

INVENTARIO DE EMISIONES

del
Municipio de Zaragoza

AÑO 2023

Coordinación Municipal

Oficina de Medio Ambiente,
Acción Climática y Salud Pública.
Ayuntamiento de Zaragoza

Elaboración Técnica

Centro de Investigación de Recursos
y Consumos Energéticos (Fundación CIRCE)

Año 2025

ÍNDICE

ACRÓNIMOS	7
1. RESUMEN EJECUTIVO	8
1.1 Tendencias de emisiones y absorciones	8
1.2 Tendencias de las emisiones por sector	10
2. INTRODUCCIÓN	13
2.1 OBJETIVOS	14
3. ÁMBITO GEOGRÁFICO	15
4. METODOLOGÍA	16
5. SECTORES DE EMISIÓN	18
6. EMISIONES SECTOR RESIDENCIAL	19
6.1 Organismos participantes	19
6.2 Fuentes de emisión consideradas	19
6.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	19
6.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	21
6.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	25
7. EMISIONES SECTOR TRANSPORTE	27
7.1 Organismos participantes	27
7.2 Fuentes de emisión consideradas	27
7.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	28
7.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	35
7.4.1 Transporte público	35
7.4.2 Flota Municipal	38
7.4.3 Transporte privado	39
7.4.4 Subsector transporte aéreo	45
7.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	46
8. EMISIONES SECTOR INSTITUCIONAL Y SERVICIOS	50
8.1 Organismos participantes	50
8.2 Fuentes de emisión consideradas	50
8.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	51
8.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	52
8.4.1 Subsector Servicios	52
8.4.2 Subsector Institucional	55
8.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	58
9. EMISIONES SECTOR INDUSTRIAL	62
9.1 Organismos participantes	62
9.2 Fuentes de emisión consideradas	62
9.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	62
9.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	63
9.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	66
10. EMISIONES IPPU Y GASES FLUORADOS	68
10.1 Organismos participantes	68
10.2 Fuentes de emisión consideradas	68
10.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	68
10.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	70
10.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	71

11. EMISIONES SECTOR RESIDUOS	73
11.1 Organismos participantes	73
11.2 Fuentes de emisión consideradas	73
11.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	74
11.3.1 Resultados del inventario de emisiones 2023	76
11.3.2 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	79
12. EMISIONES SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO	81
12.1 Organismos participantes	81
12.2 Fuentes de emisión consideradas	81
12.3 Contaminantes y factores de emisión considerados	81
12.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	83
12.4.1 Aplicación de abono inorgánico en secano y en regadío	83
12.4.2 Fermentación entérica	84
12.4.3 Gestión del estiércol	85
12.4.4 Emisiones totales y comparativa con años anteriores	85
13. ABSORCIONES ASOCIADAS AL ARBOLADO URBANO	87
13.1 Organismos participantes	87
13.2 Fuentes de absorción consideradas	87
13.3 Contaminantes y factores de absorción considerados	87
13.4 Resultados del inventario de emisiones 2023	88
13.4.1 Absorciones totales y comparativa con años anteriores	90
14. AGRADECIMIENTOS	91
15. REFERENCIAS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tendencia de emisiones brutas de gases de efecto invernadero (2005-2023). Dato en t CO ₂ equivalente.....	8
Tabla 2. Emisiones netas de gases de efecto invernadero. Año 2023.	9
Tabla 3. Total de emisiones de GEI Zaragoza por sector. Tendencias desde 2005.....	9
Tabla 4. Resumen de consumos del municipio de Zaragoza. Año 2023.	12
Tabla 5. Factores de emisión para GEI del mix nacional de energía, Red Eléctrica Española.....	17
Tabla 6. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residencial.	20
Tabla 7. Población de Zaragoza ciudad y barrios rurales.	21
Tabla 8. Consumos directos totales del sector residencial. Año 2023.....	22
Tabla 9. Consumos indirectos del sector residencial por distrito y código postal. Año 2023.....	22
Tabla 10. Indicadores de consumo por habitante. Sector residencial. Año 2023.....	23
Tabla 11. Emisiones directas sector residencial. Año 2023.	24
Tabla 12. Emisiones indirectas sector residencial. Año 2023.	24
Tabla 13. Indicadores de emisiones por habitante. Año 2023.....	25
Tabla 14. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residencial. Años 2005-2023.	25
Tabla 15. Información solicitada para calcular las emisiones del sector transporte.	28
Tabla 16. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte público.....	29
Tabla 17. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (turismos).	30
Tabla 18. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (resto vehículos no turismos).....	32
Tabla 19. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector de flota municipal.	34
Tabla 20. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte aéreo.	35
Tabla 21. Consumos del subsector transporte público. Año 2023.....	36
Tabla 22. Emisiones directas subsector transporte público. Año 2023.	37
Tabla 23. Consumos del subsector flota municipal. Año 2023.	38
Tabla 24. Emisiones directas subsector flota municipal. Año 2023.	39
Tabla 25. Distribución de la flota de vehículos privados y comerciales de Zaragoza. Año 2023.	40
Tabla 26. Consumos del subsector transporte privado. Año 2023.	43
Tabla 27. Emisiones directas subsector transporte privado. Año 2023.....	44
Tabla 28. Emisiones indirectas del subsector transporte privado. Año 2023.....	44
Tabla 29. Emisiones directas del subsector tráfico aéreo. Año 2023.	46
Tabla 30. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte público. Año 2005-2023.....	47
Tabla 31. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector de flota municipal. Año 2005-2023.	47
Tabla 32. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte privado. Año 2005 - 2023.....	48
Tabla 33. Movimientos de aeronaves en transporte aéreo de Zaragoza. Año 2023.	48
Tabla 34. Tendencias de emisiones y consumos en el sector transporte. Año 2005-2023.	49

Tabla 35. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector institucional y servicios.	51
Tabla 36. Consumos del subsector servicios. Año 2023.	53
Tabla 37. Emisiones directas subsector Servicios. Año 2023.	54
Tabla 38. Emisiones indirectas subsector Servicios. Año 2023.	54
Tabla 39. Consumos del subsector institucional. Año 2023.	56
Tabla 40. Emisiones directas subsector Institucional. Año 2023.	57
Tabla 41. Emisiones indirectas subsector Institucional. Año 2023.	58
Tabla 42. Consumos del sector Institucional y Servicios. Año 2023.	58
Tabla 43. Emisiones directas sector Institucional y Servicios. Año 2023.	59
Tabla 44. Emisiones indirectas sector Institucional y Servicios. Año 2023.	59
Tabla 45. Tendencias de emisiones y consumos en el sector Institucional y Servicios. Años 2005-2023.	60
Tabla 46. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector industrial.	63
Tabla 47. Consumos del sector industrial. Año 2023.	64
Tabla 48. Emisiones directas sector industrial. Año 2023.	65
Tabla 49. Emisiones indirectas industriales, año 2023.	66
Tabla 50. Tendencias de emisiones y consumos en el sector industrial. Años 2005-2023.	66
Tabla 51. PCA de gases refrigerantes.	69
Tabla 52. Emisiones directas sector IPPU y gases fluorados. Año 2023.	71
Tabla 53. Tendencias de emisiones y consumos en el sector IPPU y gases fluorados. Años 2019-2023.	72
Tabla 54. Información solicitada para calcular las emisiones del sector residuos.	74
Tabla 55. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (combustibles fósiles).	75
Tabla 56. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (no combustibles fósiles).	76
Tabla 57. Consumos del sector residuos. Año 2023.	77
Tabla 58. Emisiones directas sector residuos. Año 2023.	78
Tabla 59. Emisiones indirectas sector residuos. Año 2023.	79
Tabla 60. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residuos. Años 2005-2023.	79
Tabla 61. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector agricultura.	82
Tabla 62. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (fermentación entérica).	82
Tabla 63. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (gestión de estiércoles).	83
Tabla 64. Emisiones directas subsector agricultura. Año 2023.	84
Tabla 65. Información de explotaciones ganaderas. Año 2023.	84
Tabla 66. Emisiones directas subsector ganadero (fermentación entérica). Año 2023.	84
Tabla 67. Emisiones directas subsector ganadero (gestión de estiércol). Año 2023.	85
Tabla 68. Emisiones directas sector agricultura y ganadería. Año 2023.	85
Tabla 69. Tendencias de emisiones en el sector Agricultura y Ganadería. Año 2015-2023.	86
Tabla 70. Absorciones de arbolado urbano y de reforestación. Año 2023.	89
Tabla 71. Tendencias de absorciones y unidades de arbolado. Años 2019-2023.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de evolución del agregado de emisiones brutas (año base 2005).	8
Figura 2. Distribución de emisiones brutas de GEI en 2023 por sectores.....	10
Figura 3. Variación de cada sector respecto al año base (2005).....	12
Figura 4. Término municipal de Zaragoza.	15
Figura 5. Tendencia de emisiones y consumos del sector residencial. Años 2005-2023.....	26
Figura 6. Estaciones de aforo (arriba) y red incompleta (abajo). Zaragoza.	41
Figura 7. Red completa de calles principales.	42
Figura 8. Tendencia de emisiones y consumos del sector transporte. Años 2005-2023.....	49
Figura 9. Tendencia de emisiones y consumos del sector Institucional y Servicios. Años 2005-2023.	61
Figura 10. Tendencia de emisiones y consumos del sector industrial. Años 2005-2023.....	67
Figura 11. Tendencia de emisiones y consumos del sector IPPU. Años 2005-2023.	72
Figura 12. Tendencia de emisiones y consumos del sector residuos. Años 2005-2023.	80
Figura 13. Tendencia de emisiones del sector agricultura y ganadería. Años 2019-2023.....	86
Figura 14. Especies mayoritarias de arbolado urbano en Zaragoza. Año 2023.	88
Figura 15. Captura de CO ₂ de las especies de arbolado mayoritarias. Año 2023.	89

ACRÓNIMOS

PPA/AAP	Población Promedio Anual [Average Annual Population]
BEV	Vehículo Eléctrico de Batería [Battery Electric Vehicle]
C	Confidencial
CTAZ	Consorcio de Transporte del Área de Zaragoza
CTRUZ	Complejo para el Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza
ECE	Comisión Económica Europea [Economic Commission for Europe]
EMEP/EEA	Agencia Europea de Medio Ambiente [European Environmental Agency]
FE	Factor de Emisión
GdO	Garantía de Origen Renovable
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gas Licuado del Petróleo
GNC	Gas Natural Comprimido
GWP	Potencial de Calentamiento Global [Global Warming Potential]
ICAO	International Civil Aeronautical Organization [Organización Internacional de Aeronáutica Civil]
IE	Incluido en otra parte [Included Elsewhere]
IMD	Intensidad Media Diaria
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Intergovernmental Panel on Climate Change]
IPPC	Prevención y Control Integrados de la Contaminación [Integrated Pollution Prevention and Control]
IPPU	Procesos industriales y uso de los productos [Industrial Processes and Product Uses]
LTO	Landing and Take Off [Aterrizajes y despegues]
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
NA	No aplica [Not Applicable]
NE	No estimado / calculado [Not Estimated]
NO	No se produce [Not Occurring]
PCA	Potencial de Calentamiento Atmosférico
PHEV	Vehículo Híbrido Enchufable [Plug-in Hybrid Electric Vehicle]
PMUS	Plan de Movilidad Urbana Sostenible
PRECOZ	Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza
REE	Red Eléctrica Española
SIG	Sistema de Información Geográfica
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1 Tendencias de emisiones y absorciones

Las emisiones brutas de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel municipal se estiman para el año 2023 en 2.020.268,16 toneladas de CO₂ equivalente, lo que supone un descenso general de emisiones brutas del 6,19% respecto al inventario anterior (año 2021), y una reducción del 22,96 % respecto al año 2005 (escenario base).

Las emisiones brutas tienen en cuenta todos los sectores incluidos en los inventarios anteriores (residencial, transporte, institucional y servicios, industrial, IPPU y gases fluorados, residuos, agrícola y ganadero), pero no tiene en cuenta la compensación de emisiones derivada de las absorciones del arbolado urbano y periurbano.

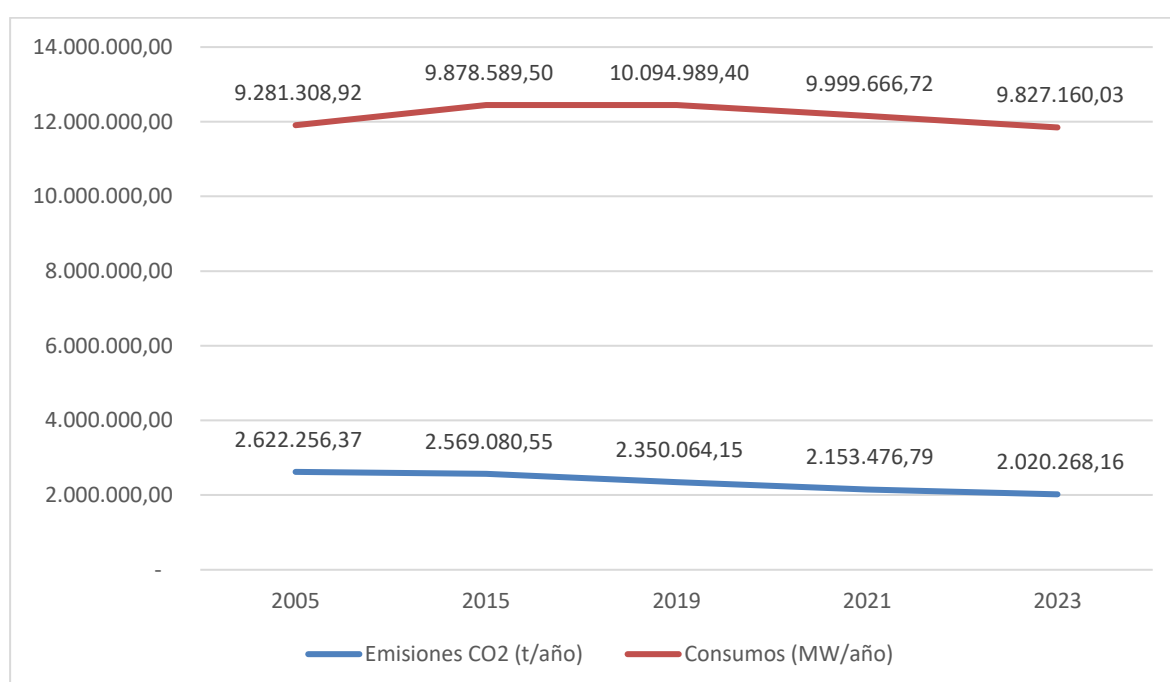


Figura 1. Índice de evolución del agregado de emisiones brutas (año base 2005).

Tabla 1. Tendencia de emisiones brutas de gases de efecto invernadero (2005-2023). Dato en t CO₂ equivalente.

EMISIONES BRUTAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CONTAMINANTE	2005	2015	2019	2021	2023
CO ₂ eq (t/año)	2.622.256,37	2.569.080,55	2.350.064,15	2.153.476,79	2.020.268,16
Variación % vs. 2005	0%	-2%	-10%	-18%	-23%

El descenso de emisiones brutas del año 2023 se apoya principalmente en la reducción de emisiones de algunos sectores (como residencial, institucional y servicios o residuos), pero también por la contabilización de arbolado de reforestación que anteriormente no estaba dentro del alcance del inventario, y cuyas absorciones compensan una cantidad considerable de emisiones. No obstante, algunos sectores también han aumentado sus emisiones (como es el sector del transporte o IPPU), si bien lo han hecho de forma menos representativa.

Tabla 2. Emisiones netas de gases de efecto invernadero. Año 2023.

CONTAMINANTE	EMISIONES NETAS		
	Emisiones brutas	Absorciones arbolado	Emisiones netas
CO₂ eq (t/año)	2.020.268,16	-277.823,44	1.742.444,73

Teniendo en cuenta el total de emisiones brutas (2.020.268,16 t CO₂) y restando las absorciones del arbolado urbano y periurbano (-277.823,44 t CO₂), se obtiene una reducción del 13,35%, resultando en unas emisiones netas de 1.742.444,73 t CO₂.

Tabla 3. Total de emisiones de GEI Zaragoza por sector. Tendencias desde 2005.

SECTOR	EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO (t CO ₂ eq)				
	2005	2015	2019	2021	2023
RESIDENCIAL	843.145,00	645.341,21	666.921,53	613.154,07	528.016,07
TRANSPORTE	528.710,00	538.383,00	465.419,91	476.641,62	575.388,40
INSTITUCIONAL Y SERVICIOS	208.415,37	152.165,89	75.439,93	81.793,62	69.411,52
RESIDUOS	92.455,00	86.000,45	99.676,36	108.928,92	38.511,16
INDUSTRIAL	949.531,00	1.138.093,00	937.820,62	840.049,64	741.907,43
IPPU Y GASES FLUORADOS	-	-	17.196,92	12.433,73	52.012,04
AGRÍCOLA Y GANADERO	-	9.097,00	87.588,87	20.475,19	15.021,55
ARBOLADO	-	-	-24.530,00	-263.667,80	-277.823,44

NOTA: Para los sectores de Agricultura y Ganadería, Arbolado urbano e IPPU no se dispone de datos de emisiones para el escenario base (año 2005).

La siguiente figura muestra la distribución porcentual de las emisiones totales por sector, destacando la contribución de cada uno a las emisiones globales. Los sectores con mayor impacto son **Industrial** (36,72%) y **Transporte** (28,48%), los cuales juntos representan más del 65% de las emisiones totales. El tercer sector con más peso es **Residencial** con un 26,14% de las emisiones. Otros sectores, como **Institucional y servicios** (3,44%) e **IPPU y gases fluorados** (2,57%), tienen una contribución menos significativa. Por último, se encuentran el sector **Residuos** (1,91%) y el **Agrícola y ganadero** (0,74%), que son los de menor incidencia en el total de emisiones.

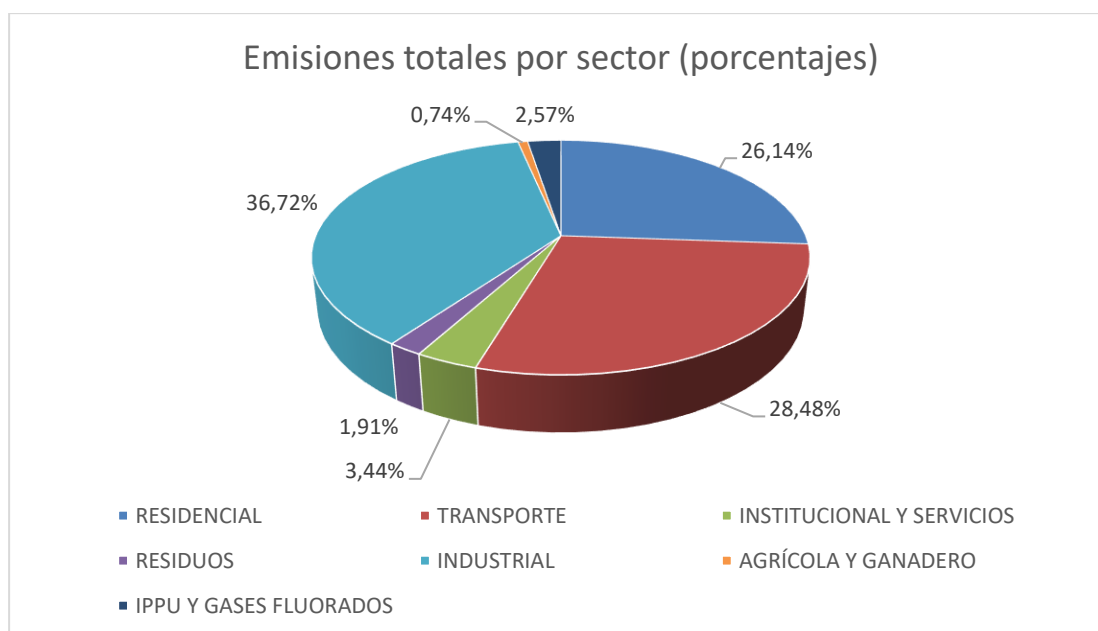


Figura 2. Distribución de emisiones brutas de GEI en 2023 por sectores.

Por otro lado, las absorciones de CO₂ derivadas del arbolado urbano y de zonas reforestadas se estimaron para el año 2023 en - 277.823,44 toneladas de CO₂ eq, que compensan el 13,75 % de las emisiones totales del año de estudio. Respecto al inventario anterior (2021), año en el que se absorbieron 263.667,80 t, las absorciones por arbolado han aumentado un 5,77%.

Cabe destacar que la naturaleza de este estudio es dinámica, razón por la cual cada año se incorporan en el inventario de emisiones de la ciudad los cálculos relativos al último inventario realizado, pero también actualizaciones de datos de inventarios anteriores. Esto último es debido principalmente a la introducción de nuevas actividades dentro del alcance del inventario de ese año, lo cual puede derivar en la necesidad de ajuste de los datos de años anteriores para el sector objeto del cambio, con el propósito de crear tendencias coherentes y que se basen lo máximo posible en la realidad de la ciudad.

1.2 Tendencias de las emisiones por sector

A continuación, se detallan las principales variaciones interanuales observadas por sectores:

- **Residencial:** Desde 2005, las emisiones de CO₂ equivalente han mostrado un descenso gradual, salvo un leve aumento registrado en 2019. Este decrecimiento refleja mejoras en la eficiencia energética y cambios en los patrones de consumo doméstico, destacando la relevancia de medidas como la rehabilitación de viviendas y la adopción de fuentes de energía más limpias. Además, la actualización periódica de los factores de emisión ha contribuido a este avance, logrando una reducción del 37% en las emisiones de contaminantes en 2023 en comparación con 2005. Respecto al inventario anterior (2021), las emisiones han descendido un 9%.
- **Transporte:** Aunque las emisiones disminuyeron significativamente en 2019 (-12% respecto a 2005), reflejando una posible mejora en eficiencia energética o cambios en la movilidad, esta tendencia se ha revertido en 2023 con un aumento del 8% en las emisiones

respecto al año base, sostenido en un incremento notable en el consumo energético total (2.293.167 MWh/año). Este repunte viene especialmente motivado por el aumento de la flota privada de vehículos, puesto que el resto de transportes mantienen su tendencia de reducción desde el año base de referencia (2005).

- **Institucional y Servicios:** se puede resaltar que tanto los consumos totales como las emisiones han experimentado un descenso en el año 2023, continuando la tendencia de reducción global que venía desde el 2005. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 5,7% respecto al inventario anterior (2021), y un 66,70% respecto al año base. En el sector servicios la energía térmica y eléctrica están muy equiparadas en cuanto a consumos y emisiones, mientras que el sector institucional tiene una mayor carga de consumo eléctrico que térmico.
- **Industrial:** Entre 2021 y 2023, las emisiones de CO₂ equivalente experimentaron una caída notable, pasando de una reducción acumulada del 11,61% al 21,87% respecto a 2005, mientras el consumo energético disminuyó ligeramente. Estos datos reflejan una aceleración en la adopción de tecnologías más eficientes y limpias, subrayando esfuerzos recientes por desacoplar el consumo energético de las emisiones asociadas.
- **IPPU y gases fluorados:** Las emisiones de este sector han aumentado significativamente en los últimos años, aunque su impacto relativo sigue siendo limitado. Este incremento refleja la necesidad de prestar mayor atención a los procesos industriales que generan gases fluorados y buscar alternativas menos contaminantes.
- **Residuos:** Aunque las emisiones del sector residuos han mostrado fluctuaciones, presentan una notable reducción en los últimos años. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 40% respecto al inventario anterior (2021), y un 58% respecto al año base, aunque la reducción acusada de este año viene motivada por una actualización de los factores de emisión que afectan positivamente al resultado final.
- **Agricultura y Ganadería:** respecto al primer año de cálculo, las emisiones aumentaron considerablemente en 2019 debido previsiblemente a un ajuste en el alcance del estudio. Posteriormente, en 2021 se redujeron las emisiones significativamente, debido posiblemente al reporte de menor actividad ganadera. Por último, en 2023 las emisiones continúan con la tendencia de reducción, previsiblemente debido al ajuste de factores de emisión y de la cabaña ganadera.
- **Arbolado:** Las absorciones de CO₂ procedentes del arbolado (urbano y de reforestación) aumentan en un 5,37% respecto al inventario anterior, lo cual se justifica por el aumento en las unidades de arbolado urbano (unas 3.500 unidades) y el crecimiento del arbolado de reforestación, que implica un aumento en la absorción por unidad. No obstante, la mayor parte de las absorciones del sector son llevadas a cabo por el arbolado de zonas reforestadas, que representa un 87,57% del total de las absorciones.

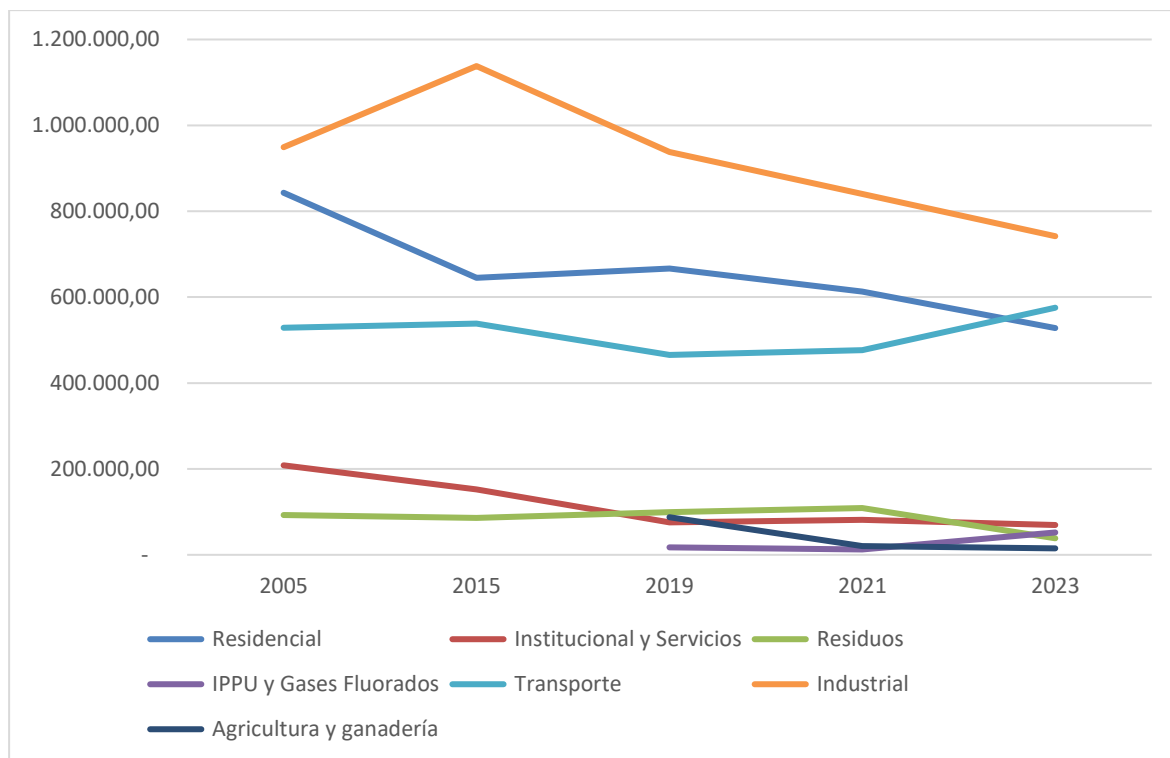


Figura 3. Variación de cada sector respecto al año base (2005).

Respecto a los consumos energéticos que han ocasionado las emisiones citadas, se muestra a continuación un resumen de los consumos del municipio de Zaragoza, desglosados por cada tipo de fuente energéticas.

Tabla 4. Resumen de consumos del municipio de Zaragoza. Año 2023.

CONSUMOS TOTALES ZARAGOZA (MWh/año)						
Consumos directos					Consumos indirectos	
Ámbito	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
Zaragoza	4.929.365,19	1.062.962,57	1.526.351,91	32.336,86	2.093.992,56	182.150,95
Total	9.827.160,03					

2. INTRODUCCIÓN

El 9 de marzo de 2007 la Unión Europea adoptó un conjunto de medidas denominadas “La Energía para un mundo en cambiante” mediante las cuales se comprometía a reducir sus emisiones de CO₂ en un 20% para el año 2020 tomando como referencia los niveles del año 1990. En 2008, se puso en marcha la iniciativa Pacto de Alcaldías (CoM por sus siglas en inglés) liderada por el Comisario Europeo de la Energía.

Para el cumplimiento de dicho objetivo, las administraciones locales juegan un papel decisivo. Por ello, el “Plan de Acción de la Unión Europea para la Eficiencia Energética: comprender el potencial” establece como prioridad crear un compromiso en el cual los gobiernos locales puedan trabajar para ayudar a cumplir este objetivo. Este compromiso ha sido denominado “Pacto de Alcaldías” y mediante el mismo, los gobiernos locales pueden trabajar para reducir las emisiones de CO₂ en sus territorios.

El papel de los municipios en este sentido es fundamental, ya que la Ley Reguladora de Bases de Régimen Local establece que los municipios tengan competencias para realizar las actividades complementarias a las propias de otras administraciones en lo relativo al interés general del mismo, incluyendo la protección al medio ambiente.

En 2014, como preparación a la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Consejo Europeo acordó el marco de actuación de la UE en materia de clima y energía hasta 2030. Teniendo en cuenta dicho horizonte temporal, estableció un objetivo de reducir al menos el 40% las emisiones de GEI respecto a los niveles de 1990, además de nuevos objetivos en la cuota de renovables en el consumo de energía final, la mejora de la eficiencia energética y el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (RCDE UE). Posteriormente, la Comisión Europea publicó una serie de paquetes de medidas para acelerar la transición hacia una economía baja en carbono, dar cumplimiento al Acuerdo de París y avanzar hacia la consecución de la Unión de la Energía en sus cinco dimensiones: descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior e Innovación.

No obstante, con el objetivo de convertir el urgente reto ambiental y de cambio climático en una oportunidad única para Europa, la Unión Europea se comprometió a finales de 2019 a lograr la neutralidad climática para 2050 con la adopción del Pacto Verde Europeo. El objetivo climático de referencia en cuanto a emisiones es el 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (con respecto a 1990). La UE propuso aumentar este valor a 50% como mínimo, y hacia el 55 % de manera responsable dentro del Pacto Verde Europeo.

Como firmante del Pacto de Alcaldías, el Ayuntamiento de Zaragoza se comprometió a elaborar un Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible (PACES), así como a trabajar en la reducción de emisiones de CO₂, aumentar la eficiencia energética, el uso de energías renovables, realizar un Inventario de Emisiones de Referencia, realizar una evaluación de riesgos y analizar las vulnerabilidades asociadas al cambio climático.

El Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza firmó el 20 de noviembre de 2018 su adhesión al Pacto de los Alcaldes sobre el Clima y la Energía, adquiriendo los compromisos de reducir las emisiones de CO₂ (y, previsiblemente, otras emisiones de gases de efecto invernadero) en su territorio en un 40 % como mínimo hasta el 2030, en particular a través de la mejora de la eficiencia energética y un mayor uso de fuentes de energía renovables, y aumentar su resiliencia mediante la adaptación a las repercusiones del cambio climático.

Asimismo, con fecha 26 de abril de 2019, el Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza aprobó la Estrategia de Cambio Climático, Calidad del Aire y Salud de Zaragoza (en adelante ECAZ 3.0), en la que se definen cuarenta acciones que permitirán alcanzar los objetivos determinados para el año 2030. Posteriormente, en diciembre de 2019, el Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, mediante declaración institucional, se comprometió a aumentar la reducción de emisiones de CO₂ hasta el 50-55% en 2030, lo que supone un aumento notable en la lucha contra el cambio climático.

En 2021, la Comisión Europea lanzó la misión "100 ciudades inteligentes y neutras desde el punto de vista climático para 2030" con el objetivo de apoyar la transformación de las ciudades para acelerar la aplicación del Acuerdo de París. El 28 de abril de 2022, Zaragoza fue seleccionada por la Comisión Europea como una de las '100 ciudades climáticamente neutras', un reconocimiento que le abre las puertas a nuevos fondos y vías de financiación europeas en condiciones favorables para conseguir el objetivo de neutralidad en 2030.

2.1 OBJETIVOS

El Inventario de Emisiones de Zaragoza tiene por objetivo cuantificar de manera periódica las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de contaminantes atmosféricos, para dar cumplimiento a las estrategias, planes y compromisos comentados en el apartado anterior. Específicamente, el Inventario de Emisiones de Zaragoza responde a dos alcances, como se explica a continuación:

1. En materia de mitigación al Cambio Climático, cumplir con los compromisos de cuantificación y seguimiento de las emisiones GEI respecto a lo requerido por el Pacto de las Alcaldías y la Misión de Ciudades Inteligentes y Climáticamente Neutras.
2. En materia de calidad del aire, cuantificar y monitorizar el nivel de emisión de contaminantes atmosféricos dentro de los requerimientos de información del Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ).

3. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El ámbito geográfico para la realización del estudio se circunscribe a todo el término municipal de Zaragoza, incluyendo todos sus distritos y barrios rurales. Por tanto, quedan dentro del alcance de este inventario los siguientes barrios: Actur-Rey Fernando, Casablanca, Casco Histórico, Delicias, Centro, Distrito Sur, El Rabal, La Almozara, Las Fuentes, Miralbueno, Oliver-Valdefierro, San José, Santa Isabel, Torrero-La Paz, Universidad y barrios rurales (La Cartuja Baja, Torrecilla de Valmadrid, Juslibol, El Zorongo, San Juan de Mozarrifar, Montañana, San Gregorio, Peñaflor, Movera, Garrapinillos, Venta del Olivar, Monzalbarba, Villarrapa, Alfocea y Casetas).

También se han considerado los polígonos industriales que rodean la ciudad (o están incluidos en la misma): Europa, Argualas, La Unión y Montemolín, Cogullada, Mercazaragoza, El Pilar, Malpica, Montañana, Las Ventas, PLA-ZA, Casetas, Empresarium, Prydes, Saica, San Valero, Cartuja Baja, Lopez Soriano, Valdefierro, Ruiseñores y Zaragoza Ciudad.

Para el sector agrícola se ha considerado toda la superficie de cultivos registrada por la Política Agraria Común del año 2023 en el municipio de Zaragoza. En el sector ganadero se han tenido en cuenta todas las explotaciones que se encuentran activas según censo ganadero del municipio.

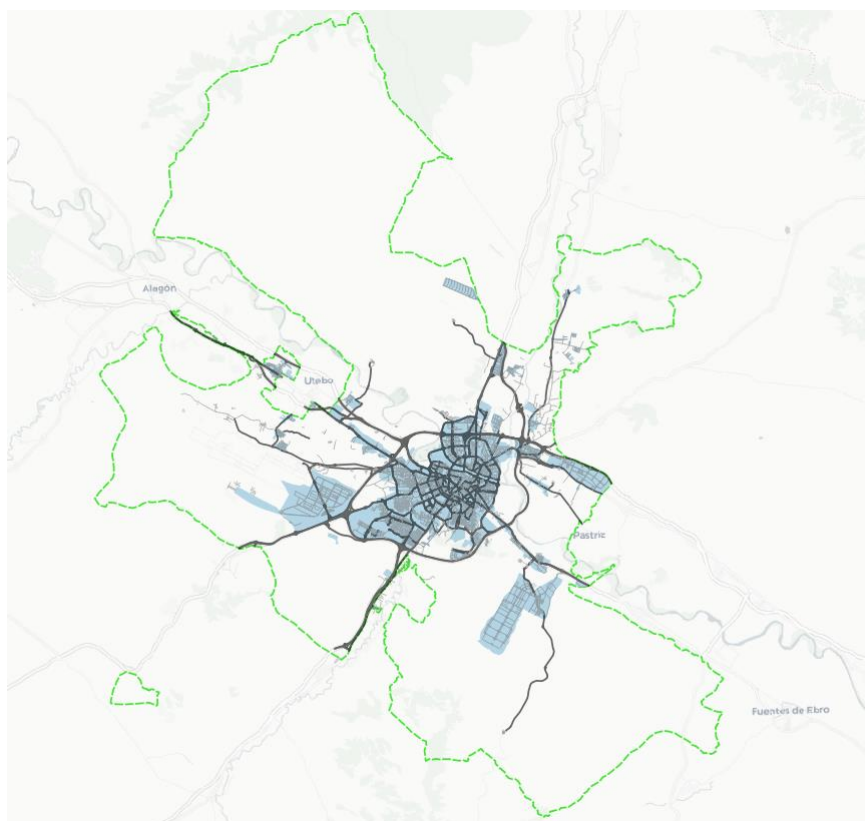


Figura 4. Término municipal de Zaragoza.

4. METODOLOGÍA

En esta sección se incluye una explicación de las consideraciones tomadas para el cálculo de las emisiones de contaminantes en los sectores incluidos en el alcance de este inventario: residencial, transporte, institucional y servicios, residuos, industria, , IPPU, agrícola-ganadero y arbolado.

Dentro del alcance de este estudio se contemplan los siguientes gases:

As	Arsénico
BC	Black Carbon (aerosoles carbonosos)
C₆H₆	Benceno
Cd	Cadmio
CH₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO₂	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Dioxinas	PCDD/F. Dibenzodioxinas policloradas y Dibenzofuranos policlorados (dioxinas y furanos)
HCB	Hexaclorobenceno
Hg	Mercurio
N₂O	Óxido nitroso
NH₃	Amoníaco
Ni	Níquel
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
COVNM	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
NO₂	Dióxido de nitrógeno
NO_x	Óxidos de nitrógeno
PAH	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (Benzo(a)pireno, Benzo[b]furano, Benzo[k]fluoranteno), indeno y pireno
Pb	Plomo
PCB	Bifenilos Policlorados
POP	Persistent Organic Pollutants (Contaminantes orgánicos persistentes)
PM10	Material Particulado con tamaño inferior a 10 micras
PM2,5	Material Particulado con tamaño inferior a 2,5 micras
Se	Selenio
SO_x	Óxidos de azufre, preferentemente SO ₂ (Dióxido de azufre)
TSP	Total Partículas Suspendidas
Zn	Zinc

Para cada uno de los sectores estudiados, se calculan las emisiones directas (alcance 1) e indirectas (alcance 2), tal y como se describe a continuación:

- Emisiones directas: las correspondientes a los consumos de sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria. Se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión de los combustibles utilizados.
- Emisiones indirectas: las correspondientes a los consumos de electricidad. Se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión de los combustibles utilizados para la generación de la electricidad.

Por tanto, la metodología de cálculo de las emisiones de todos los sectores está basada en la aplicación de factores de emisión para diferentes unidades funcionales, y que varían en función de aspectos como el tipo de combustible y tecnología, por ejemplo: la cantidad de gas natural utilizado por los sistemas de combustión, el consumo de energía eléctrica, la población de cada especie de ganado, la superficie de cultivos de regadío, la cantidad de materia orgánica depositada en vertedero o la biomasa forestal tanto aérea como radical. Las unidades funcionales empleadas son datos medibles y con trazabilidad.

Adicionalmente, en cada sector se ha incluido una comparativa de los resultados del año 2023 con los valores registrados en los anteriores inventarios realizados (2015, 2019 y 2021) y, cuando ha sido posible, con el año 2005, que si bien se considera el año de referencia por ser el primero en reportar datos de emisiones, su alcance es menor y en algunos sectores y gases no es posible la comparativa con dicho año.

Para la selección de los factores de emisión empleados para el cálculo de emisiones directas, se han seguido las recomendaciones de la metodología EMEP/EEA (European Environmental Agency) – *air pollutant emission inventory guidebook* – 2023 [1] y de la guía IPCC (Intergubernamental Panel Climate Change) *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* 2019 [2].

Para el cálculo de los factores de emisión derivados de la energía eléctrica (emisiones indirectas) consumida de la red general de distribución, se han utilizado los factores de emisión asociados a las tecnologías de generación de energía del mix eléctrico español correspondiente al año de estudio (2023), reportado por Red Eléctrica Española (REE) “REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en CO₂eq”[3]. A continuación, se presentan los valores de referencia para los últimos inventarios.

Tabla 5. Factores de emisión para GEI del mix nacional de energía, Red Eléctrica Española.

FACTOR EMISIÓN MIX ENERGÉTICO NACIONAL			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	2019	2021	2023
CO ₂ eq [t CO ₂ eq/ MWh]	0,19	0,14	0,12
CH ₄ [t/ MWh]	IE	IE	IE
N ₂ O [t/ MWh]	IE	IE	IE

Debido a que REE reporta datos en CO₂ equivalente (CO₂eq), los gases de efecto invernadero CH₄ y N₂O quedan englobados dentro de las emisiones de CO₂eq, y por tanto se reportan conjuntamente.

Cabe mencionar que, en el caso de disponer de Certificados de Garantía de Origen Renovable de la electricidad consumida (GdO), las emisiones se contabilizan como cero para todos los gases contaminantes y de efecto invernadero.

5. SECTORES DE EMISIÓN

Dentro del alcance del Inventario de Emisiones de Zaragoza se incluyen diferentes sectores de emisión, que se categorizan siguiendo los estándares metodológicos comentados en el capítulo 4 METODOLOGÍA.

Para la recolección de la información necesaria para el desarrollo del inventario, diversas entidades y organizaciones, tanto públicas como privadas, han participado compartiendo datos, cuyo conjunto final se representa en cada uno de los sectores de emisión. A continuación, se comentan brevemente los sectores de emisión incluidos:

- Sector residencial: energía estacionaria correspondiente a los edificios residenciales.
- Sector transporte: incluye las actividades de transporte por carretera (transporte privado, transporte público y flota municipal) y transporte aéreo.
- Sector institucional y servicios: energía estacionaria correspondiente a los edificios institucionales y del sector terciario.
- Sector residuos: energía estacionaria de edificios y otras emisiones sin consumo energético asociado, como cremaciones, tratamiento de aguas residuales y lodos, y gestión de vertederos.
- Sector industrial: Energía estacionaria correspondiente a los edificios industriales.
- Sector agrícola y ganadero: Incluye las emisiones sin consumo energético asociado, como la aplicación de abono inorgánico, la fermentación entérica y la gestión del estiércol.
- Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU): incluye las emisiones procedentes de los propios procesos industriales y del uso de productos, así como las emisiones derivadas de fugas de gases refrigerantes a la atmósfera.
- Arbolado: absorción conseguida por la masa arbórea urbana y superficies reforestadas dentro del término municipal.

Para cada uno de estos sectores, existe dentro de este informe un capítulo diferenciado, si bien todos los capítulos tienen la misma estructura de reporte:

- Organismos participantes
- Fuentes de emisión consideradas
- Contaminantes y factores de emisión considerados
- Resultados del inventario de emisiones
 - Emisiones directas e indirectas 2023 del sector
 - Emisiones totales y comparativa con años anteriores

6. EMISIONES SECTOR RESIDENCIAL

6.1 Organismos participantes

Sector Residencial:

- Redexis, S.A.
- Naturgy Iberia, S.A.
- Cátedra de transición energética municipal (Universidad de Zaragoza)

6.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- **Residencial:** emisiones derivadas de consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas de focos de calderas), así como consumos de electricidad en las viviendas (emisiones indirectas).

6.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables a los consumos directos (calefacción y agua caliente sanitaria) de las diferentes instalaciones, se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. También se armoniza esta consulta con el Inventario Nacional de Emisiones. Concretamente se hace referencia a:

- **Fuente y tecnología: Gas Natural.** EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. 1.A.4 Small combustion. Table 3.16 Tier 2 emission factors for source category 1.A.4.b.i, boilers burning natural gas. Residential plants. NFR 1.A.4.b.i. Small (single household scale, capacity ≤ 50 kWth) boilers.
- **Fuente y tecnología: Gasóleo.** EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. 1.A.4 Small combustion. Table 3.18 Tier 2 emission factors for source category 1.A.4.b.i, boilers burning liquid fuels. Residential plants. NFR 1.A.4.b.i. Small (single household scale, capacity ≤ 50 kWth) boilers.
- **Fuente y tecnología: Biomasa.** EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023; 1.A.4 Table 3.43 Tier 2 emission factors for source category 1.A.4.b.i, conventional boilers < 50 kW burning wood and similar wood waste. Residential plants. NFR 1.A.4.b.i. 020202. Residential plants, combustion plants < 50 MW (boilers).

Teniendo en cuenta las fuentes anteriores, se exponen a continuación los factores de emisión utilizados para este sector:

Tabla 6. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residencial.

FACTORES DE EMISIÓN SECTOR RESIDENCIAL			
Gas	Gas Natural	Gasóleo	Biomasa
CO ₂ [g/GJ]	56.100,00	74.100,00	112.000,00
CH ₄ [g/GJ]	5,00	10,00	300,00
N ₂ O [g/GJ]	0,10	0,60	4,00
NO _x [g/GJ]	42,00	69,00	80,00
CO [g/GJ]	22,00	3,70	4.000,00
SO _x [g/GJ]	0,30	79,00	11,00
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	1,80	0,17	350,00
NH ₃ [g/GJ]	NE	NE	74,00
PM _{2,5} [g/GJ]	0,20	1,50	470,00
PM ₁₀ [g/GJ]	0,20	1,50	480,00
TSP [g/GJ]	0,20	1,50	500,00
BC [% de PM _{2,5}]	5,40	3,90	16,00
C ₆ H ₆ [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	1,50E-03	0,01	27,00
Cd [mg/GJ]	2,50E-04	1,00E-03	13,00
Hg [mg/GJ]	0,10	0,12	0,56
As [mg/GJ]	0,12	2,00E-03	0,19
Cr [mg/GJ]	7,60E-04	0,20	23,00
Cu [mg/GJ]	7,60E-05	0,13	6,00
Ni [mg/GJ]	5,10E-04	5,00E-03	2,00
Se [mg/GJ]	0,01	2,00E-03	0,50
Zn [mg/GJ]	1,50E-03	0,42	512,00
Dioxinas [ng I-TEQ/GJ]	1,50	1,80	550,00
Benzo(a)pireno [µg/GJ]	0,56	80,00	121,00*
Benzo(b)furano [µg/GJ]	0,84	40,00	111,00*
Benzo(k)fluoranteno [µg/GJ]	0,84	70,00	42,00*
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [µg/GJ]	0,84	160,00	71,00*
PAH [g/GJ]	NA	NA	NA
HCB [µg/GJ]	NA	NA	2,00
PCBs [µg/GJ]	NA	NA	0,06
Total POPs	NA	NA	NA

(*) Datos en mg/GJ

Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO₂ asociado al mix energético español del año 2023, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe (t CO₂eq/ MWh).

Cabe destacar que algunos indicadores han sido referenciados al número de habitantes del municipio, haciendo uso de la distribución por barrios marcada en el documento de datos demográficos del padrón municipal de habitantes [4], así como el valor, tal y como se muestra a continuación, de la población total censada en Zaragoza según el INE [5]:

Tabla 7. Población de Zaragoza ciudad y barrios rurales.

POBLACIÓN MUNICIPAL					
	2005	2015	2019	2021	2023
Población (habitantes)	647.373,00	702.426,00	716.040,00	675.301,00	682.513,00

Cabe mencionar que para los cálculos relativos a población por barrio se ha utilizado el dato del padrón, mientras que los indicadores globales de consumo y emisiones han sido reportados en base a la población total del INE.

6.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

Para este sector se han calculado:

- **Las emisiones directas generadas por los sistemas de combustión.** Se calculan mediante la aplicación de los factores de emisión correspondientes para cada combustible consumido en las instalaciones (gas natural, gasóleo y biomasa). El carbón no ha sido considerado debido a su tendencia al desuso, por la prohibición de emplear esta fuente de energía para los sistemas de calefacción en la ciudad de Zaragoza. Estos factores son distintos a los factores de emisión para vehículos.
- **Las emisiones indirectas debidas a la energía eléctrica consumida.** Los consumos eléctricos del municipio de Zaragoza se han recopilado a través de la página web de la Catedra de Transición Energética Municipal, web dirigida por el Ayuntamiento de Zaragoza y Universidad de Zaragoza. Los consumos eléctricos del sector Residencial se encuentran desglosados por: Distrito y Código postal. No se encuentran recopilados los consumos asociados a energías renovables, ya que no llevan emisiones de gases asociadas.

Ya que, en base a la normativa vigente, las comercializadoras y suministradoras de energía y combustibles no pueden ceder a este estudio los datos personales de consumo de cada una de las viviendas del municipio. En el caso de los combustibles fósiles, se ha estimado los datos totales de consumo del sector residencial a nivel municipio.

Como se puede observar en la siguiente tabla, el gas natural se posiciona como la principal fuente de energía en el sector residencial dentro de los consumos directos, con un consumo significativamente mayor que el del gasóleo o la biomasa. En cuanto a los otros gases combustibles, no se ha registrado consumo en esta categoría.

Tabla 8. Consumos directos totales del sector residencial. Año 2023.

	CONSUMO SECTOR RESIDENCIAL (MWh/año) - Consumos directos			
	Gasóleo	Gas natural	Otros gases combustibles	Biomasa
2023	282.001,39	1.676.550,13	-	25.420,00

Tabla 9. Consumos indirectos del sector residencial por distrito y código postal. Año 2023.

CONSUMO SECTOR RESIDENCIAL (MWh/año) - Consumos indirectos			
Distrito	Código postal	Consumo eléctrico Mix	Consumo eléctrico renovable
Casco histórico	50001	21.032,57	-
Las Fuentes	50002	55.345,71	-
La Almozara	50003	53.249,61	-
Centro - Aljafería	50004	31.832,05	-
Goya	50005	25.350,54	-
Universidad	50006	33.452,48	-
Torrero - La Paz	50007	75.535,41	-
Centro - Miraflores	50008	47.753,01	-
Romareda - Casablanca	50009	47.908,81	-
Parque Roma	50010	39.691,86	-
Venta del Olivar - Miralbueno	50011	43.163,07	-
Valdefierro - Oliver	50012	40.965,45	-
San José	50013	23.322,81	-
Cogullada - Vadorrey	50014	45.987,91	-
El Rabal	50015	49.465,04	-
Santa Isabel	50016	17.408,51	-
Delicias	50017	47.835,22	-
Actur - Rey Fernando	50018	60.147,44	-
Distrito Sur	50019	25.021,63	-
El Zorongo	50020	2.380,99	-
Venecia	50021	9.938,13	-
Arcosur	50022	6.636,94	-
Montañana	50059	4.900,41	-
Alfocea - Monzalbarba	50120	2.483,79	-
Torrecilla de Valmadrid	50139	40,17	-
Garrapinillos	50190	8.001,13	-
Juslibol - El Zorongo	50191	1.464,72	-
Peñaflor	50193	1.769,15	-
Movera	50194	3.721,26	-
Plaza	50197	4.114,31	-
Casetas	50620	8.510,40	-
Villarrapa	50692	1.627,27	-

La Cartuja Baja	50720	4.170,21	-
San Juan de Mozarrifar	50820	3.927,48	-

En el sector residencial, el año 2023 no reporta consumos de energía de origen renovable. Esto es debido a que las instalaciones de autoconsumo de generación renovables no han podido ser recopiladas en este informe, puesto que se trata de datos de carácter personal de cada usuario. Únicamente se ha reportado el consumo de red por distrito y código postal, datos procedentes de la Cátedra de transición energética municipal (Universidad de Zaragoza).

Como información complementaria, se muestran a continuación el cálculo de consumo medio de energía por habitante.

Tabla 10. Indicadores de consumo por habitante. Sector residencial. Año 2023.

INDICADORES DE CONSUMO PER CÁPITA	
Indicador	2023
Número de habitantes [hab.]	682.513,00
Consumo medio de energía térmica por habitante [MWh/año·hab]	2,91
Consumo medio de energía eléctrica por habitante [MWh/año·hab]	1,24
Consumo medio de energía total por habitante [MWh/año·hab]	4,15

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este subsector.

Tabla 11. Emisiones directas sector residencial. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS SECTOR RESIDENCIAL	
Gas	t/año
CO ₂	424.072,07
CH ₄	67,78
N ₂ O	1,58
NO _x	330,86
CO	163,99
SO _x	83,02
COV	NE
COVNM	11,95
NH ₃	443,63
PM _{2,5}	5,38
PM ₁₀	5,38
TSP	5,57
BC	0,55
C ₆ H ₆	NA
Pb	0,16
Cd	0,08
Hg	4,71E-03
As	1,88E-03
Cr	0,14
Cu	0,04
Ni	0,01
Se	3,09E-03
Zn	3,09
Dioxinas	3,34E-06
Benzo(a)pireno	0,73
Benzo[b]furano	0,67
Benzo[k]furano	0,25
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	0,43
PAH	NA
HCB	3,02E-05
PCBs	3,62E-07
Total POPs	2,08
CO ₂ eq	426.237,41

Tabla 12. Emisiones indirectas sector residencial. Año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS SECTOR RESIDENCIAL	
Gas	t/año
CO ₂ eq	101.778,66
CH ₄	IE
N ₂ O	IE

Respecto a los indicadores por población, se muestran también a continuación las emisiones por habitante:

Tabla 13. Indicadores de emisiones por habitante. Año 2023.

INDICADOR DE EMISIONES PER CÁPITA	
Indicador	2023
Número de habitantes [hab.]	682.513,00
Emisiones de CO ₂ eq por habitante [t CO ₂ eq/hab]	0,774

6.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En esta sección se incluyen los resultados del inventario de emisiones de Zaragoza en el año 2023 dentro del sector residencial comparándolo con los valores registrados en los anteriores inventarios, realizados en los años 2021, 2019, 2015 y 2005. En la siguiente tabla se recopilan los distintos tipos de consumos y emisiones de CO₂ calculados, así como la variación con respecto al 2005.

Tabla 14. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residencial. Años 2005-2023.

TENDENCIAS DE EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR RESIDENCIAL			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	2.613.524,91	843.145,00	-
2015	2.765.779,63	643.440,04	-24%
2019	3.026.040,02	664.772,62	-21%
2021	3.168.576,20	611.092,14	-28%
2023	2.832.127,02	528.016,07	-37%

Desde 2005, las emisiones de CO₂ equivalente han mostrado un descenso gradual, salvo un leve aumento registrado en 2019. Este decrecimiento refleja mejoras en la eficiencia energética y cambios en los patrones de consumo doméstico, destacando la relevancia de medidas como la rehabilitación de viviendas y la adopción de fuentes de energía más limpias. Además, la actualización periódica de los factores de emisión ha contribuido a este avance, logrando una reducción del 37% en las emisiones de contaminantes en 2023 en comparación con 2005.

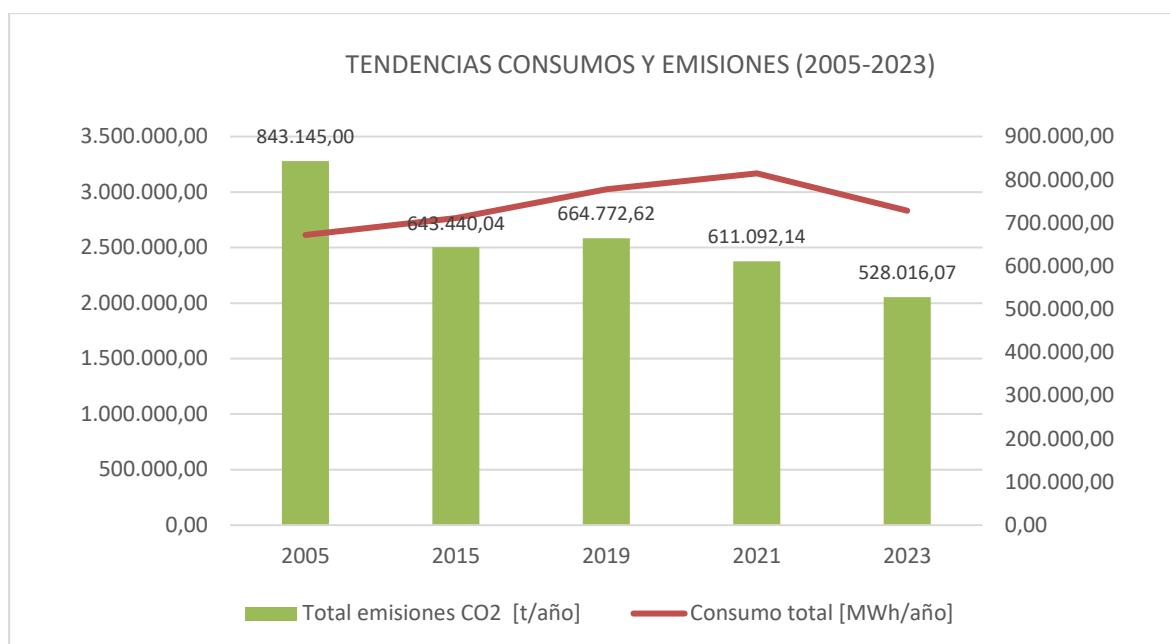


Figura 5. Tendencia de emisiones y consumos del sector residencial. Años 2005-2023.

A modo de resumen del sector, se puede resaltar que tanto los consumos totales como las emisiones han experimentado un descenso en el año 2023, continuando la tendencia de reducción global que venía desde el 2019. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 14% respecto al inventario anterior (2021), y un 37% respecto al año base.

7. EMISIONES SECTOR TRANSPORTE

7.1 Organismos participantes

- Sector Transporte:
 - AENA SME, S.A. (en adelante, Aena)
 - Consorcio de Transporte del Área de Zaragoza (CTAZ)
 - Autobuses Urbanos De Zaragoza S.A.U. (en adelante, AVANZA)
 - Ayuntamiento de Zaragoza

7.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión para el **subsector de transporte por carretera** consideradas en el cálculo de las emisiones han sido las siguientes:

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados al tránsito de:
 - Transporte público (autobuses y tranvía)
 - Flota municipal
 - Tráfico urbano privado (motocicletas, turismos, camión ligero, camión pesado y autobuses privados) en accesos y circunvalaciones, principales vías urbanas y vías al interior de los barrios residenciales

El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para los siguientes combustibles: gasóleo, gasolina, Gas Licuado del Petróleo (GLP) y Gas Natural Comprimido (GNC). Para el resto de los combustibles no se han reportado datos.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad asociado al tránsito de:
 - Transporte público (autobuses y tranvía)
 - Flota Municipal
 - Tráfico urbano privado (motocicletas, turismos, camión ligero, camión pesado y autobuses privados) en accesos y circunvalaciones, principales vías urbanas y vías al interior de los barrios residenciales.
- **Alcance 3:** se trata de las emisiones que ocurren fuera del término municipal, pero que son resultado de las actividades internas de la ciudad. Dentro del alcance 3, se consideran las emisiones correspondientes a la operación de las líneas de los autobuses urbanos y del CTAZ en otros municipios.

Por otro lado, se incluye también el **subsector de transporte aéreo** con los consumos y emisiones correspondientes a la operación del Aeropuerto de Zaragoza.

Una vez se ha contactado con todos los agentes involucrados en el reporte de datos de transporte, se han recopilado los parámetros necesarios para los cálculos, que se detallan a continuación:

Tabla 15. Información solicitada para calcular las emisiones del sector transporte.

Subsector	INFORMACIÓN SOLICITADA
Transporte público	Km. Recorridos por líneas (año 2023)
	Líneas en formato shapefile (año 2023)
	Caracterización del parque de autobuses por línea: - Combustible: diésel, híbridos, eléctricos - Antigüedad: normativa de emisiones contaminantes que se le aplica
	Datos de operación de autobuses y tranvías por hora (incluyendo variaciones mensuales)
	Velocidad media de operación (km/h)
	Consumo anual de combustible y electricidad de los autobuses y tranvía
	Confirmar el origen de la energía eléctrica consumida (GdO, normal, autoconsumo)
Flota Municipal	Inventario de vehículos municipales.
	Consumo de cada vehículo por tipo de combustible
Transporte privado	Mapa IMD 2023 en formato shapefile
	Datos de Intensidad media diaria (IMD) por parte de las estaciones de aforo de núcleo urbano. Distribución temporal del tráfico.
	Localización de las estaciones de aforo
	Datos de aforos por tipo de vehículo
	Datos de los vehículos que circulan por núcleo urbano en Zaragoza: - Tipo de vehículo: Turismo, ciclomotor, motocicleta, furgoneta, etc. - Combustible: Diésel o gasolina - Antigüedad: Normativa de emisiones contaminantes que les aplica.
	Accesos y circunvalaciones - Datos de intensidad media diaria (IMD) en las carreteras de acceso
Transporte Aéreo	Tráfico aéreo de Zaragoza según: - Cantidad de aterrizajes y despegues de aeronaves del aeropuerto de Zaragoza. - Tipología de las aeronaves que llevan a cabo los aterrizajes y despegues.

7.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

Para el **Alcance 1 y Alcance 3** del **subsector de transporte por carretera**, se identifican los factores de emisión aplicables según la metodología de referencia EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, capítulo 1.A.3.b.i-iv Road transport. Se trata de cálculos que no dependen de un único factor de emisión por contaminante, sino que tiene en cuenta:

- El combustible o vector energético utilizado (gasóleo, gasolina, GNC, GLP o electricidad).
- El tipo de vehículo utilizado (Vehículo de pasajeros, furgonetas y vehículos de trabajo, vehículos pesados, motocicletas y ciclomotores).
- La tecnología del vehículo asociada a la normativa de emisiones EURO.
- La pauta de conducción según la velocidad promedio de conducción (100 km/h para vías interurbanas y 30 km/h para vías urbanas y rurales)

- Pendiente de la vía y nivel de carga (peso) del vehículo. Se ha asumido un nivel de pendiente neutro y un nivel de carga medio)

De acuerdo con estos valores, se calcula un factor de emisión, dado en emisiones por kilómetro recorrido (no por consumo), siguiendo diferentes fórmulas contenidas en la guía citada [1]. aA continuación, se muestran todos los factores de emisión utilizados para el transporte público, turismos privados y otros vehículos de la flota vehicular privada. Para estos dos últimos, se presentan dos valores de los FE según la pauta de conducción: 30 Km/h para conducción urbana y rural y 100 Km/h para conducción interurbana.

Tabla 16. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte público.

	FACTORES DE EMISIÓN TRANSPORTE PÚBLICO					
	Autobuses urbanos					
	BEV	HEV-e	HEV-d	EURO IV	EURO V	EURO VI
Consumo Energía Térmica [MWh/km]	2,20E-03	2,20E-03	2,93E-03	2,87E-03	2,76E-03	2,93E-03
CO₂ [g/km]	0,00	0,00	725,97	709,55	682,27	725,97
CH₄ [g/km]	0,00	0,00	5,25E-03	5,25E-03	5,25E-03	5,25E-03
N₂O [g/km]	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,04
NO_x [g/km]	0,00	0,00	1,18	4,79	6,07	1,18
CO [g/km]	0,00	0,00	0,30	0,98	1,83	0,30
SO₂ [g/km]	0,00	0,00	4,82E-03	4,71E-03	4,53E-03	4,82E-03
COV [g/km]	0,00	0,00	0,04	0,06	0,03	0,04
COVNM [g/km]	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,03
NH₃ [g/km]	0,00	0,00	9,00E-03	2,90E-03	0,01	9,00E-03
PM_{2,5} [g/km]	0,00	0,00	5,37E-03	0,04	0,05	5,37E-03
PM₁₀ [g/km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TSP [g/km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BC [g/km]	0,00	0,00	8,06E-04	0,03	0,04	8,06E-04
C₆H₆ [g/km]	0,00	0,00	2,15E-05	3,50E-05	1,49E-05	2,15E-05
Pb [g/km]	0,00	0,00	2,89E-07	8,84E-08	8,50E-08	2,89E-07
Cd [g/km]	0,00	0,00	4,82E-08	1,18E-08	1,13E-08	4,82E-08
Hg [g/km]	0,00	0,00	1,08E-06	1,34E-06	1,29E-06	1,08E-06
As [g/km]	0,00	0,00	1,52E-06	2,00E-06	1,93E-06	1,52E-06
Cr [g/km]	0,00	0,00	5,55E-07	4,71E-08	4,53E-08	5,55E-07
Cu [g/km]	0,00	0,00	4,82E-08	2,36E-08	2,27E-08	4,82E-08
Ni [g/km]	0,00	0,00	7,96E-06	4,24E-06	4,08E-06	7,96E-06
Se [g/km]	0,00	0,00	7,23E-08	2,36E-08	2,27E-08	7,23E-08
Zn [g/km]	0,00	0,00	2,10E-06	1,25E-06	1,20E-06	2,10E-06
POPs [g/km]	0,00	0,00	2,42E-04	2,42E-04	2,42E-04	2,42E-04
Total Metales Pesados [g/km]	0,00	0,00	1,37E-05	9,03E-06	8,68E-06	1,37E-05

Tabla 17. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (turismos).

	FACTORES DE EMISIÓN TRANSPORTE PRIVADO - TURISMOS									
	Grupo	Petrol EURO III	Petrol EURO IV	Petrol EURO VI	Diesel EURO III	Diesel EURO IV	Diesel EURO VI	Petrol Hybrid EURO VI	LPG EURO IV	CNG EURO IV
30 km/h										
Consumo Energía Térmica (MWh/km)		8,10E-04	8,27E-04	8,27E-04	6,42E-04	6,42E-04	6,42E-04	3,87E-04	6,90E-04	8,27E-04
CO ₂ (g/km)	2	177,94	181,50	181,50	177,11	177,11	177,11	85,01	171,45	150,45
CH ₄ (g/km)	1	4,00E-03	5,1E-03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	1,25E-03	0,04
N ₂ O (g/km)	1	2,35E-04	2,2E-04	1,04E-03	4,00E-03	4,00E-03	4,00E-03	2,17E-04	1,00E-03	2,17E-04
NO _x (g/km)	1	0,08	0,07	0,04	0,78	0,64	0,42	0,01	0,07	0,07
CO (g/km)	1	0,49	0,18	0,23	0,13	0,12	0,06	0,06	0,18	0,18
SO ₂ (g/km)	2	1,3E-03	1,3E-03	1,3E-03	1,0E-03	1,0E-03	1,0E-03	6,2E-04	0,00	0,00
COV (g/km)	1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	1,20E-03	1,15E-03	0,01	0,05
COVNM (g/km)	1	0,01	0,01	2,26E-03	0,02	0,02	1,20E-03	-3,93E-03	0,01	3,52E-03
NH ₃ (g/km)	1	0,07	0,06	0,02	1,00E-03	1,90E-03	0,01	0,06	0,06	0,06
PM _{2,5} (g/km)	1	1,15E-03	1,15E-03	1,85E-03	0,03	0,03	2,04E-03	1,85E-03	1,15E-03	1,15E-03
PM ₁₀ (g/km)	1	1,15E-03	1,15E-03	1,8E-03	0,03	0,03	2,04E-03	1,8E-03	1,15E-03	1,15E-03
TSP	1	1,15E-03	1,15E-03	1,8E-03	0,03	0,03	2,04E-03	1,8E-03	1,15E-03	1,15E-03
BC (g/km)	1	1,7E-04	1,7E-04	2,8E-04	0,03	6,4E-03	4,1E-04	2,8E-04	0,00	0,00
C ₆ H ₆ (g/km)	1	0,00	0,00	0,00	4,5E-04	3,1E-04	2,4E-05	0,00	6,5E-05	0,00
Pb (g/km)	3	8,3E-08	8,4E-08	8,4E-08	2,0E-08	2,0E-08	2,0E-08	3,9E-08	0,00	0,00
Cd (g/km)	3	1,4E-08	1,4E-08	1,4E-08	2,7E-09	2,7E-09	2,7E-09	6,6E-09	0,00	0,00
Hg (g/km)	2	6,0E-07	6,1E-07	6,1E-07	2,9E-07	2,9E-07	2,9E-07	2,9E-07	0,00	0,00
As (g/km)		2,1E-08	2,1E-08	2,1E-08	5,4E-09	5,4E-09	5,4E-09	9,9E-09	0,00	0,00
Cr (g/km)		4,3E-07	4,4E-07	4,4E-07	4,6E-07	4,6E-07	4,6E-07	2,1E-07	0,00	0,00
Cu (g/km)		3,1E-07	3,2E-07	3,2E-07	3,1E-07	3,1E-07	3,1E-07	1,5E-07	0,00	0,00
Ni (g/km)		1,6E-07	1,6E-07	1,6E-07	1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	7,6E-08	0,00	0,00
Se (g/km)		1,4E-08	1,4E-08	1,4E-08	5,4E-09	5,4E-09	5,4E-09	6,6E-09	0,00	0,00
Zn (g/km)		2,3E-06	2,3E-06	2,3E-06	9,7E-07	9,7E-07	9,7E-07	1,1E-06	0,00	0,00
POPs (g/km)	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04
Total Metales Pesados (g/km)	2	3,9E-06	4,0E-06	4,0E-06	2,1E-06	2,1E-06	2,1E-06	1,9E-06	0,00	0,00
100 km/h										
Consumo Energía Térmica (MWh/km)		6,45E-04	6,73E-04	6,73E-04	5,40E-04	5,40E-04	5,40E-04	4,67E-04	7,00E-04	6,73E-04
CO ₂ (g/km)	2	141,60	147,68	147,68	149,13	149,13	149,13	102,52	173,93	122,41

CH ₄ (g/km)	1	4,0E-03	5,1E-03	5,1E-03	0,00	0,00	0,00	5,1E-03	1,3E-03	0,04
N ₂ O (g/km)	1	2,3E-04	2,2E-04	1,0E-03	4,0E-03	4,0E-03	4,0E-03	2,2E-04	1,0E-03	2,2E-04
NO _x (g/km)	1	0,08	0,07	0,03	0,78	0,64	0,07	0,01	0,07	0,07
CO (g/km)	1	0,49	0,18	0,23	0,13	0,12	0,02	0,06	0,18	0,18
SO ₂ (g/km)	2	1,0E-03	1,1E-03	1,1E-03	8,5E-04	8,5E-04	8,5E-04	7,5E-04	0,00	0,00
COV (g/km)	1	0,02	0,01	6,9E-03	0,02	0,02	1,2E-03	1,1E-03	0,01	0,05
COVNM (g/km)	1	0,01	6,5E-03	1,8E-03	0,02	0,02	1,2E-03	-3,9E-03	0,01	3,5E-03
NH ₃ (g/km)	1	0,07	0,06	0,02	1,0E-03	1,9E-03	7,0E-03	0,06	0,06	0,06
PM _{2,5} (g/km)	1	1,1E-03	1,1E-03	1,1E-04	0,03	0,03	1,4E-04	4,0E-04	1,1E-03	1,1E-03
BC (g/km)	3	1,7E-04	1,7E-04	1,7E-05	0,03	6,4E-03	2,8E-05	6,0E-05	0,00	0,00
C ₆ H ₆ (g/km)	3	0,00	0,00	0,00	4,5E-04	3,1E-04	2,4E-05	0,00	6,5E-05	0,00
Pb (g/km)	2	6,6E-08	6,8E-08	6,8E-08	1,7E-08	1,7E-08	1,7E-08	4,8E-08	0,00	0,00
Cd (g/km)	2	1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	2,3E-09	2,3E-09	2,3E-09	7,9E-09	0,00	0,00
Hg (g/km)	2	4,8E-07	5,0E-07	5,0E-07	2,4E-07	2,4E-07	2,4E-07	3,4E-07	0,00	0,00
As (g/km)		1,6E-08	1,7E-08	1,7E-08	4,6E-09	4,6E-09	4,6E-09	1,2E-08	0,00	0,00
Cr (g/km)		3,4E-07	3,6E-07	3,6E-07	3,9E-07	3,9E-07	3,9E-07	2,5E-07	0,00	0,00
Cu (g/km)		2,5E-07	2,6E-07	2,6E-07	2,6E-07	2,6E-07	2,6E-07	1,8E-07	0,00	0,00
Ni (g/km)		1,3E-07	1,3E-07	1,3E-07	9,1E-09	9,1E-09	9,1E-09	9,1E-08	0,00	0,00
Se (g/km)		1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	4,6E-09	4,6E-09	4,6E-09	7,9E-09	0,00	0,00
Zn (g/km)		1,8E-06	1,9E-06	1,9E-06	8,2E-07	8,2E-07	8,2E-07	1,3E-06	0,00	0,00
POPs (g/km)	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04
Total Metales Pesados (g/km)	2	3,1E-06	3,2E-06	3,2E-06	1,7E-06	1,7E-06	1,7E-06	2,2E-06	0,00	0,00

Tabla 18. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (resto vehículos no turismos).

FACTORES DE EMISIÓN TRANSPORTE PRIVADO – RESTO VEHÍCULOS NO TURISMOS											
	Grupo	Vehículos comerciales ligeros < 3,5 t		Vehículos pesados	Autobuses urbanos Estándar 15 - 18 t	Autocares Estándar (18t)	Ciclomotores	Motocicletas	Coches de pasajeros	Ciclomotores	Motocicletas
		Petrol EURO IV	Diesel EURO IV	Diesel EURO IV	Diesel	Diesel EURO IV	EURO IV	EURO IV	BEV PHEV	BEV	BEV
30 km/h											
Consumo Energía Térmica (MWh/km)		1,38E-03	9,49E-04	2,11E-03	2,87E-03	3,85E-03	1,48E-04	2,01E-04	0,00	0,00	0,00
CO ₂ (g/km)	2	303,56	262,08	581,97	790,88	1062,27	32,57	44,20	0,00	0,00	0,00
CH ₄ (g/km)	1	0,00	0,00	4,2E-03	2,1E-03	2,1E-03	0,002	0,03	0,00	0,00	0,00
N ₂ O (g/km)	1	4,0E-03	4,0E-03	0,01	0,00	0,00	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
NO _x (g/km)	1	0,05	0,88	3,60	4,79	6,62	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00
CO (g/km)	1	1,91	0,32	0,83	0,98	1,51	1,63	1,83	0,00	0,00	0,00
SO ₂ (g/km)	2	2,2E-03	1,5E-03	3,3E-03	4,5E-03	6,0E-03	2,4E-04	3,2E-04	0,00	0,00	0,00
COV (g/km)	1	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,32	0,70	NA	NA	NA
COVNM (g/km)	1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,31	0,67	0,00	0,00	0,00
NH ₃ (g/km)	1	0,06	1,0E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
PM2,5 (g/km)	1	1,15E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,24E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
PM10 (g/km)	1	1,15E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,24E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
TSP (g/km)	1	1,15E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,24E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
BC (g/km)	1	1,7E-04	6,1E-03	0,02	0,03	0,04	2,5E-04	3,0E-03	0,00	0,00	0,00
C ₆ H ₆ (g/km)	1	0,00	6,7E-04	2,8E-05	3,7E-05	5,7E-05	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
Pb (g/km)	3	1,4E-07	3,0E-08	6,7E-08	9,1E-08	1,2E-07	1,5E-08	2,0E-08	0,00	0,00	0,00
Cd (g/km)	3	2,3E-08	4,0E-09	8,9E-09	1,2E-08	1,6E-08	2,5E-09	3,4E-09	0,00	0,00	0,00
Hg (g/km)	2	1,0E-06	4,2E-07	9,4E-07	1,3E-06	1,7E-06	1,1E-07	1,5E-07	0,00	0,00	0,00
As (g/km)		3,5E-08	8,0E-09	1,6E-08	1,8E-08	3,1E-08	5,0E-09	6,0E-09	0,00	0,00	0,00
Cr (g/km)		7,4E-07	6,8E-07	1,4E-06	1,5E-06	2,6E-06	1,1E-07	1,3E-07	0,00	0,00	0,00
Cu (g/km)		5,3E-07	4,6E-07	9,3E-07	1,0E-06	1,7E-06	7,5E-08	9,0E-08	0,00	0,00	0,00
Ni (g/km)		2,7E-07	1,6E-08	3,3E-08	3,5E-08	6,1E-08	3,9E-08	4,6E-08	0,00	0,00	0,00
Se (g/km)		2,3E-08	8,0E-09	1,6E-08	1,8E-08	3,1E-08	3,3E-09	4,0E-09	0,00	0,00	0,00
Zn (g/km)		3,9E-06	1,4E-06	2,9E-06	3,2E-06	5,5E-06	5,5E-07	6,6E-07	0,00	0,00	0,00
POPs (g/km)	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04
Total Metales Pesados (g/km)	2	6,7E-06	3,1E-06	6,8E-06	9,3E-06	1,2E-05	7,1E-07	9,7E-07	0,00	0,00	0,00
100 km/h											

Consumo Energía Térmica (MWh/km)		9,10E-04	1,01E-03	1,63E-03	2,24E-03	2,20E-03	1,97E-04	2,55E-04	0,00	0,00	0,00
CO₂ (g/km)	2	199,83	277,66	450,29	618,36	608,53	43,34	56,09	0,00	0,00	0,00
CH₄ (g/km)	1	0,00	0,00	4,2E-03	2,1E-03	2,1E-03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
N₂O (g/km)	1	4,0E-03	4,0E-03	0,01	0,00	0,00	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
NO_x (g/km)	1	0,05	0,88	3,60	4,79	6,62	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00
CO (g/km)	1	1,91	0,32	0,83	0,98	1,51	2,15	1,83	0,00	0,00	0,00
SO₂ (g/km)	2	1,5E-03	1,6E-03	2,6E-03	3,5E-03	3,5E-03	3,2E-04	4,1E-04	0,00	0,00	0,00
COV (g/km)	1	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,0E+00	0,70	NA	NA	NA
COVNM (g/km)	1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	-0,02	0,67	0,00	0,00	0,00
NH₃ (g/km)	1	0,06	1,0E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
PM_{2,5} (g/km)	1	1,1E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,6E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
PM₁₀ (g/km)	1	1,1E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,6E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
TSP	1	1,1E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,6E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
BC (g/km)	3	1,7E-04	6,1E-03	0,02	0,03	0,04	3,2E-04	3,0E-03	0,00	0,00	0,00
C₆H₆ (g/km)	3	0,00	6,7E-04	2,8E-05	3,7E-05	5,7E-05	-1,1E-03	0,04	0,00	0,00	0,00
Pb (g/km)	2	9,3E-08	3,2E-08	5,2E-08	7,1E-08	7,0E-08	2,0E-08	2,6E-08	0,00	0,00	0,00
Cd (g/km)	2	1,5E-08	4,2E-09	6,9E-09	9,4E-09	9,3E-09	3,3E-09	4,3E-09	0,00	0,00	0,00
Hg (g/km)	2	6,7E-07	4,5E-07	7,3E-07	1,0E-06	9,8E-07	1,5E-07	1,9E-07	0,00	0,00	0,00
As (g/km)		2,3E-08	8,5E-09	1,4E-08	1,9E-08	1,9E-08	5,0E-09	6,5E-09	0,00	0,00	0,00
Cr (g/km)		1,2E-06	1,6E-06	1,6E-06	1,1E-07	1,4E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,00	1,2E-06	0,00
Cu (g/km)		3,5E-07	4,8E-07	7,8E-07	1,1E-06	1,1E-06	7,5E-08	9,8E-08	0,00	0,00	0,00
Ni (g/km)		4,9E-07	7,2E-07	1,2E-06	1,6E-06	1,6E-06	1,1E-07	1,4E-07	0,00	0,00	0,00
Se (g/km)		1,8E-07	1,7E-08	2,7E-08	3,8E-08	3,7E-08	3,9E-08	5,0E-08	0,00	0,00	0,00
Zn (g/km)		1,5E-08	8,5E-09	1,4E-08	1,9E-08	1,9E-08	3,3E-09	4,3E-09	0,00	0,00	0,00
POPs (g/km)	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	0,00
Total Metales Pesados (g/km)	2	4,4E-06	3,2E-06	5,3E-06	7,2E-06	7,1E-06	9,5E-07	1,2E-06	0,00	0,00	0,00

Tabla 19. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector de flota municipal.

FACTORES EMISIÓN FLOTA MUNICIPAL			
Gas	Diesel	Gasolina	GLP
CO ₂ [kg/L]	2,48	2,25	1,65
CH ₄ [kg/L]	4,00E-06	2,24E-04	2,00E-04
N ₂ O [g/kg]	0,11	0,07	0,16
NO _x [g/kg]	11,77	3,98	5,48
CO [g/kg]	2,41	48,36	58,22
SO _x [ppm]	5	3	0
COV [g/kg]	NE	NE	NE
COVNM [g/kg]	0,51	7,75	9,43
NH ₃ [g/kg]	0,02	0,84	1,02
PM _{2,5} [g/kg]	0,78	0,02	0,03
PM ₁₀ [g/kg]	0,78	0,02	0,03
TSP [g/kg]	0,78	0,02	0,03
BC [% de PM _{2,5}]	0,12	0,57	0,00
C ₆ H ₆ [% de COVNM]	1,98	6,83	0,63
Pb [ppm]	1,52E-03	1,21E-03	1,45E-03
Cd [ppm]	5,00E-05	2,00E-04	0,00
Hg [ppm]	5,30E-03	8,70E-03	0,00
As [ppm]	NE	NE	NE
Cr [ppm]	NE	NE	NE
Cu [ppm]	NE	NE	NE
Ni [ppm]	NE	NE	NE
Se [ppm]	NE	NE	NE
Zn [ppm]	NE	NE	NE
Dioxinas [ng I-TEQ/GJ]	NE	NE	NE
Benzo(a)pireno [g/kg]	3,20E-05	5,81E-06	1,98E-07
Benzo(b)furan o [g/kg]	3,59E-05	7,15E-06	0,00
Benzo(k)furan o [g/kg]	2,82E-05	4,56E-06	1,98E-07
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [g/kg]	2,98E-05	7,88E-06	1,98E-07
PAH [g/kg]	NE	NE	NE
HCB [g/kg]	NE	NE	NE
PCBs [g/kg]	NE	NE	NE
Total POPs	1,26E-04	2,54E-05	5,94E-07

Para el **Alcance 1** del **subsector de transporte aéreo**, se identifican los factores de emisión aplicables según la metodología de referencia EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, capítulo 1.A.3.a Aviation. No se aplica el Alcance 2, al no haber consumos eléctricos, ni el Alcance 3 ya que el Aeropuerto de Zaragoza se encuentra dentro del término municipal.

Tabla 20. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte aéreo.

FACTORES EMISIÓN TRANSPORTE AÉREO	
Contaminantes	Queroseno
CO ₂ [kg/t]	3.150,00
CH ₄ [g/t]	214,00
N ₂ O [g/t]	85,60
NO _x [g/t]	14.863,00
CO [g/t]	2.828,50
SO _x [g/t]	840,00
COV [g/t]	NA
COVNM [g/t]	390,70
NH ₃ [g/t]	NA
PM _{2,5} [g/t]	95,43
PM ₁₀ [g/t]	95,43
TSP [g/t]	95,43
BC [g/t]	45,81
C ₆ H ₆ [g/t]	NA
Pb [mg/t]	0,30
Cd [mg/t]	0,05
Hg [mg/t]	2,29
As [mg/t]	0,10
Cr [mg/t]	12,10
Cu [mg/t]	7,34
Ni [mg/t]	0,10
Se [mg/t]	0,10
Zn [mg/t]	19,01
Dioxinas [mg/t]	NA
Benzo(a)pireno [mg/t]	NA
Benzo[b]furano [mg/t]	NA
Benzo[k]furano [mg/t]	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [mg/t]	NA
PAH [mg/t]	8,56
HCB [mg/t]	NA
PCBs [mg/t]	NA
Total POPs [mg/t]	8,56

Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO₂ asociado al mix energético español del año 2023, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

7.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

7.4.1 Transporte público

Para la evaluación de las emisiones asociadas a la movilidad pública se han recopilado primeramente los kilómetros recorridos eléctricos, es decir, los correspondientes al tranvía y a los autobuses con motorización total o parcialmente eléctrica.

Existen 64 líneas (1 tranvía y 63 autobuses): el tranvía en el año 2023 recorrió 1.569.465,34 km; los vehículos de motorización híbrida eléctrica enchufable y/o vehículos eléctricos con batería

(PHEV/BEH) recorrieron entre las dos en 2023 de 3.410.001,97 km. Finalmente las líneas de autobuses que disponían de vehículos híbridos diésel/eléctricos (HEV) alcanzaron los 4.259.966,49 km.

Para la evaluación de las emisiones asociadas a la motorización térmica, se contabilizaron los tipos de motorización presentes en cada una de las líneas, quienes alcanzaron un total de 14.974.940,08 km en 2023.

Así mismo, se han contabilizado los 5.112.083,97 km recorridos por los autobuses operados por CTAZ para el mismo año. Para el transporte público se considera todo su recorrido, independientemente si este ocurre dentro o fuera del término municipal. Por ende, se reportan las emisiones de Alcance 1 (emisiones directas dentro del término municipal) y Alcance 3 (emisiones directas fuera del término municipal).

Para evaluar los consumos térmicos se dividió el consumo entre tres componentes. Según las especificaciones técnicas del autobús, los autobuses híbridos presentaban un consumo de 11 l diésel/100 km correspondiente esto a un 30% del consumo total energético del vehículo. Para los autobuses EURO IV, EURO V y EURO VI, se utilizaron como factores de consumo 0,2356 kg diésel/km, 0,2266 kg diésel/km y 0,2340 kg diésel/km respectivamente considerando el consumo en caliente con una media de velocidad de 30 km/h. Teniendo en cuenta el Poder Calorífico del diésel que equivale a 42,695 MJ/kg y una densidad de 840 kg/m³, se pudo obtener el consumo energético.

De manera análoga, para poder evaluar los consumos energéticos del tranvía, se utilizó la información proveniente de estudios previos (en concreto Z2020xMUS e IREZAR) realizados para el Ayuntamiento de Zaragoza [6]. El consumo de energía cuantificado resultante era de 4,47 kWh/km. Para evaluar los consumos de los autobuses híbridos enchufables, a partir de la información proporcionada, se consultó la ficha técnica del vehículo, obteniendo un consumo de 2,2 kWh/km. Este mismo consumo se utilizó para los vehículos híbridos no enchufables en su parte eléctrica. A continuación, se muestra un resumen anual de los consumos y distancias recorridas por el transporte público de Zaragoza.

Tabla 21. Consumos del subsector transporte público. Año 2023.

CONSUMOS TRANSPORTE PÚBLICO		
	Distancia recorrida [km/año]	Consumo energía [MWh/año]
Tranvía	1.569.465,34	23.076,54
Autobuses BEH/PHEB	3.410.001,97	
HEV-eléctrico	4.259.966,49	
HEV-térmico	1.825.699,92	43.141,99
EURO IV	9.960.114,30	
EURO V	556.609,45	
EURO VI	2.632.516,40	
TOTAL	24.214.374,00	66.218,53 (35% eléctrico)

Para poder obtener las emisiones asociadas a cada línea se procedió a determinar las emisiones por kWh tanto eléctrico como térmico. La electricidad consumida por los autobuses eléctricos

enchufables, así como el 98,56% de la del tranvía de Zaragoza tiene Garantía de Origen Renovable (GdO), por lo que las emisiones directas e indirectas asociadas a estos consumos eléctricos no se contabilizan.

Para el cálculo de los factores de emisión se siguió el método de nivel 3 para transporte de carretera, que depende tanto de la distancia total recorrida (distribuida por tecnología y tipo de combustible), como de la velocidad promedio de los vehículos. Por otro lado, divide a los contaminantes en aquellos cuyos factores de emisión dependen únicamente de la distancia recorrida (CH₄, N₂O, NH₃, SO₂, Pb, entre otros), y aquellos en los que se tiene en cuenta el consumo energético asociado al modo de conducción (urbano, rural o en autovía) según la velocidad promedio y el consumo energético (NO_x, CO, VOC, PM_{2,5}).

Tabla 22. Emisiones directas subsector transporte público. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS TRANSPORTE PÚBLICO	
Gas	(t/año)
CO₂	10.683,55
CH₄	0,08
N₂O	0,33
NO_x	56,31
CO	12,15
SO_x	0,07
COV	0,73
COVNM	0,65
NH₃	0,08
PM_{2,5}	0,44
PM₁₀	0,44
TSP	0,44
BC	0,32
C₆H₆	4,53E-04
Pb	2,22E-06
Cd	3,39E-07
Hg	2,25E-05
As	5,70E-07
Cr	2,78E-05
Cu	1,89E-05
Ni	2,97E-06
Se	4,62E-07
Zn	8,00E-05
Dioxinas	NA
Benzo(a)pireno	NA
Benzo[b]furano	NA
Benzo[k]furano	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	NA
PAH	NA
HCB	NA
PCBs	NA
Total POPs	3,62E-03
CO₂ eq	10.773,22

7.4.2 Flota Municipal

Respecto a la **flota municipal**, el Ayuntamiento de Zaragoza facilitó un inventario de los vehículos municipales correspondientes a diferentes usos y servicios, como Alcaldías, Arquitectura, Bomberos, Conservación de Infraestructuras, Energía, Fomento de Empleo, Gestión Tributaria, Información y Organización, Limpieza, Movilidad Urbana, Parques y Jardines, Patrimonio y Contratación, Policía Local, Protección Animal, Recaudación Ejecutiva, Servicios Públicos, etc.

A partir de los factores de emisión englobados en el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono publicado por MITECO [7], los recopilados de la EEA [1] y los consumos por cada vehículo (datos suministrado por el Ayuntamiento – 217.798,93 l/gasolina, 194.467,43 l/diésel, 4.969,35 l/GLP), es posible obtener las emisiones directas de 2023 asociadas a los vehículos municipales. Cabe destacar que estas emisiones no han sido trasladadas a las celdas, sino que se dan agrupadas.

Tabla 23. Consumos del subsector flota municipal. Año 2023

CONSUMOS FLOTA MUNICIPAL (MWh/año)					
Consumos directos				Consumos indirectos	
Instalación	Diesel	Gasolina	GLP	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
Transporte municipal	1.933,01	2.069,09	35,18	-	-

Tabla 24. Emisiones directas subsector flota municipal. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS FLOTA MUNICIPAL	
Gas	t/año
CO ₂	981,23
CH ₄	0,05
N ₂ O	0,03
NO _x	2,59
CO	8,44
SO _x	3,43E-07
COV	NA
COVNM	1,37
NH ₃	0,14
PM _{2,5}	0,13
PM ₁₀	0,13
TSP	0,13
BC	0,07
C ₆ H ₆	0,09
Pb	4,50E-04
Cd	4,08E-08
Hg	2,29E-06
As	NE
Cr	NE
Cu	NE
Ni	NE
Se	NE
Zn	NE
Dioxinas	NE
Benzo(a)pireno	6,18E-06
Benzo[b]furano	7,03E-06
Benzo[k]furano	5,35E-06
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	6,16E-06
PAH	NE
HCB	NE
PCBs	NE
Total POPs	2,47E-05
CO ₂ eq	989,19

7.4.3 Transporte privado

Este apartado cubre el inventario de emisiones procedente de los vehículos particulares, así como transporte ligero y pesado tanto en las calles de Zaragoza (sólo ciudad) cómo en las circunvalaciones

y entradas a la ciudad. Primero, se realiza el cálculo del factor de Actividad (vehículo-kilómetro/año) para cada tipología de vehículo. De acuerdo con la información recibida por el Ayuntamiento de Zaragoza y respecto a las tipologías de vehículo incluidas dentro metodología EMEP/EEA 2023, la flota vehicular de Zaragoza está distribuida como presenta la siguiente tabla.

Tabla 25. Distribución de la flota de vehículos privados y comerciales de Zaragoza. Año 2023.

DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS PRIVADOS			
Tipología de vehículo	Código NFR	Nº total vehículos	Porcentaje
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO III	1.A.3.b.i	37.161	10,84%
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO IV	1.A.3.b.i	34.187	9,97%
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO VI	1.A.3.b.i	40.699	11,87%
Vehículo de pasajeros Diesel EURO III	1.A.3.b.i	38.010	11,09%
Vehículo de pasajeros Diesel EURO IV	1.A.3.b.i	34.968	10,20%
Vehículo de pasajeros Diesel EURO VI	1.A.3.b.i	41.630	12,15%
Vehículo de pasajeros Híbrido EURO VI	1.A.3.b.i	13.788	4,02%
Vehículo de pasajeros GLP EURO IV	1.A.3.b.i	1.185	0,35%
Vehículo de pasajeros Gas natural EURO IV	1.A.3.b.i	94	0,03%
Vehículos comerciales ligeros <3.5t gasolina EURO III	1.A.3.b.ii	3.410	1,00%
Vehículos comerciales ligeros <3.5t diésel EURO III	1.A.3.b.ii	15.564	4,54%
Vehículos pesados Diesel EURO III	1.A.3.b.iii	26.469	7,72%
Ciclomotor Gasolina EURO III	1.A.3.b.iv	12.506	3,65%
Motocicletas gasolina EURO III	1.A.3.b.iv	41.478	12,10%
Vehículos de pasajeros eléctrico o híbrido enchufable	1.A.3.b.i	1.110	0,32%
Ciclomotor eléctrico	1.A.3.b.iv	135	0,04%
Motocicleta eléctrica	1.A.3.b.iv	371	0,11%

Con la distribución de los vehículos por tipo y tecnología, el siguiente paso consiste en cuantificar Intensidad Media Diaria (IMD) del tráfico en las vías urbanas, rurales e interurbanas (accesos y circunvalaciones). Para esto, se utilizan los volúmenes de vehículos medidos por la red de estaciones de aforo de la ciudad y de las vías interurbanas. A través de técnicas de geoprosesamiento, el tráfico medido por las estaciones de aforo (elemento puntual) se convierte en IMD a nivel de vía (elemento lineal) para toda la ciudad.

Esto requiere de un proceso iterativo que permite otorgar el nivel de tráfico correcto a cada vía principal de la ciudad. Se parte del hecho de que cada estación de aforo se localiza sobre un tramo de vía, así que primero, se asigna el valor de la IMD a cada tramo. Para completar la red es necesario verificar que el nodo final de tramo aforado corresponda con el nodo inicial del siguiente tramo, que el siguiente tramo identificado no corresponda a otra vía (por ejemplo, en cruce de calles o bifurcaciones) y que el siguiente tramo identificado mantenga las mismas condiciones de circulación (cambio de sentido o inicio de vía peatonal, por ejemplo). Con estas premisas, se ha

construido un modelo de cálculo como se muestra en la Figura 6, para finalmente conseguir una red completa como presenta la Figura 7.

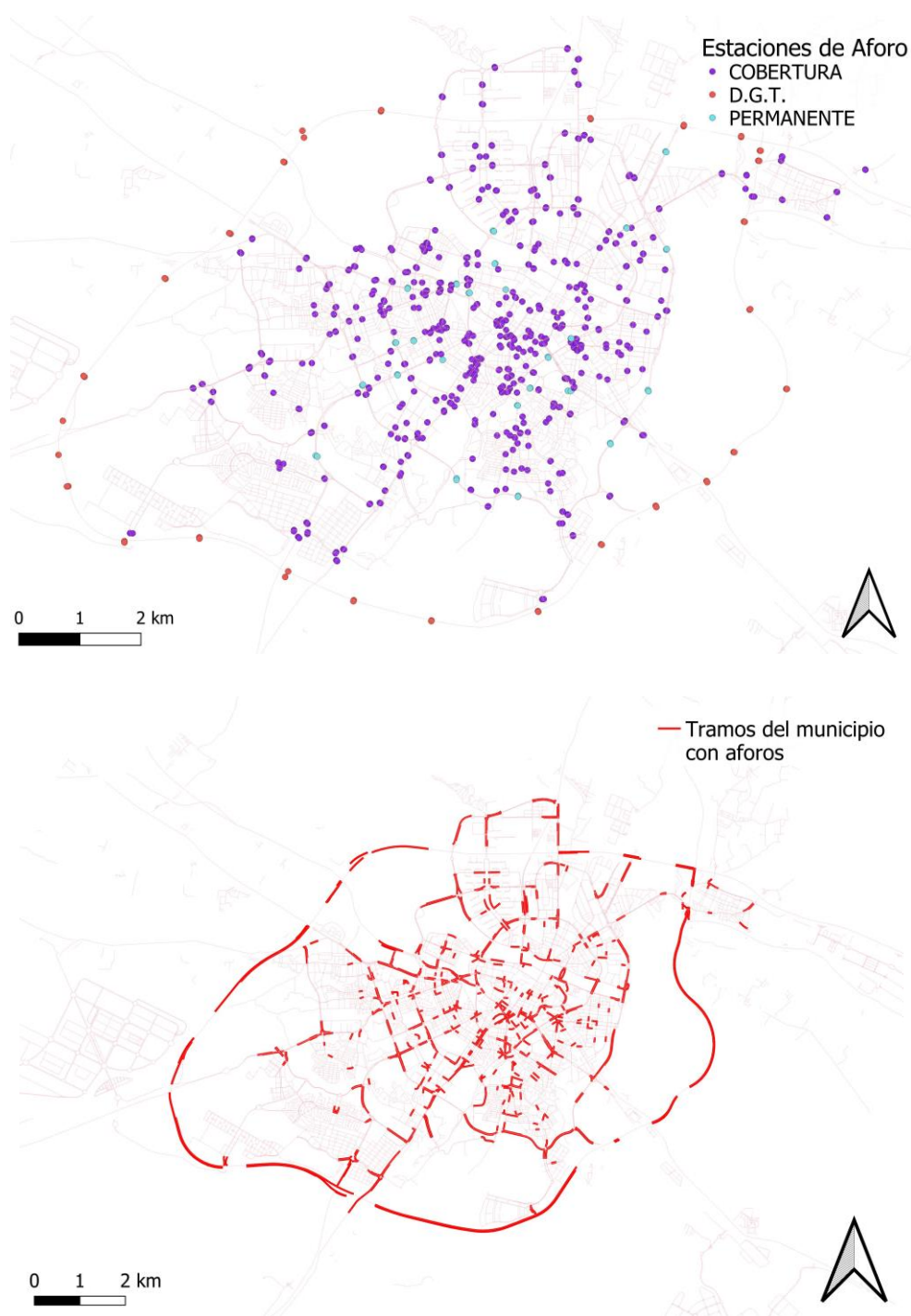


Figura 6. Estaciones de aforo (arriba) y red incompleta (abajo). Zaragoza.

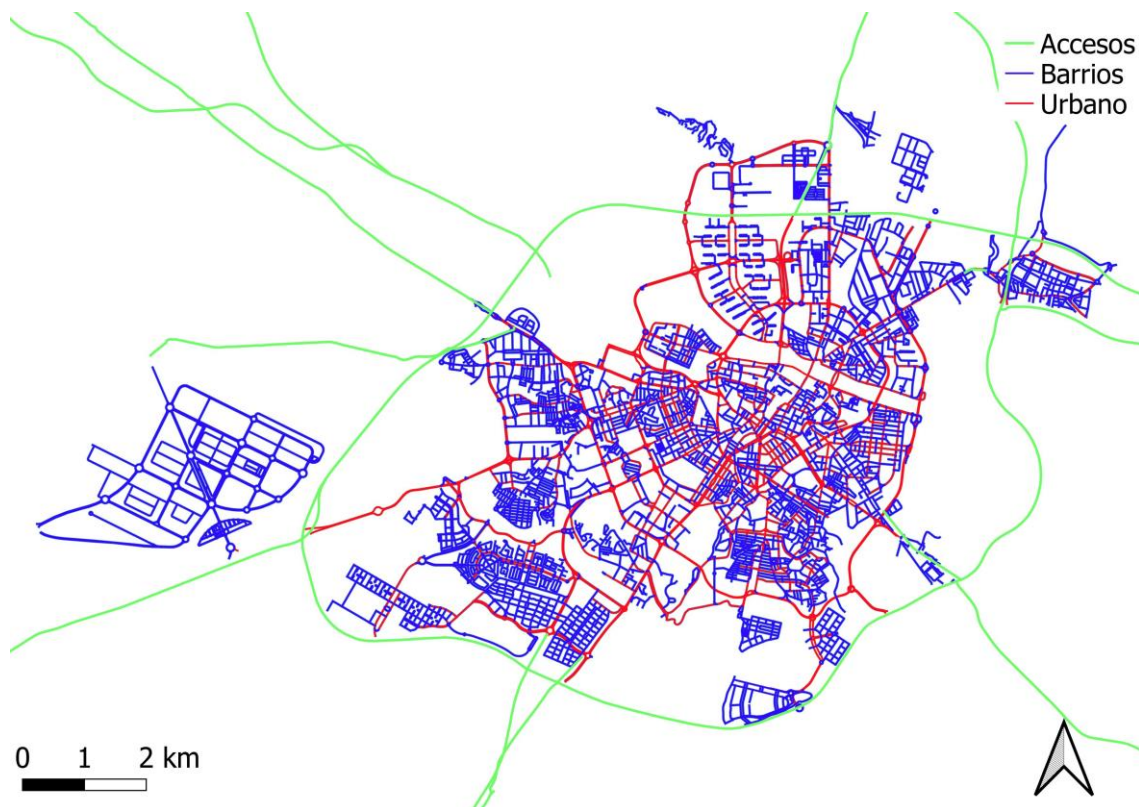


Figura 7. Red completa de calles principales.

En cuanto a las circunvalaciones y accesos, se obtuvo la IMD a partir de los datos proporcionados por el Ministerio de Fomento [8]. Se realiza un balance de entradas y salidas con los datos de aforos dentro del término municipal y las estaciones de medición justo fuera de este límite. La diferencia entre las entradas y salidas, permiten calcular que cerca del 20% de vehículos que transitan en estas vías intermunicipales no tienen origen o destino en Zaragoza, sino que atraviesan el término municipal como tránsito de paso.

Finalmente, el último paso del proceso consiste en evaluar el tráfico urbano privado en las calles que no tenían estación de aforo ni eran calles principales. Para ello se procede a evaluar la IMD calculada a partir de los viajes totales identificados en el PMUS del año 2017 [9] y la densidad de población de cada sección censal. De este modo, aunque no se tuviesen mediciones en todas las calles, se puede estimar un número de viajes por cada celda en todas las calles de Zaragoza y sus barrios rurales.

A continuación, se muestra la información total de consumos anuales para 2023 por tipo de combustible y por tipo de vehículo. Para la evaluación de las emisiones se ha considerado una velocidad media urbana de 30 km/h y para circunvalaciones y accesos de 100 km/h.

Tabla 26. Consumos del subsector transporte privado. Año 2023.

CONSUMOS TRANSPORTE PRIVADO			
Tipología de vehículo	Combustible / fuente energía	Distancia recorrida [km/año]	Consumo energía [MWh/año]
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO III	Gasolina	360.639.196,71	1.484.455,10
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO IV		331.778.959,37	
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO VI		394.983.597,12	
Vehículo de pasajeros Híbrido EURO VI		368.880.596,93	
Vehículos comerciales ligeros <3.5t gasolina EURO III		339.360.839,58	
Ciclomotor Gasolina EURO III		404.009.842,55	
Motocicletas gasolina EURO III		133.809.457,34	
Vehículo de pasajeros Diesel EURO III	Diesel	11.500.160,06	657.009,76
Vehículo de pasajeros Diesel EURO IV		912.248,98	
Vehículo de pasajeros Diesel EURO VI		33.101.182,97	
Vehículos comerciales ligeros <3.5t diésel EURO III		151.046.059,75	
Vehículos pesados Diesel EURO III		256.875.727,18	
Vehículo de pasajeros GLP EURO IV	GLP	44.185.227,55	6.554,37
Vehículo de pasajeros Gas natural EURO IV	Gas Natural	146.546.846,99	29.503,19
Vehículos de pasajeros eléctrico o híbrido enchufable	Electricidad	3.921.765,76	12.560,96
Ciclomotor eléctrico		476.971,51	
Motocicleta eléctrica		1.310.788,38	
TOTAL		2.983.339.468,75	2.190.083,37

Tabla 27. Emisiones directas subsector transporte privado. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS TRANSPORTE PRIVADO	
Gas	t/año
CO ₂	549.137,75
CH ₄	11,92
N ₂ O	9,06
NO _x	1.717,16
CO	1.105,43
SO _x	3,44
COV	NA
COVNM	149,13
NH ₃	70,36
PM2,5	38,09
PM10	38,09
TSP	38,09
BC	19,41
C ₆ H ₆	6,64
Pb	1,67E-04
Cd	2,09E-05
Hg	1,23E-03
As	3,39E-05
Cr	1,38E-03
Cu	9,47E-04
Ni	2,01E-04
Se	2,61E-05
Zn	4,46E-03
Dioxinas	NA
Benzo(a)pireno	NA
Benzo[b]furano	NA
Benzo[k]furano	NA
INDENO (1,2,3-cd)	NA
PIRENO	NA
PAH	NA
HCB	NA
PCBs	NA
Total POPs	1,86
CO ₂ eq	553.343,46

Tabla 28. Emisiones indirectas del subsector transporte privado. Año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS TRANSPORTE PRIVADO	
Gas	t/año
CO ₂	1.507,31
CH ₄	IE
N ₂ O	IE

7.4.4 Subsector transporte aéreo

Para llevar a cabo la caracterización de las emisiones del tráfico aéreo en Zaragoza se requirió la siguiente información:

- Cantidad de aterrizajes y despegues de aeronaves del aeropuerto de Zaragoza.
- Tipología de las aeronaves que llevan a cabo los aterrizajes y despegues.

Estos datos fueron obtenidos de la información puesta a disposición por el aeropuerto de Zaragoza en su página de estadística para el año 2023 [10]. La información recopilada contabilizaba los movimientos en el aeropuerto por tipo de aeronave. Las aeronaves fueron agrupadas según su código ICAO y a partir de dicho código se recopiló los valores de combustible consumidos por LTO (Landing and take off – Aterrizajes y despegues) según lo establecido por la EEA en su Anexo V del 1.A.3.a Aviation. Debido a que no todos los tipos de aeronaves se encuentran dentro de tal Anexo, fue necesario realizar una búsqueda individual de los consumos de cada aeronave.

De acuerdo con la duración de las distintas fases de un LTO establecidas por la EEA, se estimó que el tiempo que duraba un LTO dentro del término municipal de Zaragoza era de 13 minutos. Para determinar el número de ciclos LTO, se supuso que la mitad de los movimientos eran de aterrizaje y la otra mitad de despegue.

Con el número de ciclos LTO, el consumo de combustible y los factores de emisión definidos [11], se pudo llevar a cabo el cálculo de las emisiones debidas al tráfico aéreo en Zaragoza. En este caso, las emisiones fueron asignadas a las celdas correspondientes a la terminal del aeropuerto de Zaragoza. En la siguiente tabla se muestran las emisiones totales directas anuales correspondientes al 2023.

Tabla 29. Emisiones directas del subsector tráfico aéreo. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS TRANSPORTE AÉREO	
Gas	t/año
CO ₂	8.697,80
CH ₄	0,59
N ₂ O	0,24
NO _x	41,04
CO	7,81
SO _x	2,32
COV	NA
COVNM	1,08
NH ₃	NA
PM2,5	0,26
PM10	0,26
TSP	0,26
BC	0,13
C ₆ H ₆	2,36E-05
Pb	8,23E-07
Cd	1,43E-07
Hg	6,32E-06
As	2,74E-07
Cr	3,34E-05
Cu	2,03E-05
Ni	2,74E-07
Se	2,74E-07
Zn	5,25E-05
Dioxinas	NA
Benzo(a)pireno	NA
Benzo[b]furano	NA
Benzo[k]furano	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	NA
PAH	2,36E-05
HCB	NA
PCBs	NA
Total POPs	-
CO ₂ eq	8.775,21

7.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector transporte para el año de estudio (2023), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2005.

Transporte público

Para poder analizar las emisiones asociadas al transporte público, se realiza una comparación global únicamente considerando tranvía y buses para 2005, 2015, 2019, 2021 y 2023.

Cabe destacar que el parque de autobuses de Zaragoza ha sufrido un cambio significativo en los últimos años. En 2005, el parque móvil se distribuía entre ECE 04 (Economic y EURO IV, siendo el mayoritario el EURO III. En 2015 todos los autobuses se consideraron EURO IV. En 2019 empezaron a usarse también más autobuses eléctricos, eléctricos enchufables, híbridos EURO IV y EURO VI, y para el 2021 el número de este tipo de vehículos ha ido en aumento, mientras que los EURO IV de diésel (los más antiguos) han ido disminuyendo, lo que lógicamente a supuesto también una disminución de las emisiones directas por kilómetro. En el caso del 2023 cabe destacar el aumento de la flota eléctrica, así como la formación de un equilibrio entre vehículos de diésel e híbridos.

Tabla 30. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte público. Año 2005-2023.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS TRANSPORTE PÚBLICO (2005-2023)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	82.737	22.090,00	-
2015	68.111	16.885,00	-23,56%
2019	78.034,00	18.602,13	-15,79%
2021	68.161,82	12.572,30	-43,09%
2023	66.218,53	10.773,22	-51,23%

Flota Municipal

A continuación, se presenta la comparación de consumos de combustible (en litros) y las emisiones directas para la flota municipal, para los gases CO₂, NO_x y partículas. Se presenta aquí una comparativa con los valores disponibles para los anteriores inventarios, donde se aprecia la tendencia de reducción adquirida, si bien en el 2023 las emisiones se han mantenido respecto al anterior inventario.

Tabla 31. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector de flota municipal. Año 2005-2023.

TENDENCIA EMISIONES Y CONSUMOS FLOTA MUNICIPAL (2005-2023)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	6.114,00	1.579,00	-
2015	5.323,00	1.324,00	-16,15%
2019	4.261,00	1032,00	-34,64%
2021	4.157,14	1.039,38	-35,44%
2023	4.037,28	989,19	-37,35%

Transporte privado

Para el transporte privado, el primer punto de comparación es el número total de kilómetros recorridos. En el caso de los vehículos eléctricos, el inventario de 2005 y 2015 no consideraron este tipo de vehículos dentro de los casos evaluados. Para el resto de años se ha supuesto que el uso de estos vehículos se destinaba únicamente a recorridos urbanos.

Tabla 32. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte privado. Año 2005 - 2023

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS TRANSPORTE PRIVADO			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	1.864.242,00	478.286,00	-
2015	2.024.580,00	505.900,00	5,77%
2019	1.723.055,00	433.433,00	-10,48%
2021	1.791.572,00	454.295,00	-5,57%
2023	2.190.083,00	554.850,77	15,13%

Por otro lado, el desarrollo y la modernización experimentada en el parque móvil de Zaragoza, se puede resumir en:

- Un aumento en vehículos más moderno y un decrecimiento de los más antiguos
- El crecimiento de vehículos híbridos y eléctricos, pero presentando todavía una participación baja

Sin embargo, a pesar del impacto positivo que esta modernización de la flota habrá tenido, las cifras reflejan un aumento de las emisiones como resultado de un aumento de la flota vehicular.

Transporte aéreo

Para el tráfico aéreo se comparan los movimientos de aeronaves, así como las emisiones anteriormente desglosadas en la sección de tráfico urbano.

Tabla 33. Movimientos de aeronaves en transporte aéreo de Zaragoza. Año 2023.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS TRANSPORTE AÉREO			
Año	Movimientos	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	9.906,00	26.755,00	-
2015	7.051,00	12.354,00	-53,83%
2019	8.772,00	12.238,00	-54,70%
2021	9.168,00	8.623,00	-68,08%
2023	9.716,00	8.775,21	-67,20%

Total sector transporte

A continuación se muestra la tabla resumen de tendencias del total de emisiones y consumos del sector transporte para el año 2023, contemplando transporte público, flota municipal, transporte privado y aéreo.

Tabla 34. Tendencias de emisiones y consumos en el sector transporte. Año 2005-2023.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR TRANSPORTE			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	1.962.999	528.710,00	-
2015	2.105.065	538.383,00	2%
2019	1.814.122	465.419,91	-12%
2021	1.873.059	476.641,62	-10%
2023	2.293.167	575.388,40	9%

Aunque las emisiones disminuyeron significativamente en 2019 (-12% respecto a 2005), reflejando una posible mejora en eficiencia energética o cambios en la movilidad, esta tendencia se ha revertido en 2023 con un aumento del 8% en las emisiones respecto al año base, sostenido en un incremento notable en el consumo energético total (2.293.167 MWh/año).

Este repunte viene especialmente motivado por el aumento de la flota privada de vehículos, puesto que el resto de transportes mantienen su tendencia de reducción desde el año base de referencia (2005).

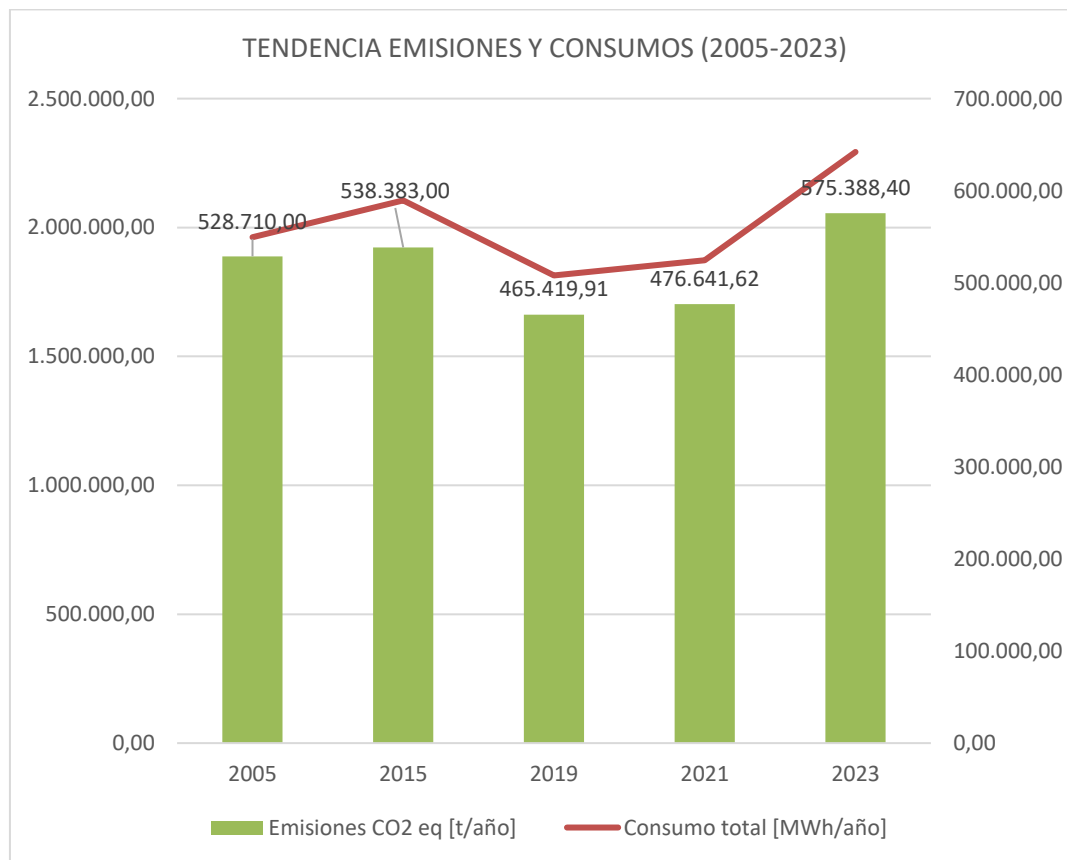


Figura 8. Tendencia de emisiones y consumos del sector transporte. Años 2005-2023.

8. EMISIONES SECTOR INSTITUCIONAL Y SERVICIOS

8.1 Organismos participantes

Sector Institucional y Servicios:

- Ayuntamiento de Zaragoza
- Gobierno de Aragón
- Hospitales y servicios de salud privada
- Gobierno de Aragón – Departamento de Sanidad pública
- Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado
- Universidad de Zaragoza
- Centros comerciales
- Estaciones de transporte (autobuses y trenes)
- Arzobispado de Zaragoza
- Colegios privados y concertados
- Hoteles
- Entidades bancarias

8.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- **Subsector Institucional:** engloba los servicios municipales. Son las emisiones de los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas) y del consumo de electricidad (emisiones indirectas) en las instalaciones municipales con los siguientes usos: administrativo, funerario, centros cívicos, culturales, centros deportivos municipales, campos de fútbol municipales, instalaciones deportivas elementales, otras instalaciones deportivas, pabellones deportivos municipales, instalaciones educativas, instalaciones escolares, elementos monumentales y arqueológicos, espacios multiusos, instalaciones para otros usos, instalaciones sin uso, instalaciones sociales, servicios públicos (bomberos, policía local, mercados y consultorios médicos de barrios rurales), alumbrado público, contenedores soterrados, fuentes ornamentales, instalaciones de medio ambiente, otros (radares, aseos, kioscos, ascensores), parques y jardines, red semafórica, instalaciones y usos residuales, instalaciones y usos temporales, vialidad e instalaciones para potabilización de aguas.
- **Subsector Servicios:** engloba el sector terciario. Son las emisiones correspondientes a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas) y del consumo de electricidad (emisiones indirectas) en las siguientes instalaciones: campus universitarios, centros comerciales, estaciones de trenes y autobuses, centros del ejército y cuerpos y fuerzas de seguridad del estado, edificios religiosos, hospitales privados, sanidad pública, hoteles, colegios privados y concertados y entidades bancarias.

8.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables a los consumos directos (calefacción y agua caliente sanitaria) de las diferentes instalaciones, se ha tomado como referencia:

- Las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO₂, el N₂O y el CH₄
- La metodología establecida por EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor”, para el resto de los gases contaminantes.

Teniendo en cuenta las fuentes anteriores, se exponen a continuación los factores de emisión utilizados para este sector:

Tabla 35. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector institucional y servicios.

FACTORES EMISIÓN SECTOR INSTITUCIONAL Y SERVICIOS			
Gas	Gas Natural	Gasóleo	Biomasa
CO ₂ [kg/TJ]	56.100,00	74.100,00	112.000,00
N ₂ O [kg/GJ]	0,10	0,60	4,00
CH ₄ [kg/GJ]	5,00	10,00	300,00
NO _x [g/GJ]	74,00	306,00	91,00
CO [g/GJ]	29,00	93,00	570,00
SO _x [g/GJ]	0,67	94,00	11,00
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	23,00	20,00	300,00
NH ₃ [g/GJ]	NA	NE	1,00
PM _{2,5} [g/GJ]	0,78	18,00	160,00
PM ₁₀ [g/GJ]	0,78	21,00	163,00
TSP [g/GJ]	0,78	21,00	170,00
BC [% de PM _{2,5}]	4,00	56,00	28,00
C ₆ H ₆ [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	0,01	8,00	27,00
Cd [mg/GJ]	9,00E-04	0,15	13,00
Hg [mg/GJ]	0,10	0,10	0,56
As [mg/GJ]	0,10	0,50	0,19
Cr [mg/GJ]	0,01	10,00	23,00
Cu [mg/GJ]	2,60E-03	3,00	6,00
Ni [mg/GJ]	0,01	125,00	2,00
Se [mg/GJ]	0,058	0,10	0,50
Zn [mg/GJ]	0,73	18,00	512,00
PCB [mg/GJ]	NA	0,13	0,06 (*)
Dioxinas [ng I-TEQ/GJ]	NA	6,00	100,00
Benzo(a)pireno [mg/GJ]	NA	1,9 (*)	10,00
Benzo(b)furano [mg/GJ]	NA	15 (*)	16,00
Benzo(k)furano [mg/GJ]	NA	1,7 (*)	5,00
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [mg/GJ]	NA	1,5 (*)	4,00
HCB [mg/GJ]	NA	0,22 (*)	5 (*)

(*) Dato en µg/GJ.

Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO₂ asociado al mix energético español del año 2023, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

8.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

Para cada subsector han sido calculadas:

- Las emisiones directas generadas por los sistemas de combustión. Se calculan mediante la aplicación de los factores de emisión correspondientes para cada combustible consumido en las instalaciones (gas natural/otros combustibles gaseosos, gasóleo/otros combustibles líquidos y biomasa). Estos factores son distintos a los factores de emisión para vehículos.
- Las emisiones indirectas debidas a la energía eléctrica consumida. Se calculan mediante la aplicación de los factores de emisión correspondientes al mix energético, tal y como se explica en el apartado de “4. Metodología” de este informe. Quedan fuera de este cálculo los consumos asociados a energías renovables, ya que no llevan emisiones de gases asociadas.

Los datos de consumos necesarios para los cálculos de este informe han sido obtenidos a través de contacto directo con las entidades participantes que componen este sector.

A continuación se muestran las emisiones calculadas, divididas en los dos subsectores de referencia (Servicios e Institucional).

8.4.1 Subsector Servicios

Dentro del análisis del subsector Servicios se han incluido diferentes entidades, siguiendo la estructura establecida en los anteriores informes de emisiones del municipio de Zaragoza. Los datos recopilados y analizados son los pertenecientes al año 2023, a:

- Universidad de Zaragoza
- Centros comerciales
- Estación de trenes y autobuses
- Centros del ejército y cuerpos y fuerzas de seguridad del estado
- Edificios religiosos (Iglesias y Patrimonio)
- Hospitales privados
- Edificios e instalaciones de sanidad pública (hospitales, centros de salud, centros de especialidades y salud mental)
- Hoteles y hostales
- Colegios privados y concertados
- Entidades bancarias

En el caso de los hoteles han participado en este inventario un total de 14, frente a los 51 identificados en el municipio de Zaragoza (el 27,45% del total). Teniendo en cuenta este resultado, se ha llevado a cabo una estimación de consumos para aquellos hoteles que no han reportado datos pero sí lo hicieron en inventarios, calculando para cada uno de ellos un consumo aproximado. Las

estimaciones se basan en el número de camas y un análisis de sus consumos anteriores, así como de las tendencias actuales de consumo en otros hoteles, en función de los periodos anuales.

Del total de 69 colegios privados y concertados identificados en el municipio de Zaragoza, se han obtenido datos de 26 de ellos (37,68%). En el caso de los centros comerciales han participado en el estudio 4 de los 7 centros contactados (57,14% del total). En el subsector de entidades bancarias dos ha facilitado los datos solicitados de 9 contactadas.

La Universidad de Zaragoza ha reportado consumos para los 4 campus existentes. En el caso de estaciones de trenes y autobuses, todas ellas han proporcionado los datos de consumos solicitados. De los 8 hospitales privados contactados, 6 han facilitado la información solicitada (75%). Por su parte, los sectores sanitarios locales (Zaragoza I, Zaragoza II y Zaragoza III) han reportado todos sus consumos pertenecientes a centros de salud y hospitales.

En edificios religiosos se han reportado datos numerosas parroquias y otras instalaciones. Los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado han comunicado datos relativos a Guardia Civil y Policía Nacional. La Academia General Militar también ha participado en este estudio.

A continuación se muestra un resumen de los consumos directos (combustibles) e indirectos (energía eléctrica) recopilados para este subsector:

Tabla 36. Consumos del subsector servicios. Año 2023.

CONSUMOS SERVICIOS (MWh/año)						
Consumos directos					Consumos indirectos	
Instalación	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
Centros Comerciales	6.360,48	0,00	0,00	0,00	30.877,44	4.201,50
Colegios privados	5.380,18	1.469,80	0,00	0,00	2.694,22	347,71
Edificios Religiosos	862,81	0,00	0,00	0,00	1.304,66	0,00
Entidades Bancarias	58,52	20,00	0,00	0,00	25,66	10.106,82
Estación de trenes y buses	1.989,50	1,25	0,00	0,00	744,84	7.130,67
Hospitales privados	7.221,90	73,85	0,00	652,55	12.258,53	3.428,89
Hoteles	5.881,30	1.181,49	0,00	0,00	8.654,29	1.609,60
Militares y Cuerpos de Seguridad	44.434,69	7.831,02	175,43	0,00	6.767,54	1.040,90
Sanidad pública	53.042,52	2.048,66	194,58	0,00	47.779,03	118,50
Universidad	11.980,91	131,68	40,48	0,00	19.328,44	0,00
TOTAL	137.212,80	12.757,76	410,49	652,55	130.434,65	27.984,60

En el subsector Servicios, durante el año 2023 se consumieron 27.984,60 MWh de energía de origen renovable, la cual no computa a la hora de calcular gases contaminantes ya que se considera que no tiene emisiones asociadas a su generación y consumo. Esta cantidad, supone un 18% respecto al total de electricidad consumida, frente al 8,24% del inventario anterior (2021).

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este subsector.

Tabla 37. Emisiones directas subsector Servicios. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS SERVICIOS	
Gas	t/año
CO ₂	31.377,86
CH ₄	3,63
N ₂ O	0,09
NO _x	50,75
CO	19,91
SO _x	4,65
COV	NA
COVNM	12,98
NH ₃	0,00
PM _{2,5}	1,58
PM ₁₀	1,73
TSP	1,74
BC	0,58
C ₆ H ₆	0,00
Pb	4,34E-04
Cd	3,78E-05
Hg	5,53E-05
As	7,27E-05
Cr	5,17E-04
Cu	1,52E-04
Ni	5,72E-03
Se	3,44E-05
Zn	2,39E-03
Dioxinas	5,09E-10
Benzo(a)pireno	2,36E-05
Benzo[b]furano	3,83E-05
Benzo[k]furano	1,18E-05
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	1,00E-05
HCB	5,94E-06
PCBs	1,41E-10
CO ₂ eq	31.491,50

Tabla 38. Emisiones indirectas subsector Servicios. Año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS SERVICIOS	
Gas	t/año
CO ₂	15.777,07
CH ₄	IE
N ₂ O	IE

8.4.2 Subsector Institucional

Dentro del análisis del Subsector “Institucional” se han incluido diferentes instalaciones y actividades, siguiendo la tendencia establecida en los anteriores informes de emisiones del municipio de Zaragoza. Los datos recopilados y analizados son los pertenecientes al año 2023 en:

- Edificios administrativos: juntas vecinales, juntas municipales, oficinas, servicios municipales, talleres y almacenes municipales.
- Funerario (servicios tanatorios, crematorios, otros)
- Centros culturales: bibliotecas y archivos, exposiciones y museos.
- Centros cívicos
- Centros deportivos municipales
- Campos de fútbol municipales
- Instalaciones deportivas elementales
- Otras instalaciones deportivas
- Pabellones deportivos municipales
- Edificios educativos y escolares: Centros de formación, escuelas infantiles, colegios de educación especial, colegios públicos de educación infantil y colegios públicos de educación primaria.
- Elementos monumentales y arqueológicos
- Edificios multiusos: aularios, cafetería-bar-restaurant, salas polivalentes, salones de actos.
- Salas con “Otros usos”
- Salas “Sin uso”
- Otras instalaciones sociales: asociaciones, casas de juventud, centros convivenciales de mayores, centros de servicios sociales, centros de tiempo libre y ludotecas.
- Contenedores soterrados
- Fuentes
- Parques y jardines
- Instalaciones de medio ambiente
- Otros (radares, aseos, kioscos y ascensores)
- Alumbrado público
- Red semafórica
- Residuales
- Temporales
- Vialidad y Potabilización del agua

La información sobre todas las instalaciones citadas anteriormente ha sido proporcionada por el Ayuntamiento de Zaragoza.

A continuación se muestra un resumen de los consumos directos (combustibles) e indirectos (energía eléctrica) recopilados para este subsector:

Tabla 39. Consumos del subsector institucional. Año 2023.

CONSUMOS INSTITUCIONAL (MWh/año)						
Instalación	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico mix	Consumo eléctrico renovable
Medio ambiente	0,00	0,00	0,00	0,00	56,90	0,00
Administrativo	1.550,86	292,14	0,00	0,00	5.669,50	0,00
Alumbrado	0,00	0,00	0,00	0,00	56.261,70	0,00
Centros Cívicos	1.538,45	19,26	0,00	0,00	3.990,12	0,00
Contenedores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00
Cultura	687,07	0,00	0,00	0,00	3.446,10	0,00
Centros Deportivos Municipales	1.283,54	49,55	0,00	0,00	1.538,92	0,00
Campos Fútbol Municipales	1.288,29	0,00	0,00	0,00	2.111,11	0,00
Instalaciones Deportivas Elementales	0,00	0,00	0,00	0,00	21,59	0,00
Otras Instalaciones Deportivas	26,14	78,98	0,00	0,00	158,72	0,00
Pabellones Deportivos Municipales	5.834,15	569,76	0,00	0,00	9.615,94	0,00
Educativos	1.025,84	345,07	0,00	0,00	1.429,31	0,00
Escolares	10.480,10	3.854,06	0,00	166,15	5.016,06	0,00
Fuentes	0,00	0,00	0,00	0,00	1.912,24	0,00
Funerario	0,00	7,57	0,00	0,00	8,81	0,00
Elementos Monumentales y Arqueológicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Multiusos	1.137,85	187,21	0,00	0,00	1.562,70	0,00
Otros Usos	733,98	99,10	0,00	0,00	5.245,22	0,00
Otros (radares, aseos...)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parques y Jardines	0,00	0,00	0,00	0,00	1.333,73	0,00
Residuales	0,00	0,00	0,00	0,00	145,30	0,00
Red Semafórica	0,00	0,00	0,00	0,00	4.499,13	0,00
Sin Uso	0,00	0,00	0,00	0,00	35,85	0,00
Sociales	2.553,43	0,00	0,00	0,00	5.739,62	0,00
Servicios Públicos	2.821,32	392,30	0,00	0,00	2.642,98	0,00
Temporales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vialidad y Aguas	0,00	0,00	0,00	0,00	6.056,27	0,00

Cabe destacar que los consumos de otros gases combustibles y biomasa son cero puesto que no se han reportado consumos en ninguno de estos combustibles.

En el subsector Institucional, durante el año 2023 no se consumió energía de origen renovable, al igual que en los últimos años, ya que las instalaciones municipales consumen todas ellas energía eléctrica procedente de la red general y sin garantía de origen renovable.

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este subsector.

Tabla 40. Emisiones directas subsector Institucional. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS INSTITUCIONAL	
Gas	t/año
CO ₂	7.892,43
CH ₄	0,95
N ₂ O	0,03
NO _x	14,80
CO	5,55
SO _x	2,08
COV	NA
COVNM	3,17
NH ₃	0,00
PM _{2,5}	0,56
PM ₁₀	0,63
TSP	0,63
BC	0,24
C ₆ H ₆	0,00
Pb	1,87E-04
Cd	1,11E-05
Hg	1,36E-05
As	2,19E-05
Cr	2,27E-04
Cu	6,75E-05
Ni	2,66E-03
Se	8,89E-06
Zn	7,70E-04
Dioxinas	1,87E-10
Benzo(a)pireno	6,02E-06
Benzo[b]furano	9,89E-06
Benzo[k]furano	3,03E-06
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	2,54E-06
HCB	7,66E-09
PCBs	2,76E-06
CO ₂ eq	7.923,11

Tabla 41. Emisiones indirectas subsector Institucional. Año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS INSTITUCIONAL	
Gas	t/año
CO ₂	14.219,85
CH ₄	IE
N ₂ O	IE

8.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector institucional y servicios para el año de estudio (2023), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2005.

Se presenta en esta tabla el resumen de consumos del año 2023 para Institucional y Servicios desglosado por fuente de energía.

Tabla 42. Consumos del sector Institucional y Servicios. Año 2023.

CONSUMOS INSTITUCIONAL Y SERVICIOS (MWh/año)						
Subsector	Consumos Directos				Consumos Indirectos	
	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico mix	Consumo eléctrico renovable
Institucional	30.961,02	5.894,99	0,00	166,15	118.498,74	0,00
Servicios	137.212,80	12.757,76	410,49	652,55	130.434,65	27.984,60

Como se puede observar en la tabla anterior, el gas natural es el principal combustible fósil consumido en institucional y servicios para energía térmica en edificios, siendo el gasóleo el segundo más común. Respecto al resto de combustibles (otros gases combustibles y biomasa), los consumos son puntuales en algunas entidades.

En cuanto a los consumos de energía eléctrica, predomina la energía eléctrica proveniente de la red general, aunque existe una parte del consumo que dispone de garantía de origen renovable o se ha generado en plantas de autoconsumo renovable.

Si desagregamos los datos por subsectores, se observa que el subsector Institucional presenta una gran diferencia entre consumo directo e indirecto, siendo este último el mayoritario (supone aproximadamente un 24% del total). Esto es posiblemente debido a que una parte de las instalaciones municipales, como pueden ser algunas destinadas al deporte o exteriores, no precisan o no disponen de sistema de calefacción, y por tanto no suman consumos térmicos.

Por otro lado, el subsector servicios tiene una relación muy equilibrada entre consumo directo e indirecto, ya que apenas se lleva unos 7.000 kWh de diferencia.

En función de los consumos anteriores y los factores de emisión aplicables a cada uno de los combustibles utilizados, se presentan a continuación los datos de emisiones para el sector de Institucional y Servicios, para los gases considerados en este estudio:

Tabla 43. Emisiones directas sector Institucional y Servicios. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS INSTITUCIONAL Y SERVICIOS	
Gas	t/año
CO₂	39.270,29
CH₄	4,58
N₂O	0,11
NO_x	65,55
CO	25,46
SO_x	6,73
COV	NA
COVNM	16,15
NH₃	0,00
PM_{2,5}	2,15
PM₁₀	2,36
TSP	2,38
BC	0,83
C₆H₆	0,00
Pb	0,00
Cd	0,00
Hg	0,00
As	0,00
Cr	0,00
Cu	0,00
Ni	0,01
Se	0,00
Zn	0,00
Dioxinas	0,00
Benzo(a)pireno	0,00
Benzo[b]furano	0,00
Benzo[k]furano	0,00
INDENO (1,2,3-cd)	0,00
PIRENO	0,00
HCB	0,00
PCBs	0,00
CO₂ eq	39.414,61

Como se puede observar, el gas mayoritario dentro de las emisiones directas es el CO₂, seguido de NO_x y CO.

Tabla 44. Emisiones indirectas sector Institucional y Servicios. Año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS INSTITUCIONAL Y SERVICIOS	
Gas	t/año
CO₂ eq	29.996,91
CH₄	IE
N₂O	IE

Para las emisiones indirectas, y según la metodología establecida para este estudio, únicamente se mide el CO₂ eq ya que el CH₄ y el N₂O están incluidos en el primero.

Se muestra a continuación una tabla con los valores de emisiones para CO₂ eq en el sector Institucional y Servicios en los diferentes años en los que se ha calculado este inventario de emisiones. Los resultados se muestran como datos anuales, tanto para consumos como para emisiones.

Se muestra también la variación de emisiones desde el año base para este inventario (2005).

Tabla 45. Tendencias de emisiones y consumos en el sector Institucional y Servicios. Años 2005-2023.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR INSTITUCIONAL Y SERVICIOS (2005-2023)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Total emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	582.662,12	208.415,37	0,00%
2015	567.879,00	140.742,89	-32,00%
2019	472.693,36	66.343,66	-68,00%
2021	526.577,27	80.955,53	-61,00%
2023	464.973,74	69.411,52	-66,70%

Como se puede observar, el consumo disminuye respecto al inventario anterior en más de 61.000 MWh, lo que puede estar desencadenado por varias causas (descenso del consumo, aumento de la eficiencia energética, reporte de datos de menos instalaciones, etc.). Analizando la tendencia de los últimos años, en 2023 se ha retomado el descenso que se venía experimentando desde 2005 y que aumentó puntualmente en 2021.

Por otro lado, las emisiones totales también han descendido, siguiendo con la tendencia de reducción que habían adoptado desde 2005, exceptuando el aumento puntual de 2021. Respecto a los datos del año base, esta reducción supone un descenso de las emisiones del 5,7% respecto al inventario anterior (2021), y un 66,70% respecto al año base.

Los mismos datos se muestran también en formato gráfico para facilitar la visualización de las tendencias adquiridas en consumos y emisiones dentro del sector.

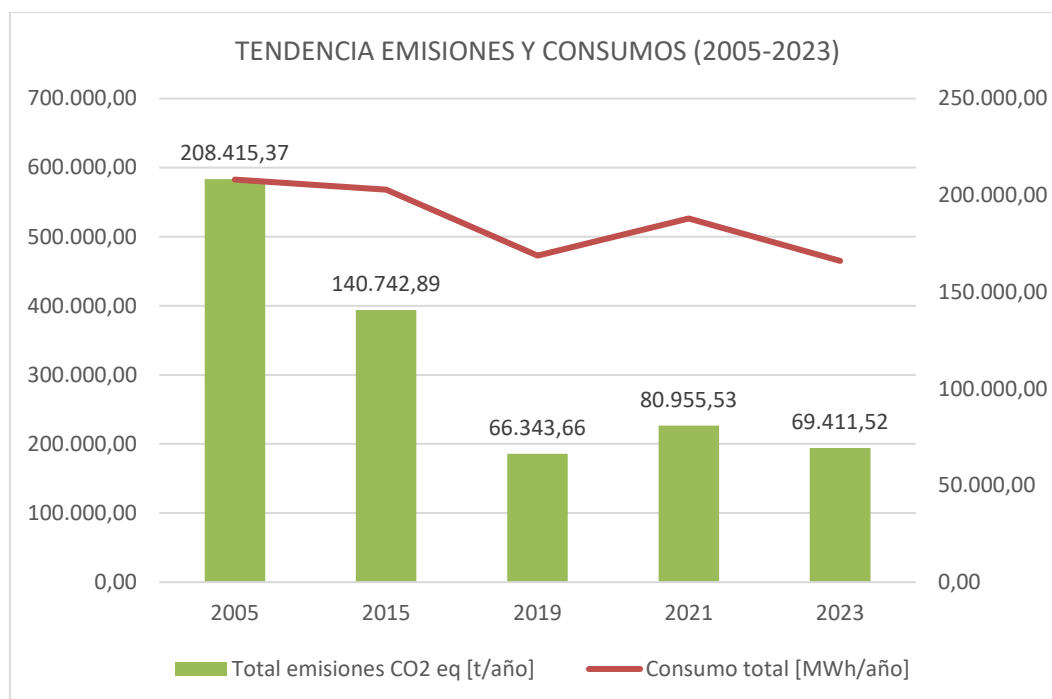


Figura 9. Tendencia de emisiones y consumos del sector Institucional y Servicios. Años 2005-2023.

A modo de resumen del sector, se puede resaltar que tanto los consumos totales como las emisiones han experimentado un descenso en el año 2023, continuando la tendencia de reducción global que venía desde el 2005. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 5,7% respecto al inventario anterior (2021), y un 66,70% respecto al año base. En el sector servicios la energía térmica y eléctrica están muy equiparadas en cuanto a consumos y emisiones, mientras que el sector institucional tiene una mayor carga de consumo eléctrico que térmico.

9. EMISIONES SECTOR INDUSTRIAL

9.1 Organismos participantes

- Sector industria:
 - Cada una de las industrias incluidas en el alcance de este informe.

9.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos del sector Industrial han sido las siguientes:

- **Industrial:** correspondiente a las emisiones directas e indirectas de las industrias, derivadas del consumo de energía y de los procesos que en ellas tienen lugar. Han sido consideradas dentro del estudio industrias afectadas por la normativa de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), grandes industrias y otras presentes en MERCAZARAGOZA.

Según las industrias participantes en el estudio, se reportan los datos desglosados por los sectores a los que pertenecen, que son: Alimentación y bebidas, productos metálicos y siderurgia, electrónica, papel y productos del papel, industria química, industria del vidrio y otros sectores (donde se contemplan industrias que no pertenecen al resto de categorías).

9.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el sector de “Manufacturing industries and construction (combustion), código NFR 1.A.2, Type “Tier 1 emission factor”. Los factores de emisión para gases de efecto invernadero (CO₂, N₂O y CH₄) han sido extraídos de las Guías del IPCC, en concreto del capítulo 2 “Stationary combustion”, tabla 2.3 “Default emission factors for stationary combustion in manufacturing industries and construction”.

Teniendo en cuenta las fuentes anteriores, se exponen a continuación los factores de emisión utilizados para este sector:

Tabla 46. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector industrial.

FACTORES EMISIÓN SECTOR INDUSTRIAL			
Gas	Gas Natural	Gasóleo	Biomasa
CO ₂ [g/GJ]	56.100,00	74.100,00	112.000,00
N ₂ O [g/GJ]	0,10	0,60	4,00
CH ₄ [g/GJ]	1,00	3,00	30,00
NO _x [g/GJ]	74,00	513,00	91,00
CO [g/GJ]	29,00	66,00	570,00
SO _x [g/GJ]	0,67	47,00	11,00
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	23,00	25,00	300,00
NH ₃ [g/GJ]	NE	0,00	1,20
PM _{2,5} [g/GJ]	0,78	20,00	143,00
PM ₁₀ [g/GJ]	0,78	20,00	150,00
TSP [g/GJ]	0,78	20,00	150,00
BC [% de PM _{2,5}]	4,00	56,00	28,00
C ₆ H ₆ [g/GJ]	NE	NE	NE
Pb [mg/GJ]	0,01	0,08	27,00
Cd [mg/GJ]	0,00	0,01	13,00
Hg [mg/GJ]	0,54	0,12	0,56
As [mg/GJ]	0,10	0,03	0,19
Cr [mg/GJ]	0,01	0,20	23,00
Cu [mg/GJ]	0,00	0,22	6,00
Ni [mg/GJ]	0,01	0,01	2,00
Se [mg/GJ]	0,06	0,11	0,50
Zn [mg/GJ]	0,73	29,00	512,00
PCDD/F [mg/GJ]	0,52	1,40	100,00
Benzo(a)pyrene [mg/GJ]	0,72 (*)	1,90	10,00
Benzo(b)fluoranthene [mg/GJ]	2,90 (*)	15,00	16,00
Benzo(k)fluoranthene	1,10 (*)	1,70	5,00
Indeno(1,2,3-cd)pyrene [mg/GJ]	1,08 (*)	1,50	4,00
HCB [µg/GJ]	NA	NA	NA
PCBs [µg/GJ]	NE	NE	0,06

(*) Dato en µg/GJ.

Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO₂ asociado al mix energético español del año 2023, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

9.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

Para el sector industrial, se ha seguido una metodología similar a la utilizada en el resto de los sectores, es decir, se calculan las emisiones mediante aplicación de factores de emisión dependiendo de los consumos reportados por las industrias participantes. Para definir el alcance, se solicitaron datos a empresas situadas en los diferentes polígonos industriales incluidos en el término municipal: El Portazgo, Europa, Vista Bella, El Olivar, Argualas, El Greco, La Unión y Montemolín, Alcalde Caballero, Cogullada, , El Pilar, Valseca, Molino del Pilar, Malpica,

Mercazaragoza, Montañana, Las Ventas, PLA-ZA, Casetas, Empresarium, Insider, PTR, PRYDES, SAICA, TEREOS, San Valero, Tecnum, Miraflores, Puerta Norte y Ciudad del Transporte.

A continuación se muestra un resumen de los consumos directos (combustibles) e indirectos (energía eléctrica) recopilados para este sector.

Tabla 47. Consumos del sector industrial. Año 2023

CONSUMOS SECTOR INDUSTRIAL (MWh/año)						
Consumos directos					Consumos indirectos	
Instalación	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
Alimentación y bebidas	447.204,36	9.323,39	0,00	0,00	366.888,67	384,00
Productos metálicos y siderurgia	539.457,09	913,59	0,00	0,00	341.629,12	15.370,89
Electrónica	38.408,79	89,93	0,00	0,00	16.983,95	31.660,20
Papel y productos de papel	1.408.483,03	4.052,15	0,00	0,00	150.489,61	0,00
Industria química	372.709,67	15.613,51	0,00	0,00	57.691,10	23.272,17
Vidrio	229.278,96	5.492,99	0,00	0,00	0,00	52.881,46
Otros sectores	13.001,23	15.086,70	0,00	0,00	693,23	25.250,65

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este sector.

Tabla 48. Emisiones directas sector industrial. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS SECTOR INDUSTRIAL (t/año)								
Gas	Alimentación y bebidas	Productos metálicos y siderurgia	Electrónica	Papel y productos de papel	Industria química	Vidrio	Otros sectores	Totales
CO ₂	92.804,50	109.192,46	7.781,03	285.538,19	79.437,62	47.770,49	6.650,26	629.174,54
CH ₄	1,71	1,95	0,14	5,11	1,51	0,88	0,21	11,52
N ₂ O	0,18	0,20	0,01	0,52	0,17	0,09	0,04	1,21
NO _x	136,35	145,40	10,40	382,70	128,13	71,22	31,33	905,53
CO	48,90	56,54	4,03	148,01	42,62	25,24	4,94	330,28
SO _x	2,66	1,46	0,11	4,08	3,54	1,48	2,58	15,91
COV	36,16	42,80	3,05	111,87	30,76	18,59	2,22	245,45
COVNM	37,87	44,75	3,19	116,99	32,27	19,48	2,43	256,97
NH ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM _{2,5}	1,93	1,58	0,11	4,25	2,17	1,04	1,12	12,20
PM ₁₀	1,93	1,58	0,11	4,25	2,17	1,04	1,12	12,20
TSP	1,93	1,58	0,11	4,25	2,17	1,04	1,12	12,20
BC	0,43	0,10	0,01	0,32	0,67	0,25	0,61	2,38
C ₆ H ₆	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	2,04E-05	2,16E-05	1,55E-06	5,69E-05	1,93E-05	1,07E-05	4,86E-06	1,35E-04
Cd	1,65E-06	1,77E-06	1,26E-07	4,65E-06	1,54E-06	8,62E-07	3,68E-07	1,10E-05
Hg	8,73E-04	1,05E-03	7,47E-05	2,74E-03	7,31E-04	4,48E-04	3,18E-05	5,95E-03
As	1,62E-04	1,94E-04	1,38E-05	5,07E-04	1,36E-04	8,31E-05	6,31E-06	1,10E-03
Cr	2,76E-05	2,59E-05	1,86E-06	6,88E-05	2,87E-05	1,47E-05	1,15E-05	1,79E-04
Cu	1,16E-05	5,77E-06	4,31E-07	1,64E-05	1,59E-05	6,50E-06	1,21E-05	6,86E-05
Ni	2,12E-05	2,53E-05	1,80E-06	6,60E-05	1,79E-05	1,09E-05	1,04E-06	1,44E-04
Se	9,71E-05	1,13E-04	8,06E-06	2,96E-04	8,40E-05	5,00E-05	8,69E-06	6,57E-04
Zn	2,15E-03	1,51E-03	1,10E-04	4,12E-03	2,61E-03	1,18E-03	1,61E-03	0,01
Dioxinas	6,49E-05	7,65E-06	7,15E-07	3,14E-05	1,08E-04	3,82E-05	1,03E-04	3,54E-04
Benzo(a)pireno	6,49E-05	7,65E-06	7,15E-07	3,14E-05	1,08E-04	3,82E-05	1,03E-04	3,54E-04
Benzo[b]furano	5,08E-04	5,50E-05	5,26E-06	2,34E-04	8,47E-04	2,99E-04	8,15E-04	2,76E-03
Benzo[k]furano	5,88E-05	7,73E-06	7,02E-07	3,04E-05	9,70E-05	3,45E-05	9,24E-05	3,22E-04
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	5,21E-05	7,03E-06	6,35E-07	2,74E-05	8,58E-05	3,06E-05	8,15E-05	2,85E-04
PAH	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HCB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PCBs	8,84E-10	1,01E-09	7,24E-11	2,66E-09	7,76E-10	4,57E-10	1,00E-10	5,96E-09
Total POPs	7,49E-04	8,50E-05	8,02E-06	3,54E-04	1,25E-03	4,40E-04	1,20E-03	4,08E-03
TOTAL Metales Pesados	3,36E-03	2,95E-03	2,13E-04	0,01	3,64E-03	1,80E-03	1,69E-03	0,02
CO ₂ eq	92.895,27	109.293,25	7.788,23	285.802,73	79.519,87	47.817,62	6.665,38	629.782,35

La tabla muestra que el sector con mayor impacto en términos de emisiones de CO₂, el principal gas de efecto invernadero, es el de Papel y productos de papel, con 285.538,19 toneladas anuales, seguido de Productos metálicos y siderurgia (109.192,46 t) y Alimentación y bebidas (92.804,50 t). Esto refleja la alta intensidad energética y las características de los procesos productivos en estos sectores.

Por otro lado, en términos de gases contaminantes como NO_x y SO_x, el sector Papel y productos de papel también lidera con las mayores emisiones, siendo particularmente significativo en emisiones de NO_x (382,70 t). En cuanto a metales pesados y contaminantes persistentes, los valores son notablemente bajos pero no menos importantes, ya que incluso concentraciones pequeñas pueden tener impactos ambientales significativos. En total, las emisiones de CO₂ equivalente suman 629.782,35 t/año, siendo los sectores de Papel y productos de papel y Productos metálicos los mayores contribuyentes. Este análisis resalta la necesidad de priorizar estrategias de mitigación de

emisiones en estos sectores clave, enfocándose en tecnologías limpias, eficiencia energética y procesos más sostenibles.

Tabla 49. Emisiones indirectas industriales, año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS SECTOR INDUSTRIAL	
Gas	t/año
CO ₂	112.125,08
CH ₄	IE
N ₂ O	IE

9.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector industrial para el año de estudio (2023), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2005.

Tabla 50. Tendencias de emisiones y consumos en el sector industrial. Años 2005-2023.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR INDUSTRIAL (2005-2023)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq totales [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	4.132.028,89	949.531,00	-
2015	4.399.896,31	1.136.874,00	19,73%
2019	4.681.971,17	937.045,78	-1,31%
2021	4.336.790,28	839.295,67	-11,61%
2023	4.182.310,45	741.907,43	-21,87%

La tabla muestra una tendencia general de reducción de las emisiones totales de CO₂ equivalente entre 2005 y 2023, a pesar de fluctuaciones en el consumo total de energía. En 2005, las emisiones alcanzaron 949.531 t/año, con un consumo energético de 4.182.310,45 MWh/año. Aunque en 2015 el consumo aumentó a 4.399.896,31 MWh/año, las emisiones subieron significativamente un 19,73% respecto a 2005. Sin embargo, desde 2019 se observa una tendencia clara de desacoplamiento entre consumo energético y emisiones, con una reducción del 21,87% de las emisiones en 2023 comparadas con 2005, a pesar de un consumo similar al de ese año. Este cambio refleja probablemente una mejora en la eficiencia energética, el uso de fuentes de energía más limpias y la implementación de medidas de mitigación de emisiones en los sectores industriales.

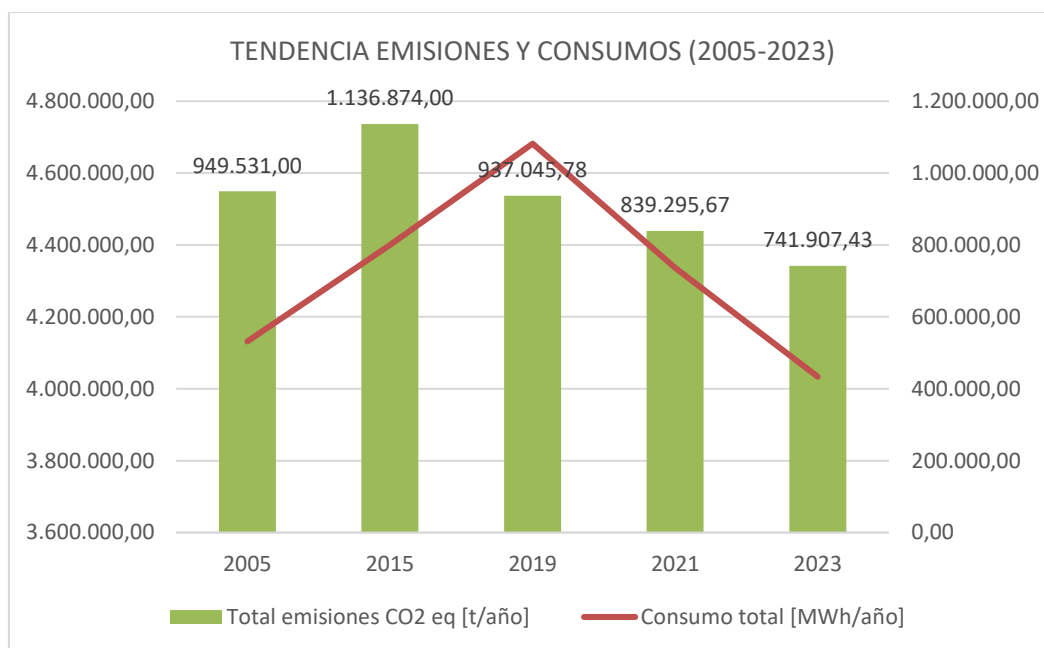


Figura 10. Tendencia de emisiones y consumos del sector industrial. Años 2005-2023.

La tabla evidencia una tendencia clara hacia la reducción de emisiones de CO2 equivalente desde 2005, especialmente marcada en los últimos años. Entre 2019 y 2023, las emisiones disminuyeron significativamente, pasando de 937.045,78 t/año a 741.907,43 t/año, lo que representa una reducción del 21,87% con respecto a 2005. Este descenso es notable considerando que el consumo energético total ha mostrado ligeras fluctuaciones, pero con una tendencia general a estabilizarse. En particular, entre 2021 y 2023 se registra una caída destacable del 11,61% al 21,87% en las emisiones respecto a 2005, mientras el consumo energético también disminuye ligeramente (de 4.336.790,28 MWh/año a 4.033.491,65 MWh/año). Esto sugiere una aceleración en la adopción de tecnologías más eficientes y limpias en los últimos años, destacando un esfuerzo por desacoplar el consumo de energía de las emisiones asociadas.

10. EMISIONES IPPU Y GASES FLUORADOS

10.1 Organismos participantes

- Sector industria:
 - Cada una de las industrias incluidas en el alcance de este informe.

10.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de este sector han sido las siguientes:

- Emisiones directas procedentes de los propios **procesos industriales y el uso de productos**.
- Emisiones directas de las **pérdidas de gases refrigerantes**.

Estas emisiones son ajenas a los consumos de energía del sector industrial, los cuales se contemplan en el apartado 9 de este informe.

Han sido consideradas en este apartado las industrias afectadas por la normativa de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), las grandes industrias de Zaragoza e industrias presentes en MERCAZARAGOZA, si bien no todas ellas han participado en el estudio.

10.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

Para la identificación de todos los factores de emisión aplicables se ha recurrido a las siguientes fuentes como referencia:

- La EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2. Industrial processes and product use.
 - 2.A.3 Glass production
 - 2.C Metal production
 - 2.H.1 Pulp and paper industry
 - 2. H.2 Food and beverages industry
 - 2. D-2. L Other solvent and product use
- Las Guía del IPCC del volumen 3 “Industrial Processes and Product Use”.
 - Chapter 2: Mineral Industry Emissions
 - Chapter 4: Metal Industry Emissions
- Potenciales de Calentamiento Atmosférico (PCA) de los diferentes gases obtenidos del registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono del MITECO.

Tabla 51. PCA de gases refrigerantes.

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE GASES REFRIGERANTES	
Gases refrigerantes	PCA (t CO ₂ /t de gas)
HFC-23	12.400,00
HFC-32	677,00
HFC-41	116,00
HFC-125	3.170,00
HFC-134	1.120,00
HFC-134a	1.300,00
HFC-143	328,00
HFC-143a	4.800,00
HFC-152	16,00
HFC-152a	138,00
HFC-161	4,00
HFC-227ea	3.350,00
HFC-236cb	1.210,00
HFC-236ea	1.330,00
HFC-236fa	8.060,00
HFC-245ca	716,00
HFC-245fa	858,00
HFC-365mfc	804,00
HFC-43-10mee	1.650,00
R-404A	3.943,00
R-407A	1.923,00
R-407B	2.547,00
R-407C	1.624,00
R-407F	1.674,00
R-410A	1.924,00
R-410B	2.048,00
R-413A	1.945,00
R-417A	2.127,00
R-417B	2.742,00
R-422A	2.847,00
R-422D	2.473,00
R-424A	2.212,00
R-426A	1.371,00
R-427A	2.024,00
R-428A	3.417,00
R-434A	3.075,00
R-437A	1.639,00
R-438A	2.059,00
R-442A	1.754,00
R-449A	1.282,00
R-452A	1.945,00
R-453A	1.636,00
R-507A	3.985,00
R717 NH ₃	0,00
R32	675,00
R134	1.425,00
R134a	1.430,00
R409a	1.585,00
R22	1.810,00

R427	2.024,00
RS70	1.775,00
RS50	1.888,00

Hay que destacar que no se han empleado todos los factores de emisión presentes en estas fuentes, sino solamente aquellos aplicables a las actividades y consumos de las industrias que han reportado los datos.

Emisiones indirectas

No es aplicable el cálculo de emisiones indirectas en este sector.

10.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

Para obtener las emisiones de los IPPU y los gases fluorados, se ha seguido una metodología similar a la utilizada en el resto de los sectores, es decir, se calculan las emisiones mediante aplicación de factores de emisión dependiendo de los consumos reportados por las industrias participantes. Para definir el alcance, se solicitaron datos a las empresas situadas en los diferentes polígonos industriales incluidos en el término municipal: El Portazgo, Europa, Vista Bella, El Olivar, Argualas, El Greco, La Unión y Montemolín, Alcalde Caballero, Cogullada, , El Pilar, Valseca, Molino del Pilar, Malpica, Mercazaragoza, Montañana, Las Ventas, PLA-ZA, Casetas, Empresarium, Insider, PTR, PRYDES, SAICA, TEREOS, San Valero, Tecnum, Miraflores, Puerta Norte y Ciudad del Transporte.

A continuación se muestran las emisiones directas calculadas para IPPU:

Tabla 52. Emisiones directas sector IPPU y gases fluorados. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS IPPU Y GASES FLUORADOS	
Gas	t/año
CO ₂	52.012,04
CH ₄	0,00
N ₂ O	0,00
NO _x	71,54
CO	1.762,28
SO _x	333,64
COV	NA
COVNM	2.489,40
NH ₃	0,00
PM _{2,5}	11,56
PM ₁₀	171,55
TSP	209,49
BC	0,00
C ₆ H ₆	0,00
Pb	1,43
Cd	0,13
Hg	0,03
As	0,05
Cr	0,11
Cu	0,01
Ni	0,42
Se	0,23
Zn	1,98
Dioxinas	0,00
Benzo(a)pireno	0,00
Benzo[b]furano	0,00
Benzo[k]furano	0,00
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	0,00
PAH	0,26
HCB	0,00
PCBs	1,38E-03
Total POPs	0,27
CO ₂ eq	52.012,04

10.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector institucional y servicios para el año de estudio (2023), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2019.

Tabla 53. Tendencias de emisiones y consumos en el sector IPPU y gases fluorados. Años 2019- 2023.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR IPPU Y GASES FLUORADOS (2019-2023)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq totales [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2019 [%]
2019	-	17.196,92	-
2021	-	12.433,73	-27,70%
2023	-	52.012,04	318,31%

En 2019, las emisiones totales fueron de 17.196,92 t/año. En 2021, se observa una importante disminución del 27,70%, reduciéndose a 12.433,73 t/año, mientras que en 2023 las emisiones se dispararon a 52.012,04 t/año, lo que representa un aumento del 318,31% con respecto a 2019. Este incremento abrupto está directamente relacionado con un aumento de las industrias que han reportado datos en este sector para este año de estudio. En este sentido, los resultados del sector IPPU son muy dependientes del número y tipo de empresas que reporten datos, puesto que algunas de ellas consumen gases refrigerantes que pesan más en el resultado y pueden hacer cambiar las tendencias. No obstante lo anterior, este incremento refleja la necesidad de prestar mayor atención a los procesos industriales que generan gases fluorados y buscar alternativas menos contaminantes.

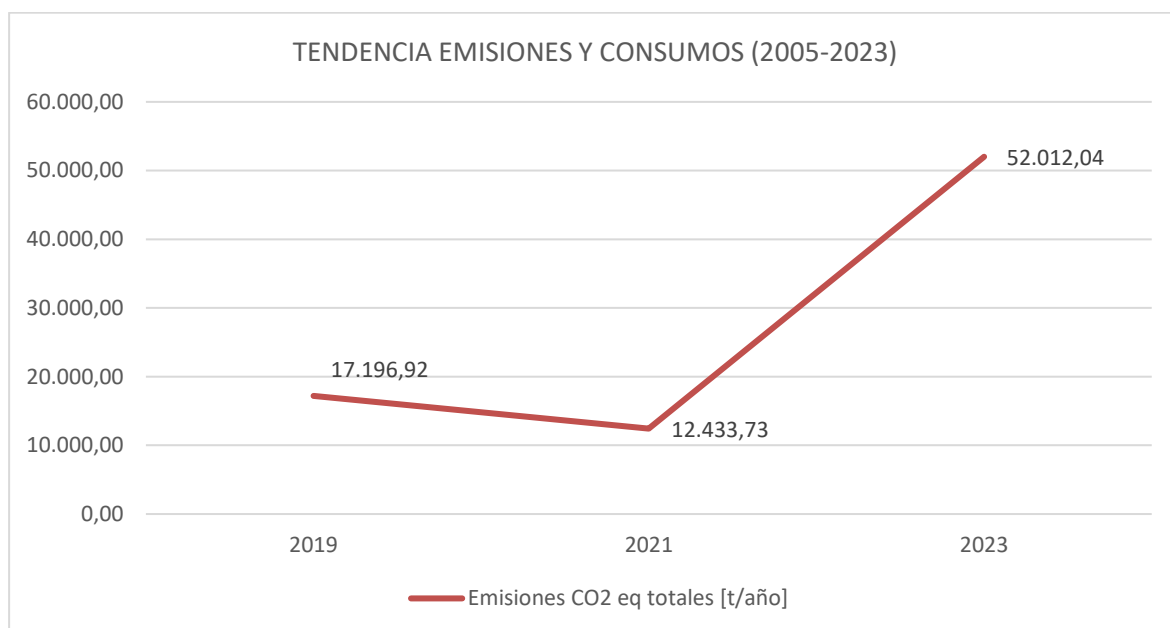


Figura 11. Tendencia de emisiones y consumos del sector IPPU. Años 2005-2023.

Al contarse únicamente con datos de 3 inventarios, todavía no se dispone de una tendencia que permita establecer conclusiones sobre la evolución en las emisiones de este sector, el cual varía considerablemente en función del número y tipología de empresas que reportan datos.

11. EMISIONES SECTOR RESIDUOS

11.1 Organismos participantes

Sector Residuos:

- Ayuntamiento de Zaragoza
- Ecociudad Zaragoza S.A.U. (en adelante, Ecociudad)
- Servicios Funerarios de Torrero S.A. (en adelante, SERFUTOSA)
- SERVICIOS ESPECIALES, S.A.U. (en adelante, SERVISA)

Gestores de residuos, considerados de interés, que no se incluían anteriormente:

- Rem Iberica S.L.
- Casalé Gestión de Residuos S.L.
- Acteco Productos y Servicios S.L.
- Adiego Hnos., S.A.
- RINZA S.A

11.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- Emisiones directas generadas por la cremación de cuerpos en el Cementerio Municipal de Torrero (SERFUTOSA) y en SERVISA, así como la cremación de animales realizada en el CTRUZ. Las emisiones son debidas tanto a la combustión de gas natural empleado en los hornos de cremación, como al propio proceso de cremación.
- Tratamiento de aguas residuales de las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) de La Cartuja, La Almozara y La Alfocea; Incineración de lodos en la EDAR La Cartuja;
- Vertederos controlados del CTRUZ. Las emisiones generadas en vertedero son CH₄, CO₂ y N₂O. En el caso de la digestión anaerobia de residuos, el principal contaminante es el metano (CH₄). El metano producido en los vertederos de Zaragoza actualmente es quemado en una antorcha.
- Gestores de residuos: Rem ibérica, Casalé, Acteco, Adiego Hnos. y RINZA.

Una vez se ha contactado con todos los agentes involucrados en el reporte de datos, se han recopilado los parámetros necesarios para los cálculos, que se detallan a continuación:

Tabla 54. Información solicitada para calcular las emisiones del sector residuos.

Subsector	INFORMACIÓN SOLICITADA
Cremaciones	Consumo de gas natural de SERVISA y SERFUTOSA.
	Cuerpos cremados totales en 2023: 3.945 en SERFUTOSA, 898 en SERVISA.
	En el caso de la cremación de animales, el CTRUZ no ha proporcionado datos de las cremaciones realizadas, sino de las emisiones totales ya que dispone de cálculos internos.
Incineración de lodos	Cantidad anual de lodos incinerados en EDAR La Cartuja: 74.436 t (lodos húmedos).
Tratamiento de aguas residuales	Cantidad de agua residual tratada anual (en m ³): 8900 m ³ en EDAR Alfocea, 12.600.000 m ³ en EDAR Almozara y 53.600.000 m ³ en EDAR Cartuja.
Vertederos	Cantidad anual de biogás quemado en antorcha: 3.849.373 m ³ /año
	Cantidades de combustibles fósiles consumidas: diésel y gas natural consumidas en el 2021 fueron de 271.503 litros (gasóleo) y 357.150 kWh (gas natural).

11.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

A continuación, se detallan los factores de emisión utilizados en función del tipo de instalación:

- Cremaciones

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor”, para el caso del gas natural, las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO₂, el N₂O y el CH₄ y la Ficha del EMEP/EEA 2023 código NFR 5.c.1.b.i.v, para la incineración de cuerpos.

- Incineración de lodos

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Sewage sludge incineration”, código NFR 5.C.1.b.i.v, Table 3-2, Type “Tier 2 emission factor”.

- Tratamiento de aguas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor” para el caso de las emisiones de incineración del biogás, las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO₂, el N₂O y el CH₄ y la Ficha 5.d del EMEP/EEA, para el caso de las emisiones de tratamiento de aguas.

- Vertederos

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor” para

el caso de las emisiones de gas natural, diésel y biogás, las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO₂, el N₂O y el CH₄.

Tabla 55. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (combustibles fósiles).

FACTORES EMISIÓN SECTOR RESIDUOS – COMBUSTIBLES FÓSILES		
Contaminante	Gas natural y biogás	Diesel
CO ₂ [g/GJ]	56.100,00	74.100,00
CH ₄ [g/GJ]	5,00	300,00
N ₂ O [g/GJ]	0,10	4,00
NO _x [g/GJ]	74,00	306,00
CO [g/GJ]	29,00	93,00
SO _x [g/GJ]	0,67	94,00
COVNM [g/GJ]	23,00	20,00
NH ₃ [g/GJ]	NE	NE
PM _{2,5} [g/GJ]	0,78	18,00
PM ₁₀ [g/GJ]	0,78	21,00
TSP [g/GJ]	0,78	21,00
BC [% de PM _{2,5}]	4,00	56,00
Pb [mg/GJ]	0,01	8,00
Cd [mg/GJ]	9,00E-04	0,15
Hg [mg/GJ]	0,10	0,10
As [mg/GJ]	0,10	0,50
Cr [mg/GJ]	0,01	10,00
Cu [mg/GJ]	2,60E-03	3,00
Ni [mg/GJ]	0,01	125,00
Se [mg/GJ]	0,06	0,10
Zn [mg/GJ]	0,73	18,00
Benzo(a)pireno [µg/GJ]	0,72	1,90
Benzo(b)furano [µg/GJ]	2,90	15,00
Benzo(k)furano [µg/GJ]	1,10	1,70
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [µg/GJ]	1,08	1,50
PCDD/F (g I-TEQ/GJ)	5,20E-10	6,00E-09
HCB [g/GJ]	NA	1,30E-07
PCBs [g/GJ]	NA	2,20E-07
Total POPs	NA	NA

Tabla 56. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (no combustibles fósiles).

FACTORES EMISIÓN SECTOR RESIDUOS – NO COMBUSTIBLES FÓSILES			
Contaminante	Cremación [kg/cuerpo]	Incineración de lodos [kg/kg lodo]	TTO de aguas [mg/m3]
CO ₂ [g/GJ]	NA	NA	NA
CH ₄ [g/GJ]	NA	9,70E-06	NA
N ₂ O [g/GJ]	NA	9,00E-04	NA
NO _x [g/GJ]	0,83	2,50E-03	NA
CO [g/GJ]	0,14	0,02	NA
SO _x [g/GJ]	0,11	0,01	NA
COVNM [g/GJ]	0,01	8,40E-04	15,00
NH ₃ [g/GJ]	NA	NE	NE
PM _{2,5} [g/GJ]	0,03	1,10E-03	NE
PM ₁₀ [g/GJ]	0,03	4,10E-03	NE
TSP [g/GJ]	0,04	0,05	NE
BC [% de PM _{2,5}]	NE	3,85E-05	NE
Pb [mg/GJ]	3,00E-05	5,00E-05	NE
Cd [mg/GJ]	5,03E-06	1,60E-05	NE
Hg [mg/GJ]	1,49E-03	2,30E-06	NE
As [mg/GJ]	1,36E-05	4,70E-06	NE
Cr [mg/GJ]	1,36E-05	1,40E-05	NE
Cu [mg/GJ]	1,24E-05	4,00E-05	NE
Ni [mg/GJ]	1,73E-05	8,00E-08	NE
Se [mg/GJ]	1,98E-05	1,50E-07	NE
Zn [mg/GJ]	1,60E-04	6,60E-05	NE
Benzo(a)pireno [μg/GJ]	1,32E-08	5,10E-10	NA
Benzo(b)furano [μg/GJ]	7,21E-09	7,00E-11	NA
Benzo(k)furano [μg/GJ]	6,44E-09	6,10E-10	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [μg/GJ]	6,99E-09	1,00E-10	NA
PCDD/F (g I-TEQ/GJ)	2,70E-11	5,00E-05 (*)	NA
HCB [g/GJ]	1,50E-07	4,70E-09	NA
PCBs [g/GJ]	4,10E-07	4,50E-09	NA
Total POPs	NA	NA	NA

(*) dato en g I-TEQ/Mg.

Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO₂ asociado al mix energético español del año 2023, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

11.3.1 Resultados del inventario de emisiones 2023

En el cálculo de las emisiones directas correspondientes al sector residuos se han contabilizado las emisiones de contaminantes de:

- Cremaciones en el Cementerio de Torrero (SERFUTOSA), de SERVISA y de animales (CTRUZ)
- Incineración de lodos de depuradoras (EDAR La Cartuja)

- Tratamiento de aguas residuales (EDAR La Cartuja, EDAR Alfocea y EDAR Almozara)
- Vertederos (CTRUZ)
- Gestores de residuos (Rem ibérica, Casalé, Acteco, Adiego y RINZA)

Se expone aquí la tabla con los consumos de energía de todo el sector, dividido por subsectores:

Tabla 57. Consumos del sector residuos. Año 2023.

CONSUMOS SECTOR RESIDUOS (MWh/año)						
Subsector	Consumo directo				Consumo indirecto	
	Gasóleo	Gas natural	Biogás	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
Cremaciones	-	6.354,92	-	-	1.452,70	-
SERFUTOSA	-	5.045,12	-	-	991,00	-
SERVISA	-	1.309,80	-	-	461,71	-
CTRUZ	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de aguas	-	-	3.142,86	-	25.034,00	5.307,00
EDAR La Cartuja	-	-	-	-	22.626,00	4.207,00
EDAR La Almozara	-	3.142,86	-	-	2.408,00	1.100,00
EDAR La Alfocea	-	-	-	-	-	-
Incineración de lodos	475,58	-	-	-	-	-
Vertedero	-	240,00	2.955,30	-	-	-
Gestores	9.175,83	-	-	-	403,80	39,98
Rem Ibérica	-	-	-	-	41,87	-
Casalé	2.457,92	-	-	-	34,74	24,30
Acteco	332,00	-	-	-	116,79	-
Adiego	165,70	-	-	-	37,09	-
RINZA	6.220,21	-	-	-	123,30	15,08
TOTAL	9.651,41	6.594,92	6.098,16	-	26.890,50	5.346,98

Según la tabla anterior, durante el año 2023 se consumieron en el sector residuos un total de 54.581,97 MWh, de los cuales el 59,06% son consumos eléctricos y el 40,93% son térmicos. Además, dentro de los consumos eléctricos, el 16,58% provino de fuentes de energía renovable.

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, se muestran a continuación el total de emisiones directas e indirectas del sector:

Tabla 58. Emisiones directas sector residuos. Año 2023.

EMISIONES DIRECTAS SECTOR RESIDUOS	
Gas	t/año
CO ₂	9.253,40
CH ₄	216,41
N ₂ O	67,02
NO _x	252,04
CO	1.225,69
SO _x	1.050,36
COV	-
COVNM	65,33
NH ₃	NA/NE
PM _{2,5}	82,71
PM ₁₀	306,50
TSP	3.871,62
BC	3,22
C ₆ H ₆	NA
Pb	3,72
Cd	1,21
Hg	0,18
As	0,35
Cr	1,04
Cu	2,98
Ni	0,60
Se	0,01
Zn	4,91
Dioxinas	3,72E-06
Benzo(a)pireno	3,81E-05
Benzo[b]furano	5,90E-06
Benzo[k]furano	4,55E-05
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	0,10
PAH	NA
HCB	0,01
PCBs	4,85E-03
CO ₂ eq	35.284,30

Como se puede apreciar, el gas mayoritario en las emisiones de contaminantes es el CO₂ seguido por las partículas TSP, CO y SO_x.

Cabe destacar algunas consideraciones que se han tenido en cuenta en los cálculos de emisiones de los diferentes subsectores:

- Cremaciones: Para el cálculo de las emisiones directas de cremaciones, se han considerado dos flujos de emisiones: por un lado, las emisiones derivadas de la utilización del gas natural convencional para proceder a la cremación; por otro lado, las emisiones resultantes de la incineración de los propios cuerpos (salvo CO₂ que no se contabilizan según metodología nacional [12]).
- Incineración de lodos: Para las estimaciones de cálculo de incineración de lodos, se consideran factores de emisión sobre materia seca. Puesto que los datos reportados por las depuradoras

de aguas residuales se entregan en materia húmeda, se ha considerado una humedad media del 75%, según bibliografía consultada [13].

- Tratamiento aguas residuales: el tratamiento de las propias agua residuales genera CO₂, CH₄, N₂O y COVNM (según las directrices del IPCC, las emisiones de CO₂ asociadas a este tratamiento no se contabilizan puesto que son de origen biogénico). Las emisiones de metano (CH₄) únicamente tienen lugar cuando las aguas residuales son tratadas mediante procesos anaeróbicos. Esto sólo tiene lugar en la EDAR Almozara: El modo de operación natural de esta EDAR es la de recoger las emisiones de CH₄ de manera que pueda ser utilizado en el sistema de cogeneración para producción y autoconsumo de térmica y eléctrica. El N₂O sólo tiene lugar cuando existe un sistema de nitrificación-desnitrificación, y ninguna de las plantas de tratamiento tiene este sistema.

Tabla 59. Emisiones indirectas sector residuos. Año 2023.

EMISIONES INDIRECTAS SECTOR RESIDUOS	
Gas	t/año
CO ₂	3.226,86
CH ₄	IE
N ₂ O	IE

11.3.2 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En esta sección se incluyen los resultados del inventario de emisiones de Zaragoza en el año 2023 dentro del sector residuos comparándolo con los valores registrados en los anteriores inventarios, realizados en los años 2021, 2019, 2015 y 2005. En la siguiente tabla se recopilan los distintos tipos de consumos y emisiones de CO₂ calculados, así como la variación con respecto al 2005.

Tabla 60. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residuos. Años 2005-2023.

TENDENCIAS DE EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR RESIDUOS			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO ₂ eq [t/año]	Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%]
2005	-	92.455,00	-
2015	-	86.000,45	-7%
2019	63.198,30	99.676,36	8%
2021	71.601,23	108.928,92	18%
2023	54.581,97	38.511,16	-58%

Como se puede apreciar, hay un claro descenso de las emisiones de CO₂ equivalente en el 2023 respecto a los anteriores inventarios. Este descenso es debido principalmente a la actualización de los factores de emisión, ya que el CO₂ derivado de la incineración de lodos se considera cero según las fuentes oficiales [14].

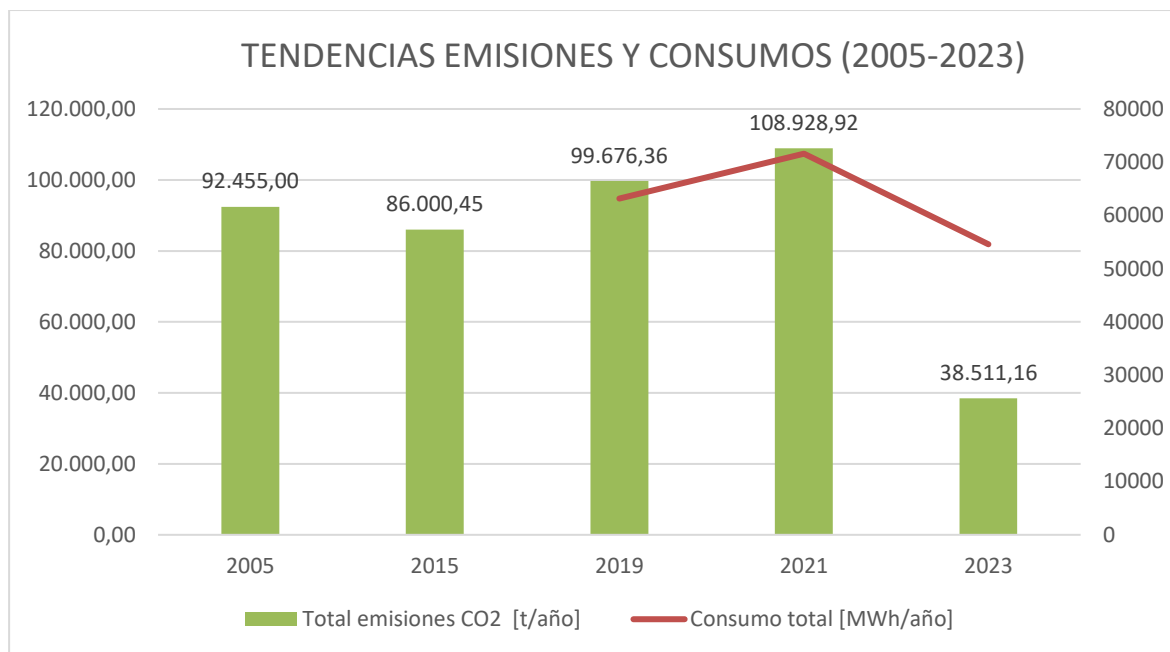


Figura 12. Tendencia de emisiones y consumos del sector residuos. Años 2005-2023.

A modo de resumen del sector, se visualiza una tendencia acusada de reducción desde 2021, que hasta entonces experimentaba un aumento progresivo de las emisiones desde el 2015. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 64,6% respecto al inventario anterior (2021), y un 58% respecto al año base.

12. EMISIONES SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO

12.1 Organismos participantes

- Sector Agrícola y Ganadero:
 - Gobierno de Aragón – Sistema Informático de Gestión Estadística Agroalimentaria de Aragón (SINGEAR)

12.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- **Agricultura:** Emisiones directas derivadas de la aplicación de abono inorgánico en cultivos, desglosado en cultivos de secano y regadío. La información recopilada ha sido el total de superficie de cada tipo de cultivo dentro del municipio, así como los fertilizantes nitrogenados utilizados.
En este sector no se han evaluado como fuente emisora las aplicaciones de pesticidas, ya que no se dispone de datos fiables debido a que este tipo de productos se aplican en función de las plagas existentes.
- **Ganadería:** Emisiones directas derivadas de la fermentación entérica (metano que se genera durante la digestión del ganado) y Gestión de estiércoles. La información solicitada ha sido el total de cabezas de ganado y características de población y engorde, por cada tipo de ganado, en el municipio de Zaragoza.
Las granjas de caracoles y de abejas han sido excluidas debido a que no se ha encontrado literatura donde se reflejen las emisiones asociadas por unidad.
Las emisiones se han obtenido por instalación y por tipo de ganado.

No se han contemplado dentro de este sector las emisiones indirectas por consumos eléctricos de las instalaciones físicas que pudiesen existir asociadas a los subsectores, ya que no se dispone de información para contactar individualmente a los titulares de cada una de dichas instalaciones.

12.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Emisiones directas

A continuación, se detalla la metodología de obtención de factores de emisión en función de los dos subsectores que conforman este punto, subsector Agrícola y subsector Ganadero.

Subsector Agrícola

Se han considerado las emisiones derivadas de la aplicación de abono inorgánico en cultivos, donde los gases contaminantes que se han tenido en cuenta han sido los siguientes: NH_3 , NO, N_2O , COVNM, PM10, PM2,5 y TSP, siguiendo la estructura de los inventarios de emisiones anteriores.

A continuación, se muestran los factores de emisión utilizados (extraídos de las guías IPCC y EEA), que se basan en las cantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados por hectárea. La información

sobre aplicación media de fertilizantes nitrogenados en cultivos se ha obtenido del informe “Guía Práctica de la Fertilización Racional de los cultivos en España, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación” [15], en su versión vigente.

Los factores de emisión utilizados son los siguientes:

Tabla 61. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector agricultura.

FACTORES EMISIÓN AGRICULTURA		
Gas	Valor	Unidad
NH₃	0,05	kg NH ₃ /kg fertilizante N
NO₂	0,04	kg NO ₂ /kg fertilizante N
N₂O	0,01	kg N ₂ O/kg N
COVNM	0,86	kg/ha
PM10	1,56	kg/ha
PM2,5	0,06	kg/ha
TSP	1,56	kg/ha

Subsector Ganadero

Siguiendo la estructura de anteriores informes, y con objeto de que los datos sean comparables, dentro del subsector ganadero se han considerado dos tipos de emisiones:

1) Fermentación entérica

Se considera como único contaminante el metano (CH₄) emitido por los animales en su proceso digestivo. Cabe destacar que, dentro de este subsector, las granjas de caracoles y de abejas han sido excluidas debido a que no se ha encontrado literatura donde se reflejen las emisiones asociadas por animal.

A continuación, se muestran los factores de emisión utilizados, que se basan en las cantidades de cada gas emitidas por cada tipo de ganado. Estos datos han sido obtenidos de las guías IPCC y EEA. Además, se tiene en cuenta en los cálculos el promedio de días de engorde de cada especie de ganado, también conocido como Población Promedio Anual (AAP – *Average Annual Population*). Este dato se calcula teniendo en cuenta la producción anual de ganado multiplicado por la parte del año en la que los animales de dicha especie están vivos, expresada en días, para conocer el periodo de tiempo anual que el animal emite metano en el año.

Tabla 62. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (fermentación entérica).

FACTORES EMISIÓN GANADERÍA - FERMENTACIÓN ENTÉRICA	
Categoría	CH ₄ Fermentación Entérica (kg CH ₄ /animal/año)
Bovino (leche)	126,00
Bovino (resto)	52,00
Ovino	5,00
Caprino	5,00
Porcino	1,50
Equino	18,00
Cunícola	2,00
Avícola	0,00

2) Gestión del estiércol

La gestión del propio estiércol del ganado genera emisiones por su descomposición. Estas emisiones consideran los gases NH₃, NO₂, COVNM, TSP, PM10, PM2,5 y CH₄. A continuación, se muestran los factores de emisión utilizados para cada gas contaminante, los cuales han sido obtenidos de la guía IPCC.

Tabla 63. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (gestión de estiércoles).

FACTORES EMISIÓN GANADERÍA – GESTIÓN DE ESTIÉRCOLES								
Categoría	NH ₃ Gestión estiércol y aplicación [kg NH ₃ /AAP/ año]	NO ₂ del estiércol almacena do (en kg NO ₂ /AAP/año)	NMVOC with silage feeding [kg NMVOC/A AP/año]	TSP [kg TSP/AAP/ año]	PM10 [kg PM10/AA P/año]	PM2,5 [kg PM2,5/AAP /año]	CH ₄ Gestión de Abono [kg CH ₄ /AAP/a ño]	N ₂ O gestión estiércol [kg N ₂ O/AAP/ año]
Bovino (leche)	26,40	0,75	17,94	1,38	0,63	0,41	34,00	0,16
Bovino (resto)	10,00	0,22	8,90	0,59	0,27	0,18	10,00	2,78
Ovino	1,40	0,01	0,28	0,14	0,06	0,02	0,28	0,00
Caprino	1,40	0,01	0,62	0,14	0,06	0,02	0,20	0,00
Porcino	12,10	0,00	1,13	0,65	0,12	0,01	9,00	78,55
Equino	15,80	0,25	7,78	0,48	0,22	0,14	2,34	0,05
Cunícola	0,03	0,00	0,06	0,02	0,01	0,00	0,08	0,00
Avícola	0,17	0,02	0,14	0,12	0,03	0,00	0,02	121,87

Emisiones indirectas

No es aplicable el cálculo de emisiones indirectas en este sector.

12.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

12.4.1 Aplicación de abono inorgánico en secano y en regadío

Para el cálculo de las emisiones procedentes de la aplicación de abono inorgánico se requiere información acerca de la cantidad de fertilizantes nitrogenados necesarios por superficie cultivada. Los datos relativos a la cantidad de hectáreas cultivadas en el municipio de Zaragoza son obtenidos de fuentes estadísticas oficiales del Gobierno de Aragón [16]. La cantidad de fertilizantes nitrogenados necesarios se ha obtenido de información bibliográfica, en concreto de la Guía Práctica de la Fertilización Racional de los cultivos en España, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [17], en su versión vigente.

A continuación, se incluye un resumen de las emisiones asociadas al abono inorgánico en secano y regadío, en base a los kg de abono inorgánico totales aplicados en el municipio.

Tabla 64. Emisiones directas subsector agricultura. Año 2023.

EMISIONES AGRICULTURA			
Gas	Secano (t/año)	Regadío (t/año)	Total (t/año)
NH₃	5,96	2,61	8,58
NO₂	4,77	2,09	6,86
N₂O	1,19	0,52	1,72
COVNM	1,73	1,65	3,38
PM10	3,15	2,99	6,14
PM2,5	0,12	0,12	0,24
TSP	3,15	2,99	6,14

12.4.2 Fermentación entérica

Las especies ganaderas, debido a su proceso de digestión, generan emisiones de metano (CH₄). Las directrices de la IPCC proporcionan métodos para el cálculo de estas emisiones a partir del tipo de ganado. Cabe destacar que, siguiendo lo establecido en la metodología citada, se establece que las emisiones de CO₂ procedentes del ganado son cero (IPCC 2023, Capítulo 10.3 “Methane Emissions from Enteric Fermentation”).

La información relativa a ganadería ha sido obtenida de la plataforma de datos en abierto Aragón Open Data, del Gobierno de Aragón [18], mediante la cual se ha accedido a datos relativos al censo de cabezas de ganado por explotación y días de engorde en los ganados bovino, caprino, ovino, porcino, equino, avícola (excepto avestruces) y cunícola.

Tabla 65. Información de explotaciones ganaderas. Año 2023.

INFORMACIÓN EXPLOTACIONES GANADERAS			
Tipo de ganado	Censo de cabezas de ganado (unid.)	Días de engorde por tipo de ganado	Población Promedio Anual (AAP) [Cabezas al año]
Bovino (lechera)	81	365	81
Bovino (resto)	3.272	365	3.272
Equino	188	365	188
Ovino	67.993	90	16.765,4
Caprino	946	365	946,00
Porcino	51.266	180	25.281,86
Conejos	812	365	812,00
Aves (Excepto avestruces)	261.128	49	35.055,54

En base a los datos anteriores, se calculan las emisiones por fermentación entérica por tipo de ganado:

Tabla 66. Emisiones directas subsector ganadero (fermentación entérica). Año 2023.

EMISIONES GANADERÍA – FERMENTACIÓN ENTÉRICA									
Categoría	Bovino (lechera)	Bovino (resto)	Equino	Ovino	Caprino	Porcino	Cunícola	Aves (Excepto avestruces)	TOTAL
CH₄ (t/año)	10,21	170,14	3,38	83,83	4,73	37,92	1,62	0,00	311,84

12.4.3 Gestión del estiércol

Durante la gestión del abono producido por el ganado (estiércol), se generan una serie de gases contaminantes: NH₃, NO_x, COVNM, TSP, PM₁₀, PM_{2,5} y CH₄. Los factores de emisión de estos contaminantes dependen, al igual que en la fermentación entérica, de la Población Promedio Anual y el tipo de ganado, con lo que la información de partida será la misma que la utilizada en el apartado de fermentación entérica.

Tabla 67. Emisiones directas subsector ganadero (gestión de estiércol). Año 2023.

EMISIONES GANADERÍA – GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (t/año)								
Gas	Bovino (lechera)	Bovino (resto)	Equino	Ovino	Caprino	Porcino	Cunícola	Aves (Excepto avestruces)
CH ₄ (t/año)	2,75	32,72	0,44	4,69	0,19	227,54	0,06	0,81
N ₂ O (t/año)	4,44E-02	2,78E-03	1,47E-02	0,00	0,00	1,45E-03	0,00	0,12
COVNM (t/año)	1,45	29,13	1,46	4,68	0,59	28,51	0,05	4,79
NH ₃ (t/año)	2,14	32,72	2,97	23,47	1,32	305,91	0,02	5,96
PM _{2,5} (t/año)	0,03	0,59	0,03	0,34	0,02	0,15	0,00	0,09
PM ₁₀ (t/año)	0,05	0,88	0,04	1,01	0,06	3,03	0,01	1,05
TSP (t/año)	0,11	1,93	0,09	2,35	0,13	16,35	0,01	4,03

12.4.4 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

A modo de resumen, se incluye a continuación una tabla con el total de emisiones para todo el sector agrícola y ganadero, para el año 2023:

Tabla 68. Emisiones directas sector agricultura y ganadería. Año 2023.

Contaminante	Agricultura	Ganadería	TOTAL
NH ₃ [t/año]	8,58	374,52	383,10
NO ₂ [t/año]	6,86	1,84	8,70
N ₂ O [t/año]	1,72	0,15	1,87
COVNM [t/año]	3,38	70,65	74,03
PM ₁₀ [t/año]	6,14	6,13	12,27
PM _{2.5} [t/año]	0,24	1,25	1,48
TSP [t/año]	6,14	25,01	31,14
CH ₄ [t/año]	NA	581,04	581,04
CO ₂ eq	455,80	14.566,92	15.021,55

Se muestra a continuación una tabla con los valores de emisiones para CO₂ eq en este sector en los diferentes años en los que se ha calculado este inventario de emisiones. Los resultados se muestran

como datos anuales, tanto para consumos como para emisiones. En este caso no se muestra la variación de las emisiones respecto al año base (2005) porque en dicho año no se realizaron cálculos para este sector, por lo que el primer año de cálculo fue 2015.

Tabla 69. Tendencias de emisiones en el sector Agricultura y Ganadería. Año 2015-2023.

TENDENCIAS EMISIONES SECTOR AGRICULTURA Y GANADERÍA (2015-2023)	
Año	Emisiones CO ₂ eq Directas [t/año]
2015	9.097,00
2019	87.588,87
2021	20.475,19
2023	15.021,55

Se observa que, respecto al primer año de cálculo, las emisiones aumentaron considerablemente en 2019 debido previsiblemente a un ajuste en el alcance del estudio. Posteriormente, en 2021 se redujeron las emisiones significativamente, debido posiblemente al reporte de menor actividad ganadera. Por último, en 2023 las emisiones continúan con la tendencia de reducción, previsiblemente debido al ajuste de factores de emisión y de la cabaña ganadera.

Los mismos datos se muestran también en formato gráfico para facilitar la visualización de las tendencias adquiridas en consumos y emisiones dentro del sector.

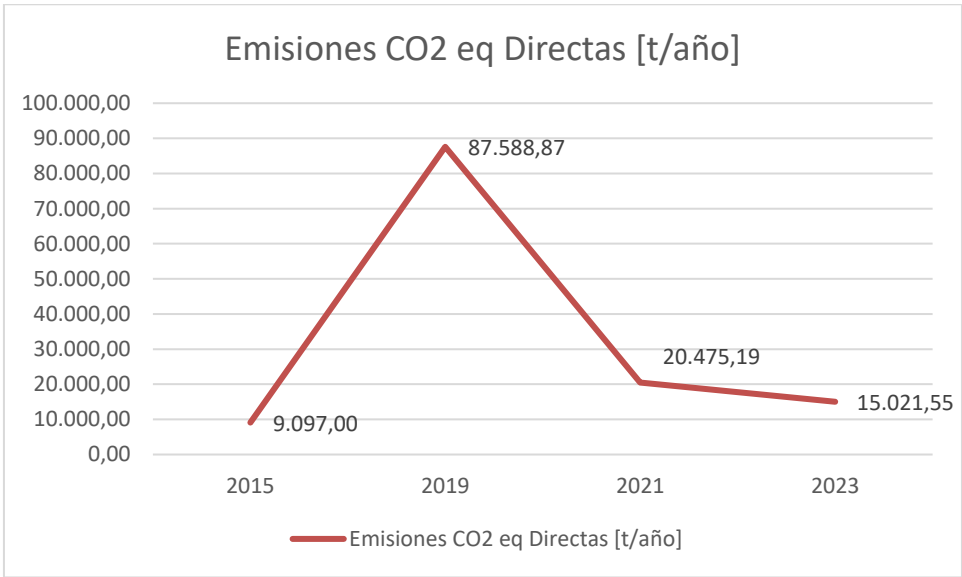


Figura 13. Tendencia de emisiones del sector agricultura y ganadería. Años 2019-2023.

13. ABSORCIONES ASOCIADAS AL ARBOLADO URBANO

13.1 Organismos participantes

- Vegetación urbana:
 - Ayuntamiento de Zaragoza.

13.2 Fuentes de absorción consideradas

Las fuentes de absorción consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos del sector Arbolado urbano han sido las siguientes:

- **Arbolado urbano:** absorción de CO₂ por cada árbol de cada especie dentro de la ciudad de Zaragoza.
- **Áreas reforestadas:** absorción de CO₂ por cada árbol de cada especie de algunos espacios semiurbanos reforestados, en este caso se trata principalmente de áreas reforestadas próximas al Peñaflores y en el barrio de Torrero.

13.3 Contaminantes y factores de absorción considerados

Para el arbolado urbano no se contabilizan emisiones de gases contaminantes, sino que se calculan las absorciones de CO₂ que llevan a cabo los árboles presentes en la ciudad. Esta vegetación es capaz de realizar una absorción de CO₂ durante su actividad biológica diaria, lo que se puede utilizar como una herramienta de compensación de las emisiones provenientes de otros sectores contemplados en este inventario.

El arbolado puede ayudar a reducir la contaminación del aire de tres formas distintas: por el aporte de oxígeno resultado de la fotosíntesis, porque diluyen el aire contaminado, y por su capacidad de absorción y retención de contaminantes. Además, la presencia de vegetación ayuda a aminorar los efectos de la contaminación, absorbiendo el ruido, atrapando el polvo, reciclando el dióxido de carbono y absorbiendo y rompiendo algunos contaminantes gaseosos.

Para realizar este estudio se necesita poder evaluar la absorción total de CO₂ asociada al arbolado urbano, por lo que el primer paso es realizar un inventario de los árboles existentes en la ciudad de Zaragoza, en el 2023. Según la guía publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica en 2021, bajo la metodología EX ANTE [19], se necesita conocer el número de árboles, altura, perímetro y edad de cada árbol para poder estimar su absorción. Por ello, se ha realizado una solicitud de datos al Ayuntamiento de Zaragoza, quien se ha facilitado un inventario del arbolado urbano que se encuentra dentro del casco urbano, incluyendo su distrito, la unidad de gestión, matrícula, especie, fecha de plantación, coordenadas de localización, perímetro de tronco y cantidad.

Además, en 2023 se han introducido nuevas zonas de arbolado reforestado dentro del alcance de este sector, incluyendo aquí zonas reforestadas con pino carrasco, situadas principalmente dentro de los barrios de Peñaflores y Torrero.

A la hora de realizar los cálculos de absorciones en función de la especie y los datos recopilados, finalmente se trabajó siguiendo la metodología desarrollada por Gregorio Montero, Ricardo Ruiz-Peinado y Marta Muñoz, de título “Producción de Biomasa y Fijación de CO₂ por los bosques españoles” [19], fuente de la cual se han obtenido también los factores de emisión utilizados para cada una de las especies.

13.4 Resultados del inventario de emisiones 2023

Siguiendo la metodología establecida, se ha calculado para cada unidad de cada especie, las toneladas anuales capturadas de CO₂. A continuación se muestran el total de árboles que se han considerado dentro del sector:

- 161.012 árboles urbanos.
- 1.800.000 árboles reforestados.

Por otro lado, se han calculado las toneladas de CO₂ absorbidas por especie, teniendo en cuenta factores de emisión asociados a aspectos como la especie, edad o diámetro del tronco.

En el caso de las zonas de árboles reforestados, y según datos facilitados por el Ayuntamiento de Zaragoza, se ha considerado únicamente la presencia de la especie pino carrasco (*Pinus halepensis*), con una densidad media de reforestación de unos 600 pies/ha., y una edad media de unos 60 años.

En la siguiente figura se puede observar la representación de las especies de arbolado urbano mayoritarias existentes en la ciudad de Zaragoza y las unidades de cada una de ellas para 2023.

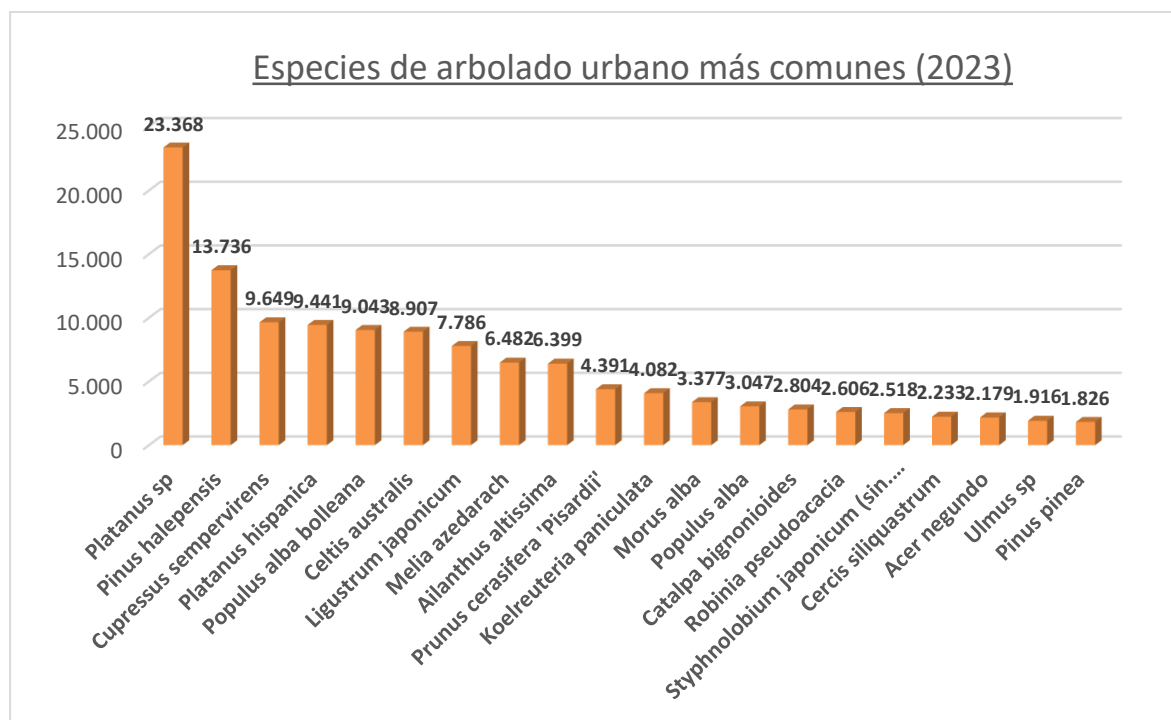


Figura 14. Especies mayoritarias de arbolado urbano en Zaragoza. Año 2023.

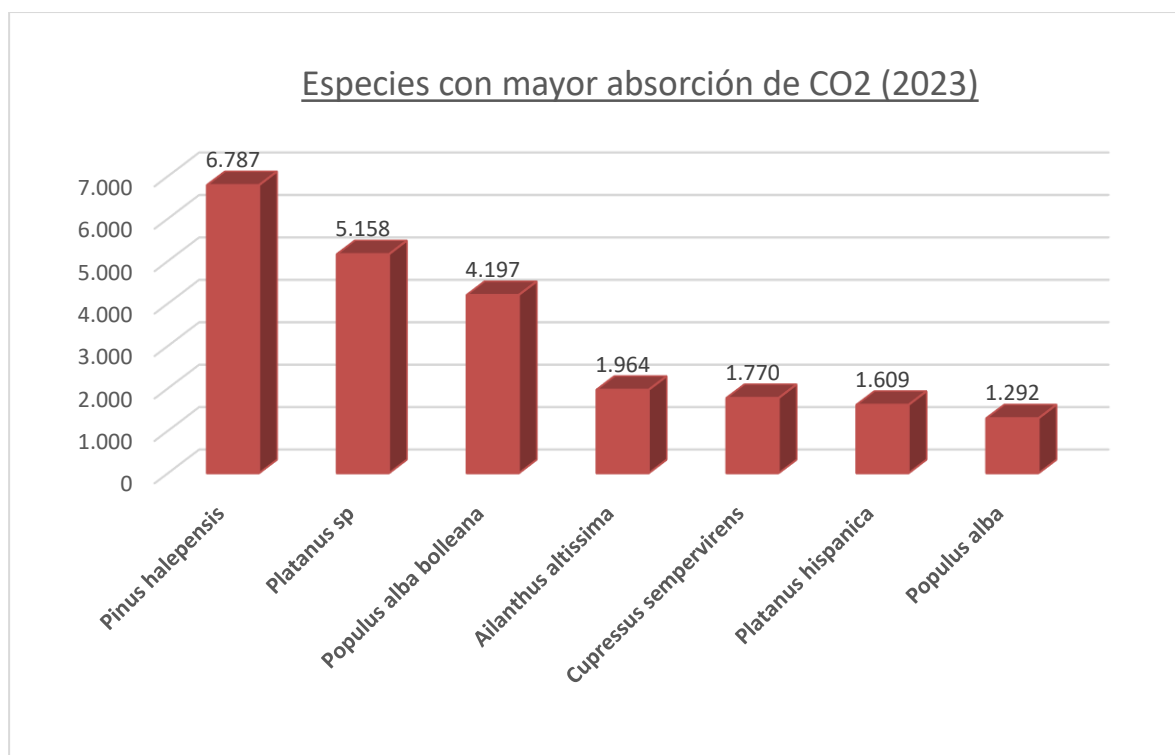


Figura 15. Captura de CO₂ de las especies de arbolado mayoritarias. Año 2023.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el pino carrasco (*Pinus halepensis*) es el árbol más común y también el que más absorción representa respecto al total, seguido del Platanero (*Platanus sp.*) y el álamo blanco (*Populus alba bolleana*). No obstante, existen otras especies que, aunque no estén representadas en la figura, también se han incluido en los cálculos de absorción.

A continuación se presenta una tabla donde se exponen las absorciones de CO₂ calculadas para el arbolado urbano y de reforestación en el año 2023 en el municipio de Zaragoza.

Tabla 70. Absorciones de arbolado urbano y de reforestación. Año 2023.

ABSORCIÓN DE CO ₂ POR ARBOLADO	
Especie	[ton/año]
Arbolado urbano	
<i>Pinus halepensis</i>	6.787
<i>Platanus sp.</i>	5.158
<i>Populus alba bolleana</i>	4.197
<i>Ailanthus altissima</i>	1.964
<i>Cupressus sempervirens</i>	1.770
<i>Platanus hispanica</i>	1.609
<i>Populus alba</i>	1.292
Resto especies	11.746
Arbolado reforestación	
<i>Pinus halepensis</i>	243.302

13.4.1 Absorciones totales y comparativa con años anteriores

Únicamente se disponen datos de absorciones del arbolado urbano desde el inventario de emisiones de 2019, y las áreas reforestadas han sido incluidas por primera vez en el alcance en 2023, por lo que el análisis de tendencias es complejo hasta que no se disponga de un histórico más completo. En la siguiente tabla se puede observar la comparativa de ambos años en cuanto a la cantidad total de árboles y la absorción total de emisiones.

Tabla 71. Tendencias de absorciones y unidades de arbolado. Años 2019-2023.

TENDENCIAS ABSORCIONES Y UNIDADES DE ARBOLADO (2019-2023)			
	2019	2021	2023
Unidades arbolado urbano	145.186	157.494	161.012
CO ₂ absorbido por arbolado urbano (t/año)	24.530,00	29.736,00	34.521,05
Unidades arbolado forestal	-	1.800.000	1.800.000
CO ₂ absorbido por arbolado reforestación (t/año)	NE	233.931,80	243.302,38
CO ₂ absorbido total (t/año)	24.530	263.667,80	277.823,44

Las absorciones de CO₂ procedentes del arbolado urbano aumentan en un 2,23% respecto al inventario anterior, lo cual se justifica por el aumento en el número de árboles en unas 3.500 unidades. No obstante, la mayor parte de las absorciones del sector son llevadas a cabo por el arbolado de zonas reforestadas, que representa un 87,57% del total de las absorciones.

14. AGRADECIMIENTOS

El Ayuntamiento de Zaragoza agradece profundamente a todos los participantes en este inventario de emisiones su compromiso y colaboración en la recopilación de datos, los cuales han sido esenciales para el éxito de este proyecto. Gracias a su esfuerzo, ha sido posible reunir información clave que ayudará a entender mejor las emisiones locales y avanzar hacia la implementación de soluciones efectivas para un futuro más sostenible.

15. REFERENCIAS

1. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023 — European Environment Agency Available online: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023> (accessed on 18 December 2024).
2. Calvo Buendia, E.; Tanabe, K.; Kranjc, A.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Ngarize, S.; Osako, A.; Pyrozhenko, Y.; Shermanau, P.; Federici, S. (eds) *IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*; Published: IPCC, Switzerland., 2019; ISBN 978-4-88788-232-4.
3. Estructura Generacion | Red Eléctrica Available online: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion> (accessed on 19 December 2024).
4. Instituto Nacional de Estadística (INE) Zaragoza: Población Por Municipios y Sexo. (2907) Available online: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2907> (accessed on 3 May 2024).
5. Ayuntamiento de Zaragoza Cifras de Zaragoza. Datos Demográficos Del Padrón Municipal de Habitantes. 2021. Publicación Municipal. Ayuntamiento de Zaragoza Available online: <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/publicacion-municipal/11992> (accessed on 20 April 2023).
6. Ortego, A., Valero, A., Abadías, A. Environmental Impacts of Promoting New Public Transport Systems in Urban Mobility: A Case Study. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* **2017**, 5, 377–395, doi:<http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.d5.0143>.
7. FACTORES DE EMISIÓN REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO. **2022**.
8. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, M. y A.Urbana. Mapa de Tráfico de La DGC. Año 2021 Available online: <https://mapas.fomento.gob.es/mapatrafico/2021/> (accessed on 21 April 2023).
9. Ayuntamiento de Zaragoza *Revisión Del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Zaragoza*; Zaragoza, 2019;
10. AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) Estadísticas Del Tráfico Aéreo Available online: <https://www.aena.es/es/estadisticas/inicio.html> (accessed on 17 April 2023).
11. MITECO TRANSPORTE AÉREO ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA NOMENCLATURA CÓDIGO LTO Crucero Nacional Internacional Nacional Internacional SNAP 97 Available online: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/0805_transporte_aereo_tcm30-446885.pdf (accessed on 18 April 2023).
12. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico *Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*; 2022;
13. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Calculadora de Huella de Carbono Para Organizaciones Del Sector Agrícola 2007-2023 Available online: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y->

- medidas/calculadoras.html#huella-de-carbono-de-una-explotacion-agricola_-
alcance-1_2 (accessed on 19 December 2024).
14. Calvo Buendia, E.; Tanabe, K.; Kranjc, A.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Ngarize, S.; Osako, A.; Pyrozhenko, Y.; Shermanau, P.; Federici, S. (eds) *IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*; Published: IPCC, Switzerland., 2019; ISBN 978-4-88788-232-4.
 15. García-Serrano, P.; Juan, J.; Lucena, J.; Sebastián, M.; Criado, R.; García, M.N.; López Bellido, L.; Betrán, J.; Álvaro, A.; Monreal, R.; et al. GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA P AUTORES PARTE I PARTE II.
 16. SINGEAR. Gobierno de Aragón Available online: <https://www.aragon.es/-/singear> (accessed on 19 November 2024).
 17. García-Serrano, P.; Juan, J.; Lucena, J.; Sebastián, M.; Criado, R.; García, M.N.; López Bellido, L.; Betrán, J.; Álvaro, A.; Monreal, R.; et al. GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA P AUTORES PARTE I PARTE II.
 18. Datasets - Datos Abiertos Aragón Open Data. Gobierno de Aragón Available online: <https://opendata.aragon.es/datos/catalogo/dataset/datos-del-registro-de-explotaciones-ganaderas-de-aragon-rega-y-de-nucleos-zoologicos> (accessed on 19 November 2024).
 19. Montero, G.; Ruiz-peinado, R.; Muñoz, M. Producción de Biomasa y Fijación de CO2 Por Los Bosques Españoles. *Monografías INIA* **2005**, 13, 274.

