
CAPÍTULO 9:

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

El grupo 9, Tratamiento y eliminación de residuos, de la nomenclatura SNAP-97 consta de los siguientes subgrupos que se describen a continuación en este capítulo:

- 09.02 Incineración de residuos
- 09.04 Vertederos
- 09.09 Cremación
- 09.10 Otros tratamientos de residuos

Obsérvese que la numeración de los subgrupos no siempre es correlativa. Así, en concreto, no existen los subgrupos 09.01, 09.03, 09.05, 09.06 y 09.08. Estos saltos en la numeración y la propia secuencia de actividades, desglose a tercer nivel, dentro de los subgrupos ha venido motivada por el deseo de mantener la compatibilidad con versiones anteriores de la nomenclatura SNAP.

9.2.- INCINERACIÓN DE RESIDUOS

En este subgrupo se incluyen las siguientes actividades de la SNAP-97, relacionadas todas ellas con la incineración de los distintos tipos de residuos:

- 09.02.01 Incineración de residuos domésticos o municipales.
- 09.02.02 Incineración de residuos industriales (exc. antorchas).
- 09.02.03 Antorchas en refinerías de petróleo.
- 09.02.04 Antorchas en industrias químicas.
- 09.02.05 Incineración de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.
- 09.02.06 Antorchas en las plantas de extracción de petróleo y gas.
- 09.02.07 Incineración de residuos hospitalarios.

9.2.1.- Incineración de residuos domésticos o municipales

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS		
NOMENCLATURA	CÓDIGO	
CORINAIR/SNAP 97	09.02.01	
CMCC/CRF	6 C	1 A 1 a
CLRTAP-EMEP/NFR	6 C	1 A 1 a

A) Composición de los residuos y sistemas de incineración

Los residuos domésticos están constituidos por los residuos domiciliarios y por los residuos de los centros industriales, comerciales e institucionales asimilables a los primeros. Así pues, los residuos que se encuadran dentro de esta categoría son, de acuerdo con el Artículo 3.b de la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados, los “generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias”.

Sistemas de incineración

Tipos de incineradoras

Los sistemas de incineración de residuos municipales están diseñados para operar con dos caracterizaciones del combustible formado a partir de los residuos. Por un lado, el combustible no seleccionado ni preprocesado, es decir, constituido por los residuos en bruto; y, por otro lado, el combustible formado a partir del tratamiento previo de los residuos. En concordancia con la tipología del combustible están los tipos de incineradoras siguientes:

- Incineradoras para combustión en bruto de los residuos (mass burn combustors).
- Incineradoras que queman combustibles derivados de los residuos (refused-derived fuel combustors).
- Incineradoras modulares de combustión en bruto (modular combustors).

A continuación se describe brevemente cada uno de estos tipos.

Incineradoras para combustión en bruto de los residuos (mass burn combustors)

Las incineradoras para combustión en bruto de los residuos incineran éstos sin ningún pretratamiento de los residuos más allá de la separación de aquellos elementos que por su tamaño y/o peligrosidad no son aptos o resultan peligrosos para el proceso de incineración. Las capacidades de estas incineradoras varían entre las 45 y 900 toneladas de residuos por día. El proceso de combustión se realiza en un régimen con exceso de aire. En cuanto a los diseños de las cámaras de combustión de este tipo de incineradoras se incluyen los siguientes: los de paredes de tubos de agua, los de cámaras rotatorias con paredes de tubos de agua, y los de cámaras con paredes refractarias.

Incineradoras para combustión de combustibles derivados de los residuos (refused-derived fuel combustors).

En las incineradoras alimentadas por combustibles derivados de los residuos, éstos se queman sobre una alimentadora de parrilla móvil. El combustible derivado de los residuos se puede introducir en forma triturada o fibrosa, o en pellets densificados. En su caso, estos residuos pueden mezclarse con carbón.

Incineradoras modulares de combustión en bruto (modular combustors).

Las incineradoras de este tipo son similares a las de combustión en bruto de los residuos, en cuanto a que en ellas se incineran residuos sin tratamiento previo, pero son generalmente de menor capacidad, entre 4 y 130 toneladas de residuos por día, y se fabrican en talleres para ser posteriormente instaladas llave en mano. La cámara de combustión utiliza aire empobrecido o algún sistema de control de aire. La utilización de este tipo de incineradoras es más frecuente cuando el proceso de incineración es discontinuo, y/o cuando los volúmenes a incinerar son reducidos, como puede ser el caso en plantas comerciales e industriales, así como en áreas rurales.

Tipos de sistemas de combustión

En cuanto a los sistemas de combustión, los tipos principales utilizados en las incineradoras de residuos municipales son: la parrilla móvil, el horno rotatorio, y el lecho fluidificado; siendo el primero de éstos el de uso más extendido.

Muchas incineradoras incorporan dos cámaras de combustión. A la primera cámara el aire llega junto con los residuos a incinerar (aire primario). Los gases resultantes de la combustión incompleta que se produce en esta cámara se pasan a una segunda cámara de combustión donde, con inyección de aire adicional (aire secundario), se completa el proceso de combustión.

Técnicas de control de las emisiones

El nivel de control de las emisiones procedentes de una incineradora depende, en general, de su tamaño, de la continuidad o discontinuidad del proceso, del régimen de alimentación de aire, y de la incorporación de distintas técnicas de control de las emisiones. Entre estas últimas se pueden citar las siguientes:

- Filtros de mangas (control de partículas y, secundariamente, de gas ácido).
- Precipitadores electrostáticos (control de partículas).
- Lavadores húmedos (control de gas ácido y, secundariamente, de partículas).
- Lavadores semihúmedos y sistemas de absorción por spray (control de gas ácido).
- Sistemas de inyección en seco (control de gas ácido).
- Adsorción con carbón activado (control de dioxinas y mercurio).

B) Variables de actividad

La variable básica de actividad está constituida por la cantidad de residuos que entran en el proceso de incineración del conjunto de incineradoras en operación. Entre éstas, se han distinguido las que, por su tamaño, idealmente se configurarían como grandes focos puntuales y, aquéllas otras que se tratarán como fuentes superficiales. La información sobre variables de actividad procede de dos fuentes: a) de los cuestionarios, que enviados a las plantas catalogadas inicialmente como grandes focos puntuales, se recibieron cumplimentados por las mismas; b) de la publicación “Medio Ambiente en España” para las tratadas como fuentes superficiales, o de las fuentes puntuales de las que no se pudo recabar la información correspondiente vía cuestionario.

En la tabla 9.2.1.1 siguiente se presentan, de forma sintética, los datos de la variable de actividad, residuos incinerados, para cada planta en operación en el año correspondiente. Debe observarse que en dicha tabla la identificación de la planta incineradora se asocia al municipio en el que se halla instalada, omitiéndose la referencia a la entidad que la gestiona dado que existen variaciones en algunos casos a lo largo del periodo inventariado.

Tabla 9.2.1.1.- Residuos incinerados en las plantas incineradoras (Cifras en toneladas)

Provincia	Planta/localización	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Cádiz	Ubrique	9.000	7.100	7.100	10.764	12.823																			
Baleares	Son Reus	40.000	40.000	40.000				85.958	300.000	300.000	322.999	317.805	334.141	301.516	300.722	328.747	280.703	318.012	255.165	319.145	294.180	273.899	522.289	511.999	
Tenerife	El Paso			3.660	3.660	3.660			10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.000										
	El Mazo			3.410	3.410	3.410	3.590	4.448																	
	Barlovento			2.023	2.023	2.023	2.150	2.239																	
	Mendo					6.342	9.386	10.000																	
Cantabria	Cabezón de Liébana	1.845	1.845	1.845	1.845	1.990	1.990	2.063																	
	Ramales	1.335	1.335	1.335	1.335	1.639	1.639	641																	
	Valdeprado del Río	1.200	1.200	1.200	1.200	1.122	1.122	752																	
	Selaya	1.180	1.180	1.180	1.180	1.148	1.148	2.475																	
	Meruelo																	58.939	94.024	113.936	116.643	118.734	115.698	113.968	
Barcelona	Mataró						139.285	153.863	163.476	159.784	163.253	160.449	154.309	164.944	163.362	149.218	155.608	164.773	162.107	168.913	170.274	163.911	101.773	154.144	
	Montcada i Reixach	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	47.481	48.546	50.053	47.700	42.802	47.536	44.894	46.540	48.286	37.533									
	S. Adrián del Besós	288.000	288.000	288.000	288.000	250.000	303.052	302.927	299.409	241.787	265.320	272.155	300.524	187.176	360.193	328.832	336.418	329.707	327.971	369.287	359.107	334.894	339.402	287.057	
	Vilada						500	500																	
	Malla			5.400	5.400	5.400	8.558	8.558	1.666	3.859	6.505	6.505	6.505	6.505											
Gerona	Gerona	39.544	42.429	36.322	38.035	37.266	37.981	39.800	35.339	33.817	33.622	33.659	31.756	32.106	28.905	30.619	28.193	30.267	28.743	28.390	30.180	30.542	30.476	29.339	
Lérida	Vielha						2.700	2.675	2.466	3.183	4.478	4.352	4.388	4.370											
Tarragona	Tarragona			134.951	147.453	147.310	153.936	153.466	146.076	144.710	142.470	140.000	151.732	154.820	146.528	137.206	137.180	142.334	134.622	139.176	142.424	146.028	141.444	149.316	
Cáceres	Trujillo	1.500	1.500	1.500																					
Pontevedra	Vigo	63.965	63.965	63.965	63.965	63.965																			
Madrid	Tirnadrid						143	80.710	243.820	268.830	294.790	302.720	296.055	296.525	295.650	291.675	285.035	284.335	298.900	313.065	311.295	315.130	307.140	260.905	
Melilla	Residuos de Melilla							21.655	30.928	30.878	36.747	36.747	39.963	40.866	42.778	46.228	44.668	43.828	47.253	40.002	39.162	39.744	40.345	39.302	
Navarra	Labayen	250	250	250	2.000	2.000	1.614	2.000	2.383	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500											
	Baztan	330	330	330	2.100	2.100	2.100	2.100	3.645	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500											
Guipúzcoa	Andoain	56.000																							
	Itsasondo	20.000																							
	Mondragón	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	31.412	32.812																	
La Coruña	Sogama											17.832	245.353	313.805	306.279	261.525	268.200	308.907	255.450	263.992	272.593	294.411	306.337		
Vizcaya	Zabalgarbi														179.179	219.850	242.919	238.084	231.612	220.174	226.410	224.792			
	TOTAL	607.349	532.334	675.671	655.570	625.398	749.787	958.188	1.289.312	1.248.599	1.327.037	1.335.979	1.396.150	1.494.772	1.710.229	1.656.337	1.708.509	1.860.245	1.900.611	1.985.448	1.961.869	1.915.649	2.119.388	2.077.159	

Fuente: Cuestionarios remitidos por las plantas y publicación "Medio Ambiente en España".

C) Factores de emisión

Para las plantas tratadas como fuentes puntuales se ha tomado la información sobre técnicas existentes de control de las emisiones, y datos de emisión medidos o estimados según han sido facilitados en el cuestionario cumplimentado por las propias plantas. Para los contaminantes de los que no existía tal información directa en el cuestionario se han utilizado los factores de emisión que se muestran en la tabla 9.2.1.2. Para las fuentes superficiales, la técnica de control de emisiones que se ha asumido es la de “control de partículas”.

La información sobre los factores de emisión ha sido tomada teniendo en cuenta las distintas opciones sobre técnicas de control utilizadas, según la información al respecto facilitada por las plantas o, en su defecto, asumidas como más general por el equipo de trabajo.

Tabla 9.2.1.2.- Factores de emisión

ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
SO ₂ (g/t)	NO _x (g/t)	COVNM (g/t)	CH ₄ (g/t)	CO (g/t)	CO ₂ (kg/t)	N ₂ O (g/t)	NH ₃ (g/t)	SF ₆ (mg/t)	HFC (mg/t)	PFC (mg/t)
1.600/D	1.800/C	19/D	1/D	700/C	297/C	100/E	0/E			

METALES PESADOS									PARTICULAS		
As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Ni (mg/t)	Pb (mg/t)	Se (mg/t)	Zn (mg/t)	PM _{2,5} (g/t)	PM ₁₀ (g/t)	PST (g/t)
50/D	200/D	750/D	1.000/D	3.000/D	200/D	10.000/D	13/D	17.000/D	30/C	30/C	30/C

CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
HCH (mg/t)	PCP (mg/t)	HCB (mg/t)	TCM (g/t)	TRI (g/t)	PER (g/t)	TCB (mg/t)	TCE (g/t)	DIOX (ng/t)	HAP (mg/t)	PCB (mg/t)
	15/D	2/D						50.000/B 5.000/B	7/D	3,4E- 06/D

Dioxinas: Años 1990-1999 = 50.000 ng/t; año 2000 y siguientes = 5.000 ng/t

Para los focos puntuales, se han asumido las técnicas de control indicadas por las plantas. Para las fuentes tratadas a nivel superficial, se ha asumido que en los años 90 a 95 la técnica de control es sólo "*Particle Abatement*", y a partir del año 96 y siguientes "*Particle abatement + acid gas abatement*". No obstante, para las dioxinas se ha revisado el factor de emisión en el año 2000 y siguientes según estimación propia basada en las técnicas existentes en las plantas tratadas en dicho año a nivel superficial que figuran en la publicación "Medio Ambiente en España".

El detalle de las fuentes de referencia para los factores de emisión es el siguiente: para el SO₂, NO_x, COV, CO, N₂O, NH₃, tablas A1.1 a A1.6 del Anexo I del capítulo B-921 del Libro Guía EMEP/CORINAIR Tercera Edición. En el caso de los COV se ha asumido un 95% de COVNM y un 5% de CH₄. Para el CO₂ se ha asumido, por defecto, un factor de 297 kg/tonelada, calculado suponiendo un 33% de origen fósil y un 67% de origen biogénico en los residuos y considerando que el factor global de CO₂ por tonelada de residuo es de 900 kg (fósil+biogénico)/tonelada. Los valores indicados para el CO₂ se han inducido por el equipo de trabajo del Inventario a partir de los datos de la composición de los residuos que se muestra en la tabla 9.2.1.3. Cuando se dispone de la composición de los residuos

incinerados de un complejo, el factor de CO₂ aplicado para ese año y complejo es el derivado de esa composición declarada. En el caso de las partículas se han tomado factores de emisión de CEPMEIP para las fuentes superficiales, asumiendo un nivel de emisión bajo, mientras que para las plantas tratadas como fuentes puntuales se ha dispuesto de emisiones medidas de PST, y teniendo en cuenta que según se deriva de los factores propuestos por CEPMEIP todas las partículas son de diámetro inferior a 2,5 µm las emisiones de PM_{2,5} y PM₁₀ se han supuesto iguales a las de PST. Para los metales pesados la información se ha tomado de la tabla 2.5.2 del Manual PARCOM-ATMOS. Esta misma fuente, apartado 2.5.1.2, ha sido tomada como referencia para el PCP y HCB; sin embargo, los datos de la tabla han sido corregidos (entendiendo que son erróneos y que también eran erróneas las unidades en que venían expresados, todo ello por comparación con la referencia "Compilation of Emission Factors for POPs, a case study of Czech and Slovak Republics"). El Libro Guía EMEP/CORINAIR Tercera Edición ha sido también utilizado para las DIOX (véase tabla 8.2 del capítulo B-921) y para los HAP como suma de los correspondientes factores de benzo[*b*k]fluoranteno, valor 6,3 mg/t, y del benzo[*a*]pireno, valor 0,7 mg/t. Para los PCB la información se ha tomado de la tabla 3.1 del capítulo 5.C.1.a de las Guías EMEP EEA 2013.

Tabla 9.2.1.3.- Parámetros para estimación del factor de emisión de CO₂

	Materia Orgánica	Papel	Plásticos	Otros materiales celulósicos no reciclables	Tetrabrick	Vidrio	Metales férricos	Metales no-férricos	Madera	Textiles	Gomas y caucho	Pilas y baterías	Otros	TOTAL
% masa	26,0	17,6	1,72	7,62	0,99	5,55	1,7	0,39	0,52	9,65	0	0	28,26	100,0
Fracción masa seca	0,4	0,7	1,0	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	0,6	0,9	1,0	1,0	0,5	
Masa seca	10,4	12,32	1,72	5,334	0,7425	5,55	1,7	0,39	0,312	8,685	0	0	14,13	61,3
Fracción combustible	1	1	1	1	0,6	0	0	0	1	1	1	0	0,5	
Masa seca combustible	10,4	12,3	1,72	5,33	0,446	0	0	0	0,312	8,69	0	0	7,07	46,3
Fracción biogénica en masa combustible	1	1	0,1	1	1	0	0	0	1	0,5	0,5	0	0,5	
Masa biogénica combustible	10,4	12,32	0,172	5,334	0,446	0	0	0	0,312	4,3425	0	0	3,533	36,9
Fracción carbono en masa biogénica	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
Masa carbono biogénico	4,68	5,54	0,077	2,40	0,2005	0	0	0	0,140	1,95	0	0	1,590	16,6
Fracción fósil en masa combustible	0	0	0,9	0	0	1	1	1	0	0,5	0,5	1	0,5	
Masa fósil combustible	0	0	1,548	0	0	0	0	0	0	4,343	0	0	3,533	9,4
Fracción carbono en masa fósil	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
Masa carbono fósil	0	0	1,316	0	0	0	0	0	0	3,69	0	0	3,003	8,0
Carbono biogénico / Carbono total														0,67
Carbono fósil / Carbono total														0,33
Toneladas CO ₂ / Toneladas residuo														0,90

Nota: Redondeando se toma el valor de 900 kg CO₂/t residuo, es decir, 297 kg CO₂ fósil/t residuo.

D) Emisiones

En la estimación de las emisiones se ha dado prioridad, en lo que se refiere a los grandes focos puntuales, a la información facilitada por las plantas en los correspondientes cuestionarios. Para los contaminantes no estimados por las propias plantas, así como para el conjunto de las emisiones procedentes de las fuentes superficiales, la estimación de las emisiones se ha realizado multiplicando la variable de actividad “residuos incinerados” por el factor de emisión correspondiente. Las emisiones estimadas, que suman el conjunto de las fuentes puntuales y de las fuentes superficiales, se presentan en la tabla 9.2.1.4.

Tabla 9.2.1.4.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	972	1.093	12	1	425	180	61				
1991	852	958	10	1	373	158	53				
1992	1.081	1.216	13	1	473	201	68				
1993	1.049	1.180	13	1	459	195	66				
1994	1.001	1.126	12	1	438	186	63				
1995	990	1.335	14	1	471	228	75				
1996	1.048	1.927	24	2	497	305	96				
1997	587	1.732	20	1	258	389	129				
1998	442	1.659	20	1	257	374	125				
1999	201	1.849	22	1	205	396	133				
2000	190	1.682	27	1	207	400	134				
2001	121	2.250	45	2	180	462	140				
2002	124	2.237	44	2	295	463	150				
2003	154	2.538	47	22	321	514	171	1			
2004	206	2.859	40	7	234	514	166	1			
2005	221	2.384	24	7	197	559	171	4			
2006	100	1.625	28	6	200	670	187	9			
2007	127	1.546	27	2	205	733	190	11			
2008	91	1.346	23	2	168	801	199	31			
2009	90	1.416	26	2	189	864	196	16			
2010	88	1.230	30	2	177	825	192	15			
2011	136	1.386	26	2	185	911	212	17			
2012	124	1.575	24	2	186	971	208	19			

Tabla 9.2.1.4.- Emisiones (Continuación)

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2.5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990	30	121	456	607	1.822	121	6.073	8	10.325			
1991	27	106	399	532	1.597	106	5.323	7	9.050			
1992	34	135	507	676	2.027	135	6.757	9	11.486			
1993	33	131	492	656	1.967	131	6.556	9	11.145			
1994	31	125	469	625	1.876	125	6.254	8	10.632			
1995	32	123	482	642	1.839	130	6.129	10	12.746			
1996	39	127	499	662	1.858	154	6.203	12	16.289			
1997	371	171	1.812	2.346	332	417	3.320	17	21.918			
1998	409	140	875	929	291	456	1.423	16	21.226			
1999	80	88	156	251	197	125	819	17	22.560			
2000	51	54	140	290	200	133	852	17	22.712	57	57	57
2001	37	46	183	213	108	219	457	18	23.735	29	29	29
2002	221	72	194	203	133	121	516	19	25.411	34	34	34
2003	122	168	177	215	331	175	604	22	28.364	58	58	58
2004	79	155	249	184	66	120	703	22	22.547	71	71	71
2005	94	113	153	145	125	132	595	22	23.529	40	40	40
2006	57	83	62	93	37	88	368	26	25.165	34	34	34
2007	52	26	88	80	38	48	219	31	24.958	32	32	32
2008	47	33	201	69	39	41	92	26	25.945	27	27	27
2009	41	24	183	108	19	94	183	39	25.484	22	22	22
2010	52	26	48	54	34	37	192	28	24.633	20	20	22
2011	51	14	63	143	34	54	111	27	28.269	21	21	24
2012	32	28	97	43	12	82	109	26	28.360	17	17	22

AÑO	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
	HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)	PCB (kg)
1990		9	1						30	4	1,3,E-06
1991		8	1						27	4	1,3,E-06
1992		10	1						34	5	1,7,E-06
1993		10	1						33	5	1,8,E-06
1994		9	1						31	4	1,6,E-06
1995		11	1						32	5	2,3,E-06
1996		14	2						32	7	3,0,E-06
1997		19	3						6	9	4,3,E-06
1998		19	2						6	9	4,2,E-06
1999		20	3						4	9	4,4,E-06
2000		20	3						3	9	4,5,E-06
2001		21	3						0,3	10	4,7,E-06
2002		22	3						0,3	10	5,0,E-06
2003		26	4						0,3	12	5,8,E-06
2004		25	3						0,3	11	5,6,E-06
2005		26	4						0,2	12	5,8,E-06
2006		28	3						0,1	43	6,3,E-06
2007		29	4						0,1	15	6,5,E-06
2008		30	4						0,1	12	6,8,E-06
2009		29	4						0,1	17	6,7,E-06
2010		29	4						0,1	14	6,5,E-06
2011		32	4						0,1	16	7,2,E-06
2012		31	4						0,1	14	7,1,E-06

9.2.2.- Incineración de residuos industriales

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS		
NOMENCLATURA	CÓDIGO	
CORINAIR/SNAP 97	09.02.02	
CMCC/CRF	6 C	1 A 1 a
CLRTAP-EMEP/NFR	6 C	1 A 1 a

Los residuos que se encuadran dentro de esta categoría son, de acuerdo con el Artículo 3.d de la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados, los “resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial, excluidas las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre”. A lo largo del último siglo, el crecimiento de la producción industrial ha hecho aumentar la producción de residuos industriales y, dentro de éstos, los tóxicos y peligrosos.

Los residuos industriales se pueden originar por:

- a) Procesos de fabricación que produzcan subproductos no deseados o inútiles.
- b) Productos acabados que no tengan utilidad por diversos motivos.
- c) Productos inútiles o residuales que resulten del uso de productos acabados.

Los residuos industriales, dependiendo de su clase, pueden recibir distintos tipos de tratamiento, entre ellos la incineración.

La incineración es un proceso de eliminación final, aplicable a aquellos residuos que por sus características presenten ventajas comparativas frente a otros procesos de eliminación como, por ejemplo, los rellenos de seguridad. Se trata de un proceso de tratamiento especialmente indicado para residuos que presenten las siguientes características:

- Alta resistencia frente a procesos de tratamientos biológicos y alta persistencia en el ambiente (por ejemplo, pesticidas).
- Alta volatilidad y, por consiguiente, fácil dispersión (por ejemplo, disolventes).
- Dificultad para ser almacenados de forma segura en rellenos de seguridad.
- Contenido de compuestos clorados, con metales tales como plomo, mercurio, cadmio, zinc y nitrogenados, fosforados o sulfurados.

La incineración se desarrolla a temperaturas elevadas, tratándose de un procedimiento de destrucción térmica en el que, en presencia de oxígeno, los residuos son convertidos en gases y cenizas.

Este tipo de tratamiento sirve a determinados propósitos: destrucción de residuos acompañada de una significativa reducción de la masa y el volumen de los mismos, generación de energía e incorporación de materiales a productos industriales.

Los tres factores que determinan la eficiencia de la incineración son: temperatura, tiempo y turbulencia.

La temperatura de incineración influye en la probabilidad de que los gases de descomposición entren en combustión. A mayor temperatura de incineración, menores son las posibilidades de que compuestos que pudieran presentar características tóxicas escapen al proceso.

El grado de turbulencia es el que garantiza la mezcla entre los residuos, el aire y el combustible. Cuanto mayor sea la turbulencia mayor será la posibilidad de destrucción de los compuestos en el incinerador.

Finalmente, la disponibilidad de oxígeno es un factor de importancia ya que permite garantizar la oxidación de los compuestos orgánicos, así como la no formación de sub-productos (que podrían resultar tóxicos).

A) Variables de actividad

Esta actividad fue incorporada al Inventario en la edición 1990-2008, tras haberse identificado una planta de incineración de residuos industriales. La variable básica de actividad está constituida por la cantidad de residuos industriales que entra en el proceso de incineración. Actualmente son dos las plantas identificadas que llevan a cabo este tipo de actividad, cuya información sobre variables de actividad procede de los cuestionarios individualizados que, enviados a cada planta, se reciben cumplimentados por las mismas.

Debido a restricciones de confidencialidad sobre la variable de actividad se ha limitado la presentación de la información de esta actividad a la estimación de las emisiones, ya que de la presentación incluso de los factores de emisión podría inferirse el cálculo de las propias variables de actividad que las empresas del sector consideran confidencial.

C) Emisiones

En la estimación de las emisiones se ha dado prioridad a la información facilitada por la planta en los cuestionarios. Para los contaminantes no estimados por las propias plantas, la estimación de las emisiones se ha realizado multiplicando la variable de actividad "residuos incinerados" por el factor de emisión correspondiente. Las emisiones estimadas se presentan en la tabla 9.2.2.4.

Tabla 9.2.2.4.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
2001	2	13	0,2	0,04	2	43	0,05				
2002	2	14	0,2	0,04	2	45	0,05				
2003	2	14	0,2	0,04	2	48	0,05				
2004	2	15	0,2	0,04	2	50	0,05				
2005	2	15	0,4	0,06	3	54	0,07				
2006	5	35	29	1,54	3	59	0,05				
2007	4	32	32	1,69	3	62	0,05				
2008	3	39	33	1,73	2	64	0,03				
2009	4	40	37	1,94	1	58	0,01				
2010	5	31	27	1,42	9	61	0,02				
2011	4	40	23	1,24	8	56	0,02				
2012	1	31	22	1,18	4	52	0,01				

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
2001	3	3	3	3	4	3	3	2	395	0,03	0,03	0,03
2002	3	3	3	3	4	3	3	2	420	0,03	0,03	0,03
2003	4	3	3	3	4	3	3	2	444	0,03	0,03	0,03
2004	4	3	3	3	5	3	3	2	469	0,03	0,03	0,03
2005	1	1	1	1	9	1	1	2	493	0,02	0,02	0,02
2006	4	4	4	4	5	4	4	3	567	0,06	0,06	0,06
2007	4	4	4	7	6	14	6	3	596	0,06	0,06	0,06
2008	8	6	8	7	1	8	7	3	622	0,08	0,08	0,08
2009	3	2	3	3	3	3	6	3	592	0,38	0,38	0,38
2010	8	7	7	10	3	7	17	3	638	1,35	1,35	1,35
2011	2	1	2	14	1	3	3	3	574	0,85	0,85	0,85
2012	1	0,2	1	13	1	2	2	3	536	0,15	0,15	0,15

AÑO	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
	HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)	PCB (kg)
2001		0,5	0,1						0,006	0,2	0,5
2002		0,5	0,1						0,006	0,2	0,5
2003		0,5	0,1						0,007	0,2	0,5
2004		0,6	0,1						0,007	0,3	0,6
2005		0,6	0,1						0,011	0,3	0,6
2006		0,7	0,1						0,007	0,3	0,7
2007		0,7	0,1						0,008	0,3	0,7
2008		0,7	0,1						0,004	0,3	0,7
2009		0,7	0,1						0,006	0,3	0,7
2010		0,8	0,1						0,000	0,4	0,8
2011		0,7	0,1						0,018	0,3	0,7
2012		0,6	0,1						0,005	0,3	0,6

9.2.3.- Antorchas en refineries de petróleo

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.02.03
CMCC/CRF	1 B 2 C i antorchas
CLRTAP-EMEP/NFR	1 B 2 C

Esta actividad recoge las emisiones derivadas de la incineración de gases residuales mediante antorchas instaladas en refinerías de petróleo.

Al constituir las refinerías, en la metodología EMEP/CORINAIR, una clase propia del conjunto de Grandes Focos Puntuales, se recabó información de las mismas por medio de cuestionario dirigido a cada una de las plantas del sector de refino de petróleo. Uno de los ítems del cuestionario se refería a las emisiones generadas por la incineración en antorchas.

A) Variables de actividad

De la información recibida de los cuestionarios resulta difícil establecer una comparación, completa y coherente, entre plantas de las emisiones de estas antorchas. Tras el análisis de los cuestionarios se constató que en no más de la mitad de los casos se podía determinar la magnitud del dato socioeconómico ideal, que en esta actividad sería la masa o volumen (con desglose por especies componentes) de los gases incinerados (normalmente gas residual, y en parte también gas de refinería). Es por ello que se decidió reconvertir ese dato socioeconómico ideal al dato de masa de crudo procesado que, para el conjunto de las refinerías, se muestra en la tabla 9.2.3.1. El cambio de variable socioeconómica requiere evidentemente la utilización de los correspondientes coeficientes de conversión de los factores de emisión, tal como se comenta a continuación.

Tabla 9.2.3.1.- Crudo procesado en las refinerías (Cifras en toneladas)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
53.555.851	56.045.217	57.241.235	55.014.244	56.606.145	55.753.644	55.523.960	57.126.867	60.859.067	60.023.064	59.173.795	
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
57.319.955	57.891.767	58.764.530	61.733.697	61.985.883	62.341.006	61.189.433	62.779.336	56.606.563	57.882.304	56.988.796	64.884.275

Fuente: Cuestionarios GFP de refinerías.

B) Factores de emisión

La información sobre los factores de emisión procede básicamente del Libro Guía EMEP/CORINAIR (1996), y en concreto de la tabla 2, apartado 8, del capítulo 9.2.3. Las unidades de los factores de emisión vienen expresadas en dicha tabla en términos de kg del compuesto de referencia por m³ de crudo procesado. Para convertir dichos factores a masa de compuesto por tonelada de crudo procesado se asume una densidad del crudo de 0,883 kg./l (véase referencia "Refino de petróleo, gas natural y petroquímica", pág. 670). Los factores tomados de dicha fuente son los correspondientes a SO_x, NO_x, CO y THC (total hidrocarburos), que aquí se asimilan a total COV y que se especiarán entre COVNM y CH₄ en las proporciones de 80% y 20% respectivamente, según propuesta que figura en el mismo capítulo del Libro Guía EMEP/CORINAIR. Para completar la fuente de información anterior se ha asumido, tras contrastar el supuesto con expertos del programa CORINAIR que realizan los inventarios de otros países europeos, que un 1/1000 del contenido de carbono del crudo se emite finalmente como CO₂ por las antorchas por lo que, tomando para el contenido de carbono del crudo el valor de 0,855 (84%-87% según la referencia "Refino de petróleo, gas natural y petroquímica", pág. 30), el factor de emisión del CO₂ puede estimarse en 0,00314 t CO₂/t de crudo (0,00314 = 0,855 * 1/1000 * 44/12). En cuanto a las partículas se ha dispuesto de información de las emisiones de PST en una de las refinerías

para el periodo 2000-2012 deduciéndose a partir de esta información un factor de emisión medio para PST, y se ha asumido para PM_{2,5} y PM₁₀ ese mismo factor. Los factores finalmente seleccionados se muestran en la tabla 9.2.3.2.

Tabla 9.2.3.2.- Factores de emisión

UNIDAD	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂	NO _x	NMVOG	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	SF ₆	HFC	PFC
kg/m ³	0,077/C	0,054/C	0,0016/C	0,0004/C	0,012/C						
g/t (CO ₂ in kg/t)	87,2/C	61,2/C	1,8/C	0,5/C	13,6/C	3,14/D					

METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Ni (mg/t)	Pb (mg/t)	Se (mg/t)	Zn (mg/t)	PM _{2,5} (g/t)	PM ₁₀ (g/t)	PST (g/t)
									0,3/D	0,3/D	0,3/D

C) Emisiones

Las emisiones de esta actividad, que se muestran en la tabla 9.2.3.3, han sido computadas mediante la combinación de los dos procedimientos siguientes. En primer lugar se ha utilizado la información recibida en los cuestionarios remitidos por las refinerías, siempre que dicha información fuera razonablemente explotable y referida a los gases de los que se daba una cuantificación precisa de las emisiones (normalmente SO_x y, especialmente en los últimos años del periodo inventariado, CO₂, en menor medida NO_x, y sólo en algunos casos CO). Este procedimiento fue completado, para el caso de los cruces de refinería y contaminante que no habían arrojado una estimación definida en el primer procedimiento, con la aplicación de las variables de actividad (crudo procesado) en cada refinería por los factores de emisión que figuran en la tabla anterior 9.2.3.2.

Tabla 9.2.3.3.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	24.363	4.038	96	27	728	169					
1991	18.609	3.273	101	28	762	177					
1992	12.063	2.688	103	29	778	180					
1993	25.996	5.603	99	28	748	173					
1994	25.912	2.792	102	28	718	179					
1995	22.960	2.894	100	28	707	184					
1996	24.610	3.252	100	28	702	184					
1997	19.449	2.690	103	29	724	181					
1998	22.766	2.861	110	30	781	196					
1999	18.297	2.826	108	30	765	193					
2000	22.029	2.757	107	30	756	194					
2001	16.437	3.133	103	29	721	194					
2002	13.586	3.213	104	29	733	188					
2003	13.245	3.212	106	29	745	154					
2004	14.704	3.549	111	31	781	198					
2005	14.033	2.923	112	31	785	193					
2006	8.006	2.949	112	31	793	228					
2007	6.905	2.956	110	31	784	497					
2008	4.280	2.982	113	31	798	325					
2009	4.902	2.718	102	28	718	245					
2010	3.720	2.807	104	29	734	267					
2011	2.681	2.814	103	28	721	283					
2012	3.548	3.369	117	32	837	320					

Tabla 9.2.3.3.- Emisiones (Continuación)

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2.5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000										18	18	18
2001										17	17	17
2002										17	17	17
2003										17	17	17
2004										18	18	18
2005										18	18	18
2006										18	18	18
2007										18	18	18
2008										18	18	18
2009										16	16	16
2010										17	17	17
2011										17	17	17
2012										19	19	19

9.2.4.- Antorchas en industrias químicas

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.02.04
CMCC/CRF	2 C 1
CLRTAP-EMEP/NFR	2 C 1

En lo referente a antorchas en la industria, además de las ya descritas correspondientes a refinerías, se ha podido disponer de información de las plantas de siderurgia integral y de las coquerías. Dado que no existe una actividad concreta para este tipo de antorchas industriales, se ha optado por incluirlas en la correspondiente a antorchas de otras industrias químicas.

A) Variables de actividad

Como variable socioeconómica se ha utilizado la información sobre combustibles quemados en las antorchas, según la información facilitada en los cuestionarios remitidos por los centros GFP de siderurgia integral y coquerías. Las antorchas en las plantas siderúrgicas integrales constituyen un tipo de proceso diferenciado. Su objetivo principal es el control de los posibles desequilibrios entre los flujos de entradas/salidas de las principales unidades de producción, esencialmente hornos altos y hornos de producción de acero. En cuanto a las coquerías, la finalidad de las antorchas es la quema de gas de coquería en el caso de eventuales averías en el circuito de dicho gas. En la tabla 9.2.4.1 se muestra dicha

información diferenciando por tipo de combustible y expresada tanto en términos de masa como de energía.

Tabla 9.2.4.1.- Gases quemados en antorchas

AÑO	COMBUSTIBLE									
	Gas natural		G.L.P.		Gas de coquería		Gas de horno alto		Gas de acería	
	Toneladas	Miles Gigajulios	Toneladas	Miles Gigajulios	Toneladas	Miles Gigajulios	Toneladas	Miles Gigajulios	Toneladas	Miles Gigajulios
1990					4.090	168	978.926	2.143	70.969	490
1991					6.048	248	841.008	1.834	26.847	177
1992					7.571	311	837.044	1.826	13.748	92
1993					6.947	286	988.230	2.162	13.878	95
1994	213	10			3.863	159	931.233	2.034	60.351	400
1995					1.098	41	50.372	107	51.187	334
1996					3.047	121	197.666	400	99.170	636
1997					9.983	398	226.536	483	140.594	927
1998					14.622	656	205.101	464	160.243	1.045
1999					7.619	320	117.644	282	140.781	900
2000					6.683	280	36.677	88	112.657	735
2001					8.917	374	84.177	202	166.725	1.050
2002					7.348	313	197.788	475	104.655	650
2003			1.838	87	4.814	205	30.690	73	115.759	717
2004			2.408	112	7.155	292	49.071	119	16.786	106
2005			1.994	93	13.855	558	567	1	75.019	490
2006			2.261	105	10.544	451	3.403	8	62.239	410
2007			1.507	70	10.200	427	13.003	31	70.655	473
2008			859	40	13.724	582	105	0,3	74.093	489
2009			300	14	2.934	124	76.410	175	17.359	114
2010			891	41	12.681	513	448.373	1.013	16.246	100
2011			696	32	20.329	808	44.162	100	17.888	107
2012			999	46	23.757	960	435.345	1.040	19.007	114

B) Factores de emisión

En la tabla 9.2.4.2 se presentan los rangos de los factores de emisión utilizados en el cálculo. Debe advertirse que los valores realmente utilizados son específicos de cada planta, por ser estrechamente dependientes de la composición de los gases incinerados en las antorchas de los distintos centros. En el caso de las partículas los factores de emisión que se presentan en la tabla se han asimilado a la combustión de los gases siderúrgicos considerados en el sector del hierro y acero.

Tabla 9.2.4.2.- Factores de emisión

COMBUSTIBLE	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (g/GJ)	NO _x (g/GJ)	COVNM (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	CO (g/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (g/GJ)	NH ₃ (g/GJ)	SF ₆ (mg/GJ)	HFC (mg/GJ)	PFC (mg/GJ)
Gas natural	0/D	62	5/D	1,4/D	10/D	56/A	2,5/D				
G.L.P.	0/D	100/D	2,1/D	0,9/D	13/D	(63,6-65)/A	2,5/D				
Gas de coquería	(100-531)/D	90/D	2,5/D	2,5/D	15/D	(41,1-45)/A	1,75/D				
Gas de horno alto	(0 -33,6)/D	55/D	1/D	0,3/D	15/D	(242,9-293,5)/A	1,75/D				
Gas de acería	0/D	55/D	1/D	0,3/D	45/D	(181,3-192,1)/A	2,5/D				

Tabla 9.2.4.2.- Factores de emisión (Continuación)

COMBUSTIBLE	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (mg/GJ)	Cd (mg/GJ)	Cr (mg/GJ)	Cu (mg/GJ)	Hg (mg/GJ)	Ni (mg/GJ)	Pb (mg/GJ)	Se (mg/GJ)	Zn (mg/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PST (g/GJ)
Gas natural					0,1/D					0,2/D	0,2/D	0,2/D
G.L.P.										0,2/D	0,2/D	0,2/D
Gas de coquería										5/D	5/D	5/D
Gas de horno alto										5/D	5/D	5/D
Gas de acería										5/D	5/D	5/D

C) Emisiones

En la tabla 9.2.4.3 se muestran las emisiones estimadas para esta actividad.

Tabla 9.2.4.3.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	150	160	3	1,2	42	666	5				
1991	184	133	3	1,2	34	532	4				
1992	221	133	3	1,3	33	517	4				
1993	202	150	3	1,4	38	605	5				
1994	146	149	3	1,2	39	624	5				
1995	7	28	1	0,2	7	94	1				
1996	22	68	1	0,6	17	237	3				
1997	78	113	2	1,4	27	325	4				
1998	125	142	3	2,1	32	350	5				
1999	58	94	2	1,2	23	259	3				
2000	50	70	2	0,9	17	173	2				
2001	58	103	2	1,3	24	270	4				
2002	44	90	2	1,1	22	263	3				
2003	32	71	1	0,8	16	171	2				
2004	55	50	1	0,9	9	72	1				
2005	103	87	2	1,6	17	121	2				
2006	127	74	2	1,4	14	103	2				
2007	88	73	2	1,3	15	117	2				
2008	118	83	2	1,6	17	117	2				
2009	25	28	1	0,4	6	74	1				
2010	127	112	2	1,7	25	319	3				
2011	137	87	2	2,1	16	84	2				
2012	160	155	4	2,8	32	350	4				

Tabla 9.2.4.3.- Emisiones (Continuación)

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000										6	6	6
2001										8	8	8
2002										7	7	7
2003										5	5	5
2004										3	3	3
2005										5	5	5
2006										4	4	4
2007										5	5	5
2008										5	5	5
2009										2	2	2
2010										8	8	8
2011										5	5	5
2012										11	11	11

9.2.5.- Incineración de lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.02.05
CMCC/CRF	6 C
CLRTAP-EMEP/NFR	6 C

A) Variables de actividad

La variable socioeconómica considerada para esta actividad es la cantidad, en toneladas de masa seca, de los lodos incinerados procedentes de los procesos de depuración de aguas residuales. Los valores de esta variable se diferencian según tipología de fuente emisora, que a su vez condiciona la fuente de información utilizada. Así se tiene: 1) los asumidos para las fuentes superficiales; y 2) los obtenidos de cuestionario para las fuentes puntuales.

Respecto al primer tipo de fuentes, las superficiales, los datos para los años 1990, 1991 y 1992 se han obtenido por interpolación de los correspondientes a 1989 y 1993. Los datos de estos dos años se han tomado respectivamente de la información que sobre lodos de depuradora elaboró el antiguo MOPT en la publicación "Medio Ambiente en España, 1991" (en lo referente al año 1991) y en el "Estudio sobre tratamiento y eliminación final de los lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas", realizado por la consultora CADIC, S.A. para la Dirección General de Calidad de las Aguas del MOPTMA, (en lo referente al

año 1993). Para el periodo 1997-2012 los datos provienen del “Registro Nacional de Lodos”, elaborado anteriormente por el MAPA y actualmente por el MAGRAMA. La serie 1994-1996 se ha obtenido mediante interpolación de los datos correspondientes a los años 1993 y 1997.

De acuerdo con la información de estas fuentes citadas, la proporción incinerada de lodos se situaba en torno al 4,1% en 1990, y a lo largo de los años ha ido incrementándose hasta alcanzar un máximo del 8,2% en el año 2000. Para la presente edición de Inventario (1990-2012) se ha podido contar con la información actualizada del Registro Nacional de Lodos para los años 2010, 2011 y 2012, motivo por el que las cantidades correspondientes a los años 2010 y 2011 han sido modificadas respecto a la edición anterior de Inventario. La información para todo el periodo inventariado se muestra en la tabla 9.2.5.1, que además refleja la información sobre las cantidades de lodos generados y destinos (incineración, vertedero, uso agrícola y otros destinos) dados a los mismos en los años del periodo 1990-2012 (la información del año 1989 se ha conservado por conveniencia de referencias ulteriores, al ser uno de los años pivote de interpolación de los datos).

Tabla 9.2.5.1.- Producción y destino de los lodos obtenidos en la depuración de aguas residuales (Cifras: distribución en porcentaje y cantidades absolutas en toneladas)

Año	Lodos generados en EDAR (toneladas masa seca)	Destino de la masa seca							
		Incineración ⁽¹⁾		Vertedero		Uso Agrícola		Otros destinos ⁽²⁾	
		%	toneladas	%	toneladas	%	toneladas	%	toneladas
1989	350.000	4,0	14.000	33,2	116.200	49,8	174.300	13,0	45.500
1990	416.884	4,1	17.092	33,0	137.572	49,9	208.025	13,0	54.195
1991	483.768	4,2	20.318	32,8	158.676	50,0	241.884	13,0	62.890
1992	550.651	4,2	23.127	32,6	179.512	50,1	275.876	13,1	72.135
1993	617.535	4,3	26.554	32,4	200.081	50,2	310.003	13,1	80.897
1994	641.345	6,0	38.391	21,5	138.112	44,1	282.587	28,4	182.256
1995	665.155	6,0	39.816	21,5	143.239	44,1	293.078	28,4	189.022
1996	688.965	5,8	40.267	22,6	155.501	51,4	353.992	20,2	139.205
1997	712.775	5,1	36.285	22,2	158.063	55,1	392.985	17,6	125.442
1998	716.145	5,6	39.789	17,2	123.293	64,6	462.788	12,6	90.275
1999	784.882	5,1	40.224	16,3	127.838	66,7	523.757	11,9	93.063
2000	853.482	8,2	69.647	15,4	131.741	65,7	560.939	10,7	91.155
2001	892.239	6,1	54.762	14,7	130.952	67,9	606.119	11,3	100.407
2002	987.221	7,0	68.857	16,3	160.495	66,7	658.454	10,1	99.416
2003	1.012.158	7,6	76.813	16,1	162.788	66,2	669.555	10,2	103.002
2004	1.005.316	3,9	39.171	15,6	156.508	65,9	662.009	14,7	147.628
2005	987.328	4,0	39.723	16,6	163.858	63,7	628.553	15,7	155.194
2006	1.066.196	3,9	41.067	15,8	168.050	64,4	687.037	15,9	170.042
2007	1.152.586	8,0	91.974	9,2	105.810	75,0	864.159	7,9	90.643
2008	1.156.178	7,8	90.637	7,5	86.401	80,2	926.916	4,5	52.224
2009	1.205.123	5,1	61.601	7,9	95.673	82,6	995.064	4,4	52.784
2010	1.094.321	5,8	63.191	6,9	75.370	82,2	899.197	5,2	56.563
2011	1.095.246	5,7	62.336	6,9	75.459	82,3	901.446	5,1	56.005
2012	1.109.053	6,8	75.161	7,5	82.961	80,8	896.023	5,0	54.908

(1) Valores interpolados entre pivote del 4% del año 1989, 4,3% del año 1993 y 5,1% del año 1997, asumidos de conformidad con las fuentes de información citadas en el texto principal anterior.

(2). Para los años 1989 y 1993 el valor de *Otros destinos* de los lodos es el vertido al mar.

Respecto a la segunda fuente, los datos se han derivado de la información obtenida de los cuestionarios para el Inventario Nacional de Emisiones enviados a las plantas de determinados sectores industriales. En concreto, se han considerado aquí los correspondientes a las plantas de refino de petróleo y de fabricación de pasta de papel

cuando en las mismas se realiza dicho proceso de incineración de lodos. Para el sector refino de petróleo, la información de los cuestionarios que cubre los años 1994 a 2012¹ se ha extendido hacia atrás utilizando la serie de volumen de agua depurada; véase más adelante epígrafe 9.10.1 para depuración de aguas residuales en la industria; para el sector de fabricación de pasta de papel la serie sólo cubre los años 1997-2012 en que se obtuvo respuesta directa vía cuestionario. Como consecuencia de este aumento de la cobertura informativa puede observarse un incremento notable a partir del año 1997.

En la tabla 9.2.5.2 se muestran las cantidades de lodos de este tipo incinerados para cada uno de los dos tipos de fuentes antes mencionadas, así como para el conjunto de ambas.

Tabla 9.2.5.2.- Incineración de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales (Cifras en toneladas)

AÑO	TIPO DE FUENTE		
	SUPERFICIAL	PUNTUAL	TOTAL
1990	17.092	497	17.589
1991	20.318	487	20.805
1992	23.127	536	23.663
1993	26.554	516	27.070
1994	38.391	445	38.836
1995	39.816	463	40.279
1996	40.267	476	40.743
1997	36.285	3.743	40.028
1998	39.789	3.189	42.978
1999	40.224	1.933	42.157
2000	69.647	2.736	72.383
2001	54.762	3.720	58.482
2002	68.857	2.235	71.092
2003	76.813	810	77.623
2004	39.171	2.143	41.314
2005	39.723	2.076	41.799
2006	41.067	1.873	42.940
2007	91.974	2.431	94.405
2008	90.637	2.387	93.024
2009	61.601	2.771	64.372
2010	63.191	2.300	65.491
2011	62.336	2.573	64.909
2012	75.161	3.465	78.626

B) Factores de emisión

Para los factores de emisión se ha optado, cuando éstos vienen diferenciados según técnicas de control de las emisiones, por aquellos que corresponden a las técnicas de uso más generalizado. Los factores finalmente seleccionados se muestran en la tabla 9.2.5.3 siguiente:

¹ El año 1998 es el último en el que se realiza esta actividad en el sector del refino de petróleo.

Tabla 9.2.5.3.- Factores de emisión

ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
SO ₂ (g/t)	NO _x (g/t)	COVNM (g/t)	CH ₄ (g/t)	CO (g/t)	CO ₂ (kg/t)	N ₂ O (g/t)	NH ₃ (g/t)	SF ₆ (mg/t)	HFC (mg/t)	PFC (mg/t)
2.500/D	2.500/D	840/D	390/D	15.500/D	0/B	400/D				

METALES PESADOS								PARTÍCULAS			
As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Ni (mg/t)	Pb (mg/t)	Se (mg/t)	Zn (mg/t)	PM _{2.5} (g/t)	PM ₁₀ (g/t)	PST (g/t)
500/D	1.000/D	5.000/D	10.000/D	1.000/D	500/D	15.000/D		10.000/D			

CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
HCH (mg/t)	PCP (mg/t)	HCB (mg/t)	TCM (g/t)	TRI (g/t)	PER (g/t)	TCB (mg/t)	TCE (g/t)	DIOX (ng/t)	HAP (mg/t)	PCB (mg/t)
								60.000/E	127/D	4,5/E

El detalle de las fuentes de referencia para los factores de emisión es el siguiente: para los acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero, se han tomado de la información que figura a pie de la tabla 2, capítulo B-925 del Libro Guía EMEP/CORINAIR, habiéndose asumido para cada uno de ellos las técnicas de control supuestamente más apropiadas entre las opciones que figuran al pie de dicha tabla; así para los COVNM, el CH₄ y el CO, se ha tomado directamente el valor propuesto en dicha referencia, mientras que para el SO_x, NO_x y N₂O el equipo de trabajo del Inventario ha seleccionado, de entre el rango de valores propuestos en dicha referencia, los valores considerados razonables según la técnica de control. Para el caso del CO₂ se ha tomado, conforme a las metodologías IPCC y EMEP/CORINAIR, un factor igual a cero asumiendo que procede de la incineración de residuos renovables orgánicos. Para los metales pesados la información procede de la tabla 2.5.4 del Manual PARCOM-ATMOS. Para las DIOX se ha tomado el valor medio de 60 µg del rango 5-120 i-TEF/tonelada de lodo incinerado que figura en la tabla 3 del capítulo B-925 del Libro Guía EMEP/CORINAIR. Para los HAP, la fuente de referencia es la tabla 8.3.37 del estudio "Compilation of Emission Factors for POPs, a case study of Czech and Slovak Republics", y el valor corresponde al total HAP, aunque en la citada fuente se da también una especiación de los mismos. Para los PCB la información se ha tomado de la tabla 3.2 del capítulo 5.C.1.b de las Guías EMEP EEA 2013.

C) Emisiones

En la tabla 9.2.5.4 se muestran las emisiones estimadas para esta actividad.

Tabla 9.2.5.4.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	44	44	15	7	273		7				
1991	52	52	17	8	322		8				
1992	59	59	20	9	367		9				
1993	68	68	23	11	420		11				
1994	97	97	33	15	602		16				
1995	101	101	34	16	624		16				
1996	102	102	34	16	632		16				
1997	100	100	34	16	620		16				
1998	107	107	36	17	666		17				
1999	105	105	35	16	653		17				
2000	181	181	61	28	1.122		29				
2001	146	146	49	23	906		23				
2002	178	178	60	28	1.102		28				
2003	194	194	65	30	1.203		31				
2004	103	103	35	16	640		17				
2005	104	104	35	16	648		17				
2006	107	107	36	17	666		17				
2007	236	236	79	37	1.463		38				
2008	233	233	78	36	1.442		37				
2009	161	161	54	25	998		26				
2010	164	164	55	26	1.015		26				
2011	162	162	55	25	1.006		26				
2012	197	197	66	31	1.219		31				

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990	9	18	88	176	18	9	264		176			
1991	10	21	104	208	21	10	312		208			
1992	12	24	118	237	24	12	355		237			
1993	14	27	135	271	27	14	406		271			
1994	19	39	194	388	39	19	583		388			
1995	20	40	201	403	40	20	604		403			
1996	20	41	204	407	41	20	611		407			
1997	20	40	200	400	40	20	600		400			
1998	21	43	215	430	43	21	645		430			
1999	21	42	211	422	42	21	632		422			
2000	36	72	362	724	72	36	1.086		724			
2001	29	58	292	585	58	29	877		585			
2002	36	71	355	711	71	36	1.066		711			
2003	39	78	388	776	78	39	1.164		776			
2004	21	41	207	413	41	21	620		413			
2005	21	42	209	418	42	21	627		418			
2006	21	43	215	429	43	21	644		429			
2007	47	94	472	944	94	47	1.416		944			
2008	47	93	465	930	93	47	1.395		930			
2009	32	64	322	644	64	32	966		644			
2010	33	65	327	655	65	33	982		655			
2011	32	65	325	649	65	32	974		649			
2012	39	79	393	786	79	39	1.179		786			

Tabla 9.2.5.4.- Emisiones (Continuación)

AÑO	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
	HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)	PCB (kg)
1990									1	2	0,1
1991									1	3	0,1
1992									1	3	0,1
1993									2	3	0,1
1994									2	5	0,2
1995									2	5	0,2
1996									2	5	0,2
1997									2	5	0,2
1998									3	5	0,2
1999									3	5	0,2
2000									4	9	0,3
2001									4	7	0,3
2002									4	9	0,3
2003									5	10	0,3
2004									2	5	0,2
2005									3	5	0,2
2006									3	5	0,2
2007									6	12	0,4
2008									6	12	0,4
2009									4	8	0,3
2010									4	8	0,3
2011									4	8	0,3
2012									5	10	0,4

D) Desagregación territorial

La asignación territorial de la proporción incinerada de lodos se ha realizado de diferente manera según los periodos: 1990 a 1993, 1994 a 1995, 1996 a 2000 y, por último, 2001 en adelante.

- I) En el periodo 1990 a 1993 los datos nacionales de lodos producidos totales, así como su distribución según los destinos: incineración, vertedero y uso agrícola, se han desglosado por comunidades autónomas de acuerdo con la proporción que representaba cada una de ellas respecto del total de las que informaron de producción y destino de lodos en el año 1995: primer año en el que existe información de un número representativo (13) de comunidades autónomas (de este modo se han respetado tanto los totales nacionales informados por el MMA como sus distribuciones nacionales según destinos).
- II) En el periodo 1994 a 1995 la distribución del total nacional de lodos producidos por comunidades autónomas se ha realizado del mismo modo que en el periodo anterior. Ahora bien, en cuanto a la distribución por destinos, se ha aplicado la distribución particular de cada comunidad autónoma en el año 1995, con lo cual se ha obtenido por agregación la distribución nacional por destinos de ambos años.
- III) Para los años del periodo 1996 a 2000 se ha dispuesto de información de producción total de lodos tanto a escala nacional como por comunidades autónomas, disponiéndose además en el caso de estas últimas de información sobre la distribución por destinos. El dato nacional ha sido el adoptado como más representativo, por lo que

ha sido distribuido por comunidades autónomas y destinos de acuerdo con los datos disponibles en cada una de ellas.

- IV) A partir del año 2001 la información de base sobre lodos totales y destinos viene desglosada por comunidades autónomas y ha sido la empleada en la obtención de los totales nacionales y su distribución por destinos.

Por último, para todos los periodos, dentro de cada comunidad autónoma, la imputación se ha realizado a la provincia donde está ubicada la capital.

9.2.6.- Antorchas en las plantas de extracción de petróleo y gas

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.02.06
CMCC/CRF	1 B 2 C ii antorchas
CLRTAP-EMEP/NFR	1 B 2 C

En este epígrafe se recogen las emisiones procedentes de las antorchas en las plantas de regasificación y en almacenamientos subterráneos de la red de abastecimiento de gas natural. No ha sido sin embargo posible concretar una estimación de las emisiones originadas por la quema en antorchas en las plataformas de producción de petróleo y gas natural existentes en España.

A) Variables de actividad

La información sobre el gas incinerado en antorchas en las plantas de regasificación y en los almacenamientos subterráneos ha sido proporcionada vía cuestionario para el Inventario Nacional de Emisiones por las correspondientes compañías transportistas responsables de la gestión de cada una de las instalaciones. Los datos relativos a las plantas de regasificación proceden de la información directa de las empresas ENAGAS, Bahía de Bizkaia Gas (BBG) y de la asociación SAGGAS; mientras que para los almacenamientos subterráneos las fuentes consultadas fueron ENAGAS y REPSOL YPF.

Debido a restricciones de confidencialidad sobre la variable de actividad que es específica de cada empresa, se ha limitado la presentación de la información de esta actividad a la estimación de las emisiones, ya que de la presentación incluso de los factores de emisión podría inferirse el cálculo de las propias variables de actividad que las empresas del sector consideran confidencial.

C) Emisiones

En la tabla 9.2.6.3 se muestran las emisiones estimadas para esta actividad.

Tabla 9.2.6.3.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990		61	0,5	1	5	10	0,1				
1991		44	0,4	1	4	8	0,1				
1992		76	0,6	1	6	13	0,1				
1993		163	1,4	3	14	28	0,3				
1994		93	0,8	2	8	16	0,2				
1995		39	0,3	1	3	7	0,1				
1996		161	1,3	3	13	27	0,3				
1997		348	2,9	6	29	58	0,6				
1998		125	1,0	2	10	21	0,2				
1999		90	0,8	2	8	15	0,2				
2000		64	0,5	1	5	11	0,1				
2001		62	0,5	1	5	11	0,1				
2002		182	1,5	3	15	32	0,3				
2003		135	1,1	2	11	23	0,2				
2004		69	0,6	1	6	12	0,1				
2005		144	1,2	2	12	25	0,2				
2006		197	1,6	3	16	33	0,3				
2007		56	0,5	1	5	10	0,1				
2008		46	0,4	1	4	8	0,1				
2009		46	0,4	1	4	8	0,1				
2010		57	0,5	1	5	10	0,1				
2011		43	0,4	1	4	7	0,1				
2012		597	5,0	10	50	101	1,0				

AÑO	METALES PESADOS									PARTICULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000										0,04	0,04	0,04
2001										0,04	0,04	0,04
2002										0,11	0,11	0,11
2003										0,08	0,08	0,08
2004										0,04	0,04	0,04
2005										0,09	0,09	0,09
2006										0,12	0,12	0,12
2007										0,03	0,03	0,03
2008										0,03	0,03	0,03
2009										0,03	0,03	0,03
2010										0,03	0,03	0,03
2011										0,03	0,03	0,03
2012										0,37	0,37	0,37

9.2.7.- Incineración de residuos hospitalarios

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.02.07
CMCC/CRF	6 C
CLRTAP-EMEP/NFR	6 C

Los residuos hospitalarios incluyen los restos anatómicos humanos, restos de otros materiales que pudieran estar contaminados por bacterias, virus y, en general, otros residuos clínicos como plásticos, textiles, etc. Estos residuos se incineran principalmente para evitar el riesgo de contaminación química por sustancias tóxicas o contaminación biológica por bacterias o virus. La incineración puede hacerse en instalaciones pequeñas que operan en los propios hospitales o clínicas, o bien, en instalaciones de mayor dimensión que incineran centralizadamente los residuos hospitalarios de un área sanitaria. En algunos casos, la energía recuperada del proceso se utiliza para la generación de calor y/o electricidad.

Dependiendo de su composición, toxicidad y riesgo de infección, los residuos hospitalarios pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Grupos I y II, corresponden a los residuos asimilables a los residuos domiciliarios. Se incluyen aquí, por ejemplo, los restos de comida de las dietas hospitalarias y otros de carácter similar.
- Grupo III, residuos hospitalarios de bajo potencial de infección. Estos residuos pueden ser tratados mediante procedimientos de esterilización sin necesidad de recurrir a la incineración como práctica para su control. En España, este tipo de residuos, no obstante, se solía incinerar hasta mediados de la década de los noventa, tratamiento que después pasó a ser fundamentalmente de esterilización (cambio de tendencia operado en torno a 1994).
- Grupo IV, compuesto por los denominados residuos citotóxicos que presentan un alto potencial de infección. Este tipo de residuos debe ser incinerado para su correcto tratamiento.

A) Variables de actividad

Los residuos hospitalarios objeto de posible tratamiento mediante incineración son los clasificados en los Grupos III y IV anteriormente descritos. La estimación de la cantidad de este tipo de residuos generada se realiza a partir del número de camas hospitalarias, multiplicándolo por un factor de generación de residuos por cama y día que, aplicado sobre el número de camas existentes y por el número de días del año proporciona la cantidad de residuos generados. Una vez calculadas las cantidades de ambos tipos de residuo hay una parte de los correspondientes al Grupo III que es tratada mediante esterilización, mientras la parte restante de dicho Grupo y la totalidad de los del Grupo IV es objeto de incineración. A su vez, el total de incineración puede realizarse en España o los residuos ser enviados para su incineración al extranjero. La variable de actividad final será, a los efectos de este

Inventario, la cantidad incinerada en España. La información sobre los datos básicos, parámetros y variables de actividad finales de este epígrafe se muestran en la tabla 9.2.7.1 siguiente.

Tabla 9.2.7.1.- Producción de residuos hospitalarios

Año	Población	Nº Camas	gr/cama/día		Producción de residuos biosanitarios (t/a)			Esterilización (t/a)	Incineración España (t/a)	Incineración España (%)	Incineración Extranjero (t/a)
			Grupo III	Grupo IV	Total	Grupo III	Grupo IV				
1990	38.851.322	115.695	426	174	25.337	17.989	7.348	10.866	14.397	56,8	74
1991	38.940.002	120.323	414	169	25.604	18.182	7.422	10.993	13.536	52,9	1.075
1992	39.068.718	125.136	402	164	25.852	18.361	7.491	11.121	12.674	49,0	2.057
1993	39.190.358	130.141	389	159	26.031	18.478	7.553	11.248	11.813	45,4	2.970
1994	39.295.902	135.347	377	154	26.232	18.624	7.608	11.376	10.951	41,7	3.905
1995	39.387.976	137.469	365	149	25.791	18.314	7.476	11.503	10.090	39,1	4.198
1996	39.479.159	139.591	353	144	25.323	17.986	7.337	11.631	9.228	36,4	4.464
1997	39.583.381	141.713	340	139	24.776	17.587	7.190	11.758	8.367	33,8	4.651
1998	39.722.075	143.835	328	134	24.255	17.220	7.035	11.886	7.505	30,9	4.864
1999	39.927.224	145.957	316	129	23.707	16.835	6.872	12.013	6.644	28,0	5.050
2000	40.264.162	148.081	303	124	23.079	16.377	6.702	12.141	5.782	25,1	5.156
2001	40.721.447	146.369	290	119	21.851	15.493	6.358	12.268	4.921	22,5	4.662
2002	41.314.019	146.104	277	114	20.851	14.772	6.079	12.396	4.059	19,5	4.396
2003	42.004.575	144.916	264	109	19.730	13.964	5.765	12.523	3.198	16,2	4.009
2004	42.691.751	145.877	252	104	18.955	13.418	5.537	12.651	2.336	12,3	3.968
2005	43.398.190	145.892	240	100	18.105	12.780	5.325	12.780	1.471	8,12	3.854

Aunque el dato sobre población no es estrictamente necesario para el cálculo, se presenta en la tabla por interés de su comparación con el número de camas en centros hospitalarios, variable cuya información procede del “Anuario Estadístico de España”, que edita el Instituto Nacional de Estadística (INE), para el periodo 1990-1994 y del Instituto de Información Sanitaria para el periodo 1999-2005, obteniéndose el resto de la serie temporal por interpolación.

El parámetro de generación de residuos hospitalarios por cama y día procede del “Estudio sobre generación y gestión de los residuos sanitarios en España” elaborado por el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos para el Ministerio de Medio Ambiente. De dicho estudio, para el año 2005, se puede obtener una diferenciación del parámetro de generación de residuos hospitalarios entre los Grupos III (240 gr/cama/día) y IV (100 gr/cama/día) de residuos hospitalarios. Con objeto de aplicar esta diferenciación a lo largo de toda la serie temporal, se ha mantenido la proporción que mantienen entre sí estos parámetros en el año 2005 y se ha aplicado al parámetro total de generación de residuos que se había considerado en ediciones anteriores del inventario para el año 1990 (600 gr/cama/día), obteniéndose así los valores que pueden observarse en la tabla 9.2.7.1, es decir, 426 gr/cama/día para el Grupo III y 174 gr/cama/día para el Grupo IV. Una vez conocidos los valores de los parámetros de generación de residuos para cada grupo de residuos en estos dos años (1990 y 2005), el resto de la serie temporal se ha construido por interpolación.

La información sobre residuos esterilizados e incinerados en España ha sido también modificada. Para el año 1990, se han mantenido las cantidades esterilizadas e incineradas en España y el extranjero. Para el año 2005 se ha podido conocer de forma más precisa la cantidad de residuos incinerados en España (1.471 toneladas). Se ha considerado que todos los residuos del Grupo III son tratados mediante esterilización y solo los del Grupo IV

son sometidos a incineración. Por este motivo, los residuos esterilizados coinciden con los residuos del Grupo III y la incineración realizada en el extranjero se obtiene como la diferencia entre la cantidad de residuos del Grupo IV generados y la cantidad incinerada en España.

Manteniendo el dato de residuos incinerados y esterilizados en 1990, el resto de la serie temporal se ha obtenido por interpolación entre 1990 y 2005. Para la pasada edición, 1990-2011, a través de la SG Residuos del MAGRAMA se pudo disponer de nueva información acerca de las instalaciones que pueden llevar a cabo la incineración de este tipo de residuos desde el año 2006, concretamente tres incineradoras de residuos urbanos y dos de residuos industriales. Estas instalaciones ya son consideradas por el Inventario como grandes focos puntuales, con información recogida mediante cuestionario individualizado. Como ya se ha comentado anteriormente, desde 2004 todas las instalaciones de incineración llevan a cabo su actividad con recuperación energética, por lo que las emisiones debidas a la incineración de este tipo de residuos en estas instalaciones se están computando en el sector Energía. Desde el año 2006 las emisiones de esta actividad han pasado a ser nulas puesto que, desde este año, las emisiones de este tipo de residuos ya se estaban contabilizando por completo en el sector Energía.

Desglose provincial

Para realizar el desglose por provincias se ha operado de la siguiente manera:

- Periodo 1990-1997.

Del estudio realizado por Prointec se conoce la cantidad de residuos incinerados en cada provincia y la cantidad total de residuos incinerados en España. A partir de estos datos se estima el porcentaje, sobre el total, que se incineraba en cada provincia y, manteniendo ese porcentaje y con la nueva cantidad total de residuos incinerados, se estima la nueva cantidad incinerada en cada provincia.

- Periodo 1998-2005

Según la información obtenida del “Estudio sobre generación y gestión de los residuos sanitarios en España”, en 2005 solo se incineraban residuos hospitalarios en las provincias de Cantabria y Asturias, incinerando cada una solo las cantidades que se generan en su propia comunidad. A partir de esta información se consideró que el porcentaje de residuos hospitalarios incinerados en el resto de las provincias en 2005 era cero.

Conocidas las cantidades incineradas en cada provincia para los años 1997 y 2005, el resto de la serie temporal se ha calculado por interpolación.

B) Factores de emisión

La influencia principal del tipo de incinerador sobre las emisiones a la atmósfera viene determinada por la capacidad de distribución, la gestión del proceso (continuo o por lotes), y la implantación de las técnicas de reducción de las emisiones. Entre éstas merecen citarse las de control de partículas, incluyendo metales pesados, mediante el uso de filtros de

mangas, precipitadores electrostáticos o lavadores “Venturi” de alta energía. Las emisiones de gas ácido pueden ser controladas mediante técnicas de lavado húmedo o seco.

Para los factores de emisión se ha optado, cuando éstos vienen diferenciados según técnicas de control de las emisiones, por aquellos que corresponden a las técnicas de uso más generalizado. Los factores finalmente seleccionados se muestran en la tabla 9.2.7.2.

Tabla 9.2.7.2.- Factores de emisión

ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
SO ₂ (g/t)	NO _x (g/t)	COVNM (g/t)	CH ₄ (g/t)	CO (g/t)	CO ₂ (kg/t)	N ₂ O (g/t)	NH ₃ (g/t)	SF ₆ (mg/t)	HFC (mg/t)	PFC (mg/t)
70/D	2.500/D	7.400/E	0/E	125/D	540/C	100/E				

METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Ni (mg/t)	Pb (mg/t)	Se (mg/t)	Zn (mg/t)	PM _{2,5} (g/t)	PM ₁₀ (g/t)	PST (g/t)
50/D	3.000/C	300/C	3.000/C	3.000/C	100/C	35.000/C	13/D	21.000/D	660/D	2.200/D	2.200/D

CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
HCH (mg/t)	PCP (mg/t)	HCB (mg/t)	TCM (g/t)	TRI (g/t)	PER (g/t)	TCB (mg/t)	TCE (g/t)	DIOX (ng/t)	HAP (mg/t)	PCB (mg/t)
	15/D	2/D						150.000/C	20/D	20/E

A continuación se comenta el detalle de las fuentes de referencia para los factores de emisión. La fuente principal son las tablas 8.3 y 8.4 del capítulo B927 del Libro Guía EMEP/CORINAIR; sobre las que se asume que para el CH₄, al no indicarse ningún factor, éste es 0, y adoptando, para el N₂O, el factor de 100 gr por tonelada, similar al que se cita para la incineración de residuos domiciliarios en la misma fuente. Para las partículas se han tomado factores de emisión propuestos por CITEPA, pág. 259 (véase referencias bibliográficas). Para el caso de las dioxinas se ha tomado el factor de 150 µg I-TEC/tonelada de residuo incinerado correspondiente a la técnica de control de reducción de partículas.

La información de la fuente anterior ha sido completada, para los otros compuestos, con la proveniente de las siguientes fuentes:

- “Manual PARCOM ATMOS”:
 - Tabla del apartado 2.5.1.2 para el PCP y HCB.
Debe advertirse que los datos de la tabla han sido corregidos (entendiendo que son erróneos y que también era errónea las unidades en que venían expresados, todo ello por comparación con la referencia “Compilation of Emission Factors for POPs, a case study of Czech and Slovak Republics”).
 - Tabla 2.5.2 para el Se.
- Elaboración propia para el cálculo del CO₂ de origen no biogénico: asumiéndose un 36% de origen fósil y un 64% de biogénico, sobre una emisión de CO₂ de 1500 kg por tonelada de residuo incinerada, con lo que el factor de CO₂ de origen fósil pasa a ser de 1500 x 0,36 = 540 kg por tonelada de residuo.

Para los PCB la información se ha tomado de la tabla 3.1 del capítulo 5.C.1.b. iii de las Guías EMEP EEA 2013

C) Emisiones

Las emisiones estimadas a partir del producto de los residuos incinerados en España por los factores de emisión correspondientes se muestran en la tabla 9.2.7.3. La distribución provincial de las emisiones se ha realizado tomando como variable subrogada la población estimada a 1 de julio de cada año, para entenderse que representa, de forma razonable, el número de camas hospitalarias existentes en cada provincia.

Tabla 9.2.7.3.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	1,0	36	107		1,8	8	1,4				
1991	0,9	34	100		1,7	7	1,4				
1992	0,9	32	94		1,6	7	1,3				
1993	0,8	30	87		1,5	6	1,2				
1994	0,8	27	81		1,4	6	1,1				
1995	0,7	25	75		1,3	5	1,0				
1996	0,6	23	68		1,2	5	0,9				
1997	0,6	21	62		1,0	5	0,8				
1998	0,5	19	56		0,9	4	0,8				
1999	0,5	17	49		0,8	4	0,7				
2000	0,4	14	43		0,7	3	0,6				
2001	0,3	12	36		0,6	3	0,5				
2002	0,3	10	30		0,5	2	0,4				
2003	0,2	8	24		0,4	2	0,3				
2004	0,2	6	17		0,3	1	0,2				
2005	0,1	4	11		0,2	1	0,1				

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990	0,7	43	4,3	43	43	1,4	504	0,19	302			
1991	0,7	41	4,1	41	41	1,4	474	0,18	284			
1992	0,6	38	3,8	38	38	1,3	444	0,16	266			
1993	0,6	35	3,5	35	35	1,2	413	0,15	248			
1994	0,5	33	3,3	33	33	1,1	383	0,14	230			
1995	0,5	30	3,0	30	30	1,0	353	0,13	212			
1996	0,5	28	2,8	28	28	0,9	323	0,12	194			
1997	0,4	25	2,5	25	25	0,8	293	0,11	176			
1998	0,4	23	2,3	23	23	0,8	263	0,10	158			
1999	0,3	20	2,0	20	20	0,7	233	0,09	140			
2000	0,3	17	1,7	17	17	0,6	202	0,08	121	4	13	13
2001	0,2	15	1,5	15	15	0,5	172	0,06	103	3	11	11
2002	0,2	12	1,2	12	12	0,4	142	0,05	85	3	9	9
2003	0,2	10	1,0	10	10	0,3	112	0,04	67	2	7	7
2004	0,1	7	0,7	7	7	0,2	82	0,03	49	2	5	5
2005	0,1	4	0,4	4	4	0,1	51	0,02	31	1	3	3

Tabla 9.2.7.3.- Emisiones (Continuación)

AÑO	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
	HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)	PCB (kg)
1990		0,22	0,03						2,2	0,29	0,288
1991		0,20	0,03						2,0	0,27	0,271
1992		0,19	0,03						1,9	0,25	0,253
1993		0,18	0,02						1,8	0,24	0,236
1994		0,16	0,02						1,6	0,22	0,219
1995		0,15	0,02						1,5	0,20	0,202
1996		0,14	0,02						1,4	0,18	0,185
1997		0,13	0,02						1,3	0,17	0,167
1998		0,11	0,02						1,1	0,15	0,150
1999		0,10	0,01						1,0	0,13	0,133
2000		0,09	0,01						0,9	0,12	0,116
2001		0,07	0,01						0,7	0,10	0,098
2002		0,06	0,01						0,6	0,08	0,081
2003		0,05	0,01						0,5	0,06	0,064
2004		0,04	0,005						0,4	0,05	0,047
2005		0,02	0,003						0,2	0,03	0,029

9.4.- DEPÓSITO EN VERTEDEROS DE LOS RESIDUOS URBANOS

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS			
NOMENCLATURA	CÓDIGO		
CORINAIR/SNAP 97	09.04 01 09.04.02		
CMCC/CRF	6 A	6 C	1 A 1 a
CLRTAP-EMEP/NFR	6 A	6 C	1 A 1 a

En este subgrupo se incluyen las emisiones originadas en los vertederos, tanto gestionados como no gestionados, provenientes directa o indirectamente de los residuos depositados en dichos vertederos. El principal gas emitido es el CH₄, producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos. Adicionalmente, en los vertederos, ya sean gestionados o no gestionados, en que se quema alguna sustancia (residuos, biogás y/o combustibles auxiliares) se emiten también los gases propios de la combustión/incineración.

En los apartados 9.4.1 a 9.4.3 se describe el proceso de generación de CH₄ de acuerdo con la metodología del Manual de Referencia y la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, y que se aplica tanto a los vertederos gestionados como a los no gestionados en donde no se realizan procesos de combustión. Para las emisiones procedentes de la combustión, ya sea en vertederos gestionados o no, la metodología de estimación es sencillamente la de aplicación del factor de emisión propuesto por la correspondiente variable de actividad, por lo cual se entiende que no requiere descripción metodológica específica. En los epígrafes 9.4.4 a 9.4.6 se presenta la información sintética referida respectivamente a variables de actividad, factores de emisión y emisiones estimadas, tanto para vertederos gestionados como no gestionados.

9.4.1.- La gestión de los residuos urbanos y el proceso de generación de metano (CH₄)

El depósito en vertederos es una de las prácticas más habituales para dar salida a las crecientes cantidades de residuos generados. La degradación (y consiguiente reducción de volumen) de los residuos en los vertederos se produce, normalmente, bien por autocombustión, bien por digestión anaerobia, o por una combinación de ambas vías. En términos de emisiones generadas, debe distinguirse entre vertederos gestionados y no-gestionados.

Los residuos orgánicos biodegradables se descomponen por la acción bacteriana a través de una serie de etapas que resultan en la formación de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) y que conllevan un incremento de la biomasa bacteriana. La combinación del CH₄ y CO₂ resultantes de este proceso se conoce con el nombre de gas de vertedero o biogás². En la fase inicial de la degradación la materia orgánica se rompe en un conjunto de pequeñas moléculas solubles entre las que se incluye una diversidad de azúcares. Éstos se descomponen a su vez en hidrógeno (H₂) y CO₂ y una serie de ácidos carboxílicos. Dichos ácidos se convierten posteriormente en ácido acético, el cual junto al H₂ y al CO₂ forman el sustrato principal para el desarrollo de las bacterias metanogénicas.

El gas de vertedero está formado aproximadamente, a partes iguales (50%) en volumen, por CO₂ y CH₄. No obstante, en determinados casos el porcentaje de CO₂ puede ser menor si el sustrato degradable tiene una elevada proporción de hidrógeno/oxígeno y también si el CO₂ generado puede disolverse en agua en el vertedero. En cuanto al CO₂, dado su origen biogénico, y de acuerdo con la metodología IPCC no será objeto de cómputo en el Inventario.

Los factores más influyentes en la generación de CH₄ por la degradación de la materia orgánica de los vertederos son los siguientes:

- Los sistemas de gestión de los vertederos.

En general, los vertederos gestionados tienden a favorecer el desarrollo de la actividad bacteriana anaeróbica y, por tanto, en ellos se dan tasas más altas de CH₄.

- La composición de los residuos.

Los residuos sólidos urbanos con mayor contenido de materia orgánica biodegradable son lógicamente los que conllevan mayores tasas de generación de CH₄.

- Factores físicos.

La humedad, o proporción de agua en los residuos es un elemento necesario para el desarrollo del crecimiento bacteriano. La temperatura debe oscilar en el rango de 25°C

² Se suele diferenciar entre los términos “gas de vertedero” y “biogás”, reservándose el primero al gas tal cual es generado en el proceso de descomposición de los residuos antes de que en su flujo al exterior se combine con aire exterior; mientras el término “biogás” se reserva para el gas anterior cuando aparece ya mezclado con alguna cantidad de aire.

a 40°C, fuera del cual la producción de CH₄ se reduce. El pH óptimo es el neutro (7). Finalmente, la presencia de nutrientes como el azufre, fósforo, sodio y calcio, favorece la eficiencia del crecimiento bacteriano y con ella la generación de CH₄.

9.4.2.- Las metodologías de estimación de las emisiones de CH₄ en vertederos

Existen dos metodologías básicas para la estimación de las emisiones de CH₄ procedentes de las fugas del biogás originado por la descomposición anaeróbica de los residuos depositados en los vertederos: 1) la metodología del balance teórico de generación instantánea, y 2) la metodología cinética de primer orden. De éstas dos la que finalmente se utilizará en la estimación de las emisiones será la metodología cinética de primer orden por considerarla que puede ser más representativa del proceso de generación de CH₄ en el contexto pasado y actual de los vertederos de residuos en España.

Metodología del balance teórico de generación instantánea

Esta metodología se basa en un balance de masas y no incorpora ninguna pauta de decaje temporal de generación efectiva de CH₄, pues se asume, por sencillez del método, que el CH₄ es generado y emitido en el mismo año en que el residuo se deposita en el vertedero. La validez del método depende de la constancia, tanto de las cantidades depositadas de residuos como de la composición de éstos a lo largo del tiempo. Sin embargo, si uno o ambos de estos dos elementos cambian, esta metodología no proporcionará una buena estimación de las emisiones correspondientes a cada año.

El cálculo del balance de masas requiere la estimación previa de los siguientes parámetros: a) la fracción de carbono orgánico degradable (DOC) contenido en los residuos sólidos urbanos (MSW como acrónimo para la formulación que sigue); b) el factor de corrección de metano (MCF), que representa el ratio de potencialidad de generación de este gas según sea el tipo de gestión del vertedero; c) DOC_F, que representa el ratio de DOC que se convierte efectivamente a gas de vertedero; d) la fracción en volumen de metano en el gas de vertedero; e) la cantidad R de metano recuperado y no emitido como tal gas, y e) el factor de oxidación del metano no recuperado. Las restantes variables del algoritmo, que se muestra en la fórmula [9.4.1], se refieren a la cantidad de residuos generados, (MSW_T), a la fracción MSW_F de los MSW_T depositada en vertederos y a la recuperación R del metano generado en los mismos.

Emisiones de metano (Gg/año)

=

$$(MSW_T \times MSW_F \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12 - R) \times (1 - OX) \quad [9.4.1]$$

donde:

MSW_T = total residuos urbanos generados (Gg/año)

MSW_F =fracción de residuos urbanos depositados en vertederos

MCF =factor de corrección de metano (fracción)

DOC =carbono orgánico degradable (DOC) (fracción)

DOC_F =fracción de DOC degradada a biogás (por defecto 0,55)

F =fracción de CH_4 en el biogás (por defecto es 0,5)

R = CH_4 recuperado (Gg/año)

OX =factor de oxidación (fracción - por defecto es 0,1)

El resultado de la aplicación del algoritmo dado por la fórmula [9.4.1] es la cantidad de metano emitida de acuerdo con el método de estimación del balance teórico de generación instantánea.

Metodología cinética de primer orden

En general, los procesos de degradación en vertedero de los residuos tienen un periodo de maduración de varios años, que puede oscilar desde 3 a 5 años para los componentes más lábiles hasta más de 40 años para los de menor velocidad de biodegradación. En realidad, la curva de degradación presenta una forma similar a la de una distribución logarítmica, con una cola larga hacia la derecha (decaimiento exponencial), y, por tanto, se extiende en el tiempo teóricamente de forma indefinida, si bien el periodo significativo de emisiones puede acotarse a unos 40 años.

Este hecho llevaba a que, de cara al cálculo de las emisiones, las cantidades de residuos a considerar fuesen las depositadas desde 1970. Sin embargo, las recomendaciones realizadas desde los equipos revisores de Naciones Unidas, así como de la Comisión de la Unión Europea que tenían como objeto incluir como procesos generadores de las emisiones los residuos depositados hasta con 40 años previos al año base 1990, motivó la incorporación de los residuos depositados en vertedero desde el año 1950.

La característica esencial de esta metodología es que en ella se trata de seguir la pauta temporal de generación de metano a lo largo del tiempo tras el depósito de los residuos en el vertedero.

Según el modelo cinético de primer orden, propuesto en la Guía de Buenas Prácticas 2000 de IPCC, cada unidad de masa de carbono orgánico degradable presente en los residuos en el momento de su deposición se reduce, transcurrido un lapso de tiempo t , según la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-kt}$$

donde k es el ritmo de reducción del carbono presente en los residuos, Q_0 es la cantidad de carbono orgánico degradable en el momento de la deposición, y Q_t la que queda en los residuos transcurrido el lapso t . Así, el carbono emitido durante el periodo $(t, t + 1)$ será:

$$C_t = Q_t - Q_{t+1} = Q_0 e^{-kt} (1 - e^{-k})$$

En las ediciones anteriores del inventario el cálculo de las emisiones anuales de metano se ha realizado bajo los supuestos implícitos de que todos los residuos generados en cada año se depositan al comienzo del mismo y de que la reacción química generadora de la emisión arranca inmediatamente después de la deposición. Es claro que ambos supuestos representan una aproximación al máximo de la emisión anual, no a su valor medio como sería deseable. Esto condujo a que el equipo de trabajo del inventario se planteara un enfoque más realista al menos en lo que se refiere al momento de la deposición de los residuos (respecto del retardo en el arranque de las reacciones químicas, actualmente no se dispone de información suficiente y contrastada como para realizar una modificación de los procedimientos de cálculo).

Dicho enfoque parte del desconocimiento sobre los momentos del año en que los residuos son depositados en los vertederos, sólo se conoce la cantidad total anual, por lo que se ha creído conveniente adoptar una aproximación estadística en la solución del problema. Para ello, se ha supuesto que la probabilidad de deposición de cada unidad de masa en los diferentes momentos del año sigue una distribución uniforme, es decir, la densidad de probabilidad de que la deposición se haya realizado en un instante en particular del año es la misma que la de cualquier otro e igual a la unidad. En consecuencia, aplicando el modelo cinético de primer orden, una masa de residuos depositada en el momento x del año origen de la escala temporal ($t \geq x$), con una cantidad de carbono orgánico degradable Q_0 se convertirá transcurrido un tiempo t en:

$$Q_t = Q_0 e^{-k(t-x)}$$

donde x es una variable aleatoria distribuida uniformemente en el intervalo cerrado **[0, 1]**. La esperanza matemática del contenido de carbono al final del periodo t será por tanto:

$$E(Q_t) = \int_0^1 Q_0 e^{-k(t-x)} dx = \frac{1 - e^{-k}}{k} e^{-k(t-1)} Q_0$$

En consecuencia, al finalizar el año de la deposición de la cantidad Q_0 la esperanza matemática del carbono emitido será:

$$Q_0 \left(1 - \frac{1 - e^{-k}}{k} \right)$$

y, a su vez, la esperanza matemática del carbono emitido durante el periodo $(t, t + 1)$ para $t \geq 0$ (donde t indica el punto final de un periodo en particular) será::

$$E(C_t) = E(Q_t) - E(Q_{t+1}) = \frac{1 - e^{-k}}{k} (e^{-kt} - e^{-k(t+1)}) Q_0 = \frac{(1 - e^{-k})^2}{k} e^{-kt} Q_0$$

De acuerdo con ello, la cantidad total de metano generado en un determinado año proveniente de las deposiciones de residuos realizadas en años anteriores, según el modelo cinético de primer orden, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$G_t = R_t L_{0,t} \left(1 - \frac{1 - e^{-k}}{k} \right) + \frac{(1 - e^{-k})^2}{k} \sum_{i=t_0}^{i=t-1} R_i L_{0,i} e^{-k(i-t_0)} \quad [9.4.2]$$

donde:

- G_t = metano generado en el año "t" de referencia del inventario (toneladas/año "t")
- t = año de referencia del inventario
- t_0 = año de inicio de la actividad del vertedero
- i = años sobre los que hay que efectuar la agregación, y que son los años, hasta el de referencia del inventario, en que se han depositado residuos en el vertedero; así: ($t_0 \leq i \leq t$)
- k = ratio de generación de metano (año^{-1})
- R_{t-i} = cantidad de residuos depositada en el año "i" en el vertedero (toneladas/año "i")
- $L_{0,i}$ = potencial generación de metano [$MCF_i * DOC_i * DOC_{F,i} * F_i * (16/12)$] (toneladas CH_4 /tonelada residuo)

donde, a su vez,

- MCF_i = factor de corrección de metano en el año i (fracción)
- DOC_i = fracción de carbono orgánico degradable (DOC) en el residuo depositado en el año "i" (toneladas C-biodegradable/tonelada residuo)
- $DOC_{F,i}$ = fracción de DOC que se descompone en biogás
- F_i = fracción, en volumen, de CH_4 en el biogás
- 16/12 = factor de conversión de masa de C a masa de CH_4

Una vez estimado el metano generado se procede de la siguiente forma para calcular la emisión de dicho gas. En primer lugar se resta de la cantidad generada, G_t , la cantidad captada, CA_t , que por ser destinada a otros usos, principalmente por su potencial energético como combustible, no se emitirá como metano sino normalmente como gases de la combustión del biogás. A la diferencia así calculada, $G_t - CA_t$, que es el metano potencialmente emitido como tal se le aplica el factor reductor de oxidación (1-OX) resultando como producto de ambos la cantidad estimada, E_t , de metano emitida, según se expresa en la ecuación [9.4.3] siguiente:

$$E_t = [G_t - CA_t] * (1 - OX) \quad [9.4.3]$$

donde:

- E_t = cantidad de CH_4 emitida en el año "t" de referencia del inventario (toneladas de CH_4 /año)

CA_t = cantidad de CH_4 recuperada en el año “t” de referencia del inventario (toneladas de CH_4 /año)

OX = factor de oxidación del metano generado y no recuperado (fracción)

9.4.3.- Parámetros para los algoritmos de estimación de las emisiones

En este subepígrafe se especifican los valores que se han considerado para los diversos parámetros que intervienen en el algoritmo de estimación de las emisiones según el modelo cinético de primer orden anteriormente comentado. En la medida de lo posible los valores provienen de medidas realizadas sobre las características de los residuos y/o los procesos de generación de metano en los vertederos. En su caso, cuando no se ha podido disponer de mediciones para alguno de los parámetros considerados, se ha adoptado el valor más ajustado conforme al juicio de expertos del sector.

En la tabla 9.4.1 se muestran los valores del parámetro DOC para distintos constituyentes de los residuos que provienen de la recogida directa domiciliar y cuya fuente es la tabla 6.3 del Manual de Referencia IPCC. Utilizando los coeficientes de dicha tabla, en la fórmula [9.4.4] se expresa el algoritmo de estimación del parámetro DOC en función de la composición tipológica de los residuos, la información procede:

- i) para los grandes vertederos que realizan mayoritariamente captación de biogás, de los datos plasmados en los correspondientes cuestionarios hasta el año 2008 y, en su defecto, así como
- ii) para los vertederos individualizados a partir de 2009 y para los restantes vertederos, de la información sobre la composición tipológica media nacional de los residuos que facilita la publicación “Medio Ambiente en España” o directamente de la información de la Subdirección General de Residuos (SGR) (véase la tabla 9.4.2)³.

Esta composición por defecto de los residuos depositados en vertederos se ha actualizado para el periodo 1998-2012 a partir del estudio realizado por SGR en el año 2010 “Plan Piloto de Caracterización de Residuos Urbanos de Origen Domiciliario”. Una vez actualizados los componentes de los residuos para el año 2010, se interpolaron los datos de composición del año 1997 al año 2010 y subrogó el año 2010 para los años 2011 y 2012.

Para el resto de residuos depositados se han utilizado los valores del parámetro DOC plasmados en los cuestionarios y en su defecto, una vez examinada la composición tipológica de los residuos de todos los vertederos individualizados, se ha obtenido valores específicos propuestos por el equipo de trabajo del inventario tomando como referencia el

³ La composición de estos residuos a lo largo de los años se muestra en la tabla 9.4.2, cuya fuente básica ha sido la publicación “Medio Ambiente en España” desde el año 1984 en adelante. Sobre las cifras de ese periodo se han realizado extrapolaciones desde 1984 hasta 1970 e interpolado, en su caso, algunos años del período 1984-2011 para los que se carecía de datos. Del año 1950 a 1969 se asume la composición tipológica media nacional del año 1970.

apartado 2.3.2 y la tabla 2.5 del capítulo 2 de la Guía 2006 IPCC: i) lodos de depuradora (0,175) y ii) otros (0,04).

En esta edición del inventario el punto focal (SGR) ha actualizado a 0,1 el carbono orgánico degradable por defecto para los rechazos de plantas (plantas de triaje y compostaje, plantas triaje, digestión anaerobia y compostaje) conforme a las referencias bibliográficas de IPCC (Bockreis and Steinberg, 2005), (Kaartinen, 2004). Kuehle-Weidemeier and Doedens, 2003), que señalan reducciones de DOC del 40 al 60%, e incluso hasta el 90% que tienen en cuenta los cambios de composición de los residuos después de los tratamientos previos realizados a los residuos hasta el depósito final en el vertedero.

Tabla 9.4.1.- Valores por defecto de DOC de diversos componentes de los residuos

RESIDUOS URBANOS	Porcentaje de DOC (en masa)
Papel y textiles	40
Residuos vegetales y otros residuos orgánicos no alimentarios	17
Residuos alimentarios	15
Residuos de madera y similares	30

$$\text{Porcentaje de DOC(en masa)} = 0.4(A) + 0.17(B) + 0.15(C) + 0.30(D) \quad [9.4.4]$$

donde:

- A* = porcentaje de papel y textiles en los residuos
- B* = porcentaje de residuos vegetales y de otros productos orgánicos degradables no alimentarios en los residuos
- C* = porcentaje de residuos alimentarios en los residuos
- D* = porcentaje de madera, paja y biomasa en los residuos

A partir del año 2008 se ha introducido para todos los vertederos el ítem “restos de poda” para dar cabida a este tipo de residuos que tienen presencia en la composición de los residuos recogidos.

Tabla 9.4.2.- Datos de composición de los residuos urbanos y carbono orgánico degradable (DOC) asociado. Valores Nacionales por defecto (Cifras en %)

AÑO	Materia orgánica	Papel y cartón	Plásticos	Vidrio	Metales férreos	Metales no férreos	Madera	Textiles	Gomas y caucho	Pilas y baterías	Otros	DOC ⁽¹⁾
1950 - 1970	52,00	17,00	3,00	2,50	4,50	1,30	4,00	4,80	4,00	0,10	6,80	17,72
1971	51,86	17,29	3,43	2,57	4,43	1,26	3,86	4,80	3,86	0,11	6,53	17,77
1972	51,71	17,57	3,86	2,64	4,36	1,21	3,71	4,80	3,71	0,11	6,32	17,82
1973	51,57	17,86	4,29	2,71	4,29	1,17	3,57	4,80	3,57	0,12	6,05	17,87
1974	51,43	18,14	4,71	2,79	4,21	1,13	3,43	4,80	3,43	0,13	5,80	17,92
1975	51,29	18,43	5,14	2,86	4,14	1,09	3,29	4,80	3,29	0,14	5,53	17,97
1976	51,14	18,71	5,57	2,93	4,07	1,04	3,14	4,80	3,14	0,14	5,32	18,02
1977	51,00	19,00	6,00	3,00	4,00	1,00	3,00	4,80	3,00	0,15	5,05	18,07
1978	50,88	19,06	6,00	3,13	4,00	1,00	2,98	4,80	3,00	0,15	5,00	18,07
1979	50,75	19,13	6,00	3,25	4,00	1,00	2,95	4,80	3,00	0,15	4,97	18,07
1980	50,63	19,19	6,00	3,38	4,00	1,00	2,93	4,80	3,00	0,15	4,92	18,07
1981	50,50	19,25	6,00	3,50	4,00	1,00	2,90	4,80	3,00	0,15	4,90	18,06
1982	50,38	19,31	6,00	3,63	4,00	1,00	2,88	4,80	3,00	0,15	4,85	18,06
1983	50,25	19,38	6,00	3,75	4,00	1,00	2,85	4,80	3,00	0,15	4,82	18,06
1984	50,13	19,44	6,00	3,88	4,00	1,00	2,83	4,80	3,00	0,15	4,77	18,06
1985	50,00	19,50	6,00	4,00	4,00	1,00	2,80	4,80	3,00	0,15	4,75	18,06
1986	48,13	19,88	6,75	6,10	4,00	1,00	2,73	4,80	1,88	0,15	4,58	17,91
1987	48,75	19,75	6,50	5,40	4,00	1,00	2,76	4,80	2,25	0,15	4,64	17,96
1988	49,38	19,63	6,25	4,70	4,00	1,00	2,78	4,80	2,63	0,15	4,68	18,01
1989	47,50	20,00	7,00	6,80	4,00	1,00	2,71	4,80	1,50	0,15	4,54	17,86
1990	46,75	20,00	7,00	6,80	4,00	1,00	2,71	4,80	1,50	0,15	5,29	17,75
1991	46,00	20,00	7,00	6,80	4,00	1,00	2,71	4,80	1,50	0,15	6,04	17,63
1992	45,00	20,25	8,79	6,85	4,06	1,00	1,84	4,81	1,26	0,18	5,96	17,33
1993	44,00	20,50	10,57	6,90	4,12	1,00	0,96	4,82	1,02	0,20	5,91	17,02
1994	44,00	20,70	10,57	6,90	4,12	1,00	0,96	4,82	1,02	0,20	5,71	17,10
1995	44,00	20,85	10,58	6,95	3,81	1,00	0,98	4,91	1,01	0,20	5,71	17,20
1996	44,00	21,00	10,58	7,00	3,50	1,00	1,00	5,00	1,00	0,20	5,72	17,30
1997	44,00	21,20	10,59	6,90	3,43	0,68	0,96	4,81	1,01	0,20	6,22	17,29
1998	44,24	20,63	10,85	6,75	3,39	0,67	1,04	5,26	0,93	0,18	6,05	17,31
1999	44,49	20,07	11,11	6,60	3,34	0,66	1,12	5,70	0,85	0,17	5,88	17,32
2000	44,73	19,50	11,37	6,45	3,30	0,65	1,21	6,15	0,78	0,15	5,71	17,33
2001	44,98	18,94	11,62	6,30	3,25	0,65	1,29	6,60	0,70	0,14	5,54	17,35
2002	45,22	18,37	11,88	6,15	3,21	0,64	1,37	7,05	0,62	0,12	5,37	17,36
2003	45,47	17,81	12,14	6,00	3,17	0,63	1,45	7,49	0,54	0,11	5,20	17,38
2004	45,71	17,24	12,40	5,85	3,12	0,62	1,53	7,94	0,47	0,09	5,03	17,39
2005	45,95	16,68	12,66	5,70	3,08	0,61	1,62	8,39	0,39	0,08	4,86	17,40
2006	46,20	16,11	12,92	5,55	3,03	0,60	1,70	8,83	0,31	0,06	4,69	17,42
2007	46,44	15,55	13,17	5,40	2,99	0,59	1,78	9,28	0,23	0,05	4,52	17,43
2008	46,69	14,98	13,43	5,25	2,94	0,58	1,86	9,73	0,16	0,03	4,35	17,45
2009	46,93	14,42	13,69	5,10	2,90	0,58	1,94	10,18	0,08	0,02	4,18	17,46
2010	47,18	13,85	13,95	4,95	2,86	0,57	2,02	10,62	0,00	0,00	4,01	17,47
2011	47,18	13,85	13,95	4,95	2,86	0,57	2,02	10,62	0,00	0,00	4,01	17,47
2012	47,18	13,85	13,95	4,95	2,86	0,57	2,02	10,62	0,00	0,00	4,01	17,47

Para la aplicación de la fórmula [9.4.4] se ha asociado a las variables, (A), (B), (C) y (D) que aparecen en la misma, las siguientes categorías de componentes de los residuos que figuran en la tabla 9.4.2:

- (A) Se le asocia los componentes "Papel y cartón" y "Textiles".
- (B) No se le asocia ningún compuesto de la tabla.
- (C) Se le asocia el componente "Materia orgánica".

(D) Se le asocia el componente "Madera".

Una vez efectuada la asociación anterior, por aplicación de la fórmula [9.4.4], se obtiene el valor de DOC a lo largo de los años del período relevante, desde 1950 hasta 2012.

La técnica de inferencia aplicada para completar la serie de composición tipológica de los residuos pertenecientes a grandes vertederos individualizados ha sido la interpolación lineal entre el primer año del que facilita información el vertedero y el dato de la composición media nacional en el caso de que no se disponga de datos de años consecutivos. Para los años posteriores al informado se ha subrogado la composición recogida en el cuestionario y, ante la inexistencia de información de DOC en todo el periodo de actividad del vertedero y para el periodo 2009-2012, se ha recurrido a la información sobre la composición tipológica facilitada por SGR y que figura en la tabla 9.4.2.

Respecto al parámetro MCF o factor de corrección de metano se asumen como referencias los valores que figuran en la tabla 9.4.3 y cuya fuente es la tabla 6.2 del Manual de Referencia IPCC.

Tabla 9.4.3.- Clasificación de vertederos y factor de corrección de CH₄ (MCF)

TIPO DE VERTEDERO	MCF
Gestionado	1,0
No gestionado - profundo (≥ 5 m)	0,8
No gestionado - somero (< 5 m)	0,4
No clasificado	0,6

La información sobre el factor corrector de metano en vertederos gestionados procede, para los vertederos que realizan captación del biogás, de los datos plasmados en los propios cuestionarios y, en su defecto, así como para los restantes vertederos, del valor por defecto, MCF = 1, recomendado en la tabla 5.1 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.. Para los vertederos no-gestionados, se ha sumido un valor de MCF = 0,8 para los profundos y MCF = 0,4 para los de menos de 5 metros como recomienda la tabla 5.1 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

Los valores de los restantes parámetros utilizados y, en su caso, el rango presumible de variación de los mismos se muestran en la tabla 9.4.4 siguiente han sido tomados del epígrafe 6.2.4 del Manual de Referencia IPCC o a través de la información que se recoge a través de cuestionario. Se hace notar que la información de los parámetros MCF, DOC_F, OX y k procedente de los cuestionarios se mantiene para todo el periodo de actividad del vertedero.

Tabla 9.4.4.- Valores asumidos de otros parámetros

Parámetro		Expresión o Rango de Variación	Valor asumido
Denominación	Símbolo		
Fracción de carbono degradada	DOC _F	0,5-0,6	0,55
Factor de oxidación	OX		0,1
Tasa constante de generación de metano	k	0,005 < k < 0,4	0,05

9.4.3.1.- Referencia a los factores de emisión según la metodología del balance teórico de generación instantánea

En el apartado 9.4.2 se expuso la metodología del balance teórico de generación instantánea, que aunque no va a ser la utilizada para la estimación de las emisiones de metano en los vertederos, sirve de referencia para la estimación de las emisiones en un régimen de flujo estacionario de depósito de residuos en vertedero. Ahora, con los parámetros dados más arriba en este epígrafe 9.4.3, pueden presentarse los factores de emisión correspondientes a esta metodología del balance teórico de generación instantánea.

En el régimen de flujo estacionario de depósito de residuos en vertedero, la estimación de la emisión de carbono C emitido (que se desdoblará en CO₂ y CH₄) a lo largo del proceso de degradación total de la biomasa puede calcularse de forma general de acuerdo con la fórmula [9.4.5]:

$$C_{\text{BIOGÁS}} = \text{MCF} * \text{DOC} * \text{DOC}_F \quad [9.4.5]$$

donde los valores de los parámetros que aparecen son para este tipo de vertederos los siguientes: MCF = 1; DOC = 0,2; DOC_F = 0,55.

Vertederos gestionados

Teniendo en cuenta que el 50% de dicho carbono se emite como CO₂ y el otro 50% como CH₄ (F = 0,5), que el factor de conversión a metano MCF es igual a 1 para los vertederos gestionados, resultarían, para la masa total de CO₂ y CH₄⁴ emitida por tonelada de residuo, los siguientes valores:

- CO₂_{BIOGÁS} = 1 * 0,2 * 0,55 * 0,5 * 44/12 = 202 kg CO₂/tonelada residuo
- CH₄_{BIOGÁS} = 1 * 0,2 * 0,55 * 0,5 * 16/12 = 73 kg CH₄/tonelada residuo

Vertederos no gestionados

Análogamente al caso de los vertederos gestionados el cálculo de los factores finales de CO₂_{BIOGÁS} y CH₄_{BIOGÁS} tras la degradación completa de la materia orgánica pueden estimarse en este caso de acuerdo con la misma fórmula [9.4.5] arriba citada, pero adoptando ahora para el valor del parámetro MCF el valor de 0,6 (media ponderada al 50% de peso del valor 0,8 correspondiente a los vertederos profundos y del valor 0,4 correspondiente a los vertederos someros), resultando así:

- CO₂_{BIOGÁS} = 0,6 * 0,2 * 0,55 * 0,5 * 44/12 = 121 kg CO₂/tonelada residuo
- CH₄_{BIOGÁS} = 0,6 * 0,2 * 0,55 * 0,5 * 16/12 = 44 kg CH₄/tonelada residuo

⁴ Elevando los valores calculados en términos de carbono con los ratios de peso molecular del contaminante a peso atómico del carbono.

9.4.4.- Variables de actividad

En la tabla 9.4.5.a se presenta la evolución de las cantidades de residuos según sistemas de tratamiento/eliminación de los mismos en el periodo 1990-2012 y en la tabla 9.4.5.b se presentan las variables básicas de actividad y las variables derivadas que permitirán evaluar la cantidad de residuos depositados en los vertederos distinguiendo entre vertederos gestionados y vertederos no gestionados, y para éstos últimos la fracción quemada por procesos mantenidos de combustión para la reducción del residuo depositado.

Hasta la edición 1990-2011, la información de los vertederos gestionados procedía de la información proporcionada a través de:

- i) cuestionarios individualizados a grandes vertederos gestionados que generalmente captaban biogás y
- ii) la publicación “Medio Ambiente España” o directamente de la Subdirección General de Residuos (SGR).

Para la edición actual del inventario, la información y tratamiento metodológico para el intervalo 1990-2008 de los vertederos que anteriormente se trataban con cuestionario individualizado, se ha mantenido como se reflejaba en la edición 1990-2011 del inventario y, para el periodo 2009-2011, se ha empleado la información y procedimientos desarrollados por el punto focal (SGR), a excepción de dos vertederos de ámbito no municipal. La información del 2011 se ha subrogado para 2012.

La información y tratamiento metodológico de los vertederos no individualizados se recoge para el periodo 1990-2008 como las ediciones anteriores, de la publicación “Medio Ambiente en España” o de la información de la SGR. Los años 2009, 2010 y 2011 se han actualizado con nueva información aportada por SGR y los datos del 2011 se han subrogado para 2012.

La información sobre los vertederos no gestionados procedía de la publicación “Medio Ambiente en España” para el periodo 1990-2006. Según se indica en dicha fuente, la cantidad de residuos depositados se calculó por diferencia entre la generación teórica por habitante y comunidad autónoma obtenida a través de indicadores y las cantidades de residuos destinadas a plantas de tratamiento de cada comunidad.

A partir del 2006 la Subdirección General de Residuos, a través del “Plan de Acción sobre vertederos ilegales” aprobado en el año 2008, proporciona información a partir de datos procedentes de las comunidades autónomas.

A su vez, dentro de los vertederos no gestionados, se han asumido por el equipo de realización del inventario unos coeficientes de quema para la reducción de volumen, coeficientes que han ido evolucionando a la baja a lo largo del periodo inventariado. En esta edición del inventario, siguiendo las recomendaciones de los equipos revisores de Naciones Unidas, así como de la Comisión de la Unión Europea, se ha investigado la fracción de quema de los residuos depositados en vertederos no gestionados y se ha fijado en 0 a partir del año 2001 a través de la información de SGR. Por tanto, las emisiones del total de

residuos depositados en este tipo de vertederos son estimadas en esta actividad a partir de 2001.

En las tablas siguientes 9.4.5.a. (sistemas de tratamiento y eliminación de residuos) y 9.4.5.b. (depósito en vertederos) se muestra la evolución de las cantidades de residuos tratados según sistema de tratamiento en el periodo inventariado. Las variables, y sus unidades, representadas en las tablas son las siguientes:

- Año.
- Habitantes: Para la población se ha tomado la serie del Instituto Nacional de Estadística estimada a 1 de julio.
- Producción: residuos generados expresados en toneladas.
- CoefH: producción en kg de residuos por habitante y día.
- Reciclaje: cantidad, en toneladas, de residuos seleccionados en origen.
- Compostaje: cantidad en toneladas de residuos destinados a compostaje.
- Incineración: cantidad en toneladas de residuos destinados a incineración.
- Biometanización: cantidad en toneladas de residuos destinados a biometanización.
- Vertederos:
 - Totales, gestionados, no gestionados: cantidades en toneladas depositadas respectivamente en el conjunto de vertederos, en vertederos gestionados (individualizados con recogida de información vía cuestionario individualizado o no individualizados de los que se recoge información estadística a través de la publicación "Medio Ambiente en España") o en vertederos no gestionados.
 - FIQ: fracción que expresa la cantidad de residuos quemada en los vertederos no gestionados. Los valores de este parámetro han sido tomados tras consultar a expertos del sector.
 - Quemados/No-quemados: cantidades en toneladas de residuos quemados y no quemados en vertederos no gestionados.

Tabla 9.4.5.a.- Variables de actividad – Sistemas de tratamiento y eliminación de residuos (Cifras en toneladas)

Año	Habitantes	Producción	CoefH ⁽¹⁾ (kg/hab día)	Reciclaje	Compostaje	Incineración	Biometanización	Total Vertederos
1950	28.117.873	5.556.527	0,54	0	272.572	627.765	0	4.656.190
1951	28.236.223	5.586.608	0,54	0	272.572	627.765	0	4.686.271
1952	28.474.440	5.618.932	0,54	0	272.572	627.765	0	4.718.595
1953	28.714.685	5.653.676	0,54	0	272.572	627.765	0	4.753.339
1954	28.956.971	5.691.034	0,54	0	272.572	627.765	0	4.790.697
1955	29.201.324	5.731.213	0,54	0	272.572	627.765	0	4.830.876
1956	29.447.759	5.774.439	0,54	0	272.572	627.765	0	4.874.102

Tabla 9.4.5.a.- Variables de actividad – Sistemas de tratamiento y eliminación de residuos (Cifras en toneladas) (Continuación)

Año	Habitantes	Producción	CoefH ⁽¹⁾ (kg/hab día)	Reciclaje	Compostaje	Incineración	Biometanización	Total Vertederos
1957	29.696.287	5.820.955	0,54	0	272.572	627.765	0	4.920.618
1958	29.946.937	5.871.023	0,54	0	272.572	627.765	0	4.970.686
1959	30.199.719	5.924.925	0,54	0	272.572	627.765	0	5.024.588
1960	30.454.656	5.982.968	0,54	0	272.572	627.765	0	5.082.631
1961	30.903.894	6.045.481	0,54	0	272.572	627.765	0	5.145.145
1962	31.158.061	6.112.821	0,54	0	272.572	627.765	0	5.212.484
1963	31.429.834	6.185.373	0,54	0	272.572	627.765	0	5.285.036
1964	31.740.862	6.263.551	0,54	0	272.572	627.765	0	5.363.213
1965	32.084.511	6.347.804	0,54	0	272.572	627.765	0	5.447.467
1966	32.451.975	6.438.617	0,54	0	272.572	627.765	0	5.538.280
1967	32.850.275	6.536.512	0,55	0	272.572	627.765	0	5.636.175
1968	33.239.301	6.642.054	0,55	0	272.572	627.765	0	5.741.717
1969	33.566.084	6.755.852	0,55	0	272.572	627.765	0	5.855.515
1970	33.876.479	6.878.565	0,56	0	272.572	627.765	0	5.978.228
1971	34.216.274	7.035.443	0,56	0	272.572	627.765	0	6.135.106
1972	34.571.714	7.188.765	0,57	0	272.572	627.765	0	6.288.428
1973	34.921.497	7.285.998	0,57	0	314.572	627.765	0	6.343.662
1974	35.287.558	7.790.044	0,60	0	314.572	627.765	0	6.847.708
1975	35.687.714	8.338.937	0,64	0	314.572	627.765	0	7.396.600
1976	36.118.035	8.509.139	0,65	0	314.572	627.765	0	7.566.802
1977	36.563.834	8.685.552	0,65	0	363.719	627.765	0	7.694.068
1978	36.971.471	9.013.181	0,67	0	363.719	627.765	0	8.021.697
1979	37.289.006	9.305.457	0,68	0	363.719	627.765	0	8.304.392
1980	37.526.911	9.390.554	0,69	0	378.719	627.765	0	8.372.634
1981	37.741.460	9.208.943	0,67	0	515.219	627.765	0	8.056.280
1982	37.943.702	9.428.543	0,68	0	515.219	627.765	0	8.267.260
1983	38.123.298	9.904.557	0,71	0	548.219	627.765	0	8.670.565
1984	38.279.494	10.593.929	0,76	0	548.219	627.765	0	9.361.178
1985	38.419.709	10.840.511	0,77	0	548.219	594.265	0	9.650.766
1986	38.536.531	11.192.992	0,80	0	563.091	594.265	0	9.988.134
1987	38.631.722	11.644.195	0,83	0	600.073	594.265	0	10.400.251
1988	38.716.779	12.644.663	0,89	0	600.073	594.265	0	11.377.002
1989	38.792.361	12.378.243	0,87	0	668.640	604.015	0	11.098.889
1990	38.851.322	12.575.296	0,89	0	769.116	607.349	0	11.198.831
1991	38.940.002	13.803.610	0,97	0	569.258	532.334	0	12.702.018
1992	39.068.718	15.332.102	1,08	0	440.258	675.671	0	14.216.173
1993	39.190.358	15.933.780	1,11	0	467.987	655.570	0	14.810.223
1994	39.295.902	15.992.892	1,12	0	531.018	625.398	0	14.836.476
1995	39.387.976	16.295.179	1,13	0	625.904	749.787	0	14.919.488
1996	39.479.159	17.406.627	1,21	450.227	718.249	958.188	0	15.279.964
1997	39.583.381	19.441.664	1,35	559.978	903.462	1.289.312	0	16.688.911
1998	39.722.075	20.421.496	1,41	734.746	914.913	1.248.599	0	17.523.238
1999	39.927.224	21.197.617	1,45	872.711	1.013.086	1.327.037	0	17.984.783
2000	40.264.162	21.903.104	1,49	1.067.442	1.273.329	1.335.979	0	18.226.354
2001	40.721.447	22.150.372	1,49	1.189.382	1.426.403	1.396.150	0	18.138.438
2002	41.423.526	23.628.521	1,56	1.554.167	1.791.520	1.494.772	17.534	18.770.528
2003	42.196.243	23.546.070	1,53	1.806.873	1.947.346	1.710.229	41.810	18.039.812
2004	42.859.168	25.764.341	1,65	2.036.049	2.324.555	1.656.337	69.112	19.678.288
2005	43.662.626	26.462.793	1,66	2.133.435	2.469.588	1.708.509	68.954	20.082.307
2006	44.360.495	27.223.961	1,68	2.519.340	2.593.699	1.860.245	52.679	20.197.998
2007	45.236.003	27.429.715	1,66	2.678.897	2.793.571	1.900.611	75.118	19.981.519
2008	45.983.212	28.969.764	1,73	3.430.066	3.415.679	1.985.448	142.349	19.996.222
2009	46.367.624	24.849.643	1,47	3.233.696	3.656.312	1.958.869	371.475	15.629.291
2010	46.562.546	25.469.541	1,50	3.862.563	4.532.543	1.915.649	344.057	14.814.729
2011	46.736.284	25.021.673	1,47	3.584.564	4.293.530	2.119.388	542.431	14.481.760
2012	46.756.809	25.224.724	1,48	3.584.564	4.633.691	2.077.159	542.501	14.386.809

Fuente: Medio Ambiente en España y elaboración propia.

(1). CoefH = coeficiente de generación de residuos por habitante y día (kg residuos/habitante y día).

Tabla 9.4.5.b.- Variables de actividad - total residuos vertederos (Cifras en toneladas)

Año	Total vertederos	Vertederos Gestionados			Vertederos No Gestionados			
		Total	No Individualizados	Individualizados	Total	FIQ ⁽¹⁾	Quemados	No Quemados
1950	4.656.190	352.667	352.667	0	4.303.523	0,75	3.227.643	1.075.881
1951	4.686.271	380.780	380.780	0	4.305.491	0,75	3.229.118	1.076.373
1952	4.718.595	411.135	411.135	0	4.307.460	0,75	3.230.595	1.076.865
1953	4.753.339	443.910	443.910	0	4.309.429	0,75	3.232.072	1.077.357
1954	4.790.697	479.297	479.297	0	4.311.400	0,75	3.233.550	1.077.850
1955	4.830.876	517.505	517.505	0	4.313.371	0,75	3.235.028	1.078.343
1956	4.874.102	558.759	558.759	0	4.315.343	0,75	3.236.507	1.078.836
1957	4.920.618	603.302	603.302	0	4.317.316	0,75	3.237.987	1.079.329
1958	4.970.686	651.396	651.396	0	4.319.290	0,75	3.239.468	1.079.823
1959	5.024.588	703.323	703.323	0	4.321.265	0,75	3.240.949	1.080.316
1960	5.082.631	759.390	759.390	0	4.323.241	0,75	3.242.431	1.080.810
1961	5.145.145	819.927	819.927	0	4.325.218	0,75	3.243.913	1.081.304
1962	5.212.484	885.289	885.289	0	4.327.195	0,75	3.245.397	1.081.799
1963	5.285.036	955.862	955.862	0	4.329.174	0,75	3.246.880	1.082.293
1964	5.363.213	1.032.060	1.032.060	0	4.331.153	0,75	3.248.365	1.082.788
1965	5.447.467	1.114.333	1.114.333	0	4.333.134	0,75	3.249.850	1.083.283
1966	5.538.280	1.203.165	1.203.165	0	4.335.115	0,75	3.251.336	1.083.779
1967	5.636.175	1.299.078	1.299.078	0	4.337.097	0,75	3.252.823	1.084.274
1968	5.741.717	1.402.637	1.402.637	0	4.339.080	0,75	3.254.310	1.084.770
1969	5.855.515	1.514.451	1.514.451	0	4.341.064	0,75	3.255.798	1.085.266
1970	5.978.228	1.635.179	1.635.179	0	4.343.049	0,75	3.257.287	1.085.762
1971	6.135.106	1.691.903	1.691.903	0	4.443.203	0,75	3.332.402	1.110.801
1972	6.288.428	1.744.445	1.744.445	0	4.543.983	0,75	3.407.987	1.135.996
1973	6.343.662	1.795.367	1.795.367	0	4.548.295	0,75	3.411.221	1.137.074
1974	6.847.708	2.192.438	1.854.438	338.000	4.655.270	0,75	3.491.453	1.163.818
1975	7.396.600	3.407.342	2.647.425	759.917	3.989.258	0,7	2.792.481	1.196.777
1976	7.566.802	3.435.008	2.754.435	680.573	4.131.794	0,7	2.892.256	1.239.538
1977	7.694.068	3.568.267	2.728.187	840.080	4.125.801	0,7	2.888.061	1.237.740
1978	8.021.697	3.752.249	2.238.967	1.513.282	4.269.448	0,7	2.988.614	1.280.834
1979	8.304.392	3.902.580	2.112.945	1.789.635	4.401.812	0,7	3.081.268	1.320.544
1980	8.372.634	4.563.430	2.833.799	1.729.631	3.809.204	0,65	2.475.983	1.333.221
1981	8.056.280	4.348.701	2.668.001	1.680.700	3.707.579	0,65	2.409.926	1.297.653
1982	8.267.260	4.453.355	2.708.399	1.744.956	3.813.905	0,65	2.479.038	1.334.867
1983	8.670.565	4.772.340	2.656.841	2.115.499	3.898.225	0,65	2.533.846	1.364.379
1984	9.361.178	5.356.628	2.694.567	2.662.061	4.004.550	0,65	2.602.958	1.401.593
1985	9.650.766	5.542.294	2.624.206	2.918.088	4.108.472	0,5	2.054.236	2.054.236
1986	9.988.134	5.795.642	2.549.007	3.246.635	4.192.492	0,5	2.096.246	2.096.246
1987	10.400.251	6.023.320	2.461.781	3.561.540	4.376.931	0,5	2.188.466	2.188.466
1988	11.377.002	7.495.941	3.126.811	4.369.130	3.881.061	0,5	1.940.531	1.940.531
1989	11.098.889	7.311.074	2.213.426	5.097.649	3.787.815	0,5	1.893.908	1.893.908
1990	11.198.831	7.787.923	2.237.529	5.550.394	3.410.908	0,35	1.193.818	2.217.090
1991	12.702.018	8.672.781	2.092.423	6.580.358	4.029.237	0,35	1.410.233	2.619.004
1992	14.216.173	9.586.447	2.138.415	7.448.032	4.629.726	0,35	1.620.404	3.009.322
1993	14.810.223	10.309.856	2.647.881	7.661.975	4.500.367	0,35	1.575.128	2.925.239
1994	14.836.476	11.170.399	2.972.108	8.198.291	3.666.077	0,35	1.283.127	2.382.950
1995	14.919.488	12.175.178	3.609.957	8.565.221	2.744.310	0,2	548.862	2.195.448
1996	15.279.964	13.098.809	4.176.739	8.922.069	2.181.155	0,2	436.231	1.744.924
1997	16.688.911	13.519.710	4.138.271	9.381.440	3.169.201	0,1	316.920	2.852.281
1998	17.523.238	14.450.877	4.275.060	10.175.817	3.072.361	0,1	307.236	2.765.125
1999	17.984.783	15.121.698	4.372.569	10.749.129	2.863.085	0,1	286.309	2.576.777
2000	18.226.354	16.229.796	4.803.873	11.425.923	1.996.558	0,1	199.656	1.796.902
2001	18.138.438	16.255.787	4.742.209	11.513.578	1.882.651	0,1	0	1.882.651
2002	18.770.528	17.341.006	5.454.550	11.886.455	1.429.522	0,1	0	1.429.522
2003	18.039.812	16.627.610	4.972.611	11.654.999	1.412.202	0,1	0	1.412.202

Tabla 9.4.5.b.- Variables de actividad - total residuos vertederos (Cifras en toneladas)
(Continuación)

Año	Total vertederos	Vertederos Gestionados			Vertederos No Gestionados			
		Total	No Individualizados	Individualizados	Total	FIQ ⁽¹⁾	Quemados	No Quemados
2004	19.678.288	18.314.893	6.169.575	12.145.318	1.363.395	0,1	0	1.363.395
2005	20.082.307	18.776.961	6.521.650	12.255.311	1.305.346	0,1	0	1.305.346
2006	20.197.998	19.441.421	6.850.685	12.590.736	756.577	0,1	0	756.577
2007	19.981.519	19.343.847	6.689.461	12.654.386	637.672	0,1	0	637.672
2008	19.996.222	19.477.456	7.666.746	11.810.710	518.766	0,1	0	518.766
2009	15.629.291	15.360.773		15.360.773	268.518	0,1	0	268.518
2010	14.814.729	14.695.460		14.695.460	119.269	0,1	0	119.269
2011	14.481.760	14.395.460		14.395.460	86.300	0,1	0	86.300
2012	14.386.809	14.361.688		14.361.688	25.121	0,1	0	25.121

Fuente: Medio Ambiente en España y elaboración propia.

(1): FIQ = Fracción no gestionado Quemado.

Para la aplicación del algoritmo de estimación de las emisiones es necesario conocer la cantidad de CH₄ recuperado (normalmente utilizado con fines energéticos o eventualmente quemado en antorchas) que, por tanto, no es emitido a la atmósfera.

La información sobre esta variable, simbolizada por CA_t en la fórmula [9.4.3] se ha estimado como el mínimo entre el 70% del metano generado calculado según la metodología cinética de primer orden y la cantidad informada en el cuestionario como captada o quemada. Este porcentaje máximo de captación (70%) se estableció como una estimación intermedia de los rangos de captación que aparecen en los principales estudios mencionados en la página 3.19 del capítulo 3 de la Guía 2006 IPCC (Oak and Boom (1995), Scharff *et al* (2003) Spokas *et al.* (2006) and Diot *et al.* (2001)), pues la mayoría de los vertederos con recuperación de biogás tienen instalaciones modernas y el promedio podría estar centrado en el valor de 70%. Este umbral solo se utiliza para verificar los datos obtenidos ya que la cantidad de biogás captada será aceptada si el vertedero suministra información que demuestre que su eficiencia de captación está por encima del 70%.

Los datos de captación para el periodo 1990-2012 se han obtenido con la misma pauta de actuación que la descrita para el depósito: la información recibida en los cuestionarios remitidos a los vertederos en que se realiza captación de biogás, y que se destina a su valoración energética mediante la combustión en motores o a su eliminación por la quema en antorchas, se ha mantenido para el periodo 1990-2008 como se reflejaba en la edición 1990-2011 del inventario y para el periodo 2009-2012 se ha reemplazado por la información proporcionada por la SGR, a excepción de dos vertederos de ámbito no municipal. La información del año 2011 se ha subrogado para el año 2012.

En esta edición se ha extendido a todos los vertederos la información de captación para el periodo 2009-2012 a través de la información proporcionada por SGR, aplicándose una eficiencia de captación del 20% del metano generado para los vertederos que realizan recuperación del biogás generado pero se desconoce dicha cantidad, teniendo en cuenta las Directrices de IPCC 2006 del capítulo 3 y si no ha existido indicación por parte de SGR de que el vertedero estuviera captando biogás se ha asumido una captación de 0.

La relación de los vertederos de los que se recoge información individualizada a través de cuestionario en el año 2008 y la información del número de vertederos que realizan

captación de biogás en los años 2009, 2010 y 211 (con o sin dato de recuperación) se muestran en las tablas 9.4.6.a y 9.4.6.b siguientes:

Tabla 9.4.6.a.- Grandes vertederos gestionados con recogida de información individualizada a través de cuestionario en el año 2008

CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO	NOMBRE
Andalucía	Málaga	Málaga	Centro Ambiental Los Ruices
	Sevilla	Alcalá de Guadaira	Centro Integral de Tratamiento de RSU Montemarta-Cónica
Aragón	Zaragoza	Zaragoza	Vertedero de Zaragoza
Asturias	Asturias	Gijón	Vertedero Central de Asturias
Balears	Balears (Illes)	Eivissa	Vertedero de Cana Putxa (clausurado)
	Balears (Illes)	Eivissa	Vertedero de Cana Putxa (nuevo)
Canarias	Palmas (Las)	San Bartolomé de Tirajana	Vertedero Juan Grande
	Palmas (Las)	Las Palmas de Gran Canaria	Vertedero Salto del Negro
	Santa Cruz de Tenerife	Lanzarote	Vertedero de Zonzamas
	Santa Cruz de Tenerife	Arico	Complejo Medioambiental de Arico (clausurado)
	Santa Cruz de Tenerife	Arico	Complejo Medioambiental de Arico (nuevo)
Cantabria	Cantabria	Meruelo	Vertedero de Meruelo
Castilla y León	Burgos	Burgos	Vertedero de Burgos
	Salamanca	Villamayor	Vertedero de Villamayor de Amuña
	Valladolid	Valladolid	Vertedero Municipal de Valladolid
Castilla-la mancha	Ciudad Real	Alcázar de San Juan	Vertedero de Alcázar de San Juan
	Toledo	Toledo	Centro de Tratamiento de Residuos urbanos de Toledo
Cataluña	Barcelona	Begues-Gavà	Vertedero de Garraf
	Barcelona	Hostalets de Pierola (Els)	Dipòsit Controlat de Can Mata
	Barcelona	Santa María de Palautordera	Dipòsit Controlat de Santa María de Palautordera
	Barcelona	Vacarisses	Cita Coll Cardus
	Girona	Cruïlles, Monells i Sant Sadurní de L'Heura	Depòsit Controlado de clase I y II de Cruïlles
	Girona	Pedret i Marzà	Dipòsit Controlat de L'Alt Empordà
	Girona	Santa Cristina D'aro	Depòsit Controlado de Can Duran (Solius)
Extremadura	Badajoz	Badajoz	Badajoz
	Badajoz	Mérida	Mérida
	Badajoz	Talarrubias	Talarrubias
	Badajoz	Villanueva de la Serena	Villanueva de la Serena
	Cáceres	Cáceres	Cáceres
	Cáceres	Mirabel	Mirabel
	Cáceres	Navalmoral de la Mata	Navalmoral de la Mata
	Cáceres	Plasencia	Plasencia
Galicia	Coruña (A)	Cerceda	Vertedero de Areosa
Madrid	Madrid	Alcalá de Henares	Depósito Controlado de Alcalá de Henares
	Madrid	Colmenar de Oreja	Depósito Controlado de Colmenar de Oreja
	Madrid	Colmenar Viejo	Depósito Controlado de Colmenar Viejo
	Madrid	Madrid	Las Dehesas (Valdemingómez)
	Madrid	Madrid	La Galiana (Valdemingómez)
	Madrid	Pinto	Depósito Controlado de Pinto
	Madrid	San Fernando de Henares	Depósito Controlado de Nueva Rendija
Murcia	Murcia	Murcia	Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos de Murcia
Navarra	Navarra	Aranguren	Centro de Tratamiento de Residuos Urbanos de Góngora
País vasco	Álava	Vitoria-Gasteiz	Vertedero Municipal de Gardelegui
	Guipúzcoa	Beasain	Vertedero de Sasieta
	Guipúzcoa	Donostia-San Sebastián	Vertedero de San Marcos
	Vizcaya	Bilbao	Vertedero de Artigas

Tabla 9.4.6.a.- Grandes vertederos gestionados con recogida de información individualizada a través de cuestionario en el año 2008 (Continuación)

CCAA	PROVINCIA	MUNICIPIO	NOMBRE
Rioja (la)	Rioja (La)	Calahorra	Vertedero de Calahorra
	Rioja (La)	Logroño	Vertedero de Logroño
Valencia	Alacant	Alicante/Alacant	Vertedero de Fontcalent I
	Alicante/Alacant	Alicante/Alacant	Vertedero de Fontcalent II
	Castellón/Castelló	Alcora (L')	Depósito Controlado Mas Vell

Tabla 9.4.6.b.- Número de vertederos gestionados con captación del biogás generado (con o sin dato de recuperación) en el periodo 2009-2011

CCAA	2009		2010		2011	
	Con dato	Sin dato	Con dato	Sin dato	Con dato	Sin dato
Andalucía	5	3	4	3	5	3
Aragón	0	0	0	0	0	0
Asturias	1	0	1	0	1	0
Baleares	1	0	1	0	0	1
Canarias	1	0	2	0	2	0
Cantabria	1	0	1	0	1	0
Castilla la mancha	0	3	2	1	0	3
Castilla León	0	0	1	0	1	0
Cataluña	5	19	15	11	9	18
Comunidad Valenciana	1	7	2	7	2	8
Extremadura	0	2	1	1	0	2
Galicia	0	1	0	1	0	1
Madrid	2	4	5	1	5	1
Murcia	1	2	0	3	2	2
Navarra	1	2	1	1	2	0
País Vasco	0	4	0	4	0	4
La rioja	1	1	2	0	2	0
TOTAL	20	48	38	33	32	43
	68		71		75	

En la tabla 9.4.7.a siguiente se muestra las cantidades de biogás y metano generadas en vertederos con o sin captación de biogás y en la tabla 9.4.7.b se muestra las cantidades de metano recuperado y el desglose de éstas entre los destinos de valorización energética (combustión en motores, turbinas) y eliminación (combustión en antorchas).

Tabla 9.4.7.a.- Generación de biogás y metano (Cifras en toneladas)

AÑO	Vertederos individualizados		Vertederos no individualizados	
	Biogás generado	Metano generado	Biogás generado	Metano generado
1990	356.471	113.064	408.972	111.780
1991	408.619	131.414	412.883	112.849
1992	463.123	148.894	415.829	113.654
1993	517.599	166.378	421.323	115.155
1994	571.603	183.730	430.802	117.746
1995	625.742	201.159	445.234	121.691
1996	679.139	218.282	464.831	127.047
1997	731.982	235.379	485.835	132.788
1998	788.165	252.874	506.589	138.461
1999	847.727	265.684	527.521	144.182
2000	907.850	283.209	550.009	150.328
2001	964.979	300.237	572.910	156.587
2002	1.020.853	317.687	597.198	163.226
2003	1.126.095	329.601	620.562	169.612
2004	1.156.609	351.654	644.271	176.092
2005	1.219.870	363.244	671.079	183.419
2006	1.288.810	376.563	699.075	191.070
2007	1.355.162	389.593	725.177	198.205
2008	1.379.528	405.221	750.711	205.184
2009	1.323.170	417.577	735.196	200.943
2010	1.321.823	418.878	742.516	202.944
2011	1.321.385	418.053	760.877	207.962
2012	1.316.877	417.354	774.316	211.635

9.4.7.b.- Generación, recuperación y emisión de CH₄ en vertederos gestionados (Cifras en toneladas)

Año	Vertederos individualizados					Vertederos no individualizados		
	Metano generado	Metano quemado en antorchas	Metano con recuperación energética	Total captado	Metano emitido	Metano generado	Metano Captado	Metano emitido
1990	113.064	2.438	77	2.515	99.494	111.780	0	100.602
1991	131.414	3.131	106	3.237	115.359	112.849	0	101.564
1992	148.894	3.872	363	4.236	130.192	113.654	0	102.289
1993	166.378	5.200	945	6.145	144.210	115.155	0	103.640
1994	183.730	9.227	1.240	10.467	155.937	117.746	0	105.972
1995	201.159	6.697	5.173	11.870	170.360	121.691	0	109.522
1996	218.282	7.619	7.542	15.160	182.810	127.047	0	114.342
1997	235.379	8.690	8.442	17.132	196.423	132.788	0	119.509
1998	252.874	9.391	12.680	22.071	207.723	138.461	0	124.615
1999	265.684	10.003	14.998	25.001	216.614	144.182	0	129.763
2000	283.209	9.969	23.760	33.729	224.532	150.328	0	135.295
2001	300.237	10.883	25.563	36.446	237.412	156.587	0	140.928
2002	317.687	14.596	31.613	46.209	244.330	163.226	0	146.903
2003	329.601	15.328	55.322	70.649	233.057	169.612	0	152.650
2004	351.654	15.395	89.900	105.295	221.723	176.092	0	158.482
2005	363.244	21.364	89.171	110.535	227.438	183.419	0	165.077
2006	376.563	14.087	101.684	115.771	234.713	191.070	0	171.963
2007	389.593	13.851	106.386	120.237	242.420	198.205	0	178.384
2008	405.221	15.646	101.854	117.500	258.948	205.184	0	184.665
2009	417.577	8.913	71.564	80.477	303.390	200.943	10.344	180.849
2010	418.878	12.189	97.556	109.745	278.220	202.944	13.565	182.649
2011	418.053	14.651	81.634	96.285	289.591	207.962	13.533	187.166
2012	417.354	14.786	82.263	97.049	288.275	211.635	14.310	190.472

El metano captado destinado a los usos anteriores proviene a su vez de las capturas realizadas de biogás (con destino a los mismos usos) que constituye la variable de actividad para el cómputo de las emisiones en los procesos de combustión mencionados de motores (con valorización energética) y antorchas (eliminación). No obstante, las emisiones procedentes de la combustión con recuperación energética del biogás generado así como la combustión del combustible auxiliar empleado, se contabilizan en el sector energético.

9.4.5.- Factores de emisión

Los factores de emisión propiamente dichos, más allá del propio algoritmo de estimación de las emisiones de metano según la ecuación cinética de primer orden, se aplican sobre las correspondientes variables de actividad en las que se realiza algún tipo de combustión.

En el caso de los vertederos gestionados en los que se realiza captación de biogás, los factores de emisión vienen referidos al propio biogás quemado como variable de actividad. En el caso de los vertederos no gestionados y para la fracción quemada de los mismos, los factores de emisión vienen referidos a la cantidad quemada de residuos depositados en el año en curso.

Combustión de biogás en vertederos gestionados

En la presente edición (serie 1990-2012) las emisiones de los contaminantes procedentes de la combustión del biogás captado en vertederos gestionados se han calculado multiplicando las toneladas de metano quemado por los factores de emisión correspondientes a cada clase de instalación de combustión: calderas, motores o turbinas, factores que se muestran en la tabla 9.4.8. Para el NO_x y CO la fuente de información original de los factores ha sido EPA AP-42 5ª Ed, tabla 2.4-4 del epígrafe 2.4 "Municipal Solid Waste Landfill"⁵. Los factores para el CH_4 se derivaron de la información sobre porcentajes de eficiencia en la quema de hidrocarburos, tomados de la fuente anteriormente citada de EPA, asumiendo que los complementos a la unidad de las eficiencias en la quema constituían las fracciones de fuga del metano. Para el N_2O el factor ha sido derivado por el equipo de trabajo del inventario a partir del valor medio de $1,8 \text{ g N}_2\text{O/GJ}_{\text{PCI}}$, sin distinguir por clase de instalación de combustión, y del valor normal del PCI del metano ($50,18 \text{ GJ/t}$).

⁵ Los factores para estos contaminantes, diferenciados por tipo de instalación de combustión, aparecen expresados en la fuente original citada en: $\text{kg CONTAMINANTE/millones de m}^3 \text{ estándar seco de METANO quemado}$. Para expresar el factor en $\text{g CONTAMINANTE/t METANO quemado}$, se aplicaron los factores de conversión de $\text{m}^3 \text{ S}$ (metro cúbico estándar) a $\text{m}^3 \text{ N}$ (metro cúbico normal) de $(273,15+15)/(273,15)$ y de densidad en condiciones normales del metano ($715 \text{ g/m}^3 \text{ N}$) para pasar de volumen a masa.

Tabla 9.4.8.- Factores de emisión. Combustión de biogás (Cifras en g contaminante/t CH₄ quemado)

	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP
Antorchas	17.545	8.000	90	950	395	395	395
Calderas	130	20.000	90	766	188	188	188
Motores	10.745	28.000	90	5.730	1.103	1.103	1.103
Turbinas	5.009	56.000	90	1.948	487	487	487

Quema de residuos en vertederos no gestionados

Para la combustión en vertederos no gestionados de la fracción de residuos sujeta a quema los factores de emisión se expresan en gramos de contaminante por tonelada de residuo quemado.

En todos los casos que se detallan más abajo en a)-c) se han aplicado sendos factores previos de corrección:

- i) Un factor de corrección de 0,52 sobre los datos originales para poder expresar en términos de masa bruta los factores de emisión originales que se suponían estaban en términos de masa seca (se asume aquí un 48% de humedad de los residuos quemados)
- ii) Un factor de corrección de 0,83 a la fracción quemada para descontar la parte de residuos no combustibles, esencialmente vidrio, metales férreos y no férreos y otras pequeñas partidas.

Así todos los factores de emisión de emisión que se muestran más abajo en la tabla 9.4.9 incorporan el factor de corrección concatenado de 0,4316 (=0,52*0,83) que permite aplicar dichos factores sobre la masa fresca de residuos quemados en vertederos no gestionados.

El detalle de las fuentes de referencia para los factores de emisión es el siguiente:

- a) Para los contaminantes SO₂, NO_x, N₂O, metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes se han tomado los mismos factores que para la actividad SNAP 09.02.01, incineración de residuos domésticos, a la que se ha asimilado el proceso de combustión aquí considerado de quema de residuos en vertederos no gestionados.
- b) Para los COVNM, CH₄ y CO la información de base procede del Manual (Parte I, apartados 12.2.2 y 12.3), asumiendo para la especiación de COV (que es el dato que figura en el Manual) un 90% para COVNM y un 10% para CH₄. A estos tres gases, así como al CO₂ que se comenta más abajo se les aplica un factor corrector adicional de 0,8 para descontar un 20% de pérdida de eficiencia en combustión de los gases ligados al contenido de carbono. Específicamente, el factor de CO de la fuente original citada es de 42 kg/t, que tras la aplicación de los factores de corrección encadenados de 0,52 (paso a masa seca), de 0,83 (paso a fracción combustible), y de 0,8 (paso a carbono oxidado) resulta en un valor de 14.502 g CO/t residuo, según figura en la tabla 9.4.9. De igual manera se ha procedido al cálculo del valor final de los factores de emisión de COVNM y CH₄ partiendo de un valor original de 15 kg COV/t residuo y una especiación del 90% de COVNM y del 10% de CH₄.

- c) En el caso del CO₂ se distingue, según las metodologías IPCC y CORINAIR, entre la rúbrica 945 (fracción orgánica renovable del residuo) con un factor de emisión de 0 y la rúbrica 946 (fracción fósil del residuo) con un factor de emisión de 1.266 kg CO₂/t residuo. Del total de residuos quemados en vertederos no gestionados se asume que un 85% son de origen orgánico renovable y un 15% son de origen fósil. El valor del factor de emisión de CO₂ para la fracción fósil de los residuos quemados se estima en 2.933 g CO₂/tonelada de fracción fósil de residuo quemado. A este valor se llega asumiendo un porcentaje de rendimiento de la combustión del 80% (así $2.933 = 0,8 * 1000 * 44/12$). El valor de 1.266 que figura en la tabla 9.4.9 se obtiene aplicando al valor anterior el factor de corrección concatenado del 0,52 (paso a masa seca) y del 0,83 (paso a fracción combustible)

Tabla 9.4.9.- Factores de emisión

ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
SO ₂ (g/t)	NO _x (g/t)	COVNM (g/t)	CH ₄ (g/t)	CO (g/t)	CO ₂ (kg/t)	N ₂ O (g/t)	NH ₃ (g/t)	SF ₆ (mg/t)	HFC (mg/t)	PFC (mg/t)
690,56/D	776,88/C	4.661/E	517,92/E	14.502/E	0/A1.266/C	43,16/E				

METALES PESADOS								PARTÍCULAS			
As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Ni (mg/t)	Pb (mg/t)	Se (mg/t)	Zn (mg/t)	PM _{2,5} (g/t)	PM ₁₀ (g/t)	PST (g/t)
21,58/D	86,32/D	323,7/D	431,6/D	1.295/D	86,32/D	4.316/D	5,6/D	7.337/D			

CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
HCH (mg/t)	PCP (mg/t)	HCB (mg/t)	TCM (g/t)	TRI (g/t)	PER (g/t)	TCB (mg/t)	TCE (g/t)	DIOX (ng/t)	HAP (mg/t)	
	6,47/D	0,86/D						21.580/D	3,02/D	

9.4.6.- Emisiones

En este epígrafe se presentan las emisiones diferenciando las correspondientes a vertederos gestionados (actividad SNAP 09.04.01) y a vertederos no gestionados (actividad SNAP 09.04.02).

Para los vertederos gestionados, las emisiones recogen el metano generado y no captado, estimado según la fórmula 9.4.3, más las emisiones del conjunto de contaminantes generados en la quema de biogás captado. Las emisiones procedentes de estos vertederos gestionados se presentan en la tabla 9.4.10 siguiente.

Tabla 9.4.10.- Emisiones**SNAP 09.04.01: Vertederos gestionados**

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990		2,3		200.115	43		0,2				
1991		3,0		216.948	55		0,3				
1992		3,7		232.512	68		0,3				
1993		4,9		247.891	91		0,5				
1994		8,8		261.982	162		0,8				
1995		6,4		279.936	117		0,6				
1996		7,2		297.213	134		0,7				
1997		8,3		316.001	152		0,8				
1998		8,9		332.413	165		0,8				
1999		9,5		346.458	176		0,9				
2000		9,5		359.906	175		0,9				
2001		10,3		378.427	191		1,0				
2002		13,9		391.350	256		1,3				
2003		14,6		385.830	269		1,4				
2004		14,6		380.329	270		1,4				
2005		20,3		392.686	375		1,9				
2006		13,4		406.790	247		1,3				
2007		13,2		420.915	243		1,2				
2008		14,9		443.739	275		1,4				
2009		8,5		484.310	156		0,8				
2010		11,6		460.967	214		1,1				
2011		13,9		476.874	257		1,3				
2012		14,1		478.865	259		1,3				

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000										3,9	3,9	3,9
2001										4,3	4,3	4,3
2002										5,8	5,8	5,8
2003										6,1	6,1	6,1
2004										6,1	6,1	6,1
2005										8,4	8,4	8,4
2006										5,6	5,6	5,6
2007										5,5	5,5	5,5
2008										6,2	6,2	6,2
2009										3,5	3,5	3,5
2010										4,8	4,8	4,8
2011										5,8	5,8	5,8
2012										5,8	5,8	5,8

Para los vertederos no gestionados, las emisiones recogen el metano generado procedente de la fracción no quemada de los residuos, estimado según la fórmula 9.4.3, más las emisiones del conjunto de contaminantes generados en la fracción quemada de los residuos. Las emisiones procedentes de estos vertederos no gestionados se presentan en la tabla 9.4.11 siguiente.

Tabla 9.4.11.- Emisiones

SNAP 09.04.02: Vertederos no gestionados

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	824	927	5.565	42.772	17.312	227	52				
1991	974	1.096	6.573	44.786	20.451	268	61				
1992	1.119	1.259	7.553	47.292	23.499	308	70				
1993	1.088	1.224	7.342	49.691	22.842	299	68				
1994	886	997	5.981	51.302	18.608	244	55				
1995	379	426	2.558	52.060	7.959	104	24				
1996	301	339	2.033	52.586	6.326	83	19				
1997	219	246	1.477	53.685	4.596	60	14				
1998	212	239	1.432	55.542	4.455	58	13				
1999	198	222	1.335	57.081	4.152	54	12				
2000	138	155	931	57.714	2.895	38	9				
2001	0	0	0	57.744	0	0	0				
2002	0	0	0	57.555	0	0	0				
2003	0	0	0	57.021	0	0	0				
2004	0	0	0	56.460	0	0	0				
2005	0	0	0	55.842	0	0	0				
2006	0	0	0	54.747	0	0	0				
2007	0	0	0	53.190	0	0	0				
2008	0	0	0	51.520	0	0	0				
2009	0	0	0	49.628	0	0	0				
2010	0	0	0	47.513	0	0	0				
2011	0	0	0	45.359	0	0	0				
2012	0	0	0	43.234	0	0	0				

AÑO	METALES PESADOS									PARTICULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2.5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990	26	103	386	515	1.546	103	5.153	7	8.759			
1991	30	122	456	609	1.826	122	6.087	8	10.347			
1992	35	140	525	699	2.098	140	6.994	9	11.889			
1993	34	136	510	680	2.039	136	6.798	9	11.557			
1994	28	111	415	554	1.661	111	5.538	7	9.415			
1995	12	47	178	237	711	47	2.369	3	4.027			
1996	9	38	141	188	565	38	1.883	2	3.201			
1997	7	27	103	137	410	27	1.368	2	2.325			
1998	7	27	99	133	398	27	1.326	2	2.254			
1999	6	25	93	124	371	25	1.236	2	2.101			
2000	4	17	65	86	259	17	862	1	1.465			
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Tabla 9.4.11.- Emisiones (Continuación)

AÑO	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
	HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)	PCB (kg)
1990		8	1,0						26	4	
1991		9	1,2						30	4	
1992		10	1,4						35	5	
1993		10	1,4						34	5	
1994		8	1,1						28	4	
1995		4	0,5						12	2	
1996		3	0,4						9	1	
1997		2	0,3						7	1	
1998		2	0,3						7	1	
1999		2	0,2						6	1	
2000		1	0,2						4	1	
2001		0	0						0	0	
2002		0	0						0	0	
2003		0	0						0	0	
2004		0	0						0	0	
2005		0	0						0	0	
2006		0	0						0	0	
2007		0	0						0	0	
2008		0	0						0	0	
2009		0	0						0	0	
2010		0	0						0	0	
2011		0	0						0	0	
2012		0	0						0	0	

9.7.- QUEMA EN ESPACIO ABIERTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

En este subgrupo se incluirían las emisiones originadas por la quema en campo abierto de residuos agrícolas y residuos forestales. Estas emisiones no se han computado, sin embargo, en esta actividad del Grupo de Residuos por los motivos siguientes:

- a) La quema de rastrojos agrícolas se computa en el Subgrupo 10.03 “Quema de rastrojos” dentro del Grupo Agricultura. No se dispone de información sobre la quema de otros residuos agrícolas distintos de los residuos de cultivos.
- b) La quema de Residuos Forestales ya se computa implícitamente, en cuanto al balance de carbono se refiere, en el Subgrupo 11.21 “Cambios de los stocks de biomasa en bosques y en otros depósitos de biomasa leñosa” dentro del Grupo “Otras fuentes y sumideros”; y por otra parte no se dispone de información precisa sobre las cantidades quemadas de estos residuos para estimar las emisiones de otras sustancias distintas del CO₂.

9.9.- CREMACIÓN

9.9.1.- Incineración de cadáveres

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.09.01
CMCC/CRF	6 C
CLRTAP-EMEP/NFR	6 C

A) Descripción del proceso

Esta actividad refleja las emisiones a la atmósfera provenientes de la incineración de cadáveres humanos en los crematorios. A las emisiones también contribuyen los combustibles de apoyo y otros elementos materiales incinerados en el proceso.

Junto a los gases habitualmente emitidos en los procesos de combustión, suelen ser significativas en esta actividad las emisiones de cloruro de hidrógeno (HCl), de metales pesados y, entre ellos, especialmente, de mercurio (Hg), de dioxinas (DIOX) y de algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

Los hornos de cremación utilizan como energía de apoyo, bien combustibles fósiles, como gas natural o gasóleo, bien energía eléctrica. Los crematorios están habitualmente compuestos por una cámara primaria y otra secundaria de combustión. La cámara primaria, donde se coloca el cuerpo y el contenedor a incinerar, opera en un rango de temperatura entre 300 y 800 °C, y se calienta mediante el calor de la incineración previa. La cámara secundaria, que opera a unos 850 °C, es precalentada con el uso de la energía de apoyo. La cámara primaria tiene quemadores que actúan sobre el receptáculo a incinerar y está dotada de lanzadores de aire para romper los restos y promover la combustión. Los gases generados en esta cámara son conducidos a la cámara secundaria, calentada con post-quemadores y alimentada con aire secundario, para completar la combustión de los gases y reducir así las emisiones de partículas (PM), contaminantes orgánicos volátiles (COV) y contaminantes orgánicos persistentes (COP). El tiempo de residencia de los gases en la cámara secundaria es de 1 a 2 segundos. Todas las sustancias son incineradas y pasadas a forma gaseosa excepto algunos fragmentos de huesos y ciertos materiales incombustibles como prótesis, anillos, etc. El tiempo requerido para la cremación puede oscilar entre 1,5 y 5 horas incluido el período de enfriamiento. Los restos finales suelen pesar entre 1,5 y 3,5 kg.

B) Variables de actividad

En el caso español, la cremación es una práctica de uso todavía limitado, aunque creciente, en comparación con la practicada en otros países, especialmente del área centro y norte de Europa. Por otra parte, la implantación de esta práctica difiere bastante entre las distintas provincias españolas. En la tabla 9.9.1.1 se muestra la evolución del número de incineraciones realizadas en España a lo largo de los años 1990-2012. El dato de variable

de actividad había sido facilitado, hasta la edición 1990-2009, por la Federación Europea de Servicios Funerarios⁶. El flujo de información a través de esta fuente se vio interrumpido y desde la edición 1990-2010 se comenzó el contacto con empresas y asociaciones del sector para establecer nuevos convenios de colaboración para la solicitud de información. Se ha contactado con la Asociación Nacional de Servicios Funerarios (PANASEF), considerada como la mejor fuente de información disponible actualmente para cubrir las necesidades del Inventario para esta actividad. Sin embargo, al procesar la información, se ha constatado que ésta no cubre el total del territorio puesto que no todas las instalaciones que llevan a cabo esta actividad forman parte de PANASEF. Se está trabajando con dicha asociación en la búsqueda de posibles alternativas para poder disponer de toda la información necesaria. Para la presente edición, por tanto, se ha realizado una estimación aproximada de forma que se han actualizado los datos para el periodo 2009-2011 que, hasta ahora, se habían mantenido constantes e iguales al año 2008.

Tabla 9.9.1.1.- Evolución del número de cremaciones en España

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
5.686	7.266	9.416	10.665	12.709	15.413	27.482	31.304	35.878	40.698	48.737	
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
53.813	59.888	65.344	67.431	75.493	77.556	74.631	80.420	78.521	80.168	82.720	87.091

C) Factores de emisión

Para los factores de emisión se ha considerado la información de las tablas 8.1, 8.2 y 8.3 del Libro Guía EMEP/CORINAIR, capítulo B991, páginas 7 y 8, de la Tercera Edición. De dicha referencia se han tomado los factores para metales pesados, HAP y dioxinas. Sin embargo, para los gases del grupo 1 se ha utilizado la información facilitada por la Empresa Mixta de Servicios Funerarios del Ayuntamiento de Madrid.

Por lo que a las partículas se refiere se ha tomado como base el factor propuesto para PST por CITEPA pág. 264. (véase referencias bibliográficas). Para la obtención de los factores de emisión para PM_{2,5} y PM₁₀ el equipo de trabajo del Inventario ha estimado que el 90% de las partículas son PM₁₀ y el 80% son PM_{2,5} basándose este supuesto en la información que figura en el documento "Modelling Particulate Emissions in Europe, A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Cost". IIASA. (pág. 83).

La tabla 9.9.1.2 muestra dichos factores de emisión.

⁶ A través de un miembro del Comité de Trabajo de Cementerios Estadísticas e Incineración

Tabla 9.9.1.2.- Factores de emisión

ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
SO ₂ (g/c.i.)	NO _x (g/c.i.)	COVNM (g/c.i.)	CH ₄ (g/c.i.)	CO (g/c.i.)	CO ₂ (kg/c.i.)	N ₂ O (g/c.i.)	NH ₃ (g/c.i.)	SF ₆ (mg/c.i.)	HFC (mg/c.i.)	PFC (mg/c.i.)
13/E	156/E	14,6/E	0,08/E	725/E	39/E		3,2/E			

METALES PESADOS							PARTÍCULAS				
As (mg/c.i.)	Cd (mg/c.i.)	Cr (mg/c.i.)	Cu (mg/c.i.)	Hg (mg/c.i.)	Ni (mg/c.i.)	Pb (mg/c.i.)	Se (mg/c.i.)	Zn (mg/c.i.)	PM _{2,5} (g/c.i.)	PM ₁₀ (g/c.i.)	PST (g/c.i.)
0,010977/E	0,003107/E	0,008437/E	0,007711/E	0,9344/E	0,01075/E	0,01860/E			104/E	117/E	130/E

CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES									
HCH (mg/c.i.)	PCP (mg/c.i.)	HCB (mg/c.i.)	TCM (g/c.i.)	TRI (g/c.i.)	PER (g/c.i.)	TCB (mg/c.i.)	TCE (g/c.i.)	DIOX (ng/c.i.)	HAP (mg/c.i.)
								4.000/E	73,09.10 ⁶ /E

Nota: c.i. = cadáver incinerado.

D) Emisiones

En la tabla 9.9.1.3 siguiente se muestran las emisiones estimadas para esta actividad.

Tabla 9.9.1.3.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
1990	0,07	0,89	0,08	0,0005	4	0,22		0,02			
1991	0,09	1,13	0,11	0,001	5	0,28		0,02			
1992	0,12	1,47	0,14	0,001	7	0,37		0,03			
1993	0,14	1,66	0,16	0,001	8	0,42		0,03			
1994	0,17	1,98	0,19	0,001	9	0,50		0,04			
1995	0,20	2,40	0,23	0,001	11	0,60		0,05			
1996	0,36	4,29	0,40	0,002	20	1,07		0,09			
1997	0,41	4,88	0,46	0,003	23	1,22		0,10			
1998	0,47	5,60	0,52	0,003	26	1,40		0,11			
1999	0,53	6,35	0,59	0,003	30	1,59		0,13			
2000	0,63	7,60	0,71	0,004	35	1,90		0,16			
2001	0,70	8,39	0,79	0,004	39	2,10		0,17			
2002	0,78	9,34	0,87	0,005	43	2,34		0,19			
2003	0,85	10,19	0,95	0,005	47	2,55		0,21			
2004	0,88	10,52	0,98	0,005	49	2,63		0,22			
2005	0,98	11,78	1,10	0,006	55	2,94		0,24			
2006	1,01	12,10	1,13	0,006	56	3,02		0,25			
2007	0,97	11,64	1,09	0,006	54	2,91		0,24			
2008	1,05	12,55	1,17	0,006	58	3,14		0,26			
2009	1,02	12,25	1,15	0,006	57	3,06		0,25			
2010	1,04	12,51	1,17	0,006	58	3,13		0,26			
2011	1,08	12,90	1,21	0,007	60	3,23		0,26			
2012	1,13	13,59	1,27	0,007	63	3,40		0,28			

Tabla 9.9.1.3.- Emisiones (Continuación)

AÑO	METALES PESADOS								PARTÍCULAS			
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2.5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
1990	0,0001	0,0000	0,0005	0,0000	0,0053	0,0001	0,0001					
1991	0,0001	0,0000	0,0006	0,0001	0,0068	0,0001	0,0001					
1992	0,0001	0,0000	0,0008	0,0001	0,0088	0,0001	0,0002					
1993	0,0001	0,0000	0,0009	0,0001	0,0100	0,0001	0,0002					
1994	0,0001	0,0000	0,0011	0,0001	0,0119	0,0001	0,0002					
1995	0,0002	0,0000	0,0013	0,0001	0,0144	0,0002	0,0003					
1996	0,0003	0,0001	0,0023	0,0002	0,0257	0,0003	0,0005					
1997	0,0003	0,0001	0,0026	0,0002	0,0293	0,0003	0,0006					
1998	0,0004	0,0001	0,0030	0,0003	0,0335	0,0004	0,0007					
1999	0,0004	0,0001	0,0034	0,0003	0,0380	0,0004	0,0008					
2000	0,0005	0,0001	0,0041	0,0004	0,0455	0,0005	0,0009			5,1	5,7	6,3
2001	0,0006	0,0002	0,0045	0,0004	0,0503	0,0006	0,0010			5,6	6,3	7,0
2002	0,0007	0,0002	0,0051	0,0005	0,0560	0,0006	0,0011			6,2	7,0	7,8
2003	0,0007	0,0002	0,0055	0,0005	0,0611	0,0007	0,0012			6,8	7,6	8,5
2004	0,0007	0,0002	0,0057	0,0005	0,0630	0,0007	0,0013			7,0	7,9	8,8
2005	0,0008	0,0002	0,0064	0,0006	0,0705	0,0008	0,0014			7,9	8,8	9,8
2006	0,0009	0,0002	0,0065	0,0006	0,0725	0,0008	0,0014			8,1	9,1	10,1
2007	0,0008	0,0002	0,0063	0,0006	0,0697	0,0008	0,0014			7,8	8,7	9,7
2008	0,0009	0,0003	0,0068	0,0006	0,0751	0,0009	0,0015			8,4	9,4	10,5
2009	0,0009	0,0002	0,0066	0,0006	0,0734	0,0008	0,0015			8,2	9,2	10,2
2010	0,0009	0,0003	0,0068	0,0006	0,0749	0,0009	0,0015			8,3	9,4	10,4
2011	0,0009	0,0003	0,0070	0,0006	0,0773	0,0009	0,0015			8,6	9,7	10,8
2012	0,0010	0,0003	0,0073	0,0007	0,0814	0,0009	0,0016			9,1	10,2	11,3

AÑO	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES										
	HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)	PCB (kg)
1990									0,023		
1991									0,029		
1992									0,038		
1993									0,043		
1994									0,051		
1995									0,062		
1996									0,110	0,000001	
1997									0,125	0,000001	
1998									0,144	0,000001	
1999									0,163	0,000002	
2000									0,195	0,000002	
2001									0,215	0,000002	
2002									0,240	0,000002	
2003									0,261	0,000002	
2004									0,270	0,000002	
2005									0,302	0,000002	
2006									0,310	0,000002	
2007									0,299	0,000002	
2008									0,322	0,000002	
2009									0,314	0,000002	
2010									0,321	0,000002	
2011									0,331	0,000002	
2012									0,348	0,000002	

9.9.2.- Incineración de animales muertos

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.09.02
CMCC/CRF	6 C
CLRTAP-EMEP/NFR	6 C

La dificultad existente para obtener información precisa sobre la variable de actividad ha motivado que no se hayan computado las emisiones correspondientes en la presente edición del Inventario.

9.10.- OTROS TRATAMIENTOS DE RESIDUOS

El subgrupo 9.10, Otros tratamientos de residuos, de la nomenclatura SNAP-97 consta de las siguientes actividades que se describen a continuación en este capítulo:

- 09.10.01 Tratamiento de aguas residuales en la industria
- 09.10.02 Tratamiento de aguas residuales en los sectores residencial y comercial
- 09.10.03 Extendido de lodos
- 09.10.05 Producción de compost
- 09.10.06 Producción de biogás
- 09.10.07 Letrinas
- 09.10.08 Producción de combustibles a partir de residuos

Obsérvese que la numeración de actividades no siempre es correlativa. Así, en concreto, no existe la actividad 09.10.04. Este salto en la numeración y la propia secuencia de actividades (desglose a tercer nivel) dentro de las actividades ha venido motivada por el deseo de mantener la compatibilidad con versiones anteriores de la nomenclatura SNAP.

9.10.1.- Tratamiento de aguas residuales en la industria

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.01
CMCC/CRF	6 B 1
CLRTAP-EMEP/NFR	6 B

En este epígrafe se describe la estimación de las emisiones de CH₄ en la depuración de aguas residuales industriales. La metodología seguida se ha derivado del Manual de

Referencia IPCC para el caso de las fuentes superficiales y del Libro Guía EMEP/CORINAIR para las fuentes puntuales. No se estiman para esta actividad emisiones de ningún otro contaminante excepto del CH₄.

A) Descripción del proceso

En este subepígrafe se describe el proceso básico de generación de las emisiones de CH₄ en el tratamiento de las aguas residuales y se expone la metodología básica de estimación de las emisiones para las fuentes superficiales de acuerdo con el Manual de Referencia IPCC. No parece necesario describir la metodología que se aplicará a las fuentes puntuales, dado que, según el Libro Guía EMEP/CORINAIR, es simplemente la aplicación de un factor de emisión sobre la variable de actividad, volumen de agua residual tratado.

Es habitual en el tratamiento de las aguas residuales distinguir entre los tratamientos 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 una combinación de procesos biológicos que promueven la biodegradación de la materia orgánica por los microorganismos. Estos tratamientos incluyen las lagunas de estabilización, los filtros percoladores y los procesos de lodos activados. Los tratamientos terciarios incluyen los procesos destinados a depurar las aguas de otros contaminantes y elementos patógenos mediante su introducción en lagunas de maduración, filtración avanzada, adsorción de carbono, intercambio iónico y desinfección.

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 ser depositados de forma segura. Los métodos de tratamiento de lodos incluyen la estabilización (digestión) aerobia y anaerobia, el acondicionado, centrifugado, compostaje y secado. Las emisiones de metano se generan en la estabilización anaerobia.

Para la estimación de las emisiones se considerarán los tratamientos de la línea de aguas y de la línea de lodos, siguiéndose en el proceso los pasos siguientes: 1) Determinación de la cantidad total de materia orgánica, en términos de demanda química de oxígeno (DQO), en el tratamiento de las aguas residuales según tipo de tratamiento aplicado; 2) Estimación de los factores de emisión de metano por unidad de materia orgánica degradable (kg. de CH₄/kg de DQO) para cada tipo de tratamiento aplicado; 3) Multiplicación de los factores de emisión de cada tipo de tratamiento de aguas por la cantidad de materia orgánica degradable tratada por cada sistema de tratamiento; 4) Suma de las emisiones de metano correspondientes a los tratamientos de la línea de agua y de la línea de lodos. A continuación se describen los algoritmos de cálculo de cada una de estas etapas.

1) Determinación de la DQO en las líneas de agua y de lodos.

La carga orgánica degradable en la línea de aguas (TOW) y en la línea de lodos (TOS) vienen dadas respectivamente por las fórmulas siguientes:

$$TOW_{ind} (kg\ COD/año) = W \times O \times D_{ind} \times (1 - DS_{ind}) \quad [9.10.1.1]$$

y

$$TOS_{ind}(kg\ COD/año) = W \times O \times D_{ind} \times DS_{ind} \quad [9.10.1.2]$$

donde:

TOW_{ind} = carga orgánica en términos de demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales industriales en kg DQO/año

TOS_{ind} = carga orgánica en términos de DQO en las aguas residuales industriales en kg DQO/año

W = cantidad de agua residual generada por unidad de producto

O = producción total del sector industrial considerado en toneladas/año

D_{ind} = carga orgánica degradable por m³ de agua residual generada (kg DQO/m³ agua residual vertida)

DS_{ind} = fracción de la carga orgánica degradable que de las aguas residuales orgánicas industriales se retira en los lodos

2) Factores de emisión.

De forma general, el factor de emisión de metano, tanto en las líneas de aguas como de lodos, se obtiene multiplicando el parámetro B_0 (que representa la capacidad máxima de producción de metano a partir de una determinada cantidad de materia orgánica degradable presente, ya sea en la línea de agua como en la de lodos) por la suma ponderada de los factores de conversión de metano (MCF) correspondientes a cada tipo de tratamiento por el peso o ponderación que cada tipo de tratamiento tiene en el conjunto de los tratamientos aplicados. A falta de mejor información, el valor por defecto del parámetro B_0 es de 0,25 (kg CH₄/kg de DQO) y, para el MCF, un valor que oscilará entre 0,0 (en el caso de tratamientos completamente aeróbicos) hasta 1,0 (en el caso de tratamientos completamente anaeróbicos). Formalmente, los factores vienen expresados por las siguientes ecuaciones:

- para las líneas de aguas (subíndice w), los factores EF_{wi} vienen dados por:

$$EF_{w,i} = B_{oi} \times \sum_x (WS_{ix} \times MCF_x) \quad [9.10.1.3]$$

$EF_{w,i}$ = factores de emisión (kg CH₄/kg DQO) para el tipo i de agua residual

B_{oi} = capacidad máxima de producción (kg CH₄/kg DQO) para el tipo i de agua residual

WS_{ix} = fracción del tipo i de agua residual tratada con el sistema x

MCF_x = factores de conversión de metano para cada tipo de tratamiento x

- para las líneas de lodos (subíndice s), los factores EF_{sj} vienen dados por:

$$EF_{s,j} = B_{oj} \times \sum_y (SS_{jy} \times MCF_y) \quad [9.10.1.4]$$

$EF_{s,j}$ = factor de emisión (kg CH₄/kg DQO) para el tipo j de lodos de depuradora

B_{oj} = capacidad máxima de producción (kg CH₄/kg DQO) para el tipo j de lodos de depuradora

SS_{jy} = fracción del tipo j de lodos de depuradora tratada con el sistema y

MCF_y = factores de conversión de metano para cada tipo de tratamiento y

3) Emisiones en las líneas de aguas, de lodos y total emisiones.

Las emisiones en las líneas de aguas y de lodos se obtienen como suma, extendida a todos los tratamientos aplicados, del producto del factor de emisión (EF) correspondiente a cada tipo de tratamiento por la carga de materia orgánica degradable (TOW/TOS) según tratamiento aplicado, y descontando de dicho producto la cantidad de metano recuperado (MR) y que no será emitida como tal a la atmósfera. Finalmente, las emisiones totales se calculan como suma de las emisiones netas (WM/SM), descontadas las recuperaciones de metano, de las líneas de aguas y de lodos. Formalmente, el algoritmo de cálculo se expresa de la siguiente forma:

$$WM = \sum_i (TOW_i \times EF_i - MR_i) \quad [9.10.1.5]$$

WM = emisión de metano proveniente de las aguas residuales en kg

TOW_i = carga orgánica total del agua residual tipo i en kg DQO/año

EF_i = factor de emisión de metano para aguas residuales del tipo i en kg CH₄/kg DQO

MR_i = cantidad total de metano recuperado o incinerado proveniente de las aguas residuales del tipo i . En caso de no existir información, el valor por defecto es cero

$$SM = \sum_j (TOS_j \times EF_j - MR_j) \quad [9.10.1.6]$$

SM = emisión de metano proveniente de los lodos de depuradora en kg

TOS_j = carga orgánica total de los lodos de depuradora tipo j en in kg DQO/año

EF_j = factor de emisión de metano para lodos de depuradora del tipo j en kg CH₄/kg DQO

MR_j = cantidad total de metano recuperado o incinerado proveniente de los lodos de depuradoras del tipo j . En caso de no existir información, el valor por defecto es cero

$$TM = WM + SM \quad [9.10.1.7]$$

TM = cantidad de metano total proveniente de aguas residuales y lodos de depuradora en kg

WM =cantidad total de metano emitida proveniente de aguas residuales en kg

SM =cantidad total de metano emitida proveniente de lodos de depuradora en kg

B) Variables de actividad

En este subepígrafe se comentan por separado las variables de actividad que se han tomado para las fuentes superficiales y para las fuentes puntuales.

Fuentes superficiales

El resultado de la aplicación del algoritmo dado por las Ecuaciones [9.10.1.1] y [9.10.1.2] es la carga orgánica en términos de demanda química de oxígeno en aguas y lodos, cuyos valores así como los de los parámetros y las variables de base utilizados para el cálculo se muestran en la tabla 9.10.1.1 siguiente.

Tabla 9.10.1.1.- Variables de actividad

Sector IPI	Actividad SNAP	O (Producción)		Ratio de vertido		W (m ³) (Vertido Final)	D _{ind} (kg DQO/m ³)	DS _{ind}	TOW _{ind} kg DQO/año	TOS _{ind} kg DQO/año
		Cantidad	Ud	Cantidad	Ud					
Alimentación (Año referencia 1994)	Aceites vegetales	10.482.798	Mg	3,1	m ³ /Mg	32.496.674	0,85	0,8	5.524.435	22.097.738
	Azúcar	1.339.999	Mg	11	m ³ /Mg	14.739.989	3,2	0,8	9.433.593	37.734.372
	Café	116.700	Mg	1,09	m ³ /Mg	127.203	9	0,8	228.965	915.862
	Cárnicas	934.000	Mg	13	m ³ /Mg	12.142.000	4,1	0,8	9.956.440	39.825.760
	Cerveza	24.280.003	hl	0,64	m ³ /Hl	15.539.202	2,9	0,8	9.012.737	36.050.948
	Conservas de pescado	670.000	Mg	13	m ³ /Mg	8.710.000	2,5	0,8	4.355.000	17.420.000
	Conservas vegetales	14.749.998	Mg	20	m ³ /Mg	294.999.960	5	0,8	294.999.960	1.179.999.840
	Lácteos	4.765.900	Mg	7	m ³ /Mg	33.361.300	2,7	0,8	18.015.102	72.060.408
Vinos y licores	38.235.555	hl	2,28	m ³ /Hl	87.177.065	1,5	0,8	26.153.120	104.612.478	
Química (Año referencia 1996)	Farmacia (CNAE: 21.10)	54.804.020	m ³	0,955	m ³ /m ³	52.337.839	6	0,8	62.805.407	251.221.628
	Farmacia (CNAE: 21.20)	4.996.634	m ³	0,6	m ³ /m ³	2.997.980	0,4	0,8	239.838	959.354
	Química orgánica (CNAE: 20.14)	31.430.199	m ³	0,75	m ³ /m ³	23.572.649	3,68	0,8	17.349.470	69.397.879
	Química Orgánica (CNAE: 20.15)	53.347.237	m ³	0,64	m ³ /m ³	34.142.232	0,16	0,8	1.092.551	4.370.206

En la tabla anterior puede observarse cómo la información referente a los subsectores del grupo "Alimentación" viene fechada para el año 1994 y la referente a los subsectores del grupo "Química" viene fechada para el año 1996. El origen de esta información son los distintos "Estudios de regularización de vertidos" realizados para los sectores y actividades indicados en la tabla por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente. De dichos estudios, el Equipo de Trabajo del Inventario extrajo la información sintética que figura en las columnas: a) producción, que refleja en cantidades la producción o consumo de materia prima principal, en las unidades que figuran en su correspondiente columna de unidades, ud.; b) ratio de vertido, que indica la relación entre m³ de vertido/ud. de producción o materia prima principal de la columna anterior; c) la cantidad en m³ de vertido de aguas residuales; d) el parámetro D_{ind} que indica los kg de

DQO/m³ agua residual vertida; e) el parámetro DS_{ind} que indica la fracción de la carga residual orgánica retirada como lodos; f) y g) las variables TOW_{ind} y TOS_{ind}, calculadas según las fórmulas [9.10.1.1] y [9.10.1.2], expresadas en kg DQO/año, que reflejan la carga orgánica contenida en las aguas y en los lodos.

Desde Inventario se ha estado trabajando para actualizar varios de estos parámetros dado que, desde 1994 y 1996, los procesos industriales han mejorado su eficiencia en lo que a generación de aguas residuales generadas por unidad de producto y su carga se refiere. Para la presente edición de Inventario (1990-2012) no se ha podido disponer aún de esta información y se ha considerado sustituir los valores hasta ahora usados de algunos de los parámetros por los propuestos en las Guías IPCC 2006, considerando que éstos son más representativos de los procesos que actualmente se llevan a cabo en los distintos tipos de industria. Concretamente, de los parámetros mencionados en el párrafo anterior, los que se han actualizado con datos procedentes de las Guías IPCC 2006 han sido el ratio de vertido (expresado en m³ de vertido por unidad de producto o materia prima principal) y el ratio de carga orgánica por unidad de vertido (expresado en kg de DQO/m³ de agua residual vertida). El resto de parámetros se han mantenido igual que en ediciones anteriores.

Para extender de forma homogénea la serie temporal para todos aquellos subsectores de los que sólo se disponía de la información referida al año 1994 (“Alimentación”) ó al año 1996 (“Química”) al conjunto del período 1990-2012 se ha utilizado el índice de producción industrial IPI de los sectores “Alimentación” y “Química” elaborado por el INE, según se muestran en la tabla 9.10.1.2, los cuales han sido actualizados para la presente edición de Inventario para el período 1990-2008.

Tabla 9.10.1.2.- Índices de producción industrial

Año	ALIMENTACIÓN		QUÍMICA	
	Serie Original	Serie Normalizada	Serie Original	Serie Normalizada
1990	84,42	102,31	77,60	90,14
1991	84,24	102,10	75,54	87,75
1992	77,63	94,08	73,34	85,19
1993	80,83	97,97	73,28	85,12
1994	82,51	100,00	85,41	99,21
1995	81,27	98,50	84,59	98,26
1996	80,08	97,06	86,09	100,00
1997	85,40	103,50	92,16	107,05
1998	89,40	108,35	95,42	110,83
1999	89,42	108,37	96,29	111,85
2000	88,27	106,98	94,60	109,88
2001	90,14	109,25	94,93	110,27
2002	94,28	114,26	95,33	110,73
2003	95,58	115,84	98,59	114,52
2004	98,24	119,07	99,40	115,46
2005	99,98	121,18	100,01	116,16
2006	100,32	121,58	101,42	117,80
2007	102,43	124,15	103,73	120,48
2008	101,44	122,95	98,26	114,13
2009	100,72	122,07	96,38	111,94
2010	102,83	124,62	100,99	117,31
2011	102,73	124,51	101,21	117,56
2012	98,58	119,48	100,48	116,71

(1) Base 100 en el año 1994 para el sector alimentación y en el año 1996 para el sector química.

Tomando los valores absolutos de la producción o variable de actividad (columna "O" de la tabla 9.10.1.1) y la pauta de evolución temporal de los índices de producción industrial (serie normalizada) de los grupos "Alimentación" y "Química" se ha generado la serie temporal uniforme, para el período 1990-2012, de la producción de los subsectores de los grupos "Alimentación" y "Química", tal y como se muestra en la tabla 9.10.1.3 siguiente.

Tabla 9.10.1.3.- Variables de actividad de los subsectores de “alimentación” y “química”

Año	09.10.01 Tratamiento de aguas residuales en la industria (SNAP/RÚBRICA)										
	091001/0000/90A Vinos y licores (hl)	091001/0000/900 Farmacéutica (m ³)	091001/0000/901 Química orgánica (m ³)	091001/0000/902 Aceites vegetales (Mg)	091001/0000/903 Azúcar (Mg)	091001/0000/904 Café (Mg)	091001/0000/905 Cárnicas (Mg)	091001/0000/906 Cerveza (hl)	091001/0000/907 Conservas pescado (Mg)	091001/0000/908 Conservas vegetales (Mg)	091001/0000/909 Lácteas (Mg)
1990	39.119.904	53.902.205	76.415.401	10.725.254	1.370.992	119.399	955.602	24.841.575	685.496	15.091.150	4.876.130
1991	39.038.807	52.472.454	74.388.489	10.703.020	1.368.150	119.152	953.621	24.790.077	684.075	15.059.866	4.866.022
1992	35.972.548	50.944.298	72.222.073	9.862.364	1.260.690	109.793	878.720	22.842.968	630.345	13.877.005	4.483.826
1993	37.459.336	50.903.779	72.164.631	10.269.987	1.312.796	114.331	915.039	23.787.095	656.398	14.450.559	4.669.148
1994	38.235.555	59.325.999	84.104.537	10.482.798	1.339.999	116.700	934.000	24.280.003	670.000	14.749.998	4.765.900
1995	37.660.149	58.758.729	83.300.337	10.325.043	1.319.833	114.944	919.944	23.914.614	659.917	14.528.026	4.694.178
1996	37.111.775	59.800.653	84.777.439	10.174.698	1.300.615	113.270	906.549	23.566.390	650.308	14.316.481	4.625.826
1997	39.575.595	64.014.657	90.751.495	10.850.188	1.386.962	120.790	966.734	25.130.943	693.481	15.266.941	4.932.930
1998	41.429.253	66.277.948	93.960.089	11.358.394	1.451.925	126.448	1.012.014	26.308.037	725.963	15.982.020	5.163.981
1999	41.436.977	66.885.737	94.821.731	11.360.511	1.452.196	126.471	1.012.203	26.312.941	726.098	15.984.999	5.164.944
2000	40.904.050	65.710.678	93.155.889	11.214.402	1.433.519	124.845	999.185	25.974.527	716.760	15.779.414	5.098.517
2001	41.772.952	65.942.217	93.484.134	11.452.624	1.463.970	127.497	1.020.410	26.526.290	731.986	16.114.607	5.206.822
2002	43.688.399	66.214.274	93.869.821	11.977.769	1.531.099	133.343	1.067.199	27.742.619	765.550	16.853.523	5.445.574
2003	44.290.837	68.483.354	97.086.621	12.142.936	1.552.212	135.182	1.081.916	28.125.175	776.106	17.085.923	5.520.665
2004	45.526.609	69.044.835	97.882.615	12.481.740	1.595.520	138.953	1.112.102	28.909.904	797.761	17.562.643	5.674.699
2005	46.333.723	69.467.393	98.481.662	12.703.021	1.623.806	141.417	1.131.818	29.422.430	811.904	17.874.000	5.775.302
2006	46.488.194	70.445.644	99.868.496	12.745.371	1.629.220	141.888	1.135.592	29.520.521	814.611	17.933.590	5.794.557
2007	47.469.088	72.049.049	102.141.592	13.014.297	1.663.596	144.882	1.159.552	30.143.399	831.799	18.311.986	5.916.821
2008	47.009.536	68.251.815	96.758.376	12.888.304	1.647.491	143.479	1.148.327	29.851.578	823.746	18.134.706	5.859.540
2009	46.673.560	66.943.621	94.903.793	12.796.192	1.635.716	142.454	1.140.120	29.638.230	817.859	18.005.098	5.817.662
2010	47.650.592	70.150.432	99.449.984	13.064.059	1.669.957	145.436	1.163.986	30.258.656	834.979	18.382.004	5.939.445
2011	47.608.113	70.300.932	99.663.343	13.052.412	1.668.469	145.306	1.162.948	30.231.681	834.235	18.365.617	5.934.150
2012	45.684.942	69.791.547	98.941.204	12.525.149	1.601.069	139.437	1.115.970	29.010.447	800.535	17.623.722	5.694.435

Fuentes puntuales

Además de la depuración de aguas consideradas como fuentes superficiales hasta aquí descritas se ha considerado la depuración de aguas en las fuentes puntuales cuya información ha sido recibida a través de los cuestionarios individuales, que, en concreto, se refiere a las plantas de refino de petróleo y a las plantas de fabricación de pasta de papel⁷. La variable de actividad (volumen de agua residual depurado) para el conjunto de estos dos sectores industriales se presenta en la tabla 9.10.1.4.

Tabla 9.10.1.4.- Volumen de agua residual depurado sectores: refino de petróleo y pasta de papel (Cifras en m³)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
61.066.023	65.689.715	82.024.338	80.957.151	85.872.928	89.946.057	86.758.143	94.505.085	96.986.565	100.051.587	99.977.737

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
96.858.333	100.308.709	106.697.123	98.006.780	94.115.936	100.585.477	105.838.282	99.009.049	87.025.993	102.369.635	107.064.393	99.709.141

C) Factores de emisión

En este subepígrafe se comentan por separado los factores de emisión que se han seleccionado para las fuentes superficiales y para las fuentes puntuales.

Fuentes superficiales

El resultado de la aplicación del algoritmo dado por las ecuaciones [9.10.1.3] y [9.10.1.4] son los factores de emisión correspondientes respectivamente a la línea de aguas y a la línea de lodos. La información relevante para el cálculo de dichos factores se muestra en la tabla 9.10.1.5 y el resultado agregado de los factores de emisión para el conjunto de las líneas de aguas y de lodos se muestra para cada uno de los subsectores industriales considerados en la tabla 9.10.1.6.

⁷ Para las plantas de fabricación de pasta de papel, se ha dispuesto de información sobre el volumen de agua depurado a partir de 1997, con las excepciones de una planta en la que sí se ha dispuesto del dato para todos los años de la serie inventariada, y de otras dos plantas en las que se ha dispuesto de la información a partir de los años 2001 y 2002 respectivamente. El volumen de agua depurado de cada una de las plantas en los años en los que no se disponía de información se ha estimado en función de la proporción entre volumen de agua depurado y producción de pasta de papel del primer año en el que se dispone de información sobre ambas variables.

Tabla 9.10.1.5.- Información de base y cálculo de los factores de emisión

Sector IPI	Año	Sector industrial	B ₀	WS	SS1	SS2	SS3	MCF _w	MCF _{SS1}	MCF _{SS2}	MCF _{SS3}	EFW	EFS
ALIMENTACIÓN	1994	ACEITES VEGETALES	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		AZÚCAR	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		CAFÉ	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		CÁRNICAS	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		CERVEZA	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		CONSERVAS DE PESCADO	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		CONSERVAS VEGETALES	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		LÁCTEOS	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		VINOS Y LICORES	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
QUÍMICA	1996	FARMACIA	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441
		QUÍMICA ORGÁNICA	0,25	1,00	0,33	0,05	0,62	0,005	0,005	0,8	0,8	0,00125	0,13441

El detalle de las fuentes de información sobre los parámetros de la tabla es el siguiente:

B₀:

se ha tomado del propio Manual de Referencia IPCC.

WS, SS1, SS2, SS3, MCF_w, MCF_{SS1}, MCF_{SS2}, MCF_{SS3}:

la información ha sido seleccionada por el Equipo de Trabajo del Inventario en base al conocimiento del sector del equipo de Inventario y usando también como referencia la información reflejada en el estudio "Estimación de la producción y tratamiento de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales", elaborado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para el anterior Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Los valores de MCF_w y MCF_{SS} se han obtenido de la tabla 6.3 de las Guías 2006 IPCC.

EFW y EFS:

factores de emisión derivados utilizando las expresiones [9.10.1.3] y [9.10.1.4] mostradas anteriormente

Tabla 9.10.1.6.- Factores de emisión implícitos de CH₄ agregados por subsector industrial (Cifras en g CH₄/Unidad de producción)

SNAP/RÚBRICA	1990-2012
09.10.01 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA	
09.10.01/900 FARMACÉUTICA	43,83
09.10.01/901 QUÍMICA ORGÁNICA	9,044
09.10.01/902 ACEITES VEGETALES	21,8
09.10.01/903 AZÚCAR	291,3
09.10.01/904 CAFÉ	81,2
09.10.01/905 CÁRNICAS	441,0
09.10.01/906 CERVEZA	15,3
09.10.01/907 CONSERVAS DE PESCADO	268,9
09.10.01/908 CONSERVAS VEGETALES	827,5
09.10.01/909 LÁCTEOS	156,4
09.10.01/90A VINOS Y LICORES	28,3

Fuentes puntuales

Para el caso de las fuentes puntuales, que se concreta en las plantas de refino de petróleo y fabricación de pasta de papel, se ha tomado el factor de emisión que figura en la tabla 9.10.1.7 y que procede de la tabla 2 del capítulo B9101 del Libro Guía EMEP/CORINAIR (en esta última tabla se proponen también factores, además de para el CO₂, que por asumirse de origen biogénico renovable, no debe ser considerado, según la metodología IPCC y CORINAIR, en el cómputo de las emisiones, para el N₂O. Para este último gas no se ha considerado el factor de la tabla del Libro Guía EMEP/CORINAIR dado que no parece homogéneo con el tratamiento propuesto por la metodología IPCC).

Tabla 9.10.1.7.- Factores de emisión de CH₄ (Cifras en g CH₄/m³ agua tratada)

09.10.01 Tratamiento de aguas residuales en la industria

FUENTES PUNTUALES	3,7/D
--------------------------	-------

D) Emisiones

En este subepígrafe se comentan por separado las emisiones estimadas para las fuentes superficiales, para las fuentes puntuales y para el conjunto de ambas.

Fuentes superficiales

Las emisiones netas se calculan aplicando el algoritmo [9.10.1.7] que a su vez hace referencia a las expresiones [9.10.1.5] y [9.10.1.6]. En la tabla 9.10.1.8 se muestra la información de base para el cálculo de las emisiones y los resultados de dicha estimación para los años de referencia 1994 (“Alimentación”) y 1996 (“Química”). En la tabla 9.10.1.9 se muestra la información de emisiones por subsectores, extendida de forma temporalmente homogénea, utilizando los índices de producción industrial normalizados que figuran en la segunda parte de la tabla 9.10.1.2, para el período 1990 a 2012.

Tabla 9.10.1.8.- Información de base para el cálculo de emisiones y resultados de la estimación

Sector IPI	Año	Actividad SNAP	MRW	MRS	WM kg CH ₄ /año	SM kg CH ₄ /año	TM kg CH ₄ /año	Emisión t CH ₄ /año
ALIMENTACIÓN	1994	ACEITES VEGETALES	0	0,925	6.906	221.658	228.563	229
		AZÚCAR	0	0,925	11.792	378.505	390.297	390
		CAFÉ	0	0,925	286	9.187	9.473	9
		CÁRNICAS	0	0,925	12.446	399.484	411.929	412
		CERVEZA	0	0,925	11.266	361.619	372.885	373
		CONSERVAS DE PESCADO	0	0,925	5.444	174.736	180.180	180
		CONSERVAS VEGETALES	0	0,925	368.750	11.836.323	12.205.073	12.205
		LÁCTEOS	0	0,925	22.519	722.822	745.341	745
QUÍMICA	1996	VINOS Y LICORES	0	0,925	32.691	1.049.345	1.082.037	1.082
		FARMACIA	0	0,925	78.507	2.519.950	2.598.457	2.598
		QUÍMICA ORGÁNICA	0	0,925	300	9.623	9.923	10

El detalle de las fuentes de información sobre los parámetros de la tabla es el siguiente:

MRW y MRS:

Hasta la pasada edición (1990-2011), y ante la falta de mejor información, se consideraba en las aguas residuales industriales de fuentes de área que la cantidad de CH₄ recuperada en la línea de lodos (MRS) era del 50% y que no se captaba nada en la línea de aguas (MRW).

Dado que estas suposiciones no permitían reflejar la realidad actual, es decir, los avances y mejoras que se han ido incorporando en los diferentes tipos de industria a lo largo del periodo inventariado en lo que a sistemas de tratamiento de lodos y captación de biogás se refiere, para la presente edición de Inventario (1990-2012) se han modificado los valores hasta ahora supuestos por otros que permitiesen reflejar estos avances. Estos nuevos valores se han basado en el conocimiento del sector por parte del equipo de Inventario y en los datos reflejados en el estudio "Estimación de la producción y tratamiento de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales. De esta forma, en el caso de la línea de aguas, se ha considerado que la cantidad de metano captada es cero; para el caso de la línea de lodos, se ha considerado que la cantidad de metano captada es del 100% de la cantidad de biogás generada en procesos anaerobios cerrados y controlados (digestores anaerobios) y que la captación es nula (0%) en el caso de que los lodos sean tratados en sistemas de lagunaje anaerobios. Dado que se considera que el 67% de los tratamientos en la línea de lodos son anaerobios y que, sobre este porcentaje, el 62% se lleva a cabo en reactores cerrados y el 5% restante en procesos de lagunaje, el porcentaje de CH₄ total recuperado en la línea de lodos es del 92,5%.

WM, SM y TM:

emisiones estimadas utilizando las expresiones [9.10.1.5], [9.10.1.6] y [9.10.1.7] mostradas anteriormente.

Tabla 9.10.1.9.- Emisiones de CH₄ por subsectores industriales (Cifras en toneladas)

AÑO	ALIMENTACIÓN									QUÍMICA		TOTAL
	Aceites Vegetales	Azúcar	Café	Cárnicas	Cerveza	Conservas de Pescado	Conservas Vegetales	Vinos y Licores	Lácteos	Química Orgánica	Farmacia	
1990	235	401	10	424	381	185	12.548	1.111	766	691	2.363	19.115
1991	234	400	10	423	380	185	12.522	1.109	765	673	2.300	19.000
1992	216	369	9	389	350	170	11.538	1.022	705	653	2.233	17.655
1993	225	384	9	406	365	177	12.015	1.064	734	653	2.231	18.263
1994	230	392	10	414	373	181	12.264	1.086	749	761	2.600	19.059
1995	226	386	9	408	367	178	12.080	1.070	738	753	2.575	18.790
1996	223	381	9	402	362	176	11.904	1.054	727	767	2.621	18.624
1997	238	406	10	428	386	187	12.694	1.124	775	821	2.806	19.875
1998	249	425	10	449	404	196	13.289	1.177	812	850	2.905	20.764
1999	249	425	10	449	404	196	13.291	1.177	812	858	2.932	20.802
2000	246	420	10	443	399	194	13.120	1.162	801	842	2.880	20.516
2001	251	428	10	452	407	198	13.399	1.186	818	845	2.890	20.886
2002	262	448	11	473	426	207	14.013	1.241	856	849	2.902	21.688
2003	266	454	11	479	432	210	14.207	1.258	868	878	3.002	22.064
2004	273	467	11	493	444	216	14.603	1.293	892	885	3.026	22.603
2005	278	475	12	502	451	219	14.862	1.316	908	891	3.045	22.958
2006	279	477	12	503	453	220	14.911	1.320	911	903	3.088	23.077
2007	285	487	12	514	462	225	15.226	1.348	930	924	3.158	23.571
2008	282	482	12	509	458	223	15.079	1.335	921	875	2.991	23.167
2009	280	479	12	505	455	221	14.971	1.325	914	858	2.934	22.955
2010	286	489	12	516	464	226	15.284	1.353	933	899	3.075	23.538
2011	286	488	12	515	464	225	15.271	1.352	933	901	3.081	23.529
2012	274	469	11	495	445	216	14.654	1.297	895	895	3.059	22.710

Fuentes puntuales

La estimación de las emisiones, que se muestra en la tabla 9.10.1.10 se realiza en este caso por la aplicación del factor de emisión de la tabla 9.10.1.7 sobre los datos de actividad de la tabla 9.10.1.4. Para el caso de las fuentes puntuales, la cantidad de CH₄ recuperada se ha mantenido igual que en ediciones anteriores de Inventario, es decir, se ha considerado nula.

Tabla 9.10.1.10.- Emisiones de CH₄ correspondientes a fuentes puntuales. Sectores: refino de petróleo y pasta de papel (Cifras en toneladas)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
225,9	243,1	303,5	299,5	317,7	332,8	321	349,7	358,9	370,2	369,9	
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
358,4	371,1	394,8	362,6	348,2	372,2	391,6	366,3	321,9	378,8	396,1	378,9

Total fuentes

En la tabla 9.10.1.11 se muestra el total de las emisiones para esta actividad de depuración de aguas residuales industriales.

Tabla 9.10.1.11.- Emisiones de CH₄ totales de la actividad (Cifras en toneladas)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
19.341	19.243	17.958	18.563	19.377	19.123	18.945	20.224	21.123	21.172	20.886	21.244
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
22.059	22.458	22.965	23.306	23.449	23.962	23.533	23.277	23.916	23.925	23.089	

9.10.2.- Tratamiento de aguas residuales en los sectores residencial y comercial

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.02
CMCC/CRF	6 B 2
CLRTAP-EMEP/NFR	6 B

En este epígrafe se describe, en primer lugar, la estimación de las emisiones de metano (CH₄) en la depuración de aguas residuales urbanas “sector residencial, institucional y asimilados” que son tratadas en las estaciones depuradoras de las redes municipales de saneamiento; y, en segundo lugar, la estimación de las emisiones de óxido nitroso (N₂O) relacionadas con las evacuaciones humanas a los sistemas de saneamiento. Para las emisiones de metano, la metodología utilizada es, análogamente a la del epígrafe anterior, la propuesta en el Manual de Referencia, sección 6.3, y en la Guía de Buenas Prácticas, sección 5.2, de IPCC. Para las emisiones de óxido nitroso, la metodología es la expuesta en el Manual de Referencia de IPCC.

9.10.2.1.- Emisiones de metano

El apartado A) que sigue de “Descripción del proceso” es prácticamente idéntico al ya presentado en el epígrafe anterior 9.10.1. No obstante, por conveniencia de la exposición, se hace aquí una presentación del mismo con el cambio pertinente en los subíndices de las variables.

A) Descripción del proceso

Es habitual en el tratamiento de las aguas residuales distinguir entre los tratamientos 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 los microorganismos. Estos tratamientos incluyen las lagunas de estabilización, los filtros percoladores y los procesos de lodos activados. Los tratamientos terciarios incluyen los procesos destinados a depurar las aguas de otros contaminantes y elementos patógenos mediante su introducción en lagunas de maduración, filtración avanzada, adsorción de carbono, intercambio iónico y desinfección.

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 ser depositados de forma segura. Los métodos de tratamiento de lodos pueden incluir estabilización, digestión aerobia o anaerobia, acondicionado, centrifugado, compostaje y/o secado. Las emisiones de metano se generan en la digestión anaerobia.

Para la estimación de las emisiones se considerarán los tratamientos de la línea de aguas y de la línea de lodos, siguiéndose en el proceso los pasos siguientes: 1) Determinación de la cantidad total de materia orgánica, en términos de demanda biológica de oxígeno (DBO), en el tratamiento de las aguas residuales según tipo de tratamiento aplicado; 2) Estimación de los factores de emisión de metano por unidad de materia orgánica degradable (kg. de CH₄/kg de DBO) para cada tipo de tratamiento aplicado; 3) Multiplicación de los factores de emisión de cada tipo de tratamiento de aguas por la cantidad de materia orgánica degradable tratada por cada sistema de tratamiento; 4) Suma de las emisiones de metano correspondientes a los tratamientos de la línea de agua y de la línea de lodos. A continuación se describen los algoritmos de cálculo de cada una de estas etapas.

1) Determinación de la DBO en las líneas de agua y de lodos.

La carga orgánica degradable en la línea de aguas (TOW) y en la línea de lodos (TOS) vienen dadas respectivamente por las fórmulas siguientes:

$$TOW_{dom} = P \times D_{dom} \times (1 - DS_{dom}) \quad [9.10.2.1]$$

y

$$TOS_{dom} = P \times D_{dom} \times (DS_{dom}) \quad [9.10.2.2]$$

donde:

TOW_{dom} = carga orgánica en términos de demanda biológica de oxígeno (DBO) contenida en las aguas residuales domésticas y comerciales en kg DBO/año

TOS_{dom} = carga orgánica en términos de DBO de los lodos de depuradora de las aguas residuales domésticas y comerciales en kg DBO/año

P = población en miles de habitantes equivalentes servida por las estaciones depuradoras de aguas urbanas (residencial, institucional y asimilados)

D_{dom} = carga orgánica degradable en las aguas residuales domésticas y comerciales por cada mil habitantes/año (kg DBO/10³ habitantes equivalentes)

DS_{dom} = fracción de la carga orgánica degradable que de las aguas residuales orgánicas se retira en los lodos

2) Factores de emisión.

De forma general, el factor de emisión de metano, tanto en las líneas de aguas como de lodos, se obtiene multiplicando el parámetro B_0 (que representa la capacidad máxima de producción de metano a partir de una determinada cantidad de materia orgánica degradable presente, ya sea en la línea de agua como en al de lodos) por la suma ponderada de los factores de conversión de metano (MCF) correspondientes a cada tipo de tratamiento por el peso o ponderación que cada tipo de tratamiento tiene en el conjunto de los tratamientos aplicados. A falta de mejor información, el valor por defecto del parámetro B_0 es de 0,6 (kg CH₄/kg de DBO) y, para el MCF, un valor que oscilará entre 0,0 (en el caso de tratamientos completamente aeróbicos) hasta 1,0 (en el caso de tratamientos completamente anaeróbicos). Formalmente, los factores vienen expresados por las siguientes ecuaciones:

- para las líneas de aguas, los factores EF_{wi} vienen dados por:

$$EF_{w,i} = B_{oi} \times \sum_x (WS_{ix} \times MCF_x) \quad [9.10.2.3]$$

EF_i = factores de emisión (kg CH₄/kg DBO) para el tipo i de agua residual

B_{oi} = capacidad máxima de producción (kg CH₄/kg DBO) para el tipo i de agua residual

WS_{ix} = fracción del tipo i de agua residual tratada con el sistema x

MCF_x = factores de conversión de metano para cada tipo de tratamiento x

- para las líneas de lodos, los factores EF_{sj} vienen dados por:

$$EF_{s,j} = B_{oj} \times \sum_y (SS_{jy} \times MCF_y) \quad [9.10.2.4]$$

EF_j = factor de emisión (kg CH₄/kg DBO) para el tipo j de lodos de depuradora

B_{oj} =capacidad máxima de producción (kg CH₄/kg DBO) para el tipo j de lodos de depuradora

SS_{jy} =fracción del tipo j de lodos de depuradora tratada con el sistema y

MCF_y =factores de conversión de metano para cada tipo de tratamiento y

3) Emisiones en las líneas de aguas, de lodos y total emisiones.

Las emisiones en las líneas de aguas y de lodos se obtienen como suma, extendida a todos los tratamientos aplicados, del producto del factor de emisión (EF) correspondiente a cada tipo de tratamiento por la carga de materia orgánica degradable (TOW/TOS) según tratamiento aplicado, y descontando de dicho producto la cantidad de metano recuperado (MR) y que no será emitida como tal a la atmósfera. Finalmente, las emisiones totales se calculan como suma de las emisiones netas (WM/SM), descontadas las recuperaciones de metano, de las líneas de aguas y de lodos. Formalmente, el algoritmo de cálculo se expresa de la siguiente forma:

$$WM = \sum_i (TOW_i \times EF_i - MR_i) \quad [9.10.2.5]$$

WM =emisión de metano proveniente de las aguas residuales en kg

TOW_i =carga orgánica total del agua residual tipo i en kg DBO/año

EF_i =factor de emisión de metano para aguas residuales del tipo i en kg CH₄/kg DBO

MR_i =cantidad total de metano recuperado o incinerado proveniente de las aguas residuales del tipo i. En caso de no existir información, el valor por defecto es cero

$$SM = \sum_j (TOS_j \times EF_j - MR_j) \quad [9.10.2.6]$$

SM =emisión de metano proveniente de los lodos de depuradora en kg

TOS_j =carga orgánica total de los lodos de depuradora tipo j en kg DBO/año

EF_j =factor de emisión de metano para lodos de depuradora del tipo j en kg CH₄/kg DBO

MR_j =cantidad total de metano recuperado o incinerado proveniente de los lodos de depuradoras del tipo j. En caso de no existir información, el valor por defecto es cero

$$TM = WM + SM \quad [9.10.2.7]$$

TM =cantidad de metano total provenientes de aguas residuales y lodos de depuradora en kg

WM =cantidad total de metano emitida proveniente de aguas residuales en kg

SM =cantidad total de metano emitida proveniente de lodos de depuradora en kg

B) Variables de actividad

La variable de actividad final viene dada por la carga de DBO_5 que debe ser tratada en la línea de aguas, TOW, y de lodos, TOS, según figura en las ecuaciones [9.10.2.1] y [9.10.2.2]. Para el cálculo de dichas variables se necesita conocer previamente la población equivalente efectiva servida. Para el cálculo de dicha variable se ha utilizado el estudio "Estimación de la producción y tratamiento de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales", elaborado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (actual DG de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). A través de este estudio se pudo contar, desde la pasada edición de Inventario (1990-2011), con nueva información, para los años pares del periodo 1998-2008, sobre población equivalente tratada, sistemas de tratamiento de aguas y sistemas de tratamiento de lodos. Esta nueva información fué incorporada en la pasada edición de Inventario, habiendo interpolado y extrapolado la información para el resto de años del periodo inventariado. Esta nueva fuente de información ha permitido estimar con mayor precisión la variable de actividad, al poder contar con información más precisa acerca de la población equivalente tratada, y obtener unos factores de emisión más precisos según los diferentes sistemas de tratamiento aplicados, tanto para la línea de aguas como para la línea de lodos.

El cálculo de la carga orgánica en términos de toneladas de DBO_5 por año, tanto correspondiente a la línea de aguas, TOW, como a la línea de lodos, TOS, se muestra, respectivamente, en las dos últimas columnas de la tabla 9.10.2.1, en la que también figuran las variables básicas para el cálculo, según se expresaba en las fórmulas respectivas [9.10.2.1] y [9.10.2.2].

Tabla 9.10.2.1.- Carga contaminante vertida y variables básicas para su cálculo

Año	Población (Hab. eq. tratados)	$D_{\text{dom}}(^*)$	DS_{dom}	TOW_{dom} (t DBO_5 año)	TOS_{dom} (t DBO_5 año)
1990	28.648.690	21,9	0,75	156.806	470.416
1991	29.604.793	21,9	0,75	162.041	486.120
1992	30.697.214	21,9	0,75	168.020	504.062
1993	31.605.496	21,9	0,75	172.994	518.980
1994	32.513.510	21,9	0,75	177.963	533.896
1995	33.421.733	21,9	0,75	182.937	548.812
1996	34.376.491	21,9	0,75	188.165	564.494
1997	35.332.415	21,9	0,75	193.398	580.197
1998	37.965.811	21,9	0,75	207.816	623.449
1999	41.445.915	21,9	0,75	226.871	680.612
2000	44.926.018	21,9	0,75	245.926	737.772
2001	48.174.225	21,9	0,75	263.709	791.123
2002	51.422.432	21,9	0,75	281.489	844.475
2003	54.396.785	21,9	0,75	297.774	893.330
2004	57.452.441	21,9	0,75	314.504	943.520
2005	59.415.684	21,9	0,75	325.251	975.764
2006	61.378.881	21,9	0,75	336.001	1.008.010
2007	62.005.051	21,9	0,75	339.788	1.019.379
2008	62.630.962	21,9	0,75	343.577	1.030.741
2009	63.546.502	21,9	0,75	347.918	1.043.754
2010	64.089.996	21,9	0,75	350.893	1.052.675
2011	64.479.837	21,9	0,75	353.029	1.059.084
2012	64.509.208	21,9	0,75	353.192	1.059.561

La información sobre el parámetro D_{dom} ha sido seleccionada por el Equipo de Trabajo del Inventario y se ha deducido de la siguiente forma:

- Para el cálculo de D_{dom} , se ha asumido una carga de 300 mg DBO_5 /litro de agua residual y un caudal de 200 litros/habitante equivalente y día, y 365 días de operación al año⁸. El producto de los factores anteriores da un resultado de 21,9 kg DBO_5 /habitante equivalente y año, que es el que figura en la tabla.
- Para el parámetro DS_{dom} , se ha asumido un valor de 0,75.

Finalmente, se refleja en la tabla 9.10.2.2 el resumen de la población equivalente total que será utilizada como variable de actividad alternativa para el cálculo de las emisiones.

Tabla 9.10.2.2.- Variables de actividad (Cifras en habitantes equivalentes tratados)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
28.648.690	29.604.793	30.697.214	31.605.496	32.513.510	33.421.733	34.376.491	35.332.415	37.965.811	41.445.915	44.926.018

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
48.174.225	51.422.432	54.396.785	57.452.441	59.415.684	61.378.881	62.005.051	62.630.962	63.546.502	64.089.996	64.479.837	64.509.208

C) Factores de emisión

Los factores de emisión se calculan de acuerdo con las fórmulas [9.10.2.3] y [9.10.2.4] utilizando las siguientes variables y parámetros de base para su cálculo.

- $B_0 = 0,6$ kg CH_4 /kg DBO_5 , según factor por defecto propuesto en la Guía de Buenas Prácticas de IPCC.

Los valores para los parámetros WS_{ix} y SS_{iy} se obtienen de la información derivada del estudio del CEDEX mencionado anteriormente y los MCF correspondientes a cada tipo de tratamiento se han obtenido de la tabla 6.3 de las Guías IPCC 2006, valores que se muestran en la tabla 9.10.2.3.

⁸ Esta carga (300 mg DBO_5 /litro) y este caudal (200 litros/habitante-equivalente y día) dan como resultado una carga por habitante –equivalente y día de 60 g de DBO_5 , coincidente con la postulada, para la definición de carga por habitante–equivalente, en el apartado 6 del artículo 2 de la Directiva 91/271/CEE sobre *tratamiento de las aguas residuales urbanas*

Tabla 9.10.2.3.- Valores de MCF por defecto para aguas urbanas

TABLE 6.3 DEFAULT MCF VALUES FOR DOMESTIC WASTEWATER			
Type of treatment and discharge pathway or system	Comments	MCF ¹	Range
Untreated system			
Sea, river and lake discharge	Rivers with high organics loadings can turn anaerobic	0.1	0 – 0.2
Stagnant sewer	Open and warm	0.5	0.4 – 0.8
Flowing sewer (open or closed)	Fast moving, clean. (Insignificant amounts of CH ₄ from pump stations, etc)	0	0
Treated system			
Centralized, aerobic treatment plant	Must be well managed. Some CH ₄ can be emitted from settlings basins and other pockets	0	0 – 0.1
Centralized, aerobic treatment plant	Not well managed. Overload	0.3	0.2 – 0.4
Anaerobic digester for sludge	CH ₄ recovery is not considered here	0.8	0.8 – 1.0
Anaerobic reactor	CH ₄ recovery is not considered here	0.8	0.8 – 1.0
Anaerobic shallow lagoon	Depth less than 2 metres, use expert judgment	0.2	0 – 0.3
Anaerobic deep shallow	Depth more than 2 metres	0.8	0.8 – 1.0
Septic system	Half of BOD settles in anaerobic tank	0.5	0.5
Latrine	Dry climate, ground water table lower than latrine, small family (3-5 persons)	0.1	0.05 – 0.15
Latrine	Dry climate, ground water table lower than latrine, communal (many users)	0.5	0.4 – 0.6
Latrine	Wet climate/flush water use, ground water table higher than latrine	0.7	0.7 – 1.0
Latrine	Regular sediment removal for fertilizer	0.1	0.1

¹ Based on expert judgment by lead authors of this section

Alternativamente, en la tabla 9.10.2.4, se muestran, en las columnas encabezadas con el título “FE CH₄”, los factores de emisión expresados en este caso con referencia a la población equivalente total que figuraba en la tabla 9.10.2.2. Adviértase que en este caso los factores de emisión son variables a lo largo de los años, según varía también la población equivalente total, el grado de depuración de la misma y las captaciones de CH₄ para uso energético que no se emiten a la atmósfera.

Tabla 9.10.2.4.- Factores de emisión en términos de habitantes equivalentes y otras variables del cálculo

Año	Población equivalente tratada	Línea de aguas				Línea de lodos				F.E. CH ₄ TOTAL (g/hab. Eq)
		TOW _{dom} (t DBO ₅)	Emisión bruta CH ₄ (t)	Emisión neta CH ₄ (t)	F.E. CH ₄ (g/hab. Eq)	TOS _{dom} (t DBO ₅)	Emisión bruta CH ₄ (t)	Emisión neta CH ₄ (t)	F.E. CH ₄ (g/hab. Eq)	
1990	28.648.690	156.806	1.792	1.792	62,56	470.416	120.387	1.785	62,30	124,86
1991	29.604.793	162.041	1.862	1.862	62,89	486.120	124.750	1.851	62,53	125,42
1992	30.697.214	168.020	1.929	1.929	62,84	504.062	129.997	1.916	62,42	125,26
1993	31.605.496	172.994	1.993	1.993	63,06	518.980	134.119	1.974	62,46	125,52
1994	32.513.510	177.963	2.054	2.054	63,16	533.896	138.270	2.029	62,41	125,58
1995	33.421.733	182.937	2.113	2.113	63,22	548.812	142.452	2.081	62,27	125,49
1996	34.376.491	188.165	2.170	2.170	63,11	564.494	146.955	2.130	61,97	125,09
1997	35.332.415	193.398	2.226	2.226	63,00	580.197	151.494	2.175	61,56	124,56
1998	37.965.811	207.816	2.336	2.336	61,53	623.449	162.962	2.247	59,19	120,71
1999	41.445.915	226.871	2.582	2.582	62,29	680.612	177.007	2.307	55,67	117,96
2000	44.926.018	245.926	2.496	2.496	55,56	737.772	197.510	2.236	49,77	105,33
2001	48.174.225	263.709	2.629	2.629	54,58	791.123	206.457	2.366	49,11	103,69
2002	51.422.432	281.489	2.697	2.697	52,44	844.475	220.632	2.289	44,52	96,96
2003	54.396.785	297.774	2.775	2.775	51,02	893.330	230.994	2.762	50,77	101,79
2004	57.452.441	314.504	2.853	2.853	49,65	943.520	243.169	3.247	56,52	106,17
2005	59.415.684	325.251	2.901	2.901	48,83	975.764	241.859	3.238	54,49	103,32
2006	61.378.881	336.001	2.953	2.953	48,12	1.008.010	238.339	3.238	52,75	100,87
2007	62.005.051	339.788	2.841	2.841	45,81	1.019.379	239.808	3.213	51,82	97,64
2008	62.630.962	343.577	2.725	2.725	43,50	1.030.741	241.247	3.202	51,13	94,63
2009	63.546.502	347.918	2.759	2.759	43,42	1.043.754	243.804	3.104	48,85	92,26
2010	64.089.996	350.893	2.779	2.779	43,36	1.052.675	245.858	3.134	48,90	92,26
2011	64.479.837	353.029	2.792	2.792	43,31	1.059.084	247.565	3.150	48,85	92,15
2012	64.509.208	353.192	2.794	2.794	43,31	1.059.561	247.674	3.154	48,90	92,20

A continuación, en la tabla 9.10.2.5 siguiente, se muestran los factores de emisión implícitos obtenidos en función de la carga orgánica tratada.

Tabla 9.10.2.5.- Factores de emisión implícitos (Cifras en g CH₄/kg DBO)

Año	EFw	EFs
1990	11,43	3,79
1991	11,49	3,81
1992	11,48	3,80
1993	11,52	3,80
1994	11,54	3,80
1995	11,55	3,79
1996	11,53	3,77
1997	11,51	3,75
1998	11,24	3,60
1999	11,38	3,39
2000	10,15	3,03
2001	9,97	2,99
2002	9,58	2,71
2003	9,32	3,09
2004	9,07	3,44
2005	8,92	3,32
2006	8,79	3,21
2007	8,36	3,15
2008	7,93	3,11
2009	7,93	2,97
2010	7,92	2,98
2011	7,91	2,97
2012	7,91	2,98

D) Emisiones

La estimación de las emisiones de CH₄ se realiza conforme a las fórmulas reseñadas en [9.10.2.5], para la línea de aguas, [9.10.2.6], para la línea de lodos, y [9.10.2.7] para el total de la depuración. En la tabla 9.10.2.6 se muestran los resultados de estas estimaciones por separado para la línea de agua y para la línea de lodos. Finalmente, en la tabla 9.10.2.7 se muestran las emisiones calculadas para el conjunto de la actividad a lo largo de los años del período de referencia.

Tabla 9.10.2.6.- Emisiones estimadas para las líneas de aguas y de lodos (Cifras en toneladas)

Año	Línea de aguas			Línea de lodos		
	CH ₄ generado	CH ₄ recuperado	Emisiones CH ₄	CH ₄ generado	CH ₄ recuperado	Emisiones CH ₄
1990	1.792	0	1.792	120.387	118.602	1.785
1991	1.862	0	1.862	124.750	122.898	1.851
1992	1.929	0	1.929	129.997	128.080	1.916
1993	1.993	0	1.993	134.119	132.145	1.974
1994	2.054	0	2.054	138.270	136.240	2.029
1995	2.113	0	2.113	142.452	140.371	2.081
1996	2.170	0	2.170	146.955	144.825	2.130
1997	2.226	0	2.226	151.494	149.319	2.175
1998	2.336	0	2.336	162.962	160.715	2.247
1999	2.582	0	2.582	177.007	174.699	2.307
2000	2.496	0	2.496	197.510	195.274	2.236
2001	2.629	0	2.629	206.457	204.091	2.366
2002	2.697	0	2.697	220.632	218.343	2.289
2003	2.775	0	2.775	230.994	228.232	2.762
2004	2.853	0	2.853	243.169	239.922	3.247
2005	2.901	0	2.901	241.859	238.622	3.238
2006	2.953	0	2.953	238.339	235.101	3.238
2007	2.841	0	2.841	239.808	236.594	3.213
2008	2.725	0	2.725	241.247	238.044	3.202
2009	2.759	0	2.759	243.804	240.700	3.104
2010	2.779	0	2.779	245.858	242.725	3.134
2011	2.792	0	2.792	247.565	244.415	3.150
2012	2.794	0	2.794	247.674	244.520	3.154

Tabla 9.10.2.7.- Emisiones estimadas de CH₄ para el conjunto de la actividad (Cifras en toneladas)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
3.577	3.713	3.845	3.967	4.083	4.194	4.300	4.401	4.583	4.889	4.732	4.995
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
4.986	5.537	6.100	6.139	6.191	6.054	5.927	5.863	5.913	5.942	5.948	

9.10.2.2.- Emisiones de óxido nitroso

En lo que sigue de este epígrafe 9.10.2, se comentan las emisiones de óxido nitroso (N₂O) relacionadas con las evacuaciones humanas a los sistemas de saneamiento. La metodología seguida para la estimación de estas emisiones es la expuesta en el Manual de Referencia de IPCC.

A) Algoritmo de estimación de las emisiones

Las emisiones de N₂O se generan a partir del nitrógeno contenido en las proteínas, por lo que, en el modelo proporcional aquí asumido, la cantidad emitida varía intensivamente con el consumo de proteínas per capita y con el contenido de nitrógeno en las proteínas, y extensivamente con la población. El algoritmo de estimación se sintetiza en la ecuación [9.10.2.8] siguiente:

$$N_2O_{(S)} = Cons_{PROTEINA} \times Frac_{NPR} \times N_{POB} \times EF_6 \times \frac{44}{28} \quad [9.10.2.8]$$

donde:

$N_2O_{(S)}$ = emisiones provenientes de los sistemas de saneamiento (kg N₂O/año)

$Cons_{PROTEINA}$ = consumo anual per cápita de proteínas (kg/persona/año)

$Frac_{NPR}$ = fracción de nitrógeno en la proteína (por defecto 0,16 kg N/kg proteína)

N_{POB} = número de habitantes

EF_6 = factor de emisión (por defecto 0,01 kg N₂O-N/kg N en las aguas de saneamiento)

$\frac{44}{28}$ = factor de elevación de masa de N₂ a masa de N₂O

B) Variables de actividad.

El consumo de proteínas (tabla 9.10.2.8.a) fue actualizado en la edición 1990-2009 de Inventario para la serie temporal 1990-2008 con la nueva información facilitada por la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Esta información consta del consumo alimentario humano de proteína, tanto en hogares como extradoméstico, expresado en toneladas totales, para la población de referencia del estudio de la Dieta Alimentaria en España. Sobre la base de esa información se ha escalado el consumo total de proteína multiplicando en cada año el consumo total de proteína del estudio de la Dieta Alimentaria en España por el ratio entre la población de referencia del inventario y la población de referencia del estudio de la Dieta Alimentaria en España.

Tablas 9.10.2.8.a.- Consumo per cápita de proteínas y población

ANO	g/hab/día	kg/hab/año
1990	97,01	35,41
1991	93,08	33,97
1992	92,92	33,92
1993	94,30	34,42
1994	93,95	34,29
1995	90,34	32,97
1996	89,94	32,83
1997	94,04	34,32
1998	94,63	34,54
1999	94,71	34,57
2000	93,30	34,05
2001	94,50	34,49
2002	96,30	35,15
2003	95,81	34,97
2004	95,70	34,93
2005	95,10	34,71
2006	93,50	34,13
2007	94,94	34,65
2008	95,04	34,69
2009	95,12	34,72
2010	95,23	34,76
2011	95,33	34,79
2012	95,40	34,83

Para la población se ha tomado la serie del Instituto Nacional de Estadística, ubicada en la sección "Cifras de población" de la página web del INE, estimada a 1 de julio, para el año 2012. Para el periodo 1990-2011, la población se ha tomado de la sección "Estimaciones intercensales de la población", también estimada a 1 de julio, del Instituto Nacional de Estadística.

Tablas 9.10.2.8.b.- Población

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
38.851.322	38.940.002	39.068.718	39.190.358	39.295.902	39.387.976	39.479.159	39.583.381	39.722.075	39.927.224	40.264.162

2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
40.721.447	41.423.526	42.196.243	42.859.168	43.662.626	44.360.495	45.236.003	45.983.212	46.367.624	46.562.546	46.736.284	46.756.809

C) Emisiones estimadas.

Aplicando el algoritmo indicado en la ecuación [9.10.2.8] a las variables de actividad anteriores, se obtienen las emisiones de N₂O de esta actividad que se muestran en la tabla 9.10.2.9 siguiente.

La distribución territorial de las emisiones se realiza en función de la población de cada provincia.

Tabla 9.10.2.9.- Emisiones estimadas de N₂O para el conjunto de la actividad (Cifras en toneladas)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
3.459	3.326	3.332	3.392	3.388	3.266	3.259	3.416	3.450	3.470	3.448	3.532

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
3.661	3.710	3.764	3.811	3.806	3.941	4.010	4.048	4.069	4.089	4.095

9.10.3.- Extendido de lodos

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.03
CMCC/CRF	6 D
CLRTAP-EMEP/NFR	6 D

En esta actividad se recogen las emisiones del extendido de lodos (sludge spreading) procedentes de las depuradoras de aguas residuales y que se puede considerar como un proceso integrante de los tratamientos de las aguas residuales.

Los lodos producidos en estas plantas depuradoras pueden ser quemados/incinerados, secados mecánicamente, o secados por extendido al aire libre. La información sobre las emisiones de este último proceso es escasa.

A) Variables de actividad

La variable básica de actividad es la cantidad de lodos de depuradora extendidos al aire libre para su secado y expresados en términos de masa seca. A su vez, esta variable depende de la cantidad de lodos tratados en las depuradoras de aguas residuales y de la fracción que de los mismos se seca mediante su extendido al aire libre. Hasta la edición 1990-2009 de Inventario, debido a la ausencia de mejor información, se había considerado que la fracción de lodos que se secaban mediante esta técnica era la unidad, el total. Sin embargo, este criterio no permitía reflejar la situación real en España en lo que se refiere a tratamiento de lodos, incluido su secado. Se ha mejorado la información relativa al periodo inventariado, 1990-2012. Para la pasada edición de Inventario ya se estableció, con objeto de reflejar este hecho, un criterio que se considera refleja más fielmente la evolución de la fracción de lodos secados mediante el extendido al aire libre en eras.

Para esta edición de Inventario (1990-2012) se ha actualizado, para cada año del periodo inventariado, el porcentaje de lodos secados en eras al aire libre respecto al total de lodos generados, en base a la información procedente del estudio "Estimación de la producción y tratamiento de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales", elaborado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (actual DG de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, MAGRAMA). Los datos de este estudio están disponibles para los años pares del periodo 1998-2008, habiéndose estimado, de forma consensuada con expertos del sector, el resto del periodo inventariado.

A continuación se muestra, tabla 9.10.3.1, la cantidad total de lodos generados en EDARs (Registro Nacional de Lodos), el porcentaje que se seca en eras y la cantidad, expresada en toneladas de masa seca, de lodos secados al aire libre, que es la variable de actividad finalmente empleada en la estimación de las emisiones de esta actividad.

Tabla 9.10.3.1.- Extendido de lodos

Año	Lodos generados en EDAR (toneladas masa seca)	Fracción de lodos secados al aire libre (%)	Lodos secados al aire libre (toneladas masa seca)
1990	416.884	11,1	46.100
1991	483.768	8,87	42.923
1992	550.651	7,12	39.201
1993	617.535	5,71	35.274
1994	641.345	4,58	29.393
1995	665.155	3,68	24.460
1996	688.965	2,95	20.328
1997	712.775	2,37	16.874
1998	716.145	1,90	13.607
1999	784.882	1,90	14.913
2000	853.482	1,90	16.216
2001	892.239	1,95	17.399
2002	987.221	2,00	19.744
2003	1.012.158	2,10	21.255
2004	1.005.316	2,20	22.117
2005	987.328	2,15	21.228
2006	1.066.196	2,10	22.390
2007	1.152.586	2,15	24.781
2008	1.156.178	2,20	25.436
2009	1.205.123	2,20	26.513
2010	1.094.321	2,20	24.075
2011	1.095.246	2,20	24.095
2012	1.109.053	2,20	24.399

B) Factores de emisión

En cuanto a las emisiones, se presume que son significativas, además de las de COV, las de N₂O y de NH₃. Para el N₂O, sin embargo, no se ha podido disponer de datos sobre factores. Para el NH₃ el Libro Guía EMEP/CORINAIR da como referencia en el apartado 8 del capítulo B91003, un 5% de emisión a la atmósfera sobre el total de nitrógeno amoniacal contenido en la materia seca de los lodos. A su vez, esta materia seca se estima entre un 4% (lodos tras proceso de digestión) y un 5% (lodos sin proceso de digestión) de la masa total de fango fresco tratado. La ausencia de información para el N₂O y la imprecisión de la variable de actividad para el NH₃ ha motivado que no se hayan computado en la presente edición del Inventario. Los gases efectivamente estimados han sido las fracciones COVNM y CH₄ de los COV, con unos valores respectivamente de 20 kg (COVNM) y de 29 kg (CH₄) por tonelada de fango aplicada (véase pág. 14 del documento "Report on Complementary Information in the Frame of the Assistance Provided for CORINAIR 90 Inventory"). La cifra de 20 kg antes referida es una media del rango de dispersión que se extiende de 7,1 kg a 29 kg, (véase pág. 14 "Report on Complementary Information in the Frame of the Assistance Provided for CORINAIR 90 Inventory"). La tabla 9.10.3.2 recoge los factores de emisión utilizados en el cómputo de las emisiones de esta actividad.

Tabla 9.10.3.2.- Factores de emisión (Cifras en g/tonelada de lodos)

SNAP	COVNM	CH ₄
09.10.03 Tratamiento de lodos	20.000/E	29.000/E

C) Emisiones

En la tabla 9.10.3.3 se muestran las emisiones estimadas en esta actividad como resultado de multiplicar los correspondientes factores de emisión por las variables de actividad.

Tabla 9.10.3.3.- Emisiones (Cifras en toneladas)

AÑO	COVNM	CH ₄
1990	925	1.342
1991	858	1.244
1992	784	1.137
1993	705	1.023
1994	587	852
1995	490	710
1996	406	589
1997	338	490
1998	272	395
1999	298	432
2000	324	470
2001	348	505
2002	395	573
2003	425	616
2004	442	641
2005	425	616
2006	448	649
2007	496	719
2008	509	738
2009	530	769
2010	482	698
2011	482	699
2012	488	708

D) Desagregación territorial

La asignación territorial se ha realizado en dos fases.

En primer término a nivel de comunidad autónoma, a partir de la información del "Registro Nacional de Lodos". En segundo término a nivel de provincia (dentro de su Comunidad Autónoma). Se asume como criterio de reparto la fracción de población, estimada a 1 de julio, escenario 2, del INE, que cada provincia representa sobre su Comunidad Autónoma.

9.10.5.- Producción de compost

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.05
CMCC/CRF	6 D
CLRTAP-EMEP/NFR	6 D

Esta actividad recoge las emisiones derivadas del compostaje de los residuos orgánicos. En los núcleos urbanos con tratamientos avanzados para los residuos

municipales el componente orgánico de los residuos es separado para su tratamiento en compostaje, el cual da lugar a un producto reutilizable. Entre las clases de residuos que son objeto potencial de este tipo de tratamientos pueden citarse: a) los residuos urbanos, excluidos los de jardinería, b) los residuos de jardinería; y, c) los lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Las principales ventajas que introduce este tipo de tratamiento son: 1) la reducción del volumen de residuos almacenar o a tratar por otros procedimientos más o menos impactantes ambientalmente; y, 2) la producción, como resultado del proceso, de un producto denominado compost con valor añadido en diversas aplicaciones tales como fertilización o enmiendas de suelos.

A) Descripción del proceso

En el proceso de compostaje la materia orgánica presente en los residuos es transformada por la biomasa bacteriana en presencia de oxígeno y nutrientes dando como resultado nueva biomasa bacteriana, materia orgánica resistente, energía (calor), algunos productos químicos (agua, sulfatos) y una serie de gases de potencial interés en los inventarios de contaminación atmosférica, tales como: CH₄, CO₂, NH₃. De estos gases, el CO₂, de acuerdo con las metodologías CORINAIR e IPCC, no entra en el cómputo del Inventario ya que procede de materia orgánica renovable. En cuanto al CH₄, su presencia queda prácticamente descartada cuando como es el caso de esta actividad el compostaje se realiza en condiciones de aerobividad. En definitiva, por tanto, la estimación de las emisiones se limitará a las de NH₃.

B) Variables de actividad

La información básica sobre la cuantificación de los datos de actividad del compostaje a partir de los residuos se muestra en la tabla 9.10.5.1, cuya información procede de la publicación "Medio Ambiente en España" del MIMAM, estando la variable referida a las entradas al proceso de compostaje, y figurando las cifras expresadas en toneladas. En la presente edición del inventario se ha revisado la serie del periodo 1990-2011 y se ha actualizado la información de algunas plantas en el periodo 1997-2011, también se ha dispuesto de una versión actualizada de los residuos tratados en plantas de compostaje del año 2011, proyectándose dichas cifras para la estimación del año 2012. Para estimar con mayor precisión la cantidad de materia que entra al proceso de compostaje, se hace distinción entre recogida mixta y recogida selectiva de residuos de tal forma que, si los residuos a compostar proceden de recogida selectiva, la variable de actividad a aplicar será el 100% de estos residuos; y si los residuos a compostar proceden de recogida mixta, la variable a aplicar será el 30% de las entradas a la planta de compostaje.

Tabla 9.10.5.1.- Variables de actividad (Cifras en toneladas de entradas a compostaje)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
769.116	569.258	440.258	467.987	531.018	625.904	718.249	903.462	914.913	1.013.086	1.273.329	1.426.403
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1.791.520	1.947.346	2.324.555	2.469.588	2.593.699	2.793.571	3.415.679	3.656.312	4.532.543	4.293.530	4.633.691	

C) Factores de emisión

En la presente edición del Inventario se ha realizado una revisión del factor de emisión de NH₃ con objeto de determinar uno que permita estimar unas emisiones más precisas y ajustadas a la realidad del país. Para obtener dicho factor de emisión se ha realizado una revisión bibliográfica y, tras contrastar los resultados de dicha revisión, se ha considerado tomar el factor de emisión propuesto en la publicación de referencia: “Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste” Komilies et al. Waste Management 26 (2006) 62 – 70.

En la tabla 9.10.5.2 se muestra el factor de emisión considerado.

Tabla 9.10.5.2.- Factor de emisión de NH₃ (Cifras en g NH₃/kg de residuo a compostar)

SNAP	NH ₃
09.10.05 Producción compost	2,76

D) Emisiones

En la tabla 9.10.5.3 se muestran las emisiones estimadas en esta actividad como resultado de multiplicar los correspondientes factores de emisión por las variables de actividad.

Tabla 9.10.5.3.- Emisiones de NH₃ (Cifras en toneladas)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.123	1.571	1.215	1.292	1.466	1.727	1.982	2.494	2.525	2.796	3.514	3.937
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
4.945	5.375	6.416	6.816	7.159	7.710	9.427	10.091	12.510	11.850	12.789	

E) Desagregación territorial

La distribución territorial de las emisiones se realiza de forma directa a partir de la información detallada (no mostrada aquí) que por provincia (y municipio) aparece en los cuadros correspondientes de la ya citada publicación “Medio Ambiente en España”.

9.10.6.- Producción de biogás

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.06
CMCC/CRF	6 D
CLRTAP-EMEP/NFR	6 D

Toda la producción de biogás obtenida de los vertederos, de los procesos de metanización, etc., es o bien utilizada como combustible, y por tanto quemada, o liberada a la atmósfera.

En esta actividad SNAP se contabilizan las emisiones generadas por la quema del biogás producido en las plantas de biometanización.

La biometanización es un proceso de fermentación anaeróbica de la fracción orgánica presente en los residuos, mediante el que se obtiene biogás. Pero además de este gas, durante el proceso de fermentación anaeróbica también se origina un producto ligeramente básico (pH = 7,5) y no estabilizado al que se le atribuyen una serie de propiedades fertilizantes, pues actúa mejorando parte de las características físicas del suelo (aumenta la retención de la humedad y la cantidad de infiltración de agua).

La biometanización presenta una serie de ventajas con respecto al resto de métodos de tratamiento de residuos, puesto que durante su desarrollo no se producen malos olores y además, el hecho de que se trate de un proceso anaeróbico favorece la minimización de los microorganismos perjudiciales para la salud humana y la animal en un período reducido.

Para que la biometanización se pueda producir, se requiere de unas estructuras selladas que permitan mantener bajo control determinados parámetros como el pH, la presión o la temperatura durante la fermentación, llamadas biodigestores. Además, estas construcciones también se requieren ante la necesidad de crear un ambiente sin oxígeno para el desarrollo de las bacterias anaeróbicas.

Cuando el biogás se utiliza como combustible y se quema, se generan los gases propios de la combustión tales como NO_x, CO, CH₄, N₂O y partículas.

A) Variables de actividad

Se trata de una actividad incorporada en la edición 1990-2010 de Inventario y donde la primera planta que comenzó a desarrollar este tipo de actividad lo hizo en el año 2002. Para la presente edición de Inventario (1990-2012) se ha contado con nueva información para el periodo 2002-2012. Parte de esta nueva información se basa en nuevos datos sobre biogás generado y residuos tratados para el periodo 2009-2012 procedente del punto focal (Subdirección General de Residuos), el cual ha actualizado la información disponible hasta ahora para las plantas de biometanización de residuos urbanos. Para el periodo 2002-2008 también se ha llevado a cabo una actualización de la información por parte del equipo de Inventario, habiéndose realizado estimaciones para determinadas plantas de las que no se conocía toda la información (residuos tratados, biogás generado) para algunos años. En concreto, las emisiones computadas en el sector "Residuos" son únicamente las procedentes de la quema de biogás en antorchas. Cuando el biogás, así como los posibles combustibles auxiliares empleados, son valorizados energéticamente en motores, calderas y/o turbinas, las emisiones son computadas en el sector "Energía" (1A1a). En la tabla 9.10.6.1 se muestran las cifras de biogás quemado en antorchas.

Tabla 9.10.6.1.- Biogás procedente de la biometanización quemado en antorchas
(Cifras en m³)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plantas residuos urbanos	85.292	241.627	286.078	396.080	336.577	849.731	2.145.547	2.302.955	4.498.133	7.559.394	7.559.394
Plantas purines y deyecciones ganaderas	0	0	0	0	0	10.684	995	29.400	0	2.500	3.000
TOTAL	85.292	241.627	286.078	396.080	336.577	860.415	2.146.542	2.332.355	4.498.133	7.561.894	7.562.394

Tabla 9.10.6.2.- Residuos tratados en plantas de biometanización (Cifras en toneladas)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plantas residuos urbanos	17.534	41.810	69.112	68.954	52.679	75.118	142.349	371.476	344.057	542.431	542.501
Plantas purines y deyecciones ganaderas	0	0	0	0	0	995	1.605	3.258	10.657	9.307	9.482
TOTAL	17.534	41.810	69.112	68.954	52.679	76.113	143.954	374.734	354.714	551.738	551.983

B) Factores de emisión

Las emisiones de los contaminantes procedentes de la combustión del biogás captado se han calculado multiplicando las toneladas de metano quemado por los factores de emisión correspondientes a cada clase de instalación de combustión: calderas, motores o turbinas, factores que se muestran en la tabla 9.10.6.2. Para el NO_x, y CO la fuente de información original de los factores ha sido EPA AP-42 5^a Ed, tabla 2.4-4 del epígrafe 2.4 "Municipal Solid Waste Landfill"⁹. Los factores para el CH₄ se derivaron de la información sobre porcentajes de eficiencia en la quema de hidrocarburos, tomados de la fuente anteriormente citada de EPA, asumiendo que los complementos a la unidad de las eficiencias en la quema constituían las fracciones de fuga del metano. Para el N₂O el factor ha sido derivado por el equipo de trabajo del inventario a partir del valor medio de 1,8 g N₂O/GJ_{PCI}, sin distinguir por clase de instalación de combustión, y del valor normal del PCI del metano (50,18 GJ/t).

⁹ Los factores para estos contaminantes, diferenciados por tipo de instalación de combustión, aparecen expresados en la fuente original citada en: kg contaminante/millones de m³ estándar seco de metano quemado. Para expresar el factor en g contaminante/ t metano quemado, se aplicaron los factores de conversión de m³ S (metro cúbico estándar) a m³ N (metro cúbico normal) de (273,15+15)/(273,15) y de densidad en condiciones normales del metano (715 g /m³ N) para pasar de volumen a masa.

Tabla 9.10.6.2.- Factores de emisión. Combustión de biogás (Cifras en g contaminante/t CH₄ quemado)

	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP
Antorchas	17.545	8.000	90	950	395	395	395
Calderas	130	20.000	90	766	188	188	188
Motores	10.745	28.000	90	5.730	1.103	1.103	1.103
Turbinas	5.009	56.000	90	1.948	487	487	487

C) Emisiones

Tabla 9.10.6.3.- Emisiones

AÑO	ACIDIFICADORES, PRECURSORES DEL OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
	SO ₂ (t)	NO _x (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
2002		0,03		0,3	1		0,003				
2003		0,10		1	2		0,01				
2004		0,12		1	2		0,01				
2005		0,16		1	3		0,02				
2006		0,14		1	3		0,01				
2007		0,36		3	7		0,03				
2008		0,88		7	16		0,08				
2009		0,95		8	18		0,09				
2010		1,84		15	34		0,17				
2011		3,09		26	57		0,29				
2012		3,09		26	57		0,29				

AÑO	METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
2002										0,01	0,01	0,01
2003										0,04	0,04	0,04
2004										0,05	0,05	0,05
2005										0,07	0,07	0,07
2006										0,06	0,06	0,06
2007										0,15	0,15	0,15
2008										0,37	0,37	0,37
2009										0,40	0,40	0,40
2010										0,76	0,76	0,76
2011										1,28	1,28	1,28
2012										1,28	1,28	1,28

9.10.7.- Letrinas

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.07
CMCC/CRF	6 B 2
CLRTAP-EMEP/NFR	6 B

La información para esta actividad se ha tomado del correspondiente capítulo, 09.10.07, del Libro Guía EMEP/CORINAIR, y en ella se consideran las emisiones, especialmente de metano, procedentes de las letrinas que son tanques de almacenamiento de la excreta humana localizadas en albergues con ventilación natural.

En esencia, una letrina es un servicio de evacuación “seco” exterior a la casa y usualmente localizado en patios o recintos exteriores. El tanque de almacenamiento de la letrina puede consistir desde una simple cavidad excavada en el suelo a un recipiente de hormigón. La capacidad del tanque puede variar entre 1 ó 2 m³ según el dimensionamiento de la instalación. El tiempo de residencia del residuo almacenado puede oscilar desde varios meses hasta un tiempo indefinido. El contenido de los tanques se vacía periódicamente mediante cisternas apropiadas o hacia apilamientos de estiércoles animales. Con cierta frecuencia las letrinas se desinfectan con uso de cal clorada.

El contenido de nitrógeno en la excreta humana depende de la dieta, la salud y la actividad física de cada individuo. Se asume que una persona de actividad moderada que ingiere como media diaria: 300 g de hidratos de carbono, 100 g de grasas y 100 g de proteínas excreta en torno a 16 g de nitrógeno. Esta evacuación se realiza en un 95% por filtración de los riñones a través de la orina y un 5% a través de las heces. Con base en las dietas europeas se asume que del 80 al 90% del nitrógeno liberado se hace en forma de urea.

Las emisiones de amoníaco derivan principalmente de la descomposición de la urea y el ácido úrico. La urea excretada se hidroliza a amoníaco por medio de la acción de la ureasa microbiana. El ritmo de la hidrolización depende de la temperatura del pH y de las cantidades de ureasa y agua. La hidrólisis aumenta el pH de la excreta hasta cerca del valor 9. La descomposición de las proteínas presentes en las heces es un proceso lento aunque durante el almacenamiento la cantidad de nitrógeno convertida en ión amonio (NH₄⁺) puede oscilar entre el 40% y el 70%.

El nitrógeno se emite desde las letrinas en forma de amoníaco en un proceso de evaporación libre. La cantidad emitida depende de la cantidad y forma de los compuestos de nitrógeno de la excreta humana, así como de las condiciones ambientales. En la tabla 9.10.7.1 se muestra la composición y contenidos de nitrógeno de los compuestos presentes en la orina humana.

Tabla 9.10.7.1.- Contenido de nitrógeno en la orina humana

Compuesto	Cantidad (g)	N equivalente (g)
Compuestos nitrogenados (total)	25-35	10-14
Urea (50% de compuestos sólidos dependiendo de la dieta)	25-30	10-12
Creatinina	1,4 (1-1,8)	0,5
Amoníaco	0,7 (0,3-1)	0,4
Ácido úrico	0,7 (0,5-0,8)	0,2
N en otros compuestos (p.e.: aminoácidos)		0,5

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR, capítulo 09.10.07, tabla 2.

Las emisiones de amoníaco se reducen drásticamente al pasar del sistema de letrinas a los sistemas de saneamiento por red urbana.

En cuanto a los factores de emisión se asume que a lo largo del período de un año de almacenamiento de la excreta humana en las letrinas, cerca de un 30% del contenido de nitrógeno se emite, en forma de amoníaco, por medio de un proceso de evaporación libre, valoración que se ha tomado del análisis comparado de la gestión de estiércoles animales en sistemas de lagunaje. La liberación de nitrógeno total en la excreta humana se evalúa en

12 gramos por persona y día, equivalentes a 4,4 kilogramos por persona y año, cuyo 30% en forma de amoníaco arroja un factor de 1,6 kg NH₃/persona/año.

En cuanto a las variables de actividad las cifras relevantes son las del número de letrinas existentes en el país. En la presente edición del Inventario no se ha podido disponer de esta cifra, por lo que no se han incluido en el Inventario la estimación de las correspondientes emisiones.

9.10.8.- Producción de combustibles a partir de residuos

CORRESPONDENCIA ENTRE NOMENCLATURAS	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
CORINAIR/SNAP 97	09.10.08
CMCC/CRF	6 D
CLRTAP-EMEP/NFR	6 D

No existe información sobre factores de emisión para esta actividad en el Libro Guía EMEP/CORINAIR, lo que unido a la dificultad de obtener información precisa sobre su variable de actividad ha motivado que no se hayan computado las emisiones correspondientes en la presente edición del Inventario.

REFERENCIAS

- “Anuario Estadístico de España”, Instituto Nacional de Estadística (INE).
- “Anuario de Estadística”. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Esta publicación sustituye al “Anuario de Estadística Alimentaria”, que anteriormente editaba el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- “Anuario de Estadística Agroalimentaria”. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Esta publicación ha pasado a denominarse, actualmente, “Anuario de Estadística” según la edita el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).
- CEPMEIP. Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidances.
- CITEPA. “Etude sur le méthodes d'évaluation des quantités émises de particules fines (PM10 et inférieures) primaires et secondaires pour tous les secteurs d'activité en vue des inventaires”. Rapport final. Juillet 2002.
- “Compilation of emission factors for persistent organic pollution. A case study of emission estimates in the Czech and Slovak Republics”. Holoubek I. et al. Prepared for External Affairs Canada. March, 1993.

- “Cuestionarios de Grandes Focos Puntuales de Refinerías Españolas” para el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera.
- “Emission Factors Manual PARCOM-ATMOS. Emission factors for air pollutants 1992”. P.F.J., van der Most & Veldt, C. TNO. December 1992.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. *Estimación de la producción y tratamiento de lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2011.
- “Estudios de regularización de vertidos” realizados por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.
- Fontelle, J.P. y J.P. Chang (1993). “Report on Complementary Information in the Frame of the Assistance Provided for Corinair 90 Inventory”. CITEPA.
- Guía de Buenas Prácticas de IPCC. “Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories”, 2000. IPCC-OECD-IEA.
- Índices de producción industrial IPI. Instituto Nacional de Estadística (INE).
- “La Alimentación en España”. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Libro Guía EMEP/CORINAIR (1996). “Atmospheric Emission Inventory Guidebook”. First Edition. February 1996. UNECE-Convention on long-range transboundary air pollution & European Environmental Agency.
- Libro Guía EMEP/CORINAIR. “Atmospheric Emission Inventory Guidebook”. Second Edition. September 1999. UNECE-Convention on long-range transboundary air pollution & European Environmental Agency.
- Libro Guía EMEP/CORINAIR. “Atmospheric Emission Inventory Guidebook”. Third Edition. 2001. Updated December 2006. UNECE-Convention on long-range transboundary air pollution & European Environmental Agency.
- Libro Guía EMEP/CORINAIR. “Atmospheric Emission Inventory Guidebook”. Third Edition. Updated to December 2007. UNECE-Convention on long-range transboundary air pollution & European Environmental Agency.
- EMEP/EEA 2009. “Air Pollutant Emission Inventory Guidebook”. UNECE-Convention on long-range transboundary air pollution & European Environmental Agency.
- EMEP/EEA 2013. “Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013”. EEA Technical Report No 12/2013. UNECE-Convention on long-range transboundary air pollution & European Environment Agency.
- Manual de Referencia IPCC. “Greenhouse Gas Inventory Reference Manual”, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC-OECD-IEA. 1997.

- “Medio Ambiente en España”. Ministerio de Agricultura, Alimentación y de Medio Ambiente (MAGRAMA).
- Ramos Carpio, M.A. “Refino de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica”. Fundación Fomento Innovación Industrial. 1997.
- Z. Klimont, J. Cofala, I. Bertok, M. Amann, C. Heyes and F. Gyarfás. “Modelling Particulate Emissions in Europe, A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Cost”. IIASA.
- Holoubek, Ivan... [et al]. *Compilation of emission factors for persistent organic pollutants: a case study of emission estimates in the Czech and Slovak Republics*. Masaryk University, Axys Environmental Consulting, 1993.
- EPA. “Chapter 2: Solid Waste Disposal”. *AP-42 Volume I*. 5th ed. North Carolina: EPA, 1995.
- Estadística de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado. Madrid: Ministerio de Sanidad y Política Social, 1999-2005.
- Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos. *Generación y gestión de los residuos sanitarios en España*. Madrid: ISR, 2006.
- Komilis, Dimitris P., HAM, Robert K. “Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste”, *Waste Management*, vol. 26, Issue 1, 2006, pp. 62-70.
- Van der Most, P.F.J., Veldt, C. Emission factors manual PARCOM-ATMOS: final version. 1992.
- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, 2006.

