito en el apartado 3.1.2.1.

El consumo eléctrico a considerar es la diferencia entre el consumo eléctrico total del municipio (C<sub>elec,i,t,k</sub>) y el consumo de las instalaciones afectadas por el RCDE en el municipio (C<sub>elec RCDE,i,t</sub>). La definición de ambos parámetros se describe en la (Ec 2).

El consumo eléctrico de Andalucía se obtendrá como la suma de los consumos de cada uno de los municipios.

### 3 Metodología de cálculo de las emisiones de HFCs y PFCs

La metodología se basa en la desagregación municipal de las emisiones de HFCs y PFCs de Andalucía, recogidas en el Inventario Nacional de GEI por Comunidad Autónoma, realizada en base a la población de cada municipio. El empleo de la variable población para realizar la desagregación se justifica por el hecho de que es el mismo criterio que emplea el Sistema Español de Inventarios para el reparto provincial de las emisiones nacionales de la actividad “Refrigeración y aire acondicionado”.

En la siguiente tabla se muestran las emisiones nacionales de HFCs y PFCs desagregadas por actividad:

*Tabla 11. Emisiones nacionales de HFCs y PFCs por actividad.*

Actividad	2019	2018	2015
2.F. Uso de sustitutivos de los GEI	5.946,6	6.306,1	9.123,8
2.F.1. Refrigeración y Aire Acond.	5.467,4	5.805,4	8.624,4
2.F.2. Espumantes	47,9	54,6	91,0
2.F.3. Protección contra incendios	107,4	118,5	160,9
2.F.4. Aerosoles	323,9	327,6	247,5
Proporción 2.F.1.(%)	91,9	92,1	94,5

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2019.

Tal y como se puede observar, las emisiones de la actividad “Refrigeración y aire acondicionado” suponen entre el 92 y el 94% de las emisiones totales, lo que justifica que se adopte el criterio de desagregación del Inventario Nacional de GEI para el conjunto de las emisiones de HFCs y PFCs en Andalucía.

La desagregación de las emisiones de HFCs y PFCs se realiza mediante la aplicación de la expresión:

$$Emisiones\ HFC\ y\ PFC_i\ (kgCO_{2-eq}/año) = \frac{(Emisiones\ HFC\ y\ PFC_{Andal}) \times Pobl_i}{Pobl_{Andal}} \quad (Ec\ 22)$$

Donde:

Emisiones HFC y PFC<sub>i</sub>. Emisiones de HFCs y PFCs del municipio i.

Emisiones HFC y PFC<sub>Andal</sub>. Emisiones de HFCs y PFCs de Andalucía, expresadas en kgCO<sub>2-eq</sub>/año.

Pobl<sub>i</sub>. Población del municipio i en el año objeto de cálculo.

Pobl<sub>Andal</sub>. Población de Andalucía en el año objeto de cálculo.

### **3.4.3.1 DATOS DE ACTIVIDAD**

#### *3.4.3.1.1 Emisiones de HFCs y PFCs en Andalucía (Emisiones HFC y PFC <sub>Andal</sub>)*

Las emisiones de HFCs y PFCs de Andalucía para cada año de la serie se obtienen del Inventario Nacional de Emisiones de GEI desagregado por Comunidad Autónoma, en formato CRF. Se considerarán las emisiones correspondientes al epígrafe 2.F Uso de sustitutos de los GEI.

#### *3.4.3.1.2 Población del municipio (Pobl.)*

La población de los municipios es una variable que se emplea en el cálculo de las emisiones de distintos sectores y actividades. Se estimación se realiza tal y como se ha descrito en el apartado 3.1.2.1.1.

## 3.5 Sector Agricultura

### 1 Alcance

Las emisiones de óxido nitroso consideradas en este apartado son las **emisiones directas** debidas al aporte de nutrientes al suelo y derivadas de las excreciones animales durante el pastoreo, y las **emisiones indirectas** por deposición atmosférica, lixiviación y escorrentía.

Las emisiones directas de óxido nitroso son fundamentalmente de origen biogénico y resultan básicamente de los procesos de nitrificación y desnitrificación. El aporte de nitrógeno a estos suelos tiene lugar generalmente por la incorporación de fertilizantes químicos-sintéticos nitrogenados o el aporte de fertilizantes orgánicos procedentes de los estiércoles animales.

Las emisiones indirectas de óxido nitroso atribuibles al nitrógeno utilizado en la agricultura ocurren por dos mecanismos:

- Parte del nitrógeno pasa a la atmósfera en forma de amoníaco y óxidos de nitrógeno. Posteriormente, retorna al suelo por deposición atmosférica, aumentando así las emisiones de óxido nitroso.
- Otra parte del nitrógeno es retirada del suelo a través de las escorrentías y la lixiviación, pasando a los sistemas de aguas subterráneas y superficiales, de las cuales posteriormente una proporción se emite en forma de óxido nitroso.

Asimismo, también se incluyen las emisiones metano debidas al cultivo de arroz. Durante el tiempo que dura dicho cultivo se origina gas metano como consecuencia de la descomposición anaerobia por los microorganismos del suelo de la materia orgánica que queda bajo las aguas de anegamiento.

### 2 Metodología de estimación de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas

Para el cálculo de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O se emplea la siguiente expresión:

$$Emisiones\ N_2O_{Directas}\ (t/año) = (F_{SN} + F_{EA} + F_{FB} + F_S) \times FE_1 \times (44/28) \quad (Ec\ 23)$$

Donde:

F<sub>SN</sub>. Cantidad anual de nitrógeno aportado en los fertilizantes sintéticos (tN/año).

F<sub>EA</sub>. Cantidad anual de nitrógeno en el estiércol animal (tN/año).

F<sub>FB</sub>. Cantidad de nitrógeno fijado biológicamente (tN/año).

F<sub>S</sub>. Cantidad de nitrógeno aportado en forma de semillas (tN/año).

FE<sub>1</sub>. Factor de emisión de N<sub>2</sub>O correspondiente a los aportes directos de nitrógeno a los suelos anualmente.

44/28: Factor de conversión del N<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O.

A continuación se detalla cómo se estima cada uno de los parámetros anteriores.

### 3.5.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.5.2.1.1 Cantidad anual de nitrógeno aportado en los fertilizantes sintéticos ( $F_{SN}$ )

La cantidad anual de nitrógeno aportado en los fertilizantes sintéticos aplicados al suelo (tN) en cada municipio, se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$F_{SN}(\text{tN/año}) = \sum_c (SU_c \times TFM_c) \quad (\text{Ec 24})$$

Donde:

$SU_c$ . Superficie destinada al uso c en el municipio (ha).

$TFM_c$ . Tasa de fertilización mineral por hectárea de uso c (tN/ha) para Andalucía.

A continuación se describe como se obtiene cada uno de estos factores.

#### *Superficie dedicada al uso c en el municipio ( $SU_c$ )*

Las superficies de usos del suelo municipales se obtienen del SIMA, en las siguientes rutas:

- Superficie destinada a cultivos herbáceos de regadío: Municipios, 4. Economía, 4.1 Agricultura, 4.1.1 Superficie destinada a cultivos herbáceos de regadío.
- Superficie destinada a cultivos herbáceos de secano: Municipios, 4. Economía, 4.1 Agricultura, 4.1.2 Superficie destinada a cultivos herbáceos de secano.
- Superficie destinada a cultivos leñosos de regadío: Municipios, 4. Economía, 4.1 Agricultura, 4.1.3 Superficie destinada a cultivos leñosos de regadío.
- Superficie destinada a cultivos leñosos de secano: Municipios, 4. Economía, 4.1 Agricultura, 4.1.4 Superficie destinada a cultivos leñosos de secano.
- Superficie destinada a zonas de pastoreo: Municipios, 4. Economía, 4.1 Agricultura, 4.1.5 Distribución general de la tierra por aprovechamiento.

La información procedente del SIMA es tratada por la aplicación agregando los datos de superficies de cultivos en leñosos y herbáceos con sus correspondientes subcategorías, y las diferentes categorías de zonas de pastoreo en un valor total. En la siguientes tablas se muestran las categorías consideradas y los campos del SIMA que incluyen.

*Tabla 12. Agrupación de los distintos tipos de cultivos herbáceos del SIMA en las categorías de la Huella de Carbono Municipal.*

HCM	SIMA
Arroz	Arroz
Otros cereales	Cereales de invierno
Leguminosas	Leguminosas grano
Tubérculos	Tubérculos consumo humano
Girasol	Girasol
Otros industriales	cultivos Cultivos industriales sin girasol
Forrajeras	Cultivos forrajeros
Hortalizas	Hortalizas
Flores	Flores y plantas ornamentales

Fuente: SIMA. Categorías de cultivos herbáceos.

*Tabla 13. Agrupación de los distintos tipos de cultivos leñosos del SIMA en las categorías de la Huella de Carbono Municipal.*

HCM	SIMA
Cítricos	Cítricos
Almendro	Almendro
Otros frutales	Frutales sin almendro
Olivar	Olivar
Viña	Viñedo no asociado
Otros	Otros cultivos leñosos y viveros.

Fuente: SIMA. Categorías de cultivos leñosos.

En el caso de las zonas de pastoreo se emplean directamente los siguientes campos de la consulta “Distribución general de la tierra por aprovechamiento”, del SIMA:

- Barbecho y otras tierras no ocupadas.
- Prados naturales.
- Pastizales.
- Erial a pasto.

*Tasa de fertilización mineral por hectárea de uso c (TMF<sub>c</sub>)*

Esta tasa se calcula dividiendo las toneladas de nitrógeno de fertilización mineral aplicadas en el cultivo c en Andalucía entre el número de hectáreas de dicho cultivo en Andalucía.

Los datos de toneladas de nitrógeno de fertilización mineral aplicadas a cada tipo de cultivo han sido facilitados por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y cubren el periodo 2005 – 2018. Para el año 2019 se han empleado los datos del año 2018 hasta que estén disponibles los datos actualizados.

Tabla 14. Toneladas de nitrógeno de fertilización mineral aplicadas en cultivos herbáceos, año 2014

Andalucía	Herbáceos							
	Cereales	Legum Grano	Tubérculos	C. Indust	Girasol	Forrajeras	Hortalizas	Flores
Fertilización Mineral (t de N)	78.866	670	2.300	19.680	4.051	1.743	27.790	
Superficies (ha.)	758.598	55.360	11.649	95.193	288.471	65.,496	124.153	
<b>TMF<sub>c</sub> (tN/ha)</b>								

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014

Tabla 15. Toneladas de nitrógeno de fertilización mineral aplicadas en cultivos leñosos, año 2014

Andalucía	Leñosos					
	Cítricos	Frutales	Almendro	Olivar	Viñedos	Otros
Fertilización Mineral (t de N)	22.891	7.701	3.648	124.786	1.887	17
Superficies (ha.)	85.176	54.012	156.510	1.549.967	30.385	1.993
<b>TMF<sub>c</sub> (tN/ha)</b>						

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014

### 3.5.2.1.2 Cantidad anual de nitrógeno aportado en el estiércol animal ( $F_{EA}$ )

La cantidad anual de nitrógeno en el estiércol animal aplicado intencionadamente a los suelos (t N), excluyendo el abono incorporado durante el pastoreo de los animales, se calcula a partir de la expresión:

$$F_{EA} (tN/año) = \sum_c (SU_c \times TEA_c) \quad (\text{Ec 25})$$

Donde:

$SU_c$ . Superficie dedicada al uso c en el municipio (ha).

$TEA_c$ : Tasa de aporte de nitrógeno en forma de estiércol animal por hectárea de uso c (tN/ha) para Andalucía.

A continuación se describe como se obtiene cada uno de estos factores:

### Superficie dedicada al uso c en el municipio ( $SU_c$ )

La obtención de los valores de superficie dedicada a cada uso en cada municipio se describe en el apartado anterior.

### Tasa de aporte de nitrógeno en forma de estiércol animal por hectárea de uso c ( $TEA_c$ )

Esta tasa se calcula dividiendo las toneladas de nitrógeno en forma de abono animal en el uso c en Andalucía entre el número de hectáreas de dicho cultivo en Andalucía.

Análogamente a lo descrito en el apartado anterior, los datos de toneladas de nitrógeno aplicado en forma de estiércol animal a cada tipo de cultivo han sido facilitados por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y cubren el periodo 2005 – 2018. Para el año 2019 se han empleado los datos del año 2018 hasta que estén disponibles los datos actualizados.

Tabla 17. Toneladas de nitrógeno de fertilización orgánica aplicadas en cultivos herbáceos, año 2014

Andalucía	Herbáceos							
	Cereales	Legum Grano	Tubérculos	C. Indust	Girasol	Forrajeras	Hortalizas	Flores
Superficies (ha.)	758.598	55.360	11.649	95.193	288.471	65.496	124.153	
Abonado Estiércoles (tN)	3.731	0	1.102	828	474	626	17.781	
<b>TEA<sub>c</sub> (tN/ha)</b>								

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014.

Tabla 18. Toneladas de nitrógeno de fertilización orgánica aplicadas en cultivos leñosos, año 2014

Andalucía	Leñosos					
	Cítricos	Frutales	Almendro	Olivar	Viñedos	Otros
Superficies (ha.)	85.176	54.012	156.510	1.549.967	30.385	1.993
Abonado Estiércoles (tN)	5.816	2.622	520	1.304	1.069	8
<b>TEA<sub>c</sub> (tN/ha)</b>						

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014

#### 3.5.2.1.3 Cantidad anual de nitrógeno aportado por fijación biológica ( $F_{FB}$ )

La cantidad de nitrógeno fijado por las variedades fijadoras de nitrógeno que se cultivan anualmente se calcula a partir de la expresión:

$$F_{FB}(\text{tN/año}) = \sum_c (SU_c \times TFB_c) \quad (\text{Ec } 26)$$

Donde:

SU<sub>c</sub>. Superficie dedicada al uso c en el municipio (ha).

TFB<sub>c</sub>. Tasa de aporte de nitrógeno por fijación biológica por hectárea de uso c (tN/ha) para Andalucía.

A continuación se describe como se obtiene cada uno de estos factores.

*Superficie dedicada al uso c en el municipio (SU<sub>c</sub>)*

La obtención de los valores de superficie dedicada a cada uso en cada municipio se describe en el apartado sobre fertilización inorgánica (ver 3.5.2.1.1).

*Tasa de aporte de nitrógeno por fijación biológica por hectárea de uso c (TFB<sub>c</sub>)*

Esta tasa se calcula dividiendo las toneladas de nitrógeno de fijación biológica en el uso c en Andalucía entre el número de hectáreas de dicho uso en Andalucía.

Análogamente a lo descrito en los apartados anteriores, los datos de toneladas de nitrógeno aportados al suelo por fijación biológica a cada tipo de cultivo han sido facilitados por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y cubren el periodo 2005 – 2018. Para el año 2019 se han empleado los datos del año 2018 hasta que estén disponibles los datos actualizados.

*Tabla 20. Toneladas de nitrógeno de fijación biológica aplicadas en cultivos herbáceos, año 2014*

Andalucía	Herbáceos							
	Cereales	Legum Grano	Tubérculos	C. Indust	Girasol	Forrajeras	Hortalizas	Flores
Superficies (ha.)	758.598	55.360	11.649	95.193	288.471	65.496	124.153	
Fijación biológica (tN)	3.731	0	1.102	828	474	626	17.781	
<b>TFB<sub>c</sub> (tN/ha)</b>								

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014.

*Tabla 21. Toneladas de nitrógeno de fijación biológica aplicadas en cultivos leñosos, año 2014*

Andalucía	Leñosos					
	Cítricos	Frutales	Almendro	Olivar	Viña	Otros
Superficies (ha.)	85.176	54.012	156.510	1.549.967	30.385	1.993
Fijación biológica (tN)	5.816	2.622	520	1.304	1.069	8
<b>TFB<sub>c</sub> (tN/ha)</b>						

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014.

Tabla 22. Toneladas de nitrógeno de fijación biológica aplicadas en zonas de pastoreo, año 2014

Andalucía	Zonas de pastoreo
Superficies (ha.)	3.238.220
Fijación biológica (tN)	9.601
<b>TFB<sub>c</sub> (tN/ha)</b>	

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.  
Año 2014.

### 3.5.2.1.4 Cantidad anual de nitrógeno aportado por las semillas ( $F_s$ )

La cantidad de nitrógeno aportado a los **suelos destinados a cultivos herbáceos** en forma de semillas, se calcula a partir de la expresión:

$$F_s(\text{tN/año}) = \sum_c (SCH_c \times TS_c) \quad (\text{Ec 27})$$

Donde:

$SCH_c$ . Superficie dedicada a cultivos herbáceos en el municipio (ha).

$TS_c$ . Tasa de siembra de semillas por hectárea de suelo destinado a cultivos herbáceos (tN/ha) para Andalucía.

A continuación se describe como se obtiene cada uno de estos factores:

#### *Superficie dedicada a cultivos herbáceos en el municipio ( $SCH_c$ )*

La obtención de los valores de superficie dedicada a cultivos herbáceos en cada municipio se describe en el apartado dedicado a la fertilización inorgánica (ver 3.5.2.1.1).

#### *Tasa de siembra de semillas en los suelos destinados a cultivos herbáceos ( $TS_c$ )*

Este ratio se calcula dividiendo las toneladas de nitrógeno aportado en forma de semillas en Andalucía entre el número de hectáreas de cultivos herbáceos en Andalucía.

Análogamente a lo descrito en los apartados anteriores, los datos de toneladas de nitrógeno aportados al suelo destinado a cultivos herbáceos en forma de semillas, para cada tipo de cultivo, han sido facilitados por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y cubren el periodo 2005 – 2018. Para el año 2019 se han empleado los datos del año 2018 hasta que estén disponibles los datos actualizados.

Tabla 24. Toneladas de nitrógeno por siembra en cultivos herbáceos, año 2014

Andalucía	Herbáceos							
	Cereales	Legum Grano	Tubérculos	C. Indust	Girasol	Forrajeras	Hortalizas	Flores
Superficies (ha.)	758.598	55.360	11.649	95.193	288.471	65.496	124.153	

Semillas (tN)	3.731	0	1.102	828	474	626	17.781	
<b>TS<sub>c</sub> (tN/ha)</b>								

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014.

### 3.5.2.2 FACTOR DE EMISIÓN

#### 3.5.2.2.1 Factor de emisión correspondiente a los aportes de nitrógeno al suelo ( $FE_1$ )

El valor del factor de emisión a emplear para el cálculo de las emisiones directas debidas a la fertilización mineral, el abonado con estiércoles, la fijación biológica y la siembra de semillas ( $EF_1$ ) es de 0,01 tN<sub>2</sub>O-N/tN, de acuerdo con la tabla 5.6.5 del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990 – 2019.

#### 3 Metodología de estimación de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O provenientes del pastoreo

Se aplica la siguiente fórmula de cálculo para las emisiones de N<sub>2</sub>O debidas al pastoreo:

$$Emisiones\ N_2O_{Directas}\ (t/año) = F_{Past} \times FE_3 \times (44/28) \quad (Ec\ 28)$$

Donde:

$F_{Past}$ . Cantidad anual de nitrógeno aportado al suelo por la actividad de pastoreo (tN/año).

$FE_3$ . Factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes de aportes de nitrógeno a los suelos por el pastoreo, expresado en tN<sub>2</sub>O-N/tN.

#### 3.5.3.1 DATOS DE ACTIVIDAD

La cantidad anual de nitrógeno aportado al suelo por la actividad de pastoreo en cada municipio, se calcula a partir de la expresión:

$$F_{Past}\ (tN/año) = SP \times TP_{Past} \quad (Ec\ 29)$$

Donde:

SP. Superficie de suelo destinada a pastoreo en cada municipio (ha).

$TP_{Past}$ . Aporte de nitrógeno debido a la actividad de pastoreo por hectárea de superficie (tN/ha) en Andalucía.

A continuación se describe como se obtienen estos factores.

*Superficie de suelo destinada a pastoreo en cada municipio (SP)*

**Se consideran superficies destinadas a pastoreo las dedicadas a cultivos herbáceos y las zonas de pastoreo, propiamente dichas.** La obtención de ambos tipos de superficie por municipio se ha descrito en el apartado correspondiente a la fertilización sintética (ver 3.5.2.1.1).

### Tasa de aporte de nitrógeno debido a la actividad de pastoreo ( $TP_{Past}$ )

Este ratio se calcula dividiendo las toneladas de nitrógeno aportado en forma de excrementos en las actividades de pastoreo entre el número de hectáreas de cultivos herbáceos y de zonas de pastoreo en Andalucía.

Análogamente a lo descrito en los apartados anteriores, los datos de toneladas de nitrógeno aportados al suelo en forma de excrementos de pastoreo para cada tipo de cultivo, han sido facilitados por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y cubren el periodo 2005 – 2018. Para el año 2019 se han empleado los datos del año 2018 hasta que estén disponibles los datos actualizados.

Tabla 25. Toneladas de nitrógeno procedentes del pastoreo aplicadas en cultivos herbáceos y zonas de pastoreo, año 2014

Andalucía	Cultivos Herbáceos								Zonas de pastoreo
	Cereales	Legum Grano	Tubérculos	C. Indust	Girasol	Forrajeras	Hortalizas	Flores	
Superficies (ha.)	758.598	55.360	11.649	95.193	288.471	65.496	123.101	1.052	3.238.220
Excrementos de pastoreo (t de N)	1.968	695	0	1.791	1.126	241	855	0	37.648
$TP_{Past}$									

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2014.

### 3.5.3.2 FACTOR DE EMISIÓN

#### 3.5.3.2.1 Factor de emisión correspondiente a los aportes de nitrógeno por pastoreo ( $FE_3$ )

El factor de emisión asociado a las emisiones directas debidas al pastoreo tiene el valor 0,02 tN<sub>2</sub>O-N/tN, de acuerdo con la tabla 5.6.5 del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990 – 2019.

#### 4 Metodología de cálculo de las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas

Las emisiones indirectas de los suelos agrícolas proceden de la deposición atmosférica del nitrógeno volatilizado y de la lixiviación y escorrentía. La expresión empleada para su cálculo se describe a continuación (Ec 30):

$$Emis N_2O_{indir} (t/a) = [(F_{SN} \times Frac_{GasF}) + (F_{EA} + F_{Past}) \times Frac_{GasM}] \times FE_4 + [(F_{SN} + F_{EA} + F_{Past}) \times Frac_{Lix}] \times FE_5 \times 44/28$$

Donde:

$F_{SN}$ ,  $F_{EA}$ ,  $F_{Past}$ . Son variables descritas en apartados anteriores.

Frac<sub>GasF</sub>. Fracción de volatilización del nitrógeno presente en los fertilizantes sintéticos.

Frac<sub>GasM</sub>. Fracción de volatilización del nitrógeno orgánico.

Frac<sub>Lix</sub>. Fracción de nitrógeno que se pierde por lixiviación y escorrentía.

FE<sub>4</sub>. Factor de emisión correspondiente a las emisiones de N<sub>2</sub>O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua (kgN<sub>2</sub>O-N/kgNH<sub>3</sub> – kgNO<sub>x</sub> volatilizado).

FE<sub>5</sub>. Factor de emisión para las emisiones de N<sub>2</sub>O por lixiviación y escorrentía (kgN<sub>2</sub>O-N/kgN lixiviado).

### 3.5.4.1 DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de F<sub>SN</sub>, F<sub>EA</sub> y F<sub>Past</sub> con calculados por la herramienta tal y como se ha descrito en los apartados correspondientes a las emisiones directas debidas a la fertilización sintética, al abonado con estiércoles y a las actividades de pastoreo.

Los valores de las fracciones de volatilización y lixiviación implementados en la herramienta se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 26. Fracciones de volatilización y lixiviación

Parámetros de cálculo	Valor
Fracción de volatilización sintéticos (Frac <sub>GasF</sub> )	0,1 tNH <sub>3</sub> -N + tNO <sub>x</sub> -N/tN
Fracción de volatilización orgánicos (Frac <sub>GasM</sub> )	0,2 tNH <sub>3</sub> -N + tNO <sub>x</sub> -N/tN
Fracción de N que se pierde por lixiviación (Frac <sub>Lix</sub> )	0,3 tN <sub>lixiviado</sub> /tN

Fuente: Guías IPCC 2006 e Inventario Nacional de GEI 1990 - 2019

En el caso de la fracción de volatilización los valores proceden del cuadro 11.3 de las Directrices del IPCC de 2006, volumen 4 “Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra”. El valor de la fracción de pérdidas por lixiviación procede de la tabla 5.6.5 del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990 – 2019.

### 3.5.4.2 FACTORES DE EMISIÓN

Los valores de los factores de emisión empleados por la herramienta se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 27. Factores de emisión por deposición atmosférica y lixiviación

Parámetros de cálculo	Valor
Factor de emisión por deposición atmosférica (FE <sub>4</sub> )	0,01 tN <sub>2</sub> O-N/tNH <sub>3</sub> -N + tNO <sub>x</sub> -N
Factor de emisión por lixiviación y escorrentía (FE <sub>5</sub> )	0,0075 tN <sub>2</sub> O-N/tN <sub>lixiviado</sub>

Fuente: Guías IPCC 2006

Aunque la referencia de los valores son las Guías IPCC 2006, volumen 4 “Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra”, cuadro 11.3, se trata de los mismos valores que se emplean en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

## 5 Metodología de cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> del cultivo de arroz

Las emisiones de CH<sub>4</sub> del cultivo de arroz se calculan a través de la siguiente expresión:

$$Emisiones_{Arroz} (tCH_4/año) = SC_{Arroz} \times t \times FE_i \times 10^{-3} \quad (Ec 31)$$

Donde:

SC<sub>Arroz</sub>. Superficie cultivada de arroz en el municipio (ha).

T. Número de días que dura el periodo de cultivo del arroz.

FE<sub>i</sub>. Factor de emisiones diarias de metano por hectárea cultivadas de arroz (kgCH<sub>4</sub>/ha-d).

### 3.5.5.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.5.5.1.1 Superficie cultivada de arroz en el municipio (SC<sub>Arroz</sub>)

La superficie destinada al cultivo de arroz en cada municipio considerada en la herramienta se ha descrito en el apartado destinado al cálculo de las emisiones directas de N<sub>2</sub>O (ver 3.5.2.1.1).

#### 3.5.5.1.2 Duración del periodo de cultivo de arroz (t)

Se considera que en España la duración del cultivo del arroz es de 150 días, de acuerdo con la tabla 5.5.3 del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990 – 2019.

### 3.5.5.2 FACTOR DE EMISIÓN

En este caso el factor de emisión se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

$$FE_i (kgCH_4/ha-d) = FE_c \times SF_w \times SF_p \times SF_0 \times SF_{s,r} \quad (Ec 32)$$

$$SF_0 = (1 + ROA \times CFOA)^{0,59} \quad (Ec 33)$$

Donde:

FE<sub>c</sub>. Factor de emisión básico de metano para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos (kgCH<sub>4</sub>/ha-d).

SF<sub>w</sub>. Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el periodo de cultivo (adimensional).

SF<sub>p</sub>. Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo (adimensional).

SF<sub>s,r</sub>. Factor de ajuste por tipo de suelo.

ROA. Tasa de aplicación de abono orgánico en peso seco de paja (t/ha).

CFOA. Factor de conversión para abono orgánico en términos de su efecto relativo con respecto a la paja aplicada poco antes del cultivo (adimensional).

Los valores de los parámetros descritos se recogen en la siguiente tabla:

*Tabla 28. Parámetros de cálculo del factor de emisión del cultivo de arroz*

Parámetros de cálculo	Valor
FE <sub>c</sub> (kgCH <sub>4</sub> /ha-d)	1,3
SF <sub>w</sub> (adimensional)	0,6
SF <sub>p</sub> (adimensional)	0,68
SF <sub>s,r</sub> (adimensional)	1
ROA (t/ha)	5
CFOA (adimensional)	0,29

Fuente: Guías IPCC 2006

Los datos proceden de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 4 “Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra”, capítulo 5, cuadros 5.11, 5.12, 5.13 y 5.14. Se trata de los valores empleados en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI (Tabla 5.5.3).

## 3.6 Sector ganadería

### 1 Alcance

Las emisiones de este sector tienen tres procedencias diferenciadas: las emisiones de metano generadas en la fermentación entérica del ganado y en la gestión de estiércol, y las emisiones de óxido nitroso procedentes de la gestión del estiércol.

El proceso de fermentación entérica produce metano como un subproducto que puede ser exhalado o eructado por el animal. En este caso, la producción de metano es parte de los procesos digestivos normales de los animales, y se deben a la fermentación del alimento consumido por el animal por parte de los microorganismos presentes en su aparato digestivo.

Por su parte las actividades de manejo del estiércol del ganado generan emisiones de metano y óxido nitroso. El metano se produce mediante la descomposición anaeróbica del estiércol, mientras que el óxido nitroso se forma como parte del ciclo del nitrógeno, a través de la desnitrificación del nitrógeno orgánico presente en el estiércol y en la orina del ganado.

Los factores determinantes que afectan al proceso de generación de metano a partir de los estiércoles animales son los sistemas adoptados para la gestión de estiércol y la composición del mismo, que a su vez depende de la dieta de los animales.

La cantidad de óxido nitroso producido es variable, dependiendo de la composición del estiércol y la orina, del tipo de bacterias involucradas en el proceso y de la cantidad de oxígeno y líquido en el sistema de manejo.

### 2 Metodología de estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica

Las emisiones de metano generadas en la fermentación entérica se calculan aplicando la siguiente expresión:

$$Emisiones CH_4 (t/año) = \sum_T N_T \times FE_T \times 10^{-3} \quad (Ec 34)$$

Donde:

$N_T$ . Número medio de cabezas de ganado de la categoría T en el municipio durante el año de estudio (cabezas-año).

$FE_T$ . Factor de emisión del metano generado en la fermentación entérica correspondiente a la categoría T, expresado en kg de  $CH_4$ /cabeza-año.

A continuación se describe como se obtienen estos parámetros.

#### 3.6.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

##### 3.6.2.1.1 Número medio de cabezas de ganado de la categoría T por municipio ( $N_T$ )

Los datos de número de cabezas de ganado por categoría que existen en cada uno de los municipios andaluces, para cada uno de los años de la serie de cálculo, se obtienen de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, y concretamente de la Dirección General de Producción Agrícola y Ganadera.

Las categorías de ganado recogidas en los datos de la CAGPDS son las siguientes: bovino, ovino, caprino, porcino, equino, cunícola y avícola. La aplicación realiza un tratamiento de los datos de cabezas de ganado para adecuarlos a los factores de emisión que se emplean en la metodología. Para ello, desagrega los valores de cabezas de determinadas categorías en subcategorías, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 29. Relación entre las categorías de ganado y las subcategorías*

Categoría CAGPDS	Subcategoría HCM
Bovino	Vacuno de leche
	Vacuno de carne
Porcino	Porcino blanco
	Porcino ibérico
Equino	Caballos
	Mulas y asnos
Avícola	Gallinas y pollos
	Otras aves

Fuente: elaboración propia

La desagregación se realiza a partir de la proporción de cada subcategoría sobre el total de la categoría a nivel nacional, obtenida a partir del número de cabezas de ganado recogido en la tabla 3.B(b) del Inventario Nacional de Emisiones de GEI en formato CRF.

### **3.6.2.2 FACTOR DE EMISIÓN**

#### *3.6.2.2.1 Factor de emisión del metano generado en la fermentación entérica correspondiente a la categoría T (FE<sub>T</sub>)*

Los valores de los factores de emisión del metano generado en la fermentación entérica para cada categoría de ganado se extraen del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Tablas de categorías CRF 3.A.s.1. Estos factores varían para cada uno de los años de la serie de cálculo.

A continuación, se muestran los valores correspondientes al año 2019:

*Tabla 30. Factores de emisión por categoría de ganado por fermentación entérica. Año 2019.*

Categoría de ganado	kg de CH <sub>4</sub> /cabeza-año
Vacuno de leche	124,8
Vacuno de carne	62,0
Ovino	7,6
Porcino blanco	0,8
Porcino ibérico	1,1
Caprino	9,2
Caballos	15,1
Mulas y asnos	8,3

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2019.

La HCM no calcula emisiones por fermentación entérica para el ganado avícola, ya que de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI, “*las pérdidas gaseosas debidas a las fermentaciones intestinales son despreciables en aves*”. Asimismo, no se estiman las emisiones por fermentación entérica del ganado cunícola, por no estar consideradas éstas en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

### 3 Metodología de estimación de las emisiones de metano por gestión del estiércol

La ecuación empleada para calcular las emisiones de metano por gestión de estiércoles es la siguiente:

$$Emisiones CH_4 (t/año) = \sum_T N_T \times FEE_T \times 10^{-3} \quad (Ec 35)$$

Donde:

$N_T$ . Número medio de cabezas de ganado de la categoría T en el municipio durante el año de estudio (cabezas-año).

$FEE_T$ . Factor de emisión del metano generado por la gestión de estiércol, por cabeza de ganado perteneciente a la categoría T, expresado en kgCH<sub>4</sub>/cabeza-año.

A su vez, el valor de  $FEE_T$  se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$FEE_T = (VS_T \times 365) \times (B_{0,T} \times 0,67 \times \sum_S MCF_S \times MS_{S,T}) \quad (Ec 36)$$

Donde:

$VS_T$ . Sólidos volátiles excretados para la categoría de ganado T, expresados en kg VS/cabeza-día.

$B_{0,T}$ . Capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado de la categoría T, expresada en m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg VS.

MCF<sub>S</sub>. Factor de conversión de metano del sistema de gestión del estiércol S, para una determinada región climática. Se debe introducir en la fórmula en tanto por uno.

MS<sub>S,T</sub>. Fracción del estiércol del ganado de la categoría T, que es manejado usando un el sistema de gestión S, en una determinada región climática. Se debe introducir en la fórmula en tanto por uno.

A continuación se describe como se obtienen estos parámetros.

### 3.6.3.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.6.3.1.1 Número medio de cabezas de ganado de la categoría T por municipio ( $N_T$ )

El procedimiento para obtener los datos de cabezas de ganado por categoría y municipio se describe en el apartado de emisiones de metano por fermentación entérica (ver 3.6.2.1.1).

### 3.6.3.2 FACTOR DE EMISIÓN

#### 3.6.3.2.1 Sólidos Volátiles excretados ( $VS_T$ ) y capacidad máxima de producción de metano ( $B_0$ )

Los valores de sólidos volátiles excretados para todas las categorías de ganado se obtienen del Inventario Nacional de GEI, tabla CRF 3.B(a)s1. Estos valores son distintos para cada uno de los años de la serie de cálculo.

Análogamente, los valores de  $B_0$  para cada categoría de ganado se obtienen de la misma tabla del Inventario Nacional de Emisiones de GEI . En este caso se trata de valores que permanecen constantes para todos los años de la serie.

Los valores de ambas variables para el año 2019 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 31.  $VS$  y  $B_0$  por categorías de ganado T. Año 2019.

Categoría	VS (kg mat seca/cabeza-año)	$B_0$ ( $m^3CH_4/kg$ mat seca)
Vacuno de leche	5,18	0,24
Vacuno de carne	2,93	0,18
Ovino	0,38	0,19
Porcino blanco	0,36	0,45
Porcino ibérico	0,31	0,45
Caprino	0,37	0,18
Caballos	2,75	0,30
Mulas y asnos	2,51	0,33
Gallinas ponedoras y pollos	0,02	0,37
Otras aves	0,07	0,36

--	--	--

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 - 2019.

### 3.6.3.2.2 *Fracción del estiércol del ganado de la categoría T manejado según el sistema de gestión S ( $MS_{S,T}$ )*

Este parámetro tiene en cuenta en qué proporción se emplea cada sistema de gestión del estiércol para cada categoría de ganado y en cada zona climática. Los valores de MS es posible que cambien en el tiempo a medida que se modifican los sistemas de gestión del estiércol para adaptarlos a nuevas políticas o directrices.

Para poder seleccionar los valores de  $MS_{S,T}$  y de  $MCF_S$  aplicables a cada municipio, la aplicación tiene en cuenta previamente la zona climática a la que pertenece dicho municipio. La asignación de una zona climática a cada municipio se realiza directamente a partir de la temperatura promedio anual de dicho municipio en el año de cálculo, empleando los intervalos de la siguiente tabla. Dichos intervalos están definidos en la tabla 10.17, del Volumen 4, de las Directrices IPCC 2006.

*Tabla 32. Rango de temperaturas de cada zona climática*

Zona Climática	Intervalo de temperatura (°C)
Fría	$\leq 14$
Templada	15 - 25
Cálida	$\geq 26$

Fuente: Guías IPCC 2006. Volumen 4.

Los valores de temperatura media anual por municipio, para cada año de la serie de cálculo, han sido proporcionados por la REDIAM.

La HCM calcula los valores de  $MS_{S,T}$  a partir de los datos de la tabla CRF 3.B(a)s2 del Inventario Nacional de Emisiones de GEI. En dicha tabla se recoge el porcentaje en el que se emplea cada sistema de gestión, para cada categoría de ganado, teniendo en cuenta todas las zonas climáticas existentes en España (fría, templada y cálida). Sin embargo, como la herramienta calcula las emisiones por municipio, y cada municipio pertenece solo a una zona climática, es necesario adaptar los datos del Inventario de forma que se dé un porcentaje de reparto entre los sistemas de manejo del estiércol aplicados a cada categoría de ganado para cada zona climática.

### 3.6.3.2.3 *Factor de conversión del metano ( $MCF_S$ )*

Este factor expresa qué proporción de la cantidad máxima de metano que podría generarse se emite realmente a la atmósfera. Su valor depende del sistema de gestión del estiércol empleado y de la zona climática.

Los valores del factor de conversión del metano ( $MCF_S$ ) se recogen para cada categoría de ganado, sistema de gestión y zona climática, en la tabla CRF 3.B(a)s2 del Inventario Nacional de Emisiones de GEI.

#### 4 Metodología de estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O por gestión del estiércol

Se aplica la siguiente ecuación para estimar estas emisiones:

$$Emisiones\ N_2O\ (t/año) = \left[ \sum_S \left( \sum_T N_T \times N_{Exc,T} \times MS_{S,T} \right) \times FE_{3,S} \right] \times 44/28 \times 10^{-3} \quad (Ec\ 37)$$

Donde:

N<sub>T</sub>. Número medio de cabezas de ganado de la categoría T en el municipio, durante el año de estudio (cabezas-año).

N<sub>Exc,T</sub>. Excreción anual media de nitrógeno por cabeza de ganado de la categoría T, en kg N/cabeza-año.

MS<sub>S,T</sub>. Fracción del estiércol del ganado de la categoría T, que es manejado usando el sistema de gestión S.

EF<sub>3,S</sub>. Factor de emisión de N<sub>2</sub>O directo para el sistema S de gestión de estiércol, en kg de N<sub>2</sub>O-N/kg N aportado al sistema S de gestión de estiércol.

A continuación se describe como se obtienen estos factores.

##### 3.6.4.1 DATOS DE ACTIVIDAD

###### 3.6.4.1.1 Número medio de cabezas de ganado de la categoría T por municipio (N<sub>T</sub>)

El procedimiento para obtener los datos de cabezas de ganado por categoría y municipio se describe en el apartado de emisiones de metano por fermentación entérica (ver 3.6.2.1.1).

###### 3.6.4.1.2 Excreción anual media de nitrógeno por cabeza de ganado de la categoría T (N<sub>Exc,T</sub>)

La excreción anual media de nitrógeno por categoría de ganado se obtiene del Inventario Nacional de Emisiones de GEI en formato CRF, en la tabla 3.B (b). En la siguiente tabla se muestran los datos correspondientes al año 2019:

Tabla 33. Excreción media anual de N por cabeza y tipo de ganado. Año 2019.

Categoría	N <sub>Exc</sub> (kgN/cabeza-año)
Vacuno de leche	113,32
Vacuno de carne	57,17
Ovino	5,34
Porcino blanco	9,01
Porcino Ibérico	12,28
Caprino	9,30
Caballos	53,39

Categoría	N <sub>exc</sub> (kgN/cabeza-año)
Mulas y asnos	31,54
Gallinas ponedoras y pollos	0,63
Otras aves	1,63

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. 1990 -2019.

### 3.6.4.1.3 Fracción del estiércol del ganado de la categoría T gestionado con el sistema S (MS<sub>5,7</sub>)

Esta variable ya ha sido descrita en el apartado dedicado a la estimación de las emisiones de metano por gestión del estiércol (ver 3.6.3.2.2). El procedimiento a seguir para su obtención se detalla en dicho apartado.

### 3.6.4.2 FACTOR DE EMISIÓN

#### 3.6.4.2.1 Factor de emisión de N<sub>2</sub>O directo para el sistema S de gestión de estiércol (FE<sub>3,5</sub>)

Los valores del factor de emisión proceden del Inventario Nacional de Emisiones de GEI en formato CRF, tabla 3.B (b). Estos valores varían para cada uno de los años de la serie de cálculo. A continuación se muestran los datos correspondientes al año 2019:

Tabla 34. Factor de emisión directa de N<sub>2</sub>O debida a la gestión del estiércol. Año 2019.

Sistema de gestión	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O directo (kgN <sub>2</sub> O-N/kgN <sub>exc</sub> )
Laguna anaerobia	-
Sistema líquido	0,001559
Distribución diaria	0,000075
Almacenamiento sólido	0,005116
Pasturas, pastos y praderas	-
Compostaje	-
Digestión	0,000075
Quemado como combustible	-
Otros	0,002044

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. 1990 – 2019.

## 3.7 Sector uso de combustibles en instalaciones fijas

### 1 Alcance

En este sector se calculan las emisiones de dióxido de carbono debidas a la combustión de combustibles en los distintos sectores consumidores, a excepción del transporte<sup>1</sup>: sector residencial, sector servicios (comercios, hoteles, administración y resto de servicios), sector primario y sector industrial difuso. Por tanto, se excluye el consumo de combustibles de las actividades industriales afectadas por el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el principal producto de los procesos de combustión de todos los combustibles fósiles. Los combustibles fósiles considerados son los siguientes:

- Gas natural.
- Gases licuados del petróleo (butano y propano).
- Gasóleo no automoción (Gasóleo B y C).
- Carbón
- Fuelóleo

El tratamiento que hace la HCM sobre el consumo de combustibles no se corresponde directamente con ningún sector del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, ya que sus emisiones se contabilizan en distintos epígrafes relacionados con el procesado de la energía y el sector industrial.

### 2 Metodología de cálculo

Para la estimación de estas emisiones se aplica la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ CO_2(t/año) = \sum_i Q_i \times FE_i \quad (Ec\ 38)$$

Donde:

Q<sub>i</sub>. Consumo anual del combustible i en el municipio, expresado en TJ.

FE<sub>i</sub>. Factor de emisión del combustible i (tCO<sub>2</sub>/TJ).

A continuación se describe como se obtienen estos parámetros.

---

<sup>1</sup> Los combustibles consumidos en el sector Transporte se recogen en el apartado 3.8.

### 3.7.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

#### 3.7.2.1.1 Consumo anual del combustible $i$ en el municipio ( $Q_i$ )

Los datos de consumo anual de cada combustible a nivel municipal se obtienen, de forma general, mediante la desagregación de datos de consumo a nivel provincial aportados por la Agencia Andaluza de la Energía (AAE).

La desagregación se realiza aplicando una metodología propia para cada combustible desarrollada por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. A continuación se describe dicha metodología para cada uno de los combustibles considerados en la HCM.

#### **Gas natural**

##### a) Datos de partida

La determinación del consumo municipal de gas natural para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019 se realiza a partir de los siguientes datos:

- Municipios con suministro de gas natural. Para cada uno de los años de la serie se consideran los municipios de cada provincia que son susceptibles de consumir gas natural. La determinación de dichos municipios se realiza contrastando la información procedente de dos fuentes distintas:
  - i. Listado de municipios susceptibles de ser suministrados con gas proporcionado por la AAE a través de la aplicación Info-Energía<sup>2</sup>.
  - ii. Informe de supervisión del mercado de gas natural en España.

En la HCM se distingue entre municipios con suministro de gas natural para uso residencial y para uso industrial.

- Consumo de gas natural de las instalaciones pertenecientes al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE). Esta información procede de la CAGPDS.
- Consumo anual de gas natural por provincia para los sectores primario, industrial, residencial y servicios, procedentes del portal Info-energía de la AAE. Al tratarse de consumos de energía final no incluyen los consumos que se producen para la generación de energía eléctrica (en centrales de generación y cogeneraciones), ni los de las refinerías de hidrocarburos.
- Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración, año 2016, elaborado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

---

<sup>2</sup> <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/info-web/loginController>

- Informe de supervisión del mercado del gas natural en España, correspondiente al año XX, elaborado por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).
- Tamaño medio del hogar. El SIMA proporciona esta información por municipio para el año 2011, correspondiente al último censo realizado, en la ruta: municipios, 2. Demografía y población, 2.1 Cifras de población, 2.1.2 Estructura del hogar, Principales indicadores Censo 2011.
- Población municipal. Esta variable ya ha sido descrita en el apartado 3.1.2.1.1.
- Hectáreas de cultivo bajo plástico. Las hectáreas de cultivos bajo plástico de cada municipio proceden de la REDIAM.
- Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos”. El SIMA proporciona esta información para cada municipio. Dicha información se encuentra disponible para los años 2007 - 2019 en la ruta: municipios, 4. Economía, 4.11 Actividad empresarial, 4.11.1 Empresas, 4.11.1.2 Empresas por actividad económica según CNAE 09.
- Número de empresas dedicadas a las siguientes actividades: comercio, hostelería y servicios sanitarios, educativos y resto de servicios. El SIMA proporciona esta información para cada municipio en la misma ruta que se ha detallado en el punto anterior.

#### b) Metodología de cálculo

A continuación se describen las distintas etapas que constituyen la metodología de cálculo:

- Tratamiento de la información contenida en el Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración para la obtención del ratio del combustible consumido en las cogeneraciones que se destina a la producción de calor.
- Tratamiento de los datos de consumo anual de gas natural de las instalaciones afectadas por el RCDE. La herramienta calcula el consumo de combustible de las instalaciones dedicadas a la generación de electricidad y al refinado de petróleo, así como el combustible consumido por las cogeneraciones para la generación de electricidad. Dicho consumo se resta del consumo total de las instalaciones afectadas por el RCDE a nivel provincial para obtener un valor que contemple el mismo tipo de actividades que el sector industrial de la AAE.
- Obtención del consumo provincial de gas natural del **sector industrial difuso**. La AAE permite obtener el consumo provincial de gas natural del sector industrial. A dicho consumo se le resta el consumo de gas natural correspondiente a las instalaciones afectadas por el RCDE en cada provincia, calculado en el punto anterior, mediante la expresión:

$$\text{Consumo Gas Natural}_{Ind, prov} = \text{Consumo Gas Natural}_{Ind AAE, prov} - \text{Consumo Gas Natural}_{RCDE, pro} \quad (\text{Ec } 39)$$

- iv. El siguiente paso consiste en la desagregación municipal de los consumos provinciales de gas natural de los sectores primario, industrial, residencial y servicios, empleando en el caso del sector industrial el valor obtenido en el apartado anterior, y en el resto de sectores los valores obtenidos directamente de la AAE.

A continuación se describe el procedimiento a seguir para la desagregación de los consumos de cada sector.

### Sector residencial

En este caso la desagregación se realiza en función del número de habitantes de cada municipio que es susceptible de ser suministrado con gas natural, en cada uno de los años de la serie de cálculo. La estimación de dicho número de habitantes se realiza identificando previamente los municipios con suministro de gas natural para uso residencial, y traduciendo a habitantes el número de puntos de suministro con presión inferior a 4 bares recogidos en el Informe de supervisión del mercado del gas natural en España, correspondiente al año de cálculo, elaborado por la CNMC.

La traducción de puntos de suministro (n.º de clientes) a habitantes se realiza adoptando la hipótesis de que un punto de suministro en el escalón de presión inferior a 4 bares se corresponde con un hogar. La conversión de hogares a habitantes se realiza a partir del Tamaño medio del hogar (nºhab/hogar) que proporciona el SIMA para el año 2011.

La expresión a emplear para la desagregación municipal de los consumos provinciales de gas natural procedentes de la AAE, es la siguiente:

$$\text{Consumo GN}_{Residencial, i} = \text{Consumo GN}_{Residencial, prov} \times \left( \frac{N^{\circ}hab_{GN, i}}{\sum_i N^{\circ}hab_{GN, i}} \right) \quad (\text{Ec } 40)$$

Donde:

$\text{Consumo GN}_{Residencial, i}$ . Consumo de gas natural en el sector residencial del municipio i, expresado en TJ.

$\text{Consumo GN}_{Residencial, prov}$ . Se corresponde con el consumo de gas natural del sector residencial, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

$N^{\circ} hab_{GN, i}$ . Número de habitantes con suministro de gas natural para uso residencial que consumen gas natural en el municipio i, estimado tal y como se ha descrito anteriormente.

### Sector primario

El sector primario está constituido por la agricultura, la ganadería, la caza, la silvicultura y la pesca, y aglutina a 39 clases de CNAE, según la clasificación de 2009. La desagregación municipal del consumo provincial se realizará en función de las hectáreas de cultivos bajo plástico existentes en los municipios con suministro de gas natural para uso residencial para cada uno de

los años de la serie de cálculo, ya que se considera que la actividad de este sector con mayor incidencia en el consumo de gas natural es la calefacción de los cultivos.

La desagregación se realiza mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GN}_{\text{Primario}, i} = \text{Consumo GN}_{\text{Primario}, \text{prov}} \times \left( \frac{\text{Ha plástico}_i}{\sum_i \text{Haplástico}_i} \right) \quad (\text{Ec 41})$$

Donde:

Consumo GN<sub>Primario, i</sub>. Consumo de gas natural en el sector primario del municipio i, expresado en TJ.

Consumo GN<sub>Primario, prov</sub>. Se corresponde con el consumo de gas natural del sector primario, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

Ha plástico<sub>i</sub>. Hectáreas de cultivo bajo plástico del municipio con suministro de gas natural para uso residencial i de la provincia.

### Sector industrial

La desagregación municipal del consumo provincial se realiza en función del número de empresas existentes en cada municipio con suministro de gas natural para uso industrial dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos”, para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019.

La desagregación se realiza mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GN}_{\text{Industrial}, i} = \text{Consumo GN}_{\text{Industria}, \text{prov}} \times \left( \frac{\text{N}^\circ \text{Empresas}_i}{\sum_i \text{N}^\circ \text{Empresas}_i} \right) \quad (\text{Ec 42})$$

Donde:

Consumo GN<sub>Industria, i</sub>. Consumo de gas natural en el sector industrial difuso del municipio i, expresado en TJ.

Consumo GN<sub>Industria, prov</sub>. Se corresponde con el consumo de gas natural del sector industrial difuso, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ, calculado de acuerdo con el paso 3 del apartado anterior.

N.º empresas<sub>i</sub>. Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos” del municipio con suministro de gas natural para uso industrial i, perteneciente a la provincia.

### Sector servicios

La desagregación municipal se realiza en función del número de empresas existentes en cada municipio con suministro de gas natural para uso residencial dedicadas a las actividades de comercio, hostelería, servicios sanitarios, educativos y resto de servicios, para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019.

La desagregación se calcula mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GN}_{\text{Servicios},i} = \text{Consumo GN}_{\text{Servicios},\text{prov}} \times \left( \frac{\text{N}^{\circ}\text{Empresas}_i}{\sum_i \text{N}^{\circ}\text{Empresas}_i} \right) \quad (\text{Ec } 43)$$

Donde:

Consumo GN<sub>Servicios, i</sub>. Consumo de gas natural en el sector servicios del municipio i, expresado en TJ.

Consumo GN<sub>Servicios, prov</sub>. Se corresponde con el consumo de gas natural del sector servicios, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

N.º empresas<sub>i</sub>. Conjunto de empresas dedicadas a las actividades de comercio, hostelería, servicios sanitarios, educativos y resto de servicios del municipio con suministro de gas natural para uso residencial i perteneciente a la provincia.

### **Gases Licuados de Petróleo (GLPs)**

#### a) Datos de partida

La determinación del consumo municipal de gases licuados de petróleo (butano y propano) para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019 se realiza a partir de los siguientes datos:

- Consumos anuales de gases licuados de petróleo (GLP) por provincia para los sectores primario, industrial, residencial y servicios, procedentes del portal Info-energía de la AAE. Al tratarse de consumos de energía final no incluyen los consumos que se producen para la generación de energía eléctrica (en centrales de generación y cogeneraciones), ni los de las refinerías de hidrocarburos.
- Consumos anuales de butano y propano de las empresas afectadas por el RCDE. Análogamente a lo descrito para el gas natural, estos datos proceden de la CAGPDS.
- Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración, año 2016, elaborado por el IDAE.
- Municipios con suministro de gas natural. La obtención de este dato ya se ha detallado en el apartado correspondiente al gas natural.
- Tamaño medio del hogar. Este parámetro ya ha sido definido para el gas natural.
- Población municipal. Esta variable ya ha sido descrita en el apartado 3.1.2.1.1.

- Hectáreas de cultivo bajo plástico. Es la misma información que ya se ha detallado para el gas natural.
- Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos”. Se trata de la misma información que ya se ha indicado para el gas natural.
- Número de empresas dedicadas a las siguientes actividades: comercio, hostelería y servicios sanitarios, educativos y resto de servicios. Se trata de la misma información que ya se ha descrito para el gas natural.

#### b) Metodología de cálculo

La obtención de los consumos municipales de GLP a partir de la información del apartado anterior se estructura en los siguientes pasos:

- Tratamiento de la información contenida en el Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración. Análogamente a lo indicado para el gas natural, el tratamiento permite la obtención del ratio del combustible consumido en las cogeneraciones que se destina a la producción de calor.
- Tratamiento de los datos de consumo anual de butano y propano de las instalaciones afectadas por el RCDE. Este tratamiento ya se ha detallado para el gas natural.
- Obtención del consumo provincial de GLP del **sector industrial difuso**. La AAE permite obtener el consumo provincial de GLP del sector industrial. A dicho consumo hay que restarle el consumo de GLP correspondiente a las instalaciones afectadas por el RCDE en cada provincia, calculado en el punto anterior, mediante la expresión:

$$\text{Consumo GLP}_{Ind, prov} = \text{Consumo GLP}_{Ind AAE, prov} - \text{Consumo GLP}_{RCDE, prov} \quad (\text{Ec 44})$$

- El siguiente paso consiste en la desagregación municipal de los consumos provinciales de GLP de los sectores primario, industrial, residencial y servicios, empleando en el caso del sector industrial el valor obtenido en el apartado anterior, y en el resto de sectores los valores obtenidos directamente de la AAE.

A continuación se describe el procedimiento a seguir para la desagregación de los consumos de cada sector.

#### Sector residencial

En este caso la desagregación se realiza en función del número de habitantes de cada municipio, distinguiendo entre aquellos municipios que tienen suministro de gas natural para uso residencial y los que no. Esta distinción se basa en el hecho de que en este sector el gas natural y los GLPs son combustibles que compiten para los siguientes usos: producción de agua caliente y cocina.

Por tanto, la herramienta determina en los municipios con suministro de gas natural para uso residencial, el número de habitantes que disponen de gas natural, para restarlos del total de la

población y obtener los habitantes que consumen GLP. El proceso de determinación de los habitantes que consumen gas natural se ha detallado en el apartado correspondiente a dicho combustible, en el sector residencial.

$$N^{\circ}hab_{GLP,i} = N^{\circ}hab_i - N^{\circ}hab_{GN,i} \quad (\text{Ec 45})$$

Donde:

$N^{\circ} hab_{GLP,i}$ . Número de habitantes del municipio con **suministro de gas natural en el sector residencial** i que consumen GLP.

$N^{\circ} hab_i$ . Número de habitantes del municipio con **suministro de gas natural en el sector residencial** i.

$N^{\circ} hab_{GN,i}$ . Número de habitantes del municipio con **suministro de gas natural en el sector residencial** i que consumen gas natural.

La expresión a emplear para la desagregación municipal de los consumos provinciales de GLP procedentes de la AAE, es la siguiente:

$$Consumo\ GLP_{Residencial,i} = Consumo\ GLP_{Residencial,prov} \times \left( \frac{N^{\circ}hab_{GLP,i}}{\sum_i N^{\circ}hab_{GLP,i}} \right) \quad (\text{Ec 46})$$

Donde:

$ConsumoGLP_{Residencial,i}$ . Consumo de GLP en el sector residencial del municipio i, expresado en TJ.

$ConsumoGLP_{Residencial,prov}$ . Se corresponde con el consumo de GLP del sector residencial, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

$N^{\circ} hab_{GLP,i}$ . En caso de que el municipio no disponga de suministro de gas natural en el sector residencial, este parámetro se corresponde con el número de habitantes del municipio. Si el municipio dispone de suministro de gas natural, el valor a emplear es el número de habitantes del municipio que no dispone de suministro de gas natural, calculado tal y como se ha descrito anteriormente.

### Sector primario

Análogamente a lo indicado para el gas natural, la desagregación se realiza en función de las hectáreas de cultivos bajo plástico existentes en el municipio en cada año de la serie de cálculo, ya que se considera que la actividad de este sector con mayor incidencia en el consumo de GLP es la calefacción de los cultivos.

La desagregación se realiza mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GLP}_{\text{Primario},i} = \text{Consumo GLP}_{\text{Primario},\text{prov}} \times \left( \frac{Ha_{\text{plástico},i}}{\sum_i Ha_{\text{plástico},i}} \right) \quad (\text{Ec } 47)$$

Donde:

Consumo GLP<sub>Primario,i</sub>. Consumo de GLP del sector primario del municipio i, expresado en TJ.

Consumo GLP<sub>Primario, prov</sub>. Se corresponde con el consumo de GLP del sector primario, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

Ha plástico<sub>i</sub>. Hectáreas de cultivo bajo plástico del municipio i de la provincia.

### Sector industrial

La desagregación municipal se realiza en función del número de empresas existentes en cada municipio dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos” para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019, tal y como se ha indicado para el gas natural.

Para ello se aplica la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GLP}_{\text{Industrial},i} = \text{Consumo GLP}_{\text{Industrial},\text{prov}} \times \left( \frac{N^{\circ}\text{Empresas}_i}{\sum_i N^{\circ}\text{Empresas}_i} \right) \quad (\text{Ec } 48)$$

Donde:

Consumo GLP<sub>Industrial,i</sub>. Consumo de GLP del sector industrial difuso en el municipio i, expresado en TJ.

Consumo GLP<sub>Industrial, prov</sub>. Se corresponde con el consumo de GLP del sector industrial difuso, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ, calculado de acuerdo con el paso 3 del apartado anterior.

N.º empresas<sub>i</sub>. Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos” del municipio i de la provincia.

### Sector servicios

La desagregación municipal se realiza, al igual que para el gas natural, en función del número de empresas existentes en cada municipio dedicadas a las actividades de comercio, hostelería, servicios sanitarios, educativos y resto de servicios, para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019.

La desagregación se realiza mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GLP}_{\text{Servicios}, i} = \text{Consumo GLP}_{\text{Servicios}, \text{prov}} \times \left( \frac{N^{\circ} \text{Empresas}_i}{\sum_i N^{\circ} \text{Empresas}_i} \right) \quad (\text{Ec } 49)$$

Donde:

$\text{Consumo GLP}_{\text{Servicios}, i}$ . Consumo de GLP del sector servicios en el municipio i, expresado en TJ.

$\text{Consumo GLP}_{\text{Servicios}, \text{prov}}$ . Se corresponde con el consumo de GLP del sector servicios, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

$N^{\circ} \text{empresas}_i$ . Número de empresas dedicadas a las actividades de comercio, hostelería, servicios sanitarios, educativos y resto de servicios del municipio i en la provincia.

### **Gasóleo no automoción**

Este combustible incluye dos tipos de gasóleo, el gasóleo B y el gasóleo C. El gasóleo B se emplea de forma principal en maquinaria agrícola y en las embarcaciones, con la excepción de la navegación privada de recreo, mientras que el gasóleo C es utilizado para calefacción. Dado que se trata de combustibles que se emplean en usos distintos, se ha implementado una metodología de desagregación diferente para cada uno de ellos.

#### **Gasóleo C**

##### a) Datos de partida

La información de base para la determinación de la cantidad de gasóleo C consumida por cada municipio se lista a continuación:

- Consumo anual de gasóleo por provincia en los sectores: residencial y de servicios. Estos datos se obtienen del portal Info-energía de la AAE. Se asume la hipótesis de que el total del gasóleo consumido en ambos sectores es gasóleo C.
- Consumos de gasóleo desagregados por tipo para el sector industrial y el sector primario, remitidos por la AAE. En el sector industrial se distingue entre gasóleo A y gasóleo C. En el presente apartado, relativo al consumo en instalaciones fijas, tan solo se considera el consumo de gasóleo C, ya que el del gasóleo A está considerado en el sector transporte (ver 3.8). Sin embargo, en el sector primario se distingue entre gasóleo B y gasóleo C, estimándose las emisiones debidas al consumo de ambos combustibles en este apartado.

El gasóleo B se consume en el sector primario en maquinaria agrícola y barcos de pesca, mientras que el gasóleo C se emplea en calderas para la producción de calor.

- Consumo de gasóleo C de las instalaciones pertenecientes al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE). Análogamente a lo descrito para el gas natural, estos datos proceden de la CAGPDS.

- Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración, año 2016, elaborado por el IDAE.
- Población municipal. Esta variable ya ha sido descrita en el apartado 3.1.2.1.1.
- Hectáreas de cultivo bajo plástico. Es la misma información que ya se ha detallado para el gas natural.
- Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos”. Se trata de la misma información que ya se ha indicado para el gas natural.
- Número de empresas dedicadas a las siguientes actividades: comercio, hostelería y servicios sanitarios, educativos y resto de servicios. Se trata de la misma información que ya se ha descrito para el gas natural.

b) Metodología de cálculo:

La metodología para la estimación del consumo municipal de **gasóleo C** se describe a continuación:

- Obtención de los consumos provinciales de gasóleo B y C para el año objeto de cálculo.  
A partir de los datos del portal Info-energía y de la desagregación de los consumos de los sectores industrial y primario, la herramienta determina los consumos por tipo de gasóleo para cada sector y provincia.
- Tratamiento de la información contenida en el Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración. Análogamente a lo indicado para el gas natural, el tratamiento permite la obtención del ratio del combustible consumido en las cogeneraciones que se destina a la producción de calor.
- Tratamiento de los datos de consumo de gasóleo C de las instalaciones pertenecientes al RCDE. Este tratamiento ya se ha detallado para el gas natural.
- Obtención del consumo provincial de gasóleo C del sector **industrial difuso**. La AAE facilita el consumo provincial de gasóleo C del sector industrial. A dicho consumo hay que restarle el consumo de gasóleo C correspondiente a las instalaciones afectadas por el RCDE en cada provincia, calculado en el punto anterior, mediante la expresión:

$$\text{Consumo GasC}_{Ind,prov} = \text{Consumo GasC}_{IndAAE,prov} - \text{Consumo GasC}_{RCDE,prov} \quad (\text{Ec } 50)$$

- El siguiente paso consiste en la desagregación municipal de los consumos provinciales de gasóleo C de los sectores primario, industrial, residencial y servicios, empleando en el caso del sector industrial el valor obtenido en el apartado anterior, en el sector primario el valor desagregado que proporciona la AAE y en el resto de sectores los valores obtenidos directamente del portal Info-energía.

A continuación se describe el procedimiento a seguir para la desagregación de los consumos de cada sector.

### Sector residencial

En este caso se realiza la desagregación del consumo provincial en función del número de habitantes de cada municipio, mediante la expresión:

$$\text{Consumo GasC}_{Residencial, i} = \text{Consumo GasC}_{Residencial, prov} \times \left( \frac{N^{\circ} hab_i}{\sum_i N^{\circ} hab_i} \right) \quad (\text{Ec 51})$$

Donde:

$\text{Consumo GasC}_{Residencial, i}$  Consumo de gasóleo C en el sector residencial del municipio i, expresado en TJ.

$\text{Consumo GasC}_{Residencial, prov}$  Se corresponde con el consumo de gasóleo C del sector residencial, de la provincia a la que pertenece el municipio i, expresado en TJ.

$N^{\circ} hab_i$  Número de habitantes del municipio i.

### Sector primario

El sector primario está constituido por la agricultura, la ganadería, la caza, la silvicultura y la pesca. Análogamente a lo descrito para los GLPs, la desagregación se realizará en función de las hectáreas de cultivos bajo plástico existentes en el municipio, ya que se considera que la actividad de este sector con mayor incidencia en el consumo de gasóleo C es la calefacción de los cultivos (ver Ec 47).

### Sector industrial

La desagregación de los consumos provinciales obtenidos en el paso 4 se realiza empleando los mismos criterios y la misma expresión descrita para los GLPs (Ec 48).

### Sector servicios

Tal y como se ha descrito para los sectores primario e industrial, el reparto municipal de los consumos provinciales del sector servicios se realizará de forma análoga a la descrita para los GLPs (Ec 49).

### Gasóleo B

#### a) Datos de partida

La información de base para la determinación de la cantidad de gasóleo B consumida por cada municipio se lista a continuación:

- Consumo provincial de gasóleo B del sector primario para cada uno de los años de la serie de cálculo. La obtención de estos datos se ha descrito en el apartado correspondiente al gasóleo C.
- Consumo de gasóleo B de los puertos gestionados por la Agencia Pública de Puertos de Andalucía (APPA). Esta información es proporcionada por la APPA para cada año.
- Cantidad de pesca fresca subastada en la lonja por puerto para la provincia de Cádiz, obtenida del Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras que elabora la CAGPDS.
- Superficie municipal de cultivos herbáceos y leñosos. Estos datos se obtienen del SIMA, en la ruta: municipios, 4. Economía, 4.1 Agricultura, 4.1.5 Distribución general de la tierra por aprovechamiento. Las columnas a emplear son las correspondientes a “tierras ocupadas por cultivos herbáceos” y “tierras ocupadas por cultivos leñosos”. Ambos valores aparecen expresados en hectáreas.
- Municipios que disponen de puertos gestionados por la APPA (puertos cuya gestión es competencia autonómica). En la página web de la APPA<sup>3</sup> aparece un listado con los puertos que son gestionados directamente por dicha Agencia (38) y de los puertos de gestión estatal (14).

En el caso de los puertos de la APPA se distingue entre los deportivos y los pesqueros. Como la metodología desagrega el consumo de gasóleo B del sector primario, tan solo se deben considerar los puertos de la APPA con actividad pesquera. De los 38 puertos gestionados por la APPA, 20 son puertos con actividad pesquera.

- Municipios que disponen de puertos gestionados por las autoridades portuarias (puertos cuya gestión es estatal). Tal y como se ha indicado en el punto anterior, los municipios que cuentan con estos puertos se pueden consultar en la web de la APPA.

## b) Metodología

La metodología para la estimación del consumo municipal de gasóleo B se describe a continuación:

- i. Obtención de los consumos provinciales de gasóleo B del sector primario para el año objeto de cálculo.

Esta información se obtiene de los datos desagregados de consumo de gasóleo para el sector primario que proporciona la AAE.

- ii. Cálculo de la proporción de las superficies de cultivos herbáceos y leñosos de cada provincia.

A partir de los datos de superficie de cultivos herbáceos y leñosos a nivel municipal extraídos del SIMA, la herramienta determina las superficies dedicadas a cada tipo de

<sup>3</sup> <https://www.puertosdeandalucia.es/puertos>

cultivo a nivel provincial, sumando los valores de los municipios que integran cada provincia. A continuación, se calcula el porcentaje de superficie provincial dedicada a los cultivos leñosos y la correspondiente a los cultivos herbáceos.

iii. Determinación de los consumos provinciales de gasóleo B en **maquinaria agrícola**.

El tratamiento de los consumos provinciales de gasóleo B se realiza de forma distinta si se trata de una provincia de interior, o una provincia costera. En las provincias de interior, se asume que todo el consumo de gasóleo B obtenido en el paso i) se produce en la maquinaria agrícola.

En el caso de las provincias costeras, el consumo se determina a partir de la expresión:

$$\text{Consumo GasB}_{\text{ProvCost},i} = \text{Consumo GasB}_{\text{ProvInt}} \times \left( \frac{\text{Superf}_{\text{Herb y Leñ},i}}{\text{Superf}_{\text{Herb y Leñ},\text{ProvInt}}} \right) \quad (\text{Ec } 52)$$

Donde:

$\text{Consumo GasB}_{\text{Prov Cost } i}$ . Consumo de gasóleo B en maquinaria agrícola en la provincia costera i.

$\text{Consumo Gas B}_{\text{Prov Int}}$ . Consumo de gasóleo B en la provincia interior cuya proporción entre la superficie de cultivos leñosos y de cultivos herbáceos sea más parecida a la provincia costera i.

$\text{Superf}_{\text{Herb y Leñ}, i}$ . Suma de las superficies de cultivos herbáceos y leñosos de la provincia costera i, expresada en hectáreas.

$\text{Superf}_{\text{Herb y Leñ}, \text{Prov Int}}$ . Suma de las superficies de cultivos herbáceos y leñosos de la provincia interior cuya proporción entre la superficie de cultivos leñosos y de cultivos herbáceos sea más parecida a la provincia costera i.

iv. Determinación de los consumos provinciales de gasóleo B en **embarcaciones** en las provincias costeras.

A partir de los consumos provinciales de gasóleo B definidos en el paso i), y de los consumos en maquinaria agrícola estimados en el paso iii), se obtienen por diferencia los consumos provinciales en embarcaciones.

v. Cálculo de los consumos provinciales de gasóleo B en los puertos de competencia estatal.

Una vez obtenidos los consumos provinciales en embarcaciones, los consumos en los puertos de competencia estatal se determinan aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Consumo GasB}_{\text{Prov}, \text{puertos est}} = \text{Consumo GasB}_{\text{Prov}, \text{emb}} - \text{Consumo GasB}_{\text{Prov}, \text{puertos aut}} \quad (\text{Ec } 53)$$

Donde:

Consumo Gas  $B_{Prov, puertos\ est}$ . Consumo provincial de gasóleo B en los puertos de competencia estatal.

Consumo Gas  $B_{Prov, emb}$ . Consumo provincial de gasóleo B en embarcaciones, obtenido en el paso iv).

Consumo Gas  $B_{Prov, puertos\ aut}$ . Consumo provincial de gasóleo B en los puertos de titularidad autonómica. Se determina a partir de los consumos por puerto que proporciona la APPA.

- vi. Desagregación municipal de los consumos provinciales de gasóleo B para maquinaria agrícola y los consumos provinciales en los puertos de titularidad estatal y autonómica.

A continuación se describe el proceso de estimación de los consumos municipales de gasóleo B a partir de los consumos provinciales obtenidos en los pasos anteriores.

#### Consumos municipales en maquinaria agrícola

La desagregación municipal de los consumos provinciales en maquinaria agrícola se realiza en función de la proporción de la superficie de cultivos herbáceos y leñosos del municipio con respecto al total provincial, tal y como se muestra a continuación:

$$\text{Consumo Gas } B_{Agricola, i} = \text{Consumo Gas } B_{Agricola, prov} \times \left( \frac{\text{Superf}_{Herb, i} + \text{Superf}_{Leñ, i}}{\sum_i (\text{Superf}_{Herb, i} + \text{Superf}_{Leñ, i})} \right) \quad (\text{Ec } 54)$$

Donde:

Consumo Gas  $B_{Agricola, i}$ . Consumo de gasóleo B en maquinaria agrícola en el municipio i.

Consumo Gas  $B_{Agricola, prov}$ . Consumo provincial de gasóleo B en maquinaria agrícola calculado en el paso iii).

$\text{Superf}_{Herb, i}$ . Superficie de cultivos herbáceos en el municipio i.

$\text{Superf}_{Leñ, i}$ . Superficie de cultivos leñosos en el municipio i.

#### Consumos municipales en los puertos autonómicos

Estos consumos se obtienen directamente de los datos proporcionados por la APPA.

#### Consumos municipales en los puertos de titularidad estatal

La asignación de los consumos provinciales en los puertos de titularidad estatal a los municipios correspondientes es inmediata para todas las provincias costeras, con la excepción de Cádiz, ya que cuenta con más de un puerto perteneciente a esta categoría.

En la siguiente tabla se muestran los puertos de titularidad estatal con actividad pesquera ubicados en esta provincia y los municipios a los que pertenecen:

Tabla 35. Puertos de titularidad estatal con actividad pesquera en la provincia de Cádiz.

Provincia	Puerto	Municipio
Cádiz	Cádiz	Cádiz
	Puerto de Santa María	El Puerto de Santa María
	Algeciras	Algeciras
	Tarifa	Tarifa

Fuente: Agencia Pública de Puertos de Andalucía

El reparto del consumo provincial entre los municipios correspondientes se realiza a partir de la proporción de la cantidad de pesca fresca subastada en el puerto correspondiente sobre el total de pesca fresca subastada en los puertos estatales de la provincia:

$$\text{Consumo GasB}_{\text{PuertoEstat},i} = \text{Consumo GasB}_{\text{PuertoEstat},\text{prov}} \times \left( \frac{\text{Pesca fresca}_i}{\sum_i (\text{Pesca fresca}_i)} \right) \quad (\text{Ec } 55)$$

Siendo:

Consumo Gas B<sub>PuertoEstat,i</sub>. Consumo de gasóleo B en el puerto de titularidad estatal i.

Consumo Gas B<sub>PuertoEstat,prov</sub>. Consumo provincial de gasóleo B en los puertos de titularidad estatal en la provincia de Cádiz, calculado en el paso v).

Pesca fresca<sub>i</sub>. Cantidad de pesca fresca, expresada en kilos, subastada en la lonja del puerto i.

∑<sub>Prov</sub> Pesca fresca<sub>i</sub>. Sumatorio de las cantidades de pesca fresca, expresadas en kilos, subastadas en los puertos de Cádiz, El Puerto de Santa María, Algeciras y Tarifa.

### **Carbón**

El carbón es un combustible fósil utilizado fundamentalmente en el sector industrial para la generación de calor en hornos y calderas o para la generación de energía eléctrica.

#### a) Datos de partida

La determinación del consumo municipal de carbón para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019 se realiza a partir de los siguientes datos:

- Consumos anuales de carbón por provincia para los sectores industrial y residencial procedentes del portal Info-energía de la AAE. Al tratarse de consumos de energía final no incluyen los consumos que se producen para la generación de energía eléctrica (en centrales de generación y cogeneraciones), ni los de las refinerías de hidrocarburos.

- Consumos anuales de carbón de las empresas afectadas por el RCDE. Análogamente a lo descrito para el gas natural, estos datos proceden de la CAGPDS.
- Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos”. Se trata de la misma información que ya se ha indicado para el gas natural.
- Población municipal. Esta variable ya ha sido descrita en el apartado 3.1.2.1.1.

b) Metodología de cálculo

La obtención de los consumos municipales de carbón a partir de la información del apartado anterior se estructura en los siguientes pasos:

- Tratamiento de los datos de consumo anual de carbón en las instalaciones afectadas por el RCDE. Este tratamiento ya se ha detallado para el gas natural.
- Obtención del consumo provincial de carbón del **sector industrial difuso**. La AAE permite obtener el consumo provincial de carbón del sector industrial. A dicho consumo hay que restarle el consumo de carbón correspondiente a las instalaciones afectadas por el RCDE en cada provincia, calculado en el punto anterior, mediante la expresión:

$$\text{Consumo Carbón}_{Ind, prov} = \text{Consumo Carbón}_{Ind AAE, prov} - \text{Consumo Carbón}_{RCDE, prov} \quad (\text{Ec } 56)$$

A continuación se describe el procedimiento a seguir para la desagregación municipal de los consumos de cada sector.

Sector industrial

La desagregación se realiza en función del número de empresas existentes en cada municipio dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos” para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019, tal y como se ha indicado para los GLPs (Ec 48).

Sector residencial

La desagregación del valor provincial obtenido de la AAE se realiza en función del número de habitantes del municipio, para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019, tal y como se recoge en la desagregación del consumo de gasóleo C para este sector (Ec 51).

**Fuelóleo**

El fuelóleo es un combustible derivado del petróleo que se emplea en el **sector industrial** para la generación de electricidad y la producción de calor.

a) Datos de partida

La determinación del consumo municipal de fuelóleo para cada uno de los años de la serie 2005 – 2019 se realiza a partir de los siguientes datos:

- Consumos anuales de fuelóleo por provincia para el sector industrial, procedentes del portal Info-energía de la AAE. Al tratarse de consumos de energía final no incluyen los consumos que se producen para la generación de energía eléctrica (en centrales de generación y cogeneraciones), ni los de las refinerías de hidrocarburos.
- Consumos anuales de fuelóleo de las empresas afectadas por el RCDE. Análogamente a lo descrito para el gas natural, estos datos proceden de la CAGPDS.
- Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración, año 2016, elaborado por el IDAE.
- Número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos”. Se trata de la misma información que ya se ha indicado para el gas natural.

#### b) Metodología de cálculo

La obtención de los consumos municipales de fuelóleo a partir de la información del apartado anterior se estructura en los siguientes pasos:

- i. Tratamiento de la información contenida en el Boletín de Estadísticas Energéticas de Cogeneración.

El tratamiento de esta información ya se ha descrito en el apartado correspondiente al gas natural. Como resultado del mismo se obtiene el ratio del combustible consumido en las cogeneraciones que se destina a la producción de calor.

- ii. Tratamiento de los datos de consumo anual de fuelóleo de las instalaciones afectadas por el RCDE. Este tratamiento ya se ha detallado para el gas natural.
- iii. Obtención del consumo provincial de fuelóleo del **sector industrial difuso**. La AAE permite obtener el consumo provincial de fuelóleo del sector industrial. A dicho consumo hay que restarle el consumo de fuelóleo correspondiente a las instalaciones afectadas por el RCDE en cada provincia, calculado en el punto anterior, mediante la expresión:

$$\text{Consumo Fuel}_{Ind, prov} = \text{Consumo Fuel}_{Ind AAE, prov} - \text{Consumo Fuel}_{RCDE, prov} \quad (\text{Ec } 57)$$

- iv. El siguiente paso consiste en la desagregación municipal del consumo provincial de fuelóleo del sector industrial difuso obtenido en el apartado anterior. Esta desagregación se realiza en función del número de empresas dedicadas a la actividad “Industria, energía, agua y gestión de residuos” existentes en el municipio con respecto al total provincial, tal y como se ha descrito para los GLPs (Ec 48).

### 3.7.2.2 FACTOR DE EMISIÓN

Los factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones debidas a la combustión en instalaciones fijas son los recogidos en el Anexo VII del Inventario Nacional de Emisiones de GEI. A continuación se muestran los correspondientes a la última edición del Inventario (serie 1990 - 2019):

*Tabla 36. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> para la combustión en instalaciones fijas*

<b>Combustible</b>	<b>Factor de emisión (t CO<sub>2</sub>/TJ)</b>
Carbón	101,00
Fuelóleo	77,40
Gasóleo B y C	74,10
Gas natural	56,13
GLP	63,10

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2019. Anexo VII.

## 3.8 Sector transporte

En este sector se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al tráfico de vehículos cuya finalidad principal es el transporte por carretera de viajeros o mercancías. Las emisiones de GEI debidas a esta actividad supusieron el 52% de las emisiones de los sectores difusos en Andalucía en 2019, por lo que se trata de un sector clave a considerar en la determinación de las emisiones municipales.

### 1 Alcance

Las emisiones de GEI que se contabilizan en este sector son las de dióxido de carbono procedentes de la combustión de combustibles fósiles (gasolina, diésel y gases licuados del petróleo) en motores de combustión interna. La mezcla de aire y combustible puede entrar en combustión mediante un chispa (motores de ignición por chispa o de ignición positiva) o puede entrar en combustión espontánea al comprimirse (motores de compresión).

La combustión de biocarburantes también produce CO<sub>2</sub>, pero no se contabiliza por ser biogénico. A este respecto, es pertinente señalar que los carburantes que se repostan en las gasolineras son en realidad una mezcla de hidrocarburos fósiles y biocarburantes. Los objetivos en biocarburantes se fijan periódicamente a través de disposiciones de la Administración General del Estado. La HCM tiene implementados dichos objetivos para cada uno de los años del periodo 2009 – 2019, ya que es a partir de 2009 cuando tienen carácter obligatorio.

### 2 Metodología de cálculo

La metodología implementada en la HCM para la estimación de las emisiones del sector transporte se estructura en tres fases:

- i. En una primera fase se obtienen y se tratan los datos necesarios para poder realizar el cálculo de emisiones para Andalucía en su conjunto: número de vehículos por categoría y segmento, kilómetros recorridos por pauta y consumo de combustible (datos de actividad).
- ii. A continuación, se aplican los factores de emisión propuestos en el EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. La aplicación de estos factores de emisión a los datos de actividad permite el cálculo de las emisiones para el conjunto de Andalucía.
- iii. Finalmente, se desagregan las emisiones entre los municipios andaluces a partir del parque móvil municipal obtenido del SIMA.

La herramienta calcula las emisiones de dióxido de carbono para Andalucía mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Emisiones(tCO_2/año) = \sum_{F,C} (Consumo_{F,C}^p \times FE_F) \quad (Ec\ 58)$$

Donde:

Consumo<sup>P</sup><sub>F,C</sub>. Consumo del combustible F (gasolina, gasóleo o GLP), para la categoría de vehículo C, expresado en MJ/año. Este valor se obtiene de forma distinta si se trata de las pautas interurbana y rural o de la pauta urbana.

FE<sub>F</sub>. Factor de emisión del combustible F, expresado en tCO<sub>2</sub>/MJ.

En el caso de las **pautas interurbana y rural**, el consumo de combustible se estima mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo}_F^{I,R} = \sum_{C,c} (\text{Recorridos}_{C,c}^{I,R} \times FC_{C,c}^{I,R}) \quad (\text{Ec } 59)$$

Donde:

Recorridos<sup>I,R</sup><sub>C,c</sub>. Kilómetros anuales recorridos en la pauta interurbana o rural, por el vehículo de categoría C y normativa Euro c, expresado en km/año.

FC<sup>I,R</sup><sub>C,c</sub>. Factor de consumo energético en pauta interurbana o rural del vehículo de categoría C y normativa Euro c, expresado en MJ/km.

En la **pauta urbana**, el consumo de combustible se determina a partir de los consumos de combustibles asociados a las pautas interurbana y rural y el total de consumo de combustibles de automoción en Andalucía. La expresión a emplear es la siguiente:

$$\text{Consumo}_F^U = \text{Consumo}_{Andal,F} - \text{Consumo}_F^I - \text{Consumo}_F^R \quad (\text{Ec } 60)$$

Donde:

Consumo<sup>U</sup><sub>F</sub>. Consumo en pauta urbana del combustible F en Andalucía, expresado en MJ.

Consumo<sub>And,F</sub>. Consumo del combustible F para automoción en Andalucía, expresado en MJ.

Consumo<sup>I</sup><sub>F</sub>. Consumo en pauta interurbana del combustible F en Andalucía, expresado en MJ.

Consumo<sup>R</sup><sub>F</sub>. Consumo en pauta rural del combustible F en Andalucía, expresado en MJ.

Las categorías de vehículos cubiertas por la metodología son las descritas por la UNECE (Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa), tal y como se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 37. Categorías de vehículos consideradas por la HCM

Categoría de vehículo	Combustible	Segmento
Turismos	Gasolina	Mini (<0,8 l)
		Pequeño (0,8 – 1,4l)

Categoría de vehículo	Combustible	Segmento
		Mediano (1,4 - 2l)
		Grande - SUV (>2l)
	Diésel	Mini (<0,8 l)
		Pequeño (0,8 - 1,4l)
		Mediano (1,4 - 2l)
		Grande - SUV (>2l)
	Híbrido gasolina	Mini (<0,8 l)
		Pequeño (0,8 - 1,4l)
		Mediano (1,4 - 2l)
		Grande - SUV (>2l)
	GLP	Mini (<0,8 l)
		Pequeño (0,8 - 1,4l)
		Mediano (1,4 - 2l)
		Grande - SUV (>2l)
	GNC	Mini (<0,8 l)
		Pequeño (0,8 - 1,4l)
Mediano (1,4 - 2l)		
Grande - SUV (>2l)		
Vehículos comerciales ligeros <3,5 t	Gasolina	N1-I
		N1-II
		N1-III
	Diésel	N1-I
		N1-II
		N1-III
Vehículos pesados >3,5 t	Gasolina	> 3,5t
	Diésel	Rígido <= 7,5t
		Rígido 7,5 - 12t
		Rígido 12 - 14t
		Rígido 14 - 20t

Categoría de vehículo	Combustible	Segmento
		Rígido 20 - 26t Rígido 26 - 28t Rígido 28 - 32t Rígido >32t Articulado 14 - 20t Articulado 20 - 28t Articulado 28 - 34t Articulado 34 - 40t Articulado 40 - 50t Articulado 50 - 60t
Autobuses	Diésel	Urbanos <15t Urbanos estándar 15 - 18t Urbanos articulados >18t Autocares estándar <=18t Autocares articulados >18t
Ciclomotores	Gasolina	2 tiempos <50 cm <sup>3</sup>
Motocicletas	Gasolina	4 tiempos <250 cm <sup>3</sup> 4 tiempos 250 - 750 cm <sup>3</sup> 4 tiempos >750 cm <sup>3</sup>

Fuente: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019

### 3.8.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

Se consideran variables de actividad todas aquellas que intervienen en la fórmula de cálculo y que no se corresponden con el factor de emisión. En el caso particular de las emisiones derivadas del transporte por carretera, hay que distinguir las siguientes variables de actividad.

#### 3.8.2.1.1 Parque de vehículos

El primer paso para la aplicación de la metodología es la determinación del parque de vehículos de Andalucía para cada una de las categorías de vehículos consideradas por la herramienta. Dicho parque se define como el número de vehículos por categoría, clasificado en función de unos parámetros que son básicos para la obtención de los recorridos y la aplicación de los factores de consumo energético (ver Ec. 59).

Los datos del parque se obtienen del portal estadístico de la Dirección General de Tráfico (DGT)<sup>4</sup>. A continuación se detallan los parámetros que es necesario definir para cada categoría:

### Turismos

Se requiere determinar el número de vehículos para cada año de la serie de cálculo en función de los siguientes parámetros:

- Carburante.
- Cilindrada.
- Normativa Euro.

Los valores de los dos primeros parámetros se obtienen directamente de la DGT. En el caso de la normativa Euro, la herramienta la determina automáticamente en función del carburante, la cilindrada y la fecha de matriculación del vehículo proporcionada por la DGT. El tratamiento de la fecha de matriculación para obtener la normativa Euro correspondiente se realiza para todas las categorías de vehículos.

La determinación de la tecnología de control de emisiones, o normativa Euro, es fundamental para la aplicación de la metodología ya que se trata de un parámetro que incide sobre las emisiones de diversos contaminantes atmosféricos (CO, NO<sub>x</sub>,...) y puede tener repercusión en el consumo de combustible, y por tanto, en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Vehículos comerciales ligeros

Se requiere determinar el número de vehículos para cada año de la serie de cálculo en función de los siguientes parámetros:

- Carburante.
- Normativa Euro.

En esta categoría se asume la hipótesis de que todos los vehículos pertenecen al segmento N1-III del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.

### Autobuses urbanos y autocares

Se requiere determinar el número de autobuses urbanos y autocares para cada año de la serie de cálculo en función de los siguientes parámetros:

- Segmento del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.
- Carburante.
- Normativa Euro.

---

<sup>4</sup> [https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB\\_IEST\\_CONSULTA/subcategoria.faces](https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/subcategoria.faces)

Los datos que proporciona la DGT no permiten distinguir entre autobuses urbanos y autocares. Esta distinción es necesaria para la aplicación de la metodología porque se corresponden con distintos segmentos EMEP/EEA. Por ello se asumen las siguientes hipótesis del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2012, para la desagregación del dato de la DGT:

- a) El 35% del total de autobuses son urbanos.
- b) Todos los autobuses urbanos pertenecen al segmento “Autobuses urbanos estándar 15 – 18t” del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.
- c) Todos los autocares pertenecen al segmento “Autocares estándar <=18t” del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.

#### Vehículos pesados y tractores industriales

Se requiere determinar el número de vehículos para cada año de la serie de cálculo en función de los siguientes parámetros:

- Carburante.
- Segmento del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.
- Normativa Euro.

El segmento del EMEP/EEA clasifica los vehículos pesados en función de si son rígidos o articulados, y a su vez, en función de su peso bruto. Sin embargo, la DGT proporciona los datos de vehículos pesados en función de su carga útil. La relación entre ambas clasificaciones implementada en la herramienta se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 38. Segmentos de vehículos pesados DGT vs metodología HCM*

Combustible	Carga útil (DGT)	Segmento HCM
Gasolina	Todas	>3,5t
	Hasta 1,5t	Rígido <7,5t
	De 1,5 a 2,9t	Rígido <7,5t
	De 3 a 4,9t	Rígido <7,5t
	De 5 a 6,99t	Rígido 7,5 a 12t
Diésel	De 7 a 9,99t	Rígido 12 a 14t
	Más de 10t	Rígido 14 - 32t
		Rígido >32t
		Articulado 14 a 34t
		Articulado >34t

Fuente: Elaboración propia

La desagregación de los vehículos pesados con carga útil superior a 10t en rígidos y articulados se realiza a partir de la información recogida en la Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera (Tablas 1.1 y 1.3), asumiendo la hipótesis de que el 90% de estos vehículos pertenecen al rango 14 a 34t/14 - 32t, mientras que el 10% restante corresponde al segmento de más de 32/34t.

En el caso de los tractores industriales, como la DGT no permite obtener para esta categoría de vehículo la carga útil asociada, se asume la hipótesis, coincidente con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI, de que todos los vehículos pertenecen a la categoría de pesados rígidos de más de 32t.

A los tractores de gasolina se les asigna el único segmento para pesados de gasolina que contempla la metodología. Sin embargo, a los diésel se les asigna una normativa Euro en función de la fecha de matriculación.

#### Motocicletas

Se requiere determinar el número de vehículos para cada año de la serie de cálculo en función de los siguientes parámetros:

- Carburante.
- Cilindrada.
- Normativa Euro.

#### Ciclomotores:

Se requiere determinar el número de vehículos para cada año de la serie de cálculo en función de los siguientes parámetros:

- Carburante.
- Normativa Euro.

#### *3.8.2.1.2 Recorridos*

La variable de actividad “*Recorridos*” se define como los kilómetros realizados al año por cada una de las categorías de vehículos consideradas. Dado que la metodología de cálculo aplica factores de consumo energético distintos en función de la velocidad a la que circulan los vehículos, es necesario desagregar los recorridos en tres pautas de circulación diferentes: interurbana, rural y urbana.

#### **Pautas interurbana y rural**

La determinación de los recorridos en las pautas interurbana y rural se realiza a partir de los recorridos en las siguientes tres redes de carreteras:

- Red de Carreteras del Estado (RCE).
- Red de Carreteras de las Comunidades Autónomas (RCCAA).
- Red de Carreteras de las Diputaciones (RCD).

La relación entre los kilómetros recorridos en cada una de las tres redes de carreteras y las pautas interurbana y rural se realiza aplicando la hipótesis contemplada en el Volumen 2 del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2012, mostrada en la siguiente tabla:

*Tabla 39. Asignación de recorridos a las pautas interurbana y rural*

Pauta circulación	Hipótesis
Interurbana	100% Recorridos RCE + 50% recorridos RCCAA
Rural	50% Recorridos RCCAA + 100% Recorridos RCD

Fuente: Inventario Nacional de GEI, Serie 1990 – 2012

#### *Red de Carreteras del Estado*

El Anuario Estadístico recoge los kilómetros recorridos en las vías pertenecientes a la RCE en Andalucía, desagregados por las siguientes categorías de vehículo: turismos, motocicletas, vehículos ligeros, vehículos pesados rígidos, vehículos pesados articulados y autocares. Dichas categorías coinciden con las consideradas por la herramienta con la excepción de los autobuses urbanos y los ciclomotores, ya que se considera que ambos tipos de vehículos no circulan por esta red de carreteras.

#### *Red de Carreteras de las CCAA y las Diputaciones*

En este caso, los kilómetros recorridos tan solo se dividen en dos clases de vehículos:

- Pesados
- Total

Por tanto, es necesario desagregar los datos de recorridos en las distintas categorías de vehículos consideradas para la Red de Carreteras del Estado.

La clase de pesados incluye las siguientes categorías:

- Vehículos pesados rígidos
- Vehículos pesados articulados
- Autocares

El reparto de los kilómetros de la clase pesados en estas tres categorías se realiza en base al porcentaje de participación de cada categoría en los kilómetros recorridos en la RCE, tal y como se recoge en el Volumen 2 del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2012, Volumen 2.

La clase total agrupa a todas las categorías de vehículos, por lo que los kilómetros recorridos por los vehículos ligeros se obtienen por diferencia entre los totales y los obtenidos para los pesados. Las categorías de vehículos ligeros recogidas en el Anuario son las siguientes:

- Turismos
- Ligeros
- Motocicletas

Al igual que en el caso anterior, el reparto de los kilómetros de los vehículos ligeros entre estas tres categorías se realiza en base al porcentaje de participación de cada categoría en los kilómetros recorridos en la RCE.

Una vez realizadas estas operaciones, la aplicación dispone de los kilómetros recorridos en las tres redes de carreteras (RCE, RCCAA y RCD) por categoría de vehículo. La aplicación de los criterios de la tabla 39 a dichos datos permite la obtención de los kilómetros recorridos en las pautas interurbana y rural por categoría de vehículo (ver Ec. 59).

#### 3.8.2.1.3 Factores de consumo energético

Los factores de consumo energético para cada categoría de vehículo, combustible y normativa Euro implementados en la herramienta proceden del Anexo 4 del capítulo “1.A.3.b.i-iv. Road Transport”, del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.

Los valores de estos factores dependen de las siguientes variables en función de la categoría de vehículo considerada:

Tabla 40. Variables que inciden en los factores de consumo energético

Categoría de vehículo	Variable
Turismos	Combustible, segmento, normativa Euro y velocidad de circulación
Vehículos ligeros	
Motocicletas y ciclomotores	
Autobuses	Combustible, segmento, normativa Euro, velocidad de circulación, pendiente y grado de carga del vehículo
Vehículos pesados	

Fuente: elaboración propia

Las variables combustible, segmento y normativa Euro están definidas por la estructura del parque móvil obtenido de la DGT. La variable de velocidad de circulación está relacionada con las tres pautas consideradas: interurbana, rural y urbana, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 41. Pautas de circulación y velocidades medias

Categoría	Velocidad (km/h)		
	Interurbana	Rural	Urbana
Turismos	105	65	25
Ligeros	100	65	25
Autobuses	95	74	20
Vehículos pesados	77	60	20
Motocicletas	105	65	25
Ciclomotores	No aplica	No aplica	25

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2012.

Los valores de velocidad para cada una de las pautas han sido obtenidos del Volumen 2 del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, Serie 1990 – 2012.

Además, para los autobuses y los vehículos pesados es necesario considerar dos variables más, la pendiente de la carretera y el grado de carga del vehículo. De acuerdo con el Servicio Español de Inventarios, el gradiente de las carreteras a considerar en España es nulo. Asimismo, el grado de carga a considerar es el valor de 0,5, que supone un promedio entre el vehículo cargado y vacío.

#### 3.8.2.1.4 Consumo de combustible por pauta

Una vez obtenidos los recorridos y los factores de consumo energético para cada categoría de vehículo, combustible, segmento y normativa Euro en las pautas interurbana y rural, la aplicación calcula el consumo de combustible multiplicando los kilómetros recorridos en cada pauta por dichos factores, aplicando la ecuación 59.

Una vez determinados los consumos de combustible en las pautas interurbana y rural, la herramienta calcula el consumo en pauta urbana mediante la expresión 60. El consumo de combustibles de automoción de Andalucía por tipo de combustible se obtiene de la consulta “Consumo de energía final del sector transporte por fuentes”, de la web Info-Energía de la AAE.

#### 3.8.2.2 FACTOR DE EMISIÓN

La herramienta estima las emisiones de dióxido de carbono para Andalucía mediante la aplicación de los factores de emisión a la suma de los consumos de combustible en las pautas interurbana, rural y urbana, obtenidos para cada categoría de vehículo en el apartado anterior (ver Ec. 58).

Los factores de emisión se calculan mediante la siguiente expresión, recogida en el capítulo “1.A.3.b.i-iv. Road Transport”, del EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019:

$$FE (kgCO_2/kg) = \frac{44,011}{12,011 + 1,008 \times r_{H/C} + 16 \times r_{O/C}} \quad (\text{Ec } 61)$$

Donde:

- $R_{H/C}$ . Relación hidrógeno carbono del combustible.
- $R_{O/C}$ . Relación oxígeno carbono del combustible.

Los valores de la relación hidrógeno-carbono y de la relación oxígeno-carbono de cada combustible a emplear son los recogidos en la versión más reciente del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. A título informativo se muestran en la siguiente tabla las recogidas en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2017.

*Tabla 42. Relación hidrógeno - carbono y oxígeno - carbono de los combustibles*

Combustible	$R_{H/C}$	$R_{O/C}$
Gasolina	1,80	0
Gasóleo	2,00	0
GLP	2,57	0

Fuente: Tabla 3.8.7. Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2017.

La aplicación de la expresión anterior permite la obtención de los factores de emisión en kilos de dióxido de carbono por kilo de combustible. Para expresarlos en unidades de energía, que es como se aplican en la herramienta, se ha de considerar el valor calorífico neto (VCN) de cada combustible. Los VCN implementados son los recogidos en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI más reciente.

*Tabla 43. Valor calorífico neto de los combustibles*

Combustible	VCN (MJ/kg)
Gasolina	43,2
Gasóleo	43,1
GLP	47,3

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de GEI. Serie 1990 – 2019.

Por último, la HCM tiene en cuenta el consumo de biocarburantes de automoción y su efecto sobre el valor de los factores de emisión de la gasolina y el gasóleo, ya que tan solo se calculan las emisiones debidas a la fracción fósil. Esto se realiza asumiendo la hipótesis de que la gasolina y el gasóleo consumidos tienen el porcentaje de biocarburantes especificados en la siguiente normativa, en función del año de cálculo.

*Tabla 44. Normativa sobre el porcentaje de utilización de los biocarburantes*

Normativa	Periodo
Ley 34/1998	2009 - 2010
Real Decreto 459/2011	2011 - 2012
Ley 11/2013	2013 - 2015
Real Decreto 1085/2015	2016 - 2019

Fuente: elaboración propia

Dado que no se han identificado referencias normativas para el uso de biocarburantes anteriores a la Ley 34/1998, se considera que la fracción fósil de la gasolina y el gasóleo para el periodo 2005 – 2008 es del 100%.

### 3.8.2.3 DESAGREGACIÓN MUNICIPAL DE LAS EMISIONES CALCULADAS

La metodología descrita permite la estimación de las emisiones de dióxido de carbono debidas al transporte por carretera en Andalucía en su conjunto. Dado que el objeto de la herramienta es hacer un cálculo de las emisiones por municipio, se detalla a continuación la metodología de desagregación municipal implementada en la aplicación.

La estimación de las emisiones municipales se realizará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Emisiones_m(tCO_2/año) = \sum_{F,C} (Peso_{F,C}^m \times Emisiones_{F,C}^A) \quad (Ec\ 62)$$

Donde:

$Emisiones_m(tCO_2/año)$ . Emisiones de dióxido de carbono debidas al transporte por carretera del municipio m.

$Peso_{F,C}^m$ . Peso de la categoría de vehículo C, que consume el combustible F, en el municipio m.

$Emisiones_{F,C}^A$ . Emisiones de dióxido de carbono en Andalucía de la categoría de vehículo C, que consume el combustible F. Su determinación para cada categoría de vehículo, combustible y normativa Euro se ha descrito en el apartado anterior. La herramienta las agrega por categoría de vehículo y combustible, como paso previo a la aplicación de la expresión 62, de acuerdo con los criterios que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 45. Categorías de vehículo y combustible consideradas para la desagregación municipal

Categoría de vehículo	Combustible
Turismos	Gasolina
	Diésel
	GLP
Motocicletas	Gasolina
Furgonetas	Gasolina

Categoría de vehículo	Combustible
	Diésel
Pesados (camiones y tractores industriales)	Gasolina
	Diésel
Autobuses y autocares	Diésel
Ciclomotores	Gasolina

Fuente: elaboración propia

Los pesos de cada categoría de vehículo se calculan mediante la siguiente expresión:

$$Peso_{F,c}^m = \frac{N^{\circ} Veh_{F,c}^m}{\sum_m N^{\circ} Veh_{F,c}^m} \quad (\text{Ec } 63)$$

Donde:

$N^{\circ} Veh_{F,c}^m$ . Número de vehículos de la categoría C, que consumen el combustible F en el municipio m.

La determinación del parque móvil municipal se realiza a partir de los datos de la consulta “Parque de vehículos por tipo y combustible” del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA). Dicha consulta está disponible en la sección municipios, transporte, transporte por carretera, parque de vehículos de la página web del SIMA. Los resultados de esta consulta, en forma de hoja de cálculo, han de ser tratados antes de su incorporación a la herramienta.

El tratamiento de consulta del SIMA difiere en función del año de cálculo debido a que la estructura de los datos no es la misma para todos los años. A continuación se describe el tratamiento que es necesario llevar a cabo en función de las diferentes casuísticas posibles.

#### *Años para los que SIMA agrupa las categorías de furgonetas y camiones*

Para estos años es necesario desagregar los datos de la categoría “Furgonetas y camiones” en furgonetas por un lado y camiones por otro. Para ello, se parte de los datos del parque de Andalucía procedentes de la DGT y se obtiene el número de vehículos de cada uno de los siguientes grupos:

- Furgonetas de gasolina
- Furgonetas diésel
- Camiones de gasolina
- Camiones diésel

El siguiente paso es calcular la suma de las furgonetas y camiones diésel y obtener el porcentaje de participación de cada categoría de vehículo. Análogamente, se ha de realizar la misma

operación para los vehículos de gasolina. Una vez obtenidos estos porcentajes, se aplicarán a los datos de furgonetas y camiones del SIMA para cada combustible y para cada municipio.

Tras obtener el número de furgonetas y el número de camiones de cada combustible en cada municipio, lo siguiente es sumar el número de camiones al número de tractores industriales de la consulta del SIMA.

*Años para los que SIMA desagrega en furgonetas, camiones de <3.500 kg y camiones de >3.500 kg*

En este caso, el número de furgonetas por municipio y tipo de combustible se obtiene como la suma de los vehículos de la categoría furgonetas y la de los camiones de hasta 3.500 kg. Los vehículos pertenecientes a la categoría de camiones son directamente los que ofrece la consulta, por lo que lo único que es necesario realizar es sumarlos por municipio y combustible con los tractores industriales, tal y como se ha descrito en el caso anterior.

*Años para los que SIMA desagrega en furgonetas y camiones*

En aquellos años en los que SIMA ofrece datos desagregados en camiones y furgonetas se toman directamente dichos datos.

## 3.9 Sector sumideros

### 1 Alcance

El objetivo de la inclusión de este sector en la HCM es estimar la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> existente en cada uno de los municipios andaluces y, en concreto, evaluar la contribución del sector forestal y de usos de la tierra al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París en Andalucía.

Las actividades de uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y la silvicultura, conocidas por sus siglas en inglés como actividades LULUCF, representan un papel relevante en el balance de las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Es muy importante el potencial de los sistemas forestales y agrícolas para la fijación de dióxido de carbono y su contribución al ciclo global del carbono.

La HCM ofrece una estimación de los flujos de emisiones de GEI por el desarrollo de actividades del sector LULUCF a nivel municipal, siguiendo las normas de contabilidad establecidas en el Protocolo de Kioto.

Las actividades LULUCF consideradas son las establecidas como obligatorias en el protocolo de Kioto (Art. 3.3) y algunas de las adicionales (Art. 3.4), detallándose a continuación:

- Obligatorias (Art. 3.3): forestación, reforestación y deforestación.
- Adicionales (Art. 3.4):
  - Gestión de bosques. Se contabilizan las actividades de gestión del monte arbolado y del monte adhesado espeso.
  - Gestión de tierras agrícolas. Se contabiliza la actividad de conversión de cultivos anuales a leñosos (olivar, almendro, cítricos).

La capacidad total de absorción de CO<sub>2</sub>, se obtiene a partir de los datos de superficie de cada una de las actividades que se contabilizan, aplicando una tasa de secuestro de carbono para cada una de ellas.

Los datos que ofrece la HCM en relación con la capacidad de sumidero de carbono, se basan en un inventario de sumideros calculado para el periodo 2008-2012. Para todos los años de ese periodo, así como para los siguientes hasta el último disponible, se ofrece un dato que se corresponde con la media del periodo 2008-2012. La Consejería trabaja en la elaboración de un inventario de sumideros actualizado y acorde con las actuales reglas de contabilidad de carbono fijado en actividades LULUCF, aprobadas por la Comisión Europea para el periodo 2021-2030.

### 2 Metodología de cálculo

La absorción total anual de cada municipio es la suma de las absorciones asociadas a las actividades descritas en el apartado anterior.

El cálculo se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$Absorción_m(tCO_2/año) = \sum_i (S_{i,a} \times FA_i \times FC \times (44/12)) \quad (\text{Ec } 64)$$

Donde:

$S_{i,a}$ . Superficie de la actividad  $i$  (forestación, reforestación, deforestación, gestión forestal o gestión de tierras agrícolas) en el año  $a$ , expresada en hectáreas.

$FA_i$ . Factor de absorción de la actividad  $i$ , expresado en toneladas de carbono por hectárea y año.

$FC$ . Factor corrector aplicado solo a las actividades de gestión forestal. Se trata de un factor adimensional elaborado por la CAGPDS.

A continuación se indica cómo se estiman cada uno de estos factores.

*Superficie dedicada a la actividad  $i$  en el año  $a$  ( $S_{i,a}$ )*

Los datos de superficie proceden de la CAGPDS, distinguiéndose entre las siguientes tipologías:

- Superficie forestal arbolada.
- Superficie de dehesa espesa.
- Superficie de cultivo anual convertida a cultivo leñoso.
- Superficie de tierras agrícolas convertidas a forestal.

*Factor de absorción de la actividad  $i$  ( $FA_i$ )*

Los valores de los factores de absorción proceden del Inventario de Sumideros de  $CO_2$  en Andalucía elaborado por la Consejería de Medio Ambiente en 2007.

En la siguiente tabla se recogen los factores de absorción implementados en la HCM para cada una de las tipologías de superficies consideradas:

*Tabla 46. Factores de absorción por tipología de superficie*

Tipo de superficie	tC/ha año
Superficie forestal arbolada	1,85 <sup>(1)</sup>
Superficie de dehesa espesa	1,85 <sup>(1)</sup>
Superficie de cultivo anual convertida a cultivo leñoso	0,42 <sup>(2)</sup>
Superficie de tierras agrícolas convertida a forestal	1,85 <sup>(1)</sup>

Fuente: Inventario de Sumideros de  $CO_2$  en Andalucía, 2007

<sup>(1)</sup> Valor referido al cambio anual de stock de carbono de biomasa viva en terrenos forestales que permanecen como forestales, incluyendo cortas, leñas y pérdidas por incendios.

<sup>(2)</sup> Valor referido al cambio anual de stock de carbono de permanencia de cultivo agrícola no anual + mixto.

## 3.10 Sector energías renovables

### 1 Alcance

Este sector difiere de los anteriormente expuestos, ya que no incluye el cálculo de las emisiones o absorciones de GEI. En su lugar, contempla la estimación del consumo de energías renovables a nivel municipal. Tal y como se ha indicado anteriormente, este es un parámetro relevante para la definición de los aspectos energéticos considerados en los Planes Municipales contra el Cambio Climático.

Las distintas fuentes de energía consideradas en la HCM son las siguientes:

- Biomasa.
- Solar térmica.
- Fotovoltaica.
- Energía eléctrica renovable.
- Biocarburantes.

### 2 Metodología de cálculo

El consumo total de energías renovables a nivel municipal se determina como la suma de los consumos de las distintas fuentes de energía consideradas en la herramienta para cada uno de los años de la serie de cálculo.

En los siguientes apartados se detalla cómo se obtienen los consumos de cada una de ellas.

#### **3.10.2.1 BIOMASA, SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA**

La HCM no realiza ningún cálculo relacionado con estas fuentes de energía, sino que muestra a modo de visor los datos de consumo proporcionados por la Agencia Andaluza de la Energía. Dicha información tan solo está disponible para el año 2019.

#### **3.10.2.2 ENERGÍA ELÉCTRICA DE ORIGEN RENOVABLE**

A la hora de estimar el consumo de energía eléctrica de origen renovable se distinguen dos situaciones posibles en función de si el municipio especifica la comercializadora que suministra

la energía eléctrica consumida en el subsector “Administración y Servicios Públicos” o si se emplea una comercializadora genérica (ver apartado 3.1.2.2).

*Municipios que aplican la comercializadora sin garantía de origen*

En el caso de que los municipios no seleccionen la comercializadora con la que tienen contratado el consumo de energía eléctrica, la herramienta considera que se trata de una comercializadora genérica sin garantías de origen.

En esta situación, la estimación del consumo de energía eléctrica de origen renovable se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$Ener .Elec .Renovable_{m,t} = Ener .Elec .Consumida_{m,t} \times Porc .Renovable_{sinGdO,t} \quad (Ec 65)$$

Donde:

$Ener .Elec .Renovable_{m,t}$ . Energía eléctrica de origen renovable consumida por el municipio m, en el año t, expresada en MWh.

$Ener .Elec .Consumida_{m,t}$ . Energía eléctrica consumida por el municipio m, en el año t. Este valor se corresponde con el consumo total considerado para el cálculo de las emisiones del sector energía eléctrica (ver apartado 3.1.2.1.1).

$Porc .Renovable_{sinGdO,t}$ . Porcentaje de energía de origen renovable de la comercializadora genérica sin garantía de origen para el año t, expresado en tanto por uno.

*Municipios que aplican una comercializadora con garantías de origen*

Tal y como se indicó en el sector de consumo de energía eléctrica, la HCM permite a los municipios seleccionar la comercializadora con la que tienen contratado el suministro eléctrico para aplicar al consumo del subsector “Administración y Servicios Públicos” el factor de emisión correspondiente.

En este caso, la herramienta estima el consumo de energía eléctrica de origen renovable tal y como se indica a continuación:

$$Ener .Elec .Renovable_{m,t} = Ener .Elec .Renovable_{m,t}^{Adm} + Ener .Elec .Renovable_{m,t}^{Resto} \quad (Ec 66)$$

$$Ener .Elec .Renovable_{m,t}^{Adm} = Ener .Elec .Consumida_{m,t}^{Adm} \times Porc .Renovable_{GdO,m,t} \quad (Ec 67)$$

$$Ener .Elec .Renovable_{m,t}^{Resto} = Ener .Elec .Consumida_{m,t}^{Resto} \times Porc .Renovable_{sinGdO,t} \quad (Ec 68)$$

Donde:

$Ener .Elec .Renovable_{m,t}$ . Energía eléctrica de origen renovable consumida por el municipio m, en el año t, expresada en MWh.

Ener. Elec. Renewable<sup>Adm</sup><sub>m,t</sub>. Energía eléctrica de origen renovable consumida en el subsector “Administración y Servicios Públicos” del municipio m, en el año t, expresada en MWh.

Ener. Elec. Renewable<sup>Resto</sup><sub>m,t</sub>. Energía eléctrica de origen renovable consumida por el resto de subsectores del municipio m, en el año t, expresada en MWh.

Ener. Elec. Consumida<sup>Adm</sup><sub>m,t</sub>. Energía eléctrica consumida en el subsector “Administración y Servicios Públicos” del municipio m, en el año t. La determinación de esta variable se describe en el apartado 3.1.2.1.1.

Porc. Renewable<sub>GdO,m,t</sub>. Porcentaje de energía de origen renovable de la comercializadora con garantía de origen que suministra la electricidad consumida por el subsector “Administración y Servicios Públicos” del municipio m, en el año t, expresado en tanto por uno.

Ener. Elec. Consumida<sup>Resto</sup><sub>m,t</sub>. Energía eléctrica consumida en el resto de subsectores del municipio m, en el año t. La determinación de esta variable se describe en el apartado 3.1.2.1.1.

Porc. Renewable<sub>Sin GdO,t</sub>. Porcentaje de energía de origen renovable de la comercializadora genérica sin garantía de origen que suministra la electricidad consumida por el resto de subsectores en el año t, expresado en tanto por uno.

Análogamente a lo descrito en el apartado 3.1.2.2, es necesario distinguir dos periodos para la aplicación del porcentaje de energía eléctrica de origen renovable. En el primer periodo, que comprende los años 2005 – 2014, existe un único valor de dicho porcentaje para cada año, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 47. Porcentaje de energía eléctrica de origen renovable. Periodo 2005 – 2014.*

Año	Energía de origen renovable (%)
2005	15,5
2006	18,4
2007	20,1
2008	20,4
2009	26,4
2010	33,2
2011	31,0
2012	30,1
2013	40,2
2014	40,5

Fuente: Red Eléctrica de España

En el periodo 2015 -2019 se dispone de porcentajes de energía de origen renovable anuales tanto para las comercializadoras con garantías de origen como para la comercializadora genérica sin garantía de origen. Dichos valores se obtienen del documento “Acuerdo sobre los resultados del Sistema de Garantía de Origen y etiquetado de la electricidad relativos a la energía producida en el año 20XX”, elaborado por la CNMC.

### 3.10.2.3 BIOCARBURANTES

El consumo de biocarburantes en automoción a nivel municipal es estimado por la herramienta del siguiente modo:

$$Biocarburantes_{m,t} = Gasóleo_{m,t} \times Bio\ Gasóleo_t + Gasolina_{m,t} \times Bio\ Gasolina_t \quad (Ec\ 69)$$

Donde:

$Biocarburantes_{m,t}$ . Consumo de biocarburantes en automoción en el municipio m, en el año t, expresado en MWh.

$Gasóleo_{m,t}$ . Consumo de gasóleo de automoción en el municipio m, en el año t, expresado en MWh.

$Bio\ Gasóleo_t$ . Porcentaje de la fracción biológica del gasóleo de automoción en el año t. El procedimiento para la obtención de esta variable ya se ha descrito en el apartado relativo al cálculo de las emisiones del sector transporte (ver 3.8.2.2).

$Gasolina_{m,t}$ . Consumo de gasolina en el municipio m, en el año t, expresado en MWh.

$Bio\ Gasolina_t$ . Porcentaje de la fracción biológica de la gasolina en el año t. El procedimiento para la obtención de esta variable ya se ha descrito en el apartado relativo al cálculo de las emisiones del sector transporte (ver 3.8.2.2).

Los consumos de gasóleo y gasolina en cada municipio, para cada uno de los años de la serie de cálculo, se determinan aplicando la misma metodología que se ha detallado para el reparto de las emisiones del sector transporte por municipio (ecuación 62):

$$Consumo_{F,m}^t (MWh/año) = \sum_{F,C} (Peso_{F,C,m}^t \times Consumo_{F,C}^{A,t}) \quad (Ec\ 70)$$

Donde:

$Consumo_{F,m}^t$ . Consumo del combustible de automoción F (gasóleo o gasolina) en el municipio m, en el año t.

$Peso_{F,C,m}^t$ . Peso de la categoría de vehículo C, que consume el combustible F, en el municipio m y el año t. El procedimiento para la determinación de esta variable se ha detallado en el apartado 3.8.2.3.

Consumo<sup>A,t</sup><sub>F,C</sub>. Consumo del combustible de automoción F, de la categoría de vehículo C, en Andalucía, en el año t. Se trata de una variable intermedia que la herramienta calcula de forma automática a partir de los consumos en las pautas interurbana, rural y urbana por categoría de vehículo, carburante y normativa Euro descritos en el apartado 3.8.2.1.2.

