



Capítulo 5
Fuentes de área móviles

En este capítulo se tratan las emisiones a la atmósfera procedentes de las fuentes de área móviles, en las cuales se engloban los siguientes casos:

- Tráfico rodado
- Maquinaria agrícola
- Tráfico ferroviario
- Tráfico aéreo

5.1. TRÁFICO RODADO

En este apartado se van a considerar las emisiones procedentes de los siguientes tipos de vehículos: automóviles, furgonetas, camiones, autobuses, motocicletas y ciclomotores; quedando excluidos los vehículos agrícolas, ya que por su importancia conforman un apartado propio dentro de las fuentes móviles.

Para el cálculo de las emisiones se ha seguido la Metodología CORINAIR, en el subapartado de dedicado al tráfico rodado, el cual ha sido informatizado por la Agencia Europea del Medioambiente en un programa denominado COPERT III.

En la metodología COPERT III están integradas las correlaciones y los factores de emisión de cada contaminante en función de distintos parámetros como pueden ser el tipo de vehículo, su carburante, las pautas de conducción, el kilometraje anual promedio, la velocidad típica, el diseño del motor, o factores externos como la temperatura ambiente.

Es por esto que el programa exige los datos de entrada clasificados por categorías en función de la clase de vehículo (turismos, furgonetas, etc.), del tipo carburante (gasolina con plomo, sin plomo o gasóleo A), de la cilindrada del motor (caso de turismos y motocicletas), del tonelaje de carga (en el caso de camiones y furgonetas) y de la antigüedad de los vehículos.

Para cada categoría se definen tres escenarios distintos de conducción: urbano, rural y de autopista, los cuales se caracterizan por unas velocidades medias y unas pautas de paradas y arranques distintos de un caso a otro.

- La conducción urbana se identifica por tener velocidades inferiores a 50 km/h y paradas y arranques del vehículo muy frecuentes. Es la típica para núcleos de población.
- La conducción rural agrupa a todas aquellas carreteras comarcales o estatales donde la velocidad no supera los 90-100 km/h. Ocasionalmente la circulación también puede verse interrumpida por cruces o semáforos.
- La conducción de autopista incluye la circulación por las vías de gran capacidad del territorio. La velocidad suele estar en torno a los 100-120 km/h y no existen interrupciones en el tráfico.

A partir de estos datos iniciales, la presente metodología distingue entre varios tipos de emisiones:

- Emisiones en frío o emisiones del motor en estado transitorio: son las producidas en el periodo de calentamiento del motor. Dependen fundamentalmente de la temperatura ambiente y la distancia media del viaje
- Emisiones del motor en caliente o motor estabilizado: se calculan en base a los kilómetros recorridos por cada vehículo y a factores de emisión, los cuales a su vez están en función de las pautas de velocidad de cada categoría y clase de vehículo.
- Emisiones por evaporación de combustible: bien debido a la expansión de la gasolina con la variación de la temperatura ambiente (emisiones diurnas), bien debido al aumento de la temperatura por el calor cedido por el motor, o bien emisiones durante las operaciones de repostaje del vehículo. En este caso las emisiones se calculan en base a factores de emisión que dependen fundamentalmente de las características técnicas del motor, de las gasolinas y de la temperatura ambiente.

Los cálculos se han llevado a cabo inicialmente en cada una de las provincias mediante el programa COPERT III, para a continuación, desagregar los datos obtenidos a nivel municipal. Este proceso se ha realizado considerando el número de vehículos de cada categoría existentes en cada municipio para la desagregación de emisiones urbanas, y los kilómetros de carretera convencional y autopista-autovía para la desagregación rural y de autopista, respectivamente.

Los contaminantes considerados en el estudio proceden de las combustiones de cada uno de los carburantes utilizados y pueden clasificarse en tres grandes grupos, según el tipo de metodología por la cual han sido calculados:

- Grupo 1: Contaminantes calculados a partir de una metodología detallada basada en factores de emisión específicos, pautas de conducción y condiciones del motor. En este grupo se incluyen los siguientes compuestos: CO, NO_x, CH₄, COVNM y partículas.
- Grupo 2: Emisiones que dependen del consumo de carburante y se obtienen como una fracción del mismo. Este consumo se calcula mediante factores específicos de consumo. Los contaminantes incluidos son: CO₂, SO₂ y metales pesados.
- Grupo 3: Contaminantes para los cuales existe una metodología simplificada, ya que no se disponen de datos suficientes para aplicar la metodología detallada. Este grupo incluye las siguientes sustancias: NH₃, N₂O, HAP, dioxinas y furanos.
- Grupo 4: Emisiones correspondientes a la especiación de los COVNM en diversos hidrocarburos, en función de la categoría del vehículo. Entre las emisiones resultantes se obtienen diversos alcanos, alquenos, alquinos, aldehídos, cetonas y compuestos aromáticos.

Las fuentes de información que se han consultado han sido muy diversas:

- La caracterización del parque móvil se ha realizado a partir de datos aportados por la Dirección General de Tráfico, la Subdirección General de Transportes del Gobierno de Aragón, el servicio de Movilidad Urbana del Ayuntamiento de Zaragoza y de otros ayuntamientos municipales, y el Instituto Aragonés de Estadística.
- Las temperaturas medias mínimas y máximas para cada provincia se han obtenido del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Las especificaciones y características de los combustibles derivan de lo expuesto en el Real Decreto 1700/2003, de 15 de diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocarburantes; además de datos aportados por Repsol. En cuanto a los consumos provinciales, la fuente de información ha sido el Boletín de Coyuntura Energética de Aragón del 2003 publicado por el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón.
- Las pautas de conducción, en el caso de Zaragoza, se han obtenido a partir de datos procedentes del Institut National de REcherche sur les Transport et leur Sécurité (INRETS) y del Grupo de Investigación en seguridad e impacto medioambiental de Vehículos y Transportes (GIVET). Para los casos de Huesca y

Teruel se ha procedido a una extrapolación de los mismos en función de la superficie de núcleos de población, datos obtenidos del Instituto Aragonés de Estadística.

- Las velocidades medias han sido extraídas de las mismas fuentes de información que las pautas de conducción.
- El kilometraje anual promedio se ha obtenido a partir de los aforos de tráfico facilitados por el Ministerio de Fomento o, en el caso de los autobuses urbanos, mediante consulta directa a las instituciones encargadas.

En la Tabla 5.1 y el Gráfico 5.1 se muestran las emisiones obtenidas a nivel provincial mediante la metodología COPERT.

Tabla 5.1 – Tráfico rodado

Contaminante	Ud.	Huesca	Teruel	Zaragoza	ARAGÓN
Metano (CH ₄)	t	94,4	49,4	282	426
Monóxido de carbono (CO)	kt	10,2	5,51	29,5	45,2
Dióxido de carbono (CO ₂)	kt	734	418	2.043	3.195
Óxido nitroso (N ₂ O)	t	61,9	34,1	151	247
Amoniaco (NH ₃)	t	53,5	24,5	146	224
COVNM	kt	1,73	0,98	5,23	7,94
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	kt	4,00	2,35	12,1	18,5
Óxidos de azufre (SO ₂)	t	141	82,7	388	612
Partículas totales	t	325	205	829	1.359
Cd y sus compuestos	kg	2,33	1,33	6,49	10,2
Cr y sus compuestos	kg	11,7	6,65	32,4	50,8
Cu y sus compuestos	kg	396	226	1.103	1.725
Ni y sus compuestos	kg	16,3	9,31	45,4	71,0
Pb y sus compuestos	kg	47,3	31,6	132	211
Zn y sus compuestos	kg	233	133	649	1.015
Benceno (C ₆ H ₆)	t	78,6	40,2	223	342
Tolueno (C ₇ H ₈)	t	141	71,9	405	618
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	t	8,02	6,16	41,2	55,4
Etano (C ₂ H ₆)	t	22,7	11,5	63,9	98,1
Etileno (C ₂ H ₄)	t	133	73,1	400	606
Acetileno (C ₂ H ₂)	t	63,0	33,1	184	280
Propano (C ₃ H ₈)	t	6,09	3,15	17,8	27,0
Formaldehído (CH ₂ O)	t	66,0	40,0	213	319
PCDD+PCDF (dioxinas+furanos)	mg I-TEQ	14,9	8,52	43,6	67,0

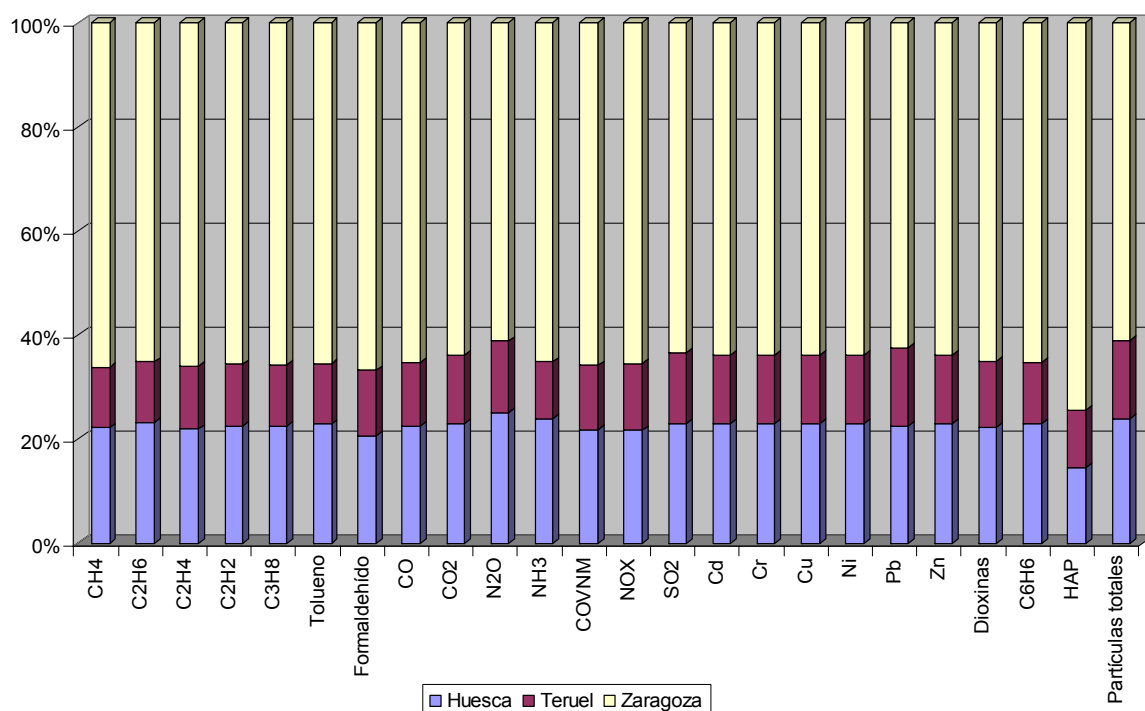


Gráfico 5.1 – Distribución provincial de las emisiones procedentes del tráfico rodado

En el Gráfico 5.1 se observa como el reparto de las emisiones de cada contaminante sigue unas pautas semejantes para las tres provincias. Cabe destacar el caso de los HAP donde el reparto de emisiones difiere del resto, teniendo mayor carga emitida en la provincia de Zaragoza y menor en las otras dos. Esto se debe a que los HAP son emitidos de forma mayoritaria por los vehículos pesados, siendo Zaragoza la que mayor parque móvil de estas características posee.

5.2. MAQUINARIA AGRÍCOLA

La maquinaria agrícola, aunque podría haberse incluido como una subcategoría del tráfico rodado, tiene la suficiente entidad propia como para constituir un apartado independiente dentro de las fuentes móviles.

Las emisiones provienen de la combustión en motores diesel del gasóleo utilizado como combustible, siendo los principales contaminantes los que se exponen a continuación: CO₂, SO₂, NO_x, COVNM, CH₄, CO, NH₃, N₂O, partículas, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn, benceno, tolueno y HAP.

Para el cálculo de las emisiones se ha hecho uso de la Metodología Simple CORINAIR, la cual se basa en la aplicación de factores de emisión en función del consumo de carburante por parte de la maquinaria. Se ha considerado únicamente maquinaria diesel y que todo el gasto de combustible se dedica a labores agrícolas, incluyendo en esta categoría las labores forestales. Para la especiación de los COVNM se han aplicado los factores dados por el NPI.

A partir de los consumos provinciales de gasóleo B dedicados a la agricultura se han calculado las emisiones para cada provincia. La desagregación a nivel municipal se ha realizado teniendo en cuenta la superficie cultivada en cada municipio y el tipo de cultivo existente, ya que las actividades necesarias son distintas para cada plantación y en función de ello varía el uso de maquinaria agrícola.

Los datos necesarios han sido extraídos de diversas fuentes de información:

- Los consumos provinciales de gasóleo agrícola se han extraído del Boletín de Coyuntura Energética de Aragón del 2003 publicado por el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón.
- La superficie agrícola municipal y su caracterización por tipo de cultivo se han obtenido del IAEST.
- Los factores de consumo de gasóleo en función del tipo de cultivo para cada una de las provincias aragonesas han sido obtenidos de un estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Agraria de la Universidad de León.

En la Tabla 5.2 y el Gráfico 5.2 se muestran las emisiones obtenidas a nivel provincial procedentes de la maquinaria agrícola.

Tabla 5.2 – Maquinaria agrícola					
Contaminante	Ud.	Huesca	Teruel	Zaragoza	ARAGÓN
Metano (CH ₄)	t	19,4	12,4	24,2	56,0
Monóxido de carbono (CO)	kt	1,83	1,17	2,28	5,28
Dióxido de carbono (CO ₂)	kt	359	229	447	1.035
Óxido nitroso (N ₂ O)	t	148	94,1	184	426
Amoniaco (NH ₃)	t	0,80	0,51	1,00	2,31
COVNM	t	737	470	918	2.125
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	kt	5,75	3,67	7,17	16,6
Óxidos de azufre (SO ₂)	t	80,1	51,1	99,8	231
Partículas totales	t	671	428	837	1.936
Cd y sus compuestos	kg	1,14	0,73	1,43	3,30
Cr y sus compuestos	kg	5,72	3,65	7,13	16,5
Cu y sus compuestos	kg	194	124	242	560
Ni y sus compuestos	kg	8,01	5,11	9,98	23,1
Zn y sus compuestos	kg	114	72,9	143	330
Benceno (C ₆ H ₆)	t	8,40	5,36	10,5	24,3
Tolueno (C ₇ H ₈)	t	12,2	7,80	15,2	35,2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	t	5,55	3,54	6,91	16,0
Formaldehído (CH ₂ O)	t	68,7	43,8	85,6	198

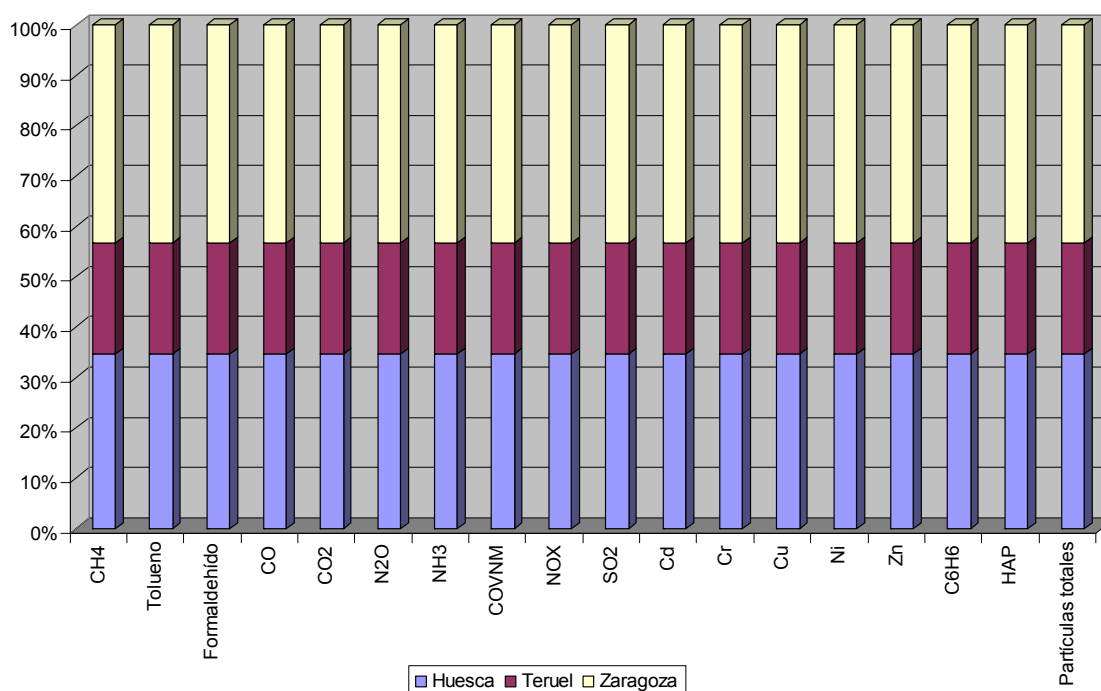


Gráfico 5.2 – Distribución provincial de las emisiones procedentes de la maquinaria agrícola

5.3. TRÁFICO FERROVIARIO

RENFE: REd Nacional de Ferrocarriles Españoles.

En Aragón la única compañía que controla el tráfico ferroviario es RENFE. Dicha compañía dispone de dos tipos básicos de locomotoras, las locomotoras eléctricas y las locomotoras diesel. Es este segundo tipo el que se va a tener en cuenta en el presente apartado, ya que es el único que genera emisiones a la atmósfera, debido a que están equipadas con un motor de combustión interna.

Los contaminantes considerados para este Inventario son NO_x, CO₂, SO₂, CO, COVNM, CH₄, NH₃, N₂O, partículas, Cd, Cu, Cr, Ni, Zn, benceno, tolueno, y HAP. Dichas emisiones provienen de la combustión del gasóleo B utilizado como combustible.

Para el cálculo de las emisiones se ha optado por aplicar la Metodología Simple CORINAIR, la cual esta basada en la aplicación de factores de emisión en función de la cantidad de carburante consumido. Sin embargo para la especiación de los COVNM se ha recurrido a factores aportados por el NPI.

ADIF: Administrador De Infraestructuras Ferroviarias.

Partiendo del dato de consumo nacional de gasóleo B en trenes, se ha procedido a estimar un consumo del mismo por kilómetro de vía. A continuación, a partir de los kilómetros de vía pertenecientes a cada municipio se han calculado las emisiones desagregadas. Debido a la estructura de las vías en España y en Aragón, y según las fuentes de información consultadas (RENFE y ADIF), se sabe que la circulación de la maquinaria diesel no es exclusiva de las vías sin electrificar, sino que existe en toda clase de vías (excepto en las pertenecientes al paso del AVE). Es por esto que se ha considerado como la opción más idónea la de tener en cuenta para el cálculo de emisiones tanto las vías electrificadas como sin electrificar, tanto a nivel nacional como municipal.

Los datos de consumo de gasóleo a nivel nacional y de kilómetros de vía en España se han obtenido de la Memoria Ambiental 2003 publicada por RENFE, mientras que la longitud del trazado ferroviario municipal ha sido aportada por el Gobierno de la Aragón.

En la Tabla 5.3 y el Gráfico 5.3 se muestran los resultados obtenidos a nivel provincial para el tráfico ferroviario.

Tabla 5.3 – Tráfico ferroviario

Contaminante	Ud.	Huesca	Teruel	Zaragoza	ARAGÓN
Metano (CH ₄)	kg	396	306	574	1.276
Monóxido de carbono (CO)	t	23,5	18,2	34,1	75,8
Dióxido de carbono (CO ₂)	kt	6,90	5,33	10,0	22,2
Óxido nitroso (N ₂ O)	t	2,73	2,11	3,95	8,79
Amoniaco (NH ₃)	kg	15,4	11,9	22,3	49,6

Contaminante	Ud.	Huesca	Teruel	Zaragoza	ARAGÓN
COVNM	t	9,06	7,00	13,1	29,2
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	t	87,1	67,3	126	280
Óxidos de azufre (SO ₂)	t	1,54	1,19	2,23	4,96
Partículas totales	t	10,1	7,78	14,6	32,5
Cd y sus compuestos	g	22,0	17,0	31,9	70,9
Cr y sus compuestos	g	110	85,0	159	354
Cu y sus compuestos	kg	3,74	2,89	5,42	12,1
Ni y sus compuestos	g	154	119	223	496
Zn y sus compuestos	kg	2,20	1,70	3,19	7,09
Benceno (C ₆ H ₆)	kg	103	79,8	150	333
Tolueno (C ₇ H ₈)	kg	150	116	218	484
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	kg	68,2	52,7	98,9	220
Formaldehído (CH ₂ O)	kg	845	653	1.225	2.723

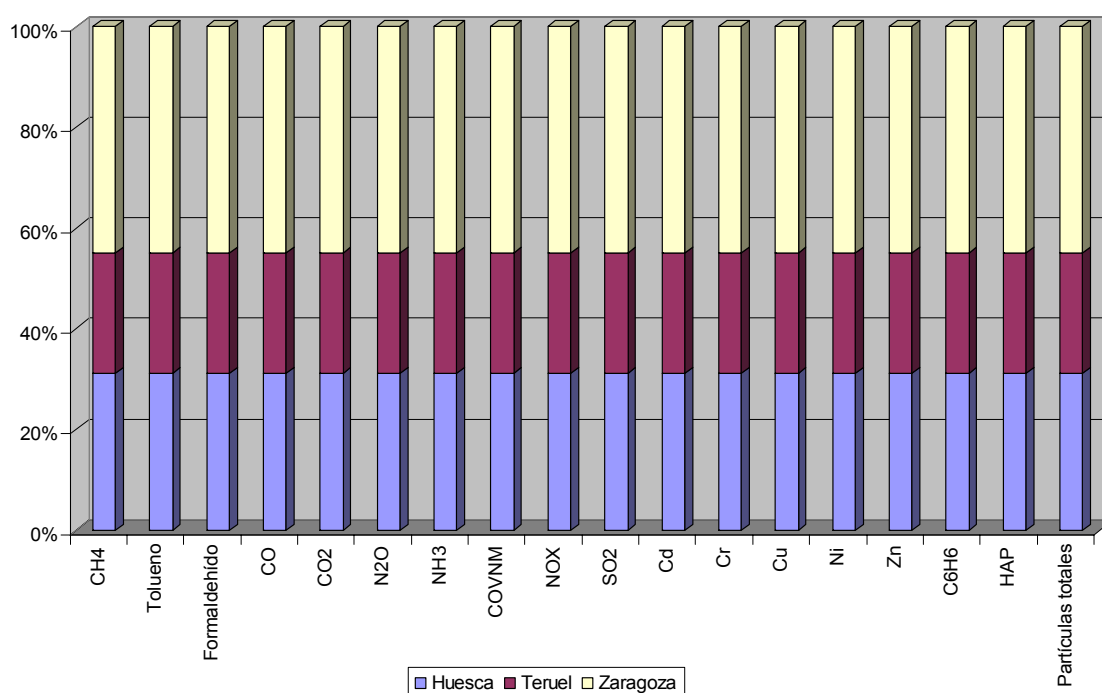


Gráfico 5.3 – Distribución provincial de las emisiones procedentes del tráfico ferroviario

El reparto de contaminantes por provincias es igual para todas las sustancias. Esto se debe a que los factores de emisión propuestos por la metodología para cada contaminante vienen dados en función del consumo de combustible y los kilómetros de vía existentes, los cuales son valores únicos independientemente del contaminante tratado.

5.4. TRÁFICO AÉREO

En Aragón existen principalmente tres focos de emisión relativos al tráfico aéreo. Por un lado, el aeropuerto civil de Zaragoza, por otro, la Base Aérea Militar y por último, los pequeños aeródromos distribuidos a lo largo de la región. Sin embargo, para este estudio únicamente se van a considerar las emisiones procedentes del aeropuerto civil, ya que es el único foco emisor con tráfico aéreo comercial y privado de cierta envergadura y del cual se puede conocer la información previa necesaria para la realización del estudio.

El tráfico aéreo registrado en el aeropuerto de Zaragoza es básicamente nacional (95% de las operaciones, frente a un 5% de vuelos internacionales).

Las emisiones provienen de la combustión del queroseno y gasolina de aviación que se utilizan como carburantes en las diversas aeronaves. Los contaminantes estudiados son el CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, COVNM, SO₂, Pb, HAP y las partículas.

Para el cálculo de las emisiones procedentes de turborreactores se ha optado por aplicar la Metodología Simple CORINAIR para el tráfico aéreo, la cual aporta los factores de emisión en función del tipo de avión y del número de aterrizajes y despegues que se producen. Dicha metodología ha sido completada con datos de emisión procedentes de motores de aviación y que aparecen en las bases de datos de la ICAO. En el caso de las emisiones procedentes de aviones pistón se ha preferido utilizar los factores de emisión

ICAO: International Civil Aviation Organization.

aportados por la IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, los cuales vienen dados en función del consumo de combustible (gasolina de aviación).

La información necesaria para la aplicación de la metodología seleccionada en cada caso proviene de diversas fuentes:

- El número de aterrizajes y despegues que se realizaron en el aeropuerto de Zaragoza en el año 2003 en función del tipo de avión ha sido aportado por Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA).
- El consumo de combustibles de aviación y las especificaciones de los mismos provienen de la Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH).
- Las características técnicas de cada tipo de avión se han obtenido consultando diversas fuentes bibliográficas.

En la Tabla 5.4 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de las emisiones procedentes del tráfico aéreo.

Tabla 5.4 – Tráfico aéreo					
Contaminante	Ud.	Huesca	Teruel	Zaragoza	ARAGÓN
Metano (CH ₄)	t	—	—	2,04	2,04
Monóxido de carbono (CO)	t	—	—	182	182
Dióxido de carbono (CO ₂)	kt	—	—	13,4	13,4
Óxido nitroso (N ₂ O)	kg	—	—	885	885
COVNM	t	—	—	18,1	18,1
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	t	—	—	46,1	46,1
Óxidos de azufre (SO ₂)	t	—	—	4,19	4,19
Partículas totales	kg	—	—	84,0	84,0
Pb y sus compuestos	kg	—	—	43,4	43,4
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	kg	—	—	2,44	2,44

Nota: el guión denota que no existen emisiones del contaminante en la fuente considerada, bien porque no existen emisiones reales del contaminante o bien porque no se dispone de datos para su cálculo.

Como se observa en la Tabla 5.4 las únicas emisiones debidas al tráfico aéreo se producen en la provincia de Zaragoza. Esto se debe a que la metodología utilizada considera a los aeropuertos como fuentes puntuales de emisión, al asumir que los ciclos de aterrizaje y despegue albergan la mayor carga específica emitida.

