



Pacto de las Alcaldías
para el Clima y la Energía
EUROPA

zero
EMISSIONS | 20
ZARAGOZA | 30

INVENTARIO DE EMISIONES

DEL MUNICIPIO DE ZARAGOZA

AÑO 2021

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 2024

ÍNDICE

| | |
|---|------------|
| ACRÓNIMOS | 8 |
| 1. RESUMEN EJECUTIVO | 9 |
| 1.1 Tendencias de emisiones y absorciones | 9 |
| 1.2 Tendencias de las emisiones por gas y sector..... | 11 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 13 |
| 2.1 OBJETIVOS..... | 14 |
| 3. ÁMBITO GEOGRÁFICO | 15 |
| 4. METODOLOGÍA | 16 |
| 5. SECTORES DE EMISIÓN | 19 |
| 6. EMISIONES SECTOR RESIDENCIAL | 20 |
| 6.1 Organismos participantes | 20 |
| 6.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 20 |
| 6.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 20 |
| 6.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 22 |
| 6.4.1 Emisiones directas | 22 |
| 6.4.2 Emisiones indirectas | 26 |
| 6.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 26 |
| 7. EMISIONES SECTOR TRANSPORTE | 30 |
| 7.1 Organismos participantes | 30 |
| 7.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 30 |
| 7.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 30 |
| 7.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 37 |
| 7.4.1 Transporte público..... | 37 |
| 7.4.2 Flota Municipal | 41 |
| 7.4.3 Transporte privado | 42 |
| 7.4.4 Subsector transporte aéreo..... | 47 |
| 7.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 49 |
| 8. EMISIONES SECTOR INSTITUCIONAL Y SERVICIOS | 55 |
| 8.1 Organismos participantes | 55 |
| 8.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 55 |
| 8.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 56 |
| 8.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 57 |
| 8.4.1 Subsector Servicios | 58 |
| 8.4.2 Subsector Institucional | 63 |
| 8.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 72 |
| 9. EMISIONES SECTOR RESIDUOS | 84 |
| 9.1 Organismos participantes | 84 |
| 9.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 84 |
| 9.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 84 |
| 9.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 88 |
| 9.4.1 Cremaciones | 89 |
| 9.4.2 Incineración de lodos de depuradora | 91 |
| 9.4.3 Tratamiento de aguas residuales..... | 91 |
| 9.4.4 Vertederos | 93 |
| 9.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 95 |
| 10. EMISIONES SECTOR INDUSTRIAL | 101 |

| | |
|--|------------|
| 10.1 Organismos participantes | 101 |
| 10.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 101 |
| 10.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 101 |
| 10.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 101 |
| 10.4.1 Alimentación y bebidas..... | 105 |
| 10.4.2 Productos metálicos y siderurgia..... | 106 |
| 10.4.3 Electrónica | 107 |
| 10.4.4 Papel y productos de papel | 108 |
| 10.4.5 Industria química | 109 |
| 10.4.6 Industria del vidrio..... | 110 |
| 10.4.7 Otros sectores..... | 111 |
| 10.4.8 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 112 |
| 11. EMISIONES SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO | 114 |
| 11.1 Organismos participantes | 114 |
| 11.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 114 |
| 11.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 115 |
| 11.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 117 |
| 11.4.1 Aplicación de abono inorgánico en seco y en regadío..... | 117 |
| 11.4.2 Fermentación entérica..... | 119 |
| 11.4.3 Gestión del estiércol | 120 |
| 11.4.4 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 120 |
| 12. EMISIONES IPPU Y GASES FLUORADOS | 124 |
| 12.1 Organismos participantes | 124 |
| 12.2 Fuentes de emisión consideradas..... | 124 |
| 12.3 Contaminantes y factores de emisión considerados | 124 |
| 12.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 126 |
| 12.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores | 127 |
| 13. ABSORCIONES ASOCIADAS AL ARBOLADO URBANO | 129 |
| 13.1 Organismos participantes | 129 |
| 13.2 Fuentes de absorción consideradas..... | 129 |
| 13.3 Contaminantes y factores de absorción considerados | 129 |
| 13.4 Resultados del inventario de emisiones 2021 | 130 |
| 13.4.1 Absorciones totales y comparativa con años anteriores | 131 |
| 14. AGRADECIMIENTOS..... | 134 |
| 15. REFERENCIAS..... | 135 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Tendencia de emisiones totales de gases de efecto invernadero (2005-2021). Dato en t CO ₂ equivalente..... | 9 |
| Tabla 2. Total de GEI (en t CO ₂ eq) por sector. Tendencias desde 2005..... | 10 |
| Tabla 3. Emisiones y factor de emisión de CO ₂ equivalente de la generación (tCO ₂ eq/MWh). Sistema eléctrico nacional. | 17 |
| Tabla 4. Factores de emisión para GEI (Red Eléctrica Española)..... | 18 |
| Tabla 5. Factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas del sector residencial (gas natural, gasóleo y biomasa)..... | 21 |
| Tabla 6. Factor de conversión utilizados en el cálculo de las emisiones indirectas del sector residencial. | 21 |
| Tabla 7. Población de Zaragoza ciudad y barrios rurales. | 22 |
| Tabla 8. Consumo de energía térmica residencial por fuente de energía para 2021..... | 23 |
| Tabla 9. Consumo de energía térmica residencial por habitante y año para 2021. | 23 |
| Tabla 10. Población y emisiones directas de los edificios residenciales por barrio para 2021. Dato en toneladas..... | 25 |
| Tabla 11. Emisiones indirectas para 2021..... | 26 |
| Tabla 12. Consumo de energía eléctrica residencial por habitante y año para 2021..... | 26 |
| Tabla 13. Emisiones de CO ₂ y evolución desde 2005..... | 27 |
| Tabla 14. Variación del consumo de energía en comparación con 2005, 2015 y 2019..... | 27 |
| Tabla 15. Comparación emisiones directas domésticas con 2005, 2015 y 2019..... | 28 |
| Tabla 16. Comparación consumo eléctrico doméstica con 2005, 2015 y 2019..... | 29 |
| Tabla 17. Comparación emisiones indirectas domésticas con 2005, 2015 y 2019 [t/año]..... | 29 |
| Tabla 18. Factores de emisión para el transporte público..... | 31 |
| Tabla 19. Factores de emisión de turismos por tipo de combustible..... | 32 |
| Tabla 20. Factores de emisión del resto de vehículos del transporte privado por combustible. | 34 |
| Tabla 21. Factor de emisión del mix eléctrico de España entre 2019 y 2021..... | 36 |
| Tabla 22. Factores de emisión para el subsector de transporte aéreo..... | 36 |
| Tabla 23. Información solicitada para calcular las emisiones del sector transporte..... | 37 |
| Tabla 24. Resumen de la información asociada al transporte público de Zaragoza en 2021..... | 39 |
| Tabla 25. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 de transporte público en 2021..... | 40 |
| Tabla 26. Emisiones directas de contaminantes atmosféricos (alcance 1) del transporte público en 2021..... | 41 |
| Tabla 27. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 de la flota municipal en 2021..... | 42 |
| Tabla 28. Emisiones directas para vehículos municipales. 2021..... | 42 |
| Tabla 29. Distribución de la flota de vehículos privados y comerciales de Zaragoza. Datos de 2021..... | 43 |
| Tabla 30. Kilometraje y consumo urbano, circunvalaciones y accesos. 2021..... | 46 |
| Tabla 31. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 de transporte privado en 2021..... | 46 |
| Tabla 32. Emisiones directas para vehículos urbanos, circunvalaciones y accesos. Datos de 2021..... | 47 |
| Tabla 33. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 del transporte aéreo en 2021..... | 48 |
| Tabla 34. Emisiones directas para tráfico aéreo 2021..... | 49 |
| Tabla 35. Emisiones para sector transporte 2021..... | 50 |
| Tabla 36. Consumo y emisiones para subsector carretera desde 2005..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Tabla 37. Comparación de distancia recorrida y emisiones del transporte público de 2005 a 2021. | 51 |
| Tabla 38. Comparación de consumos y emisiones de la flota municipal de 2005 a 2021 | 52 |
| Tabla 39. Variación de kilómetros del transporte privado..... | 52 |
| Tabla 40. Comparación de la distribución de la flota de vehículos por tipo de tecnología. | 53 |
| Tabla 41. Comparación de consumos y emisiones del transporte privado de 2005 a 2021..... | 53 |
| Tabla 42. Comparación emisiones tráfico aéreo..... | 54 |
| Tabla 43. Emisiones para subsector aéreo desde 2005. | 54 |
| Tabla 44. Factores de emisión de consumos de agua caliente sanitaria y calefacción (emisiones directas) para el sector institucional y servicios, en kg/kWh..... | 56 |
| Tabla 45. Consumos eléctricos y térmicos para el subsector servicios. Año 2021. | 59 |
| Tabla 46. Emisiones directas (asociadas a consumos térmicos) del subsector servicios. Dato en toneladas. 2021. | 60 |
| Tabla 47. Emisiones Indirectas (asociadas a consumos de energía eléctrica) del subsector servicios. Dato en toneladas de CO ₂ . 2021. | 62 |
| Tabla 48. Total de emisiones de CO ₂ (directas e indirectas) del subsector servicios. Año 2021. | 62 |
| Tabla 49. Emisiones por tipo de gas, subsector servicios, 2021. Datos en t/año. | 63 |
| Tabla 50. Consumos eléctricos y térmicos para sector institucional. Datos en kWh/año. Año 2021. | 65 |
| Tabla 51. Emisiones directas subsector institucional (asociadas a consumos térmicos). Año 2021. Datos en toneladas anuales. | 66 |
| Tabla 52. Total de emisiones de CO ₂ (directas e indirectas) del subsector institucional. Datos en toneladas anuales. Año 2021. | 70 |
| Tabla 53. Emisiones por tipo de gas, subsector institucional, 2021. Datos en t/año. | 71 |
| Tabla 54. Evolución de los porcentajes que representan (respecto al total) los consumos de energía térmica y eléctrica en los subsectores institucional y servicios, periodo 2015-2021. | 72 |
| Tabla 55. Consumos eléctricos y térmicos para el subsector servicios (MWh). Tendencia 2015-2021. | 73 |
| Tabla 56. Consumos eléctricos y térmicos para el subsector institucional (MWh). Tendencia 2015-2021..... | 76 |
| Tabla 57. Emisiones de CO ₂ del subsector servicios (directas + indirectas) desde 2005. Datos anuales. | 79 |
| Tabla 58. Emisiones de CO ₂ del subsector institucional (directas + indirectas) desde 2005. Datos anuales. | 79 |
| Tabla 59. Emisiones totales de CO ₂ del sector institucional y servicios (directas + indirectas) desde 2005. Datos anuales. | 80 |
| Tabla 60. Emisiones totales por tipo de gas, subsector servicios (indirectas + directas). Comparativa 2015-2021. Datos anuales..... | 81 |
| Tabla 61. Emisiones totales por tipo de gas, subsector institucional (indirectas + directas). Comparativa 2015-2021. Datos anuales. | 81 |
| Tabla 62. Emisiones totales por tipo de gas (servicios + institucional). Año Comparativa 2015-2021. Datos anuales. | 82 |
| Tabla 63. Factores de emisión del subsector de cremaciones..... | 85 |
| Tabla 64. Factores de emisión del subsector de incineración de lodos..... | 86 |
| Tabla 65. Factores de emisión del subsector de tratamiento de aguas..... | 87 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 66. Factores de emisión del subsector de vertederos..... | 88 |
| Tabla 67. Emisiones cremaciones. Datos en toneladas anuales. Año 2021..... | 90 |
| Tabla 68. Emisión directa de incineración de lodos. Datos en toneladas anuales..... | 91 |
| Tabla 69. Emisiones totales EDAR La Cartuja..... | 92 |
| Tabla 70. Emisiones totales EDAR La Almozara..... | 93 |
| Tabla 71. Emisiones totales EDAR Alfocea..... | 93 |
| Tabla 72. Emisiones totales de las tres EDAR tratamiento de aguas..... | 93 |
| Tabla 73. Emisiones directas CTRUZ. 2021..... | 94 |
| Tabla 74. Emisiones directas totales CTRUZ..... | 95 |
| Tabla 75. Emisiones totales directas residuos..... | 96 |
| Tabla 76. Resumen de emisiones directas asociadas al sector residuos desde 2005..... | 96 |
| Tabla 77. Emisiones directas asociadas a la cremación. Comparación desde 2015..... | 97 |
| Tabla 78. Emisiones directas asociadas a la incineración de lodos de depuradora. Comparación desde 2015..... | 98 |
| Tabla 79. Emisiones directas asociadas al tratamiento de agua residual en las EDAR. Comparación desde 2015..... | 99 |
| Tabla 80. Emisiones directas asociadas al vertedero. Comparación desde 2015..... | 99 |
| Tabla 81. Emisiones directas asociadas al sector residuos. Comparación con 2015. Datos en toneladas..... | 100 |
| Tabla 82. Factores de emisión para el sector industrial..... | 102 |
| Tabla 83. Emisiones directas industriales..... | 103 |
| Tabla 84. Emisiones indirectas industriales..... | 104 |
| Tabla 85. Consumos y emisiones del subsector Alimentación y bebidas..... | 105 |
| Tabla 86. Consumos y emisiones del subsector Productos metálicos y siderurgia..... | 106 |
| Tabla 87. Consumos y emisiones del subsector Electrónica..... | 107 |
| Tabla 88. Consumos y emisiones del subsector Papel y productos de papel..... | 108 |
| Tabla 89. Consumos y emisiones del subsector químico..... | 109 |
| Tabla 90. Consumos y emisiones del subsector del vidrio..... | 110 |
| Tabla 91. Consumos y emisiones del subsector Diversos..... | 111 |
| Tabla 92. Emisiones de CO ₂ (t/año) por cada subsector durante el 2021..... | 112 |
| Tabla 93. Emisiones CO ₂ totales para industria desde 2005..... | 112 |
| Tabla 94. Emisiones industriales totales (directas + indirectas). Comparación desde 2005..... | 113 |
| Tabla 95. Factores de emisión para el subsector agricultura..... | 115 |
| Tabla 96. Factores de emisión para la fermentación entérica del subsector ganadero..... | 116 |
| Tabla 97. Promedio de días de engorde, por tipo de ganado..... | 116 |
| Tabla 98. Factores de emisión para la gestión de estiércoles del subsector ganadero..... | 117 |
| Tabla 99. Tabla resumen del tipo de cultivo, hectáreas, tipología de riego y aplicación de abono inorgánico para 2021..... | 118 |
| Tabla 100. Emisiones totales asociadas al uso de abono inorgánico en secano y regadío..... | 118 |
| Tabla 101. Información de explotaciones ganaderas totalizadas. Año 2021..... | 119 |
| Tabla 102. Emisiones de CH ₄ por fermentación entérica. Año 2021. Dato en toneladas anuales..... | 119 |
| Tabla 103. Emisiones asociadas a la gestión de estiércol. Año 2021. Dato en toneladas anuales..... | 120 |
| Tabla 104. Emisiones totales agricultura y ganadería, año 2021..... | 120 |
| Tabla 105. Emisiones directas totales agrícolas y ganaderas. Dato en toneladas anuales..... | 121 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 106. Emisiones directas de aplicación de abono inorgánico. Comparación con 2015. Dato en toneladas anuales..... | 121 |
| Tabla 107. Emisiones directas fermentación entérica (CH ₄). Comparación con 2015. Dato en toneladas anuales..... | 122 |
| Tabla 108. Emisiones directas gestión del estiércol. Comparación con 2015. Dato en toneladas anuales. | 122 |
| Tabla 109. PCA en toneladas de CO ₂ por tonelada de gas. | 125 |
| Tabla 110. Emisiones directas IPPU + gases fluorados..... | 126 |
| Tabla 111. Emisiones CO ₂ totales para industria desde 2019..... | 127 |
| Tabla 112. Emisiones industriales totales del IPPU del sector industrial + los gases fluorados. ... | 127 |
| Tabla 113. Comparativa de absorciones totales y unidades de arbolado, del 2021 con el 2019.. | 131 |
| Tabla 114. Comparativa de cantidad de especies entre 2019 y 2021..... | 132 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Índice de evolución del agregado de emisiones (año base 2005)..... | 9 |
| Figura 2. Distribución de emisiones brutas de GEI en 2021 por sectores..... | 10 |
| Figura 3. Variación de cada sector respecto al año base (2005)..... | 11 |
| Figura 4. Término municipal de Zaragoza. | 15 |
| Figura 5. Mallado emisiones directas residencial. | 23 |
| Figura 6. Estaciones de aforo (arriba) y red incompleta (abajo). Zaragoza. | 44 |
| Figura 7. Red completa de calles principales. | 45 |
| Figura 8. Emisiones de CO ₂ (%) por cada subsector durante el 2021 | 112 |
| Figura 9. Cantidad de cada uno de los tipos de especie mayoritarias para el año 2021. | 130 |
| Figura 10. Captura de CO ₂ por especie mayoritaria en Zaragoza. Año 2021. | 131 |

ACRÓNIMOS

| | |
|----------|--|
| PPA/AAP | Población Promedio Anual [Average Annual Population] |
| BEV | Vehículo Eléctrico de Batería [Battery Electric Vehicle] |
| C | Confidencial |
| CTAZ | Consortio 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 2021 en 2.122.301,79 toneladas de CO₂ equivalente, lo que supone una reducción de las emisiones del 8 % respecto al inventario anterior (año 2019), y una reducción del 19 % respecto al año 2005 (escenario base).

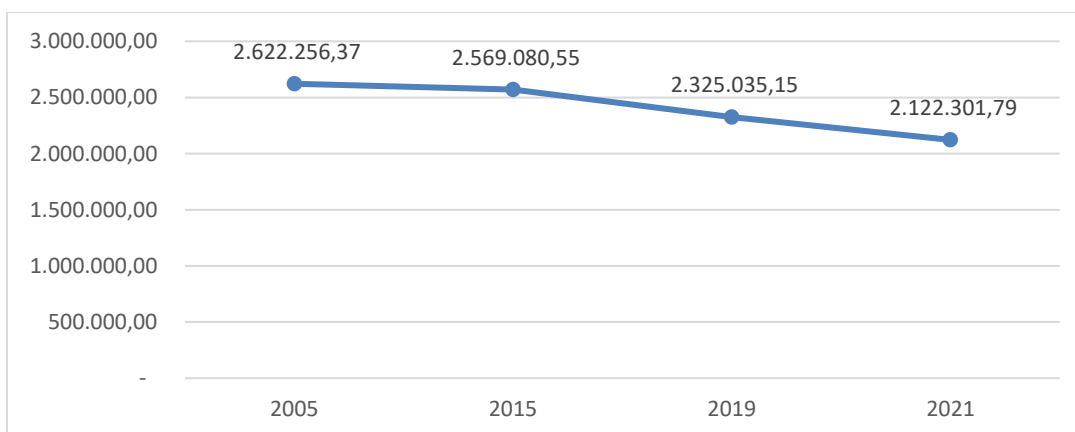


Figura 1. Índice de evolución del agregado de emisiones (año base 2005).

Tabla 1. Tendencia de emisiones totales de gases de efecto invernadero (2005-2021). Dato en t CO₂ equivalente.

| CONTAMINANTE [UNIDAD] | GASES EFECTO INVERNADERO | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
| CO ₂ eq (t/año) | 2.622.256,37 | 2.569.080,55 | 2.325.035,15 | 2.122.301,79 |
| Variación % vs. 2005 | - | -2% | -11% | -19% |

El descenso de emisiones del año 2021, enmarcado en un contexto marcado por la pandemia mundial y la recuperación económica después del cese de las condiciones impuestas por la COVID-19, se deriva de la reducción general de emisiones en el sector residencial e industrial, a pesar del incremento de otros sectores como el transporte, sector institucional y servicios, residuos y agrícola-ganadero.

Esta reducción de emisiones también se presupone que está influida por la creciente integración de las energías renovables dentro del cómputo total de generación energética estatal, las cuáles generan menos emisiones que las energías fósiles. Es decir, cada vez más organizaciones e instituciones consumen energía renovable, especialmente para consumos eléctricos.

Tabla 2. Total de GEI (en t CO₂eq) por sector. Tendencias desde 2005.

| GASES EFECTO INVERNADERO (t CO ₂ eq) | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SECTOR | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
| RESIDENCIAL | 843.145,00 | 645.341,21 | 666.921,53 | 613.154,07 |
| TRANSPORTE | 528.710,00 | 538.383,00 | 465.419,91 | 476.641,62 |
| INSTITUCIONAL Y SERVICIOS | 208.415,37 | 152.165,89 | 75.439,93 | 81.793,62 |
| RESIDUOS | 92.455,00 | 86.000,45 | 99.676,36 | 108.928,92 |
| INDUSTRIAL | 949.531,00 | 1.138.093,00 | 937.820,62 | 840.049,64 |
| AGRÍCOLA Y GANADERO | - | 9.097,00 | 87.588,87 | 20.475,19 |
| ARBOLADO URBANO | - | - | -24.530,00 | -29.736,00 |
| IPPU Y GASES FLUORADOS | - | - | 17.196,92 | 12.433,73 |
| Tendencias agregadas de emisiones y absorciones | 2.622.256,37 | 2.569.080,55 | 2.325.035,15 | 2.122.301,79 |
| Variación % vs. 2005 | - | -2% | -11% | -19% |

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).

Respecto a los resultados de emisiones del año 2021, el sector con más peso dentro del global de las emisiones de GEI es el sector industrial (39,04%), seguido del sector residencial (28,49%) y las actividades de transporte (22,08%). El sector de gestión de los residuos del municipio (5,06%), institucional y servicios (3,80%), la agricultura y ganadería en conjunto (0,95%) y los gases IPPU de procesos industriales (0,58%) se consideran todos ellos minoritarios dentro de los resultados obtenidos.

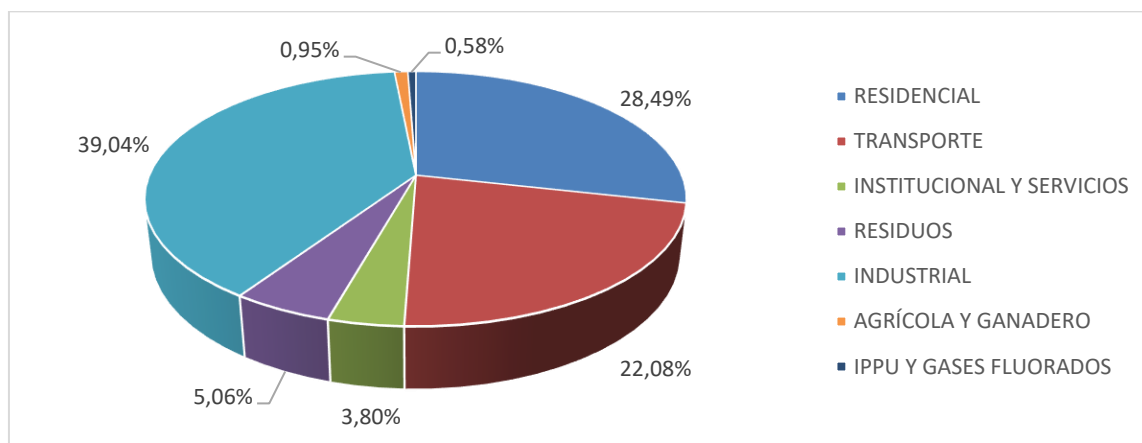


Figura 2. Distribución de emisiones brutas de GEI en 2021 por sectores.

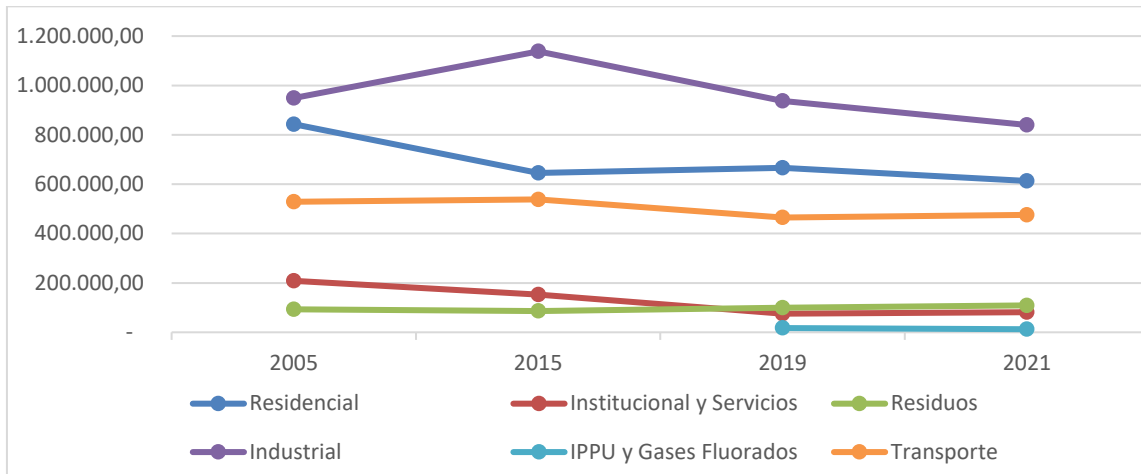


Figura 3. Variación de cada sector respecto al año base (2005).

Por su parte, las absorciones de CO₂ derivadas del arbolado urbano se estimaron para el año 2021 en -29.736 toneladas de CO₂ eq, y compensan el 1 % de las emisiones brutas totales del año de estudio. Además, respecto al inventario anterior de 2019 (que fue el primer año de cálculo de absorciones), han aumentado un 21,22%, debido principalmente al aumento en el número de árboles.

1.2 Tendencias de las emisiones por gas y sector

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

- Residencial (28,49 % del total de las emisiones): el sector experimentó en 2021 una reducción del -27,28% con respecto al 2005 en sus emisiones de CO₂, alcanzado los valores más bajos vistos en este sector desde que se inició el inventario.
- Transporte (22,08% del total de las emisiones): dentro del transporte, el privado representa el 95,3% de las emisiones del sector, seguido por el transporte público (2,7%), transporte aéreo (1,8%) y la flota municipal (0,2%). Respecto al año 2005, el sector presenta una reducción general del -10,12 % de las emisiones, pero si se revisa el periodo entre 2019 y 2021, se evidencia un ligero aumento (+3,2%). Este aumento se debe principalmente al incremento de las emisiones del transporte privado (+6%), mientras los demás subsectores presentan un mejor desempeño en términos de emisiones. Se destaca la reducción (-32%) conseguida por el transporte público entre 2019 y 2021.
- Institucional y Servicios (3,80 % del total de las emisiones): el sector ha experimentado una reducción del 60,75% de las emisiones respecto al escenario base de 2005. No obstante, cabe destacar que respecto al inventario anterior de 2019, han aumentado ligeramente (8,42%). En este sector, los servicios generan más emisiones que las instalaciones institucionales y municipales.
- Residuos (5,06 % del total de las emisiones): aumentan un 17,82% sus emisiones de GEI respecto al 2005, estableciendo una tendencia al alza. Respecto al inventario anterior (2019), el aumento experimentado se debe principalmente al incremento en el número de cremaciones (+16,66%), previsiblemente debido a la pandemia mundial por COVID-19 (y el consiguiente aumento de cremaciones frente al número de entierros), al aumento

progresivo de la incineración de lodos (+6,90%), el aumento de la quema de residuos de vertedero (+14,6%) y un aumento del tratamiento de aguas residuales (+ 11,7%).

- Industria (39,04% del total de las emisiones): en 2021 se estima una reducción de sus emisiones con respecto al 2005 del 11,53% en el sector, sin incluir la parte correspondiente a las emisiones procedentes de los propios procesos industriales (sector IPPU). Analizando la tendencia interanual, exceptuando 2015 se aprecia una tendencia de reducción de las emisiones del sector.
- Agricultura y Ganadería (0,95% del total de emisiones de CO₂): en agricultura y ganadería no se contabilizan emisiones de CO₂, si bien las emisiones del resto de gases sí computan en el cálculo y se comparan con el año base para este sector (primer año de reporte de datos), que es 2015. En el global de este sector, las emisiones totales aumentan un 125,08% respecto al 2015. Este aumento es derivado principalmente de las actividades ganaderas (variaciones en las cabañas ganaderas), ya que las emisiones agrícolas apenas varían.
- Arbolado: las absorciones asociadas al arbolado del municipio se han estimado en -29.736 tCO₂/año, es decir, un 21,22% más respecto a 2019 (primer año de reporte en este sector). Este aumento se debe al crecimiento de las unidades del arbolado, las cuáles han aumentado un 7,81%.
- IPPU y gases fluorados (0,58% del total de las emisiones de CO₂): los procesos industriales presentan en sus emisiones de CO₂ del 2021 con respecto al 2019 (primer año de reporte en este sector), una reducción del 27,70%.

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 2021 en el municipio de Zaragoza. En el sector ganadero se han tenido en cuenta todas las explotaciones que se encuentran dentro del municipio.

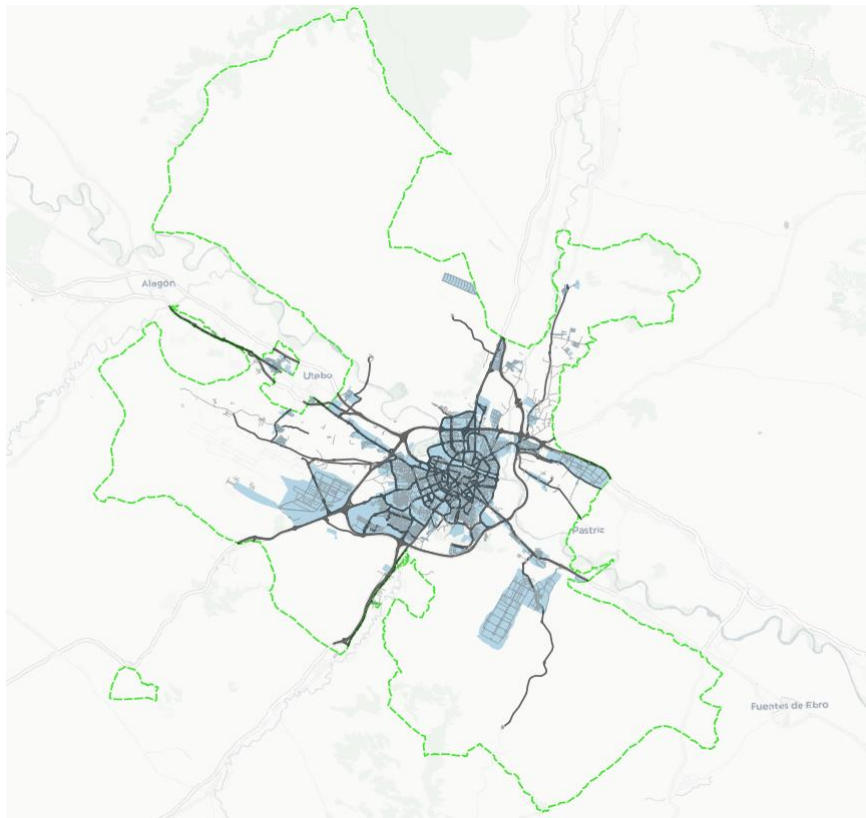


Figura 4. Término municipal de Zaragoza.

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, agrícola-ganadero, IPPU y arbolado urbano.

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

| | |
|-------------------------|---|
| As | Arsénico |
| BC | Black Carbon (aerosoles carbonosos) |
| Cd | Cadmio |
| CH₄ | Metano |
| CO | Monóxido de carbono |
| CO₂ | Dióxido de carbono |
| Cr | Cromo |
| Cu | Cobre |
| HCb | Hexaclorobenceno |
| Hg | Mercurio |
| N₂O | Óxido nitroso |
| NH₃ | Amoníaco |
| Ni | Níquel |
| COVNM | Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano |
| NO₂ | Dióxido de nitrógeno |
| NO_x | Óxidos de nitrógeno |
| Pb | Plomo |
| PCB | Bifenilos Policlorados |
| PCDD/F (kg TEQ) | Dibenzodioxinas policloradas y Dibenzofuranos policlorados (dioxinas y furanos) |
| POP | Persistent Organic Pollutants (Contaminantes orgánicos persistentes) |
| PM₁₀ | Material Particulado con tamaño inferior a 10 micras |
| PM_{2,5} | Material Particulado con tamaño inferior a 2,5 micras |
| Se | Selenio |
| SO₂ | 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 diversos aspectos, como pueden ser 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 2021 con los valores registrados en los anteriores inventarios realizados (2015 y 2019) 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, no contempla todos los contaminantes en su alcance, y por tanto, en algunos sectores y gases no es posible la comparativa.

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* – 2019 [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 asociadas al mix eléctrico español correspondiente al año de estudio (2021), 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 para los últimos 2 años.

Tabla 3. Emisiones y factor de emisión de CO₂ equivalente de la generación (tCO₂eq/MWh). Sistema eléctrico nacional.

| Tecnología | Datos anuales | |
|--|-------------------|-------------------|
| | 2019 | 2021 |
| Carbón | 12.384.273 | 4.865.740 |
| Fuel + Gas | 0 | 0 |
| Motores diésel | 1.998.445 | 1.720.962 |
| Turbina de gas | 675.945 | 451.513 |
| Turbina de vapor | 1.970.362 | 1.007.828 |
| Ciclo combinado | 21.183.920 | 17.393.287 |
| Cogeneración | 11.253.753 | 9.688.053 |
| Residuos no renovables | 533.391 | 780.959 |
| Emisiones totales (tCO₂eq) | 50.000.090 | 35.908.341 |
| Factor de emisión (tCO₂eq/MWh) | 0,19 | 0,14 |

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

Tabla 4. Factores de emisión para GEI (Red Eléctrica Española).

| FACTORES DE EMISIÓN DE GEI | | |
|--|------|------|
| CONTAMINANTE [UNIDAD] | 2019 | 2021 |
| CO ₂ [t CO ₂ eq/MWh] | 0,19 | 0,14 |
| CH ₄ [t/ MWh] | IE | IE |
| N ₂ O [t/ MWh] | IE | IE |

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 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 urbano: absorción conseguida por la masa arbórea urbana.

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 2021
 - Emisiones directas (asociadas a consumos térmicos)
 - Emisiones indirectas (asociadas a consumos eléctricos)
 - Emisiones totales y comparativa con años anteriores

6. EMISIONES SECTOR RESIDENCIAL

6.1 Organismos participantes

A continuación, se citan los organismos que han participado en este inventario mediante la comunicación de información sobre los consumos de hogares del municipio:

- Redexis, S.A. (en adelante, Redexis)
- Naturgy Iberia, S.A. (en adelante, Naturgy)
- Enel S.L. (en adelante, Enel)
- Iberdrola S.A. (en adelante, Iberdrola)
- Hidrocantábrico Distribución Eléctrica, S.A.U. (E-REDES)/ GRUPO EDP (en adelante, EDP)

6.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo del sector residencial han sido las siguientes:

- **Residencial:** consumos asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas), así como consumos de electricidad en las viviendas (emisiones indirectas). Esta información se ha obtenido y segregado por barrio y por celda de 100m x 100m, según mallado del mapa del municipio. Este valor se trata de una simplificación, ya que en realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84, y la malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

6.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

Para la identificación de los factores de emisión aplicables, 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 2019. 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 2019. 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 2019; 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)

Los factores de emisión utilizados dentro del sector residencial para el cálculo de las emisiones directas fueron los siguientes:

Tabla 5. Factores de emisión utilizados en el cálculo de las emisiones directas del sector residencial (gas natural, gasóleo y biomasa).

| | 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] | 5,00 | 10,00 | 300,00 |
| 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] | NE | NE | NE |
| 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 | 1,20E-02 | 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 | 0,2 | 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 | 0,002 | 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 |
| INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [µg/GJ] | 0,84 | 160,00 | 71,00 |
| PAH [g/GJ] | NA | NA | NA |

Así mismo, los factores utilizados determinar las emisiones indirectas procedentes del gas natural y el carbón son los siguientes:

Tabla 6. Factor de conversión utilizados en el cálculo de las emisiones indirectas del sector residencial.

| FACTORES DE EMISIÓN DE GEI | | | |
|--|------|------|------|
| CONTAMINANTE [UNIDAD] | 2019 | 2020 | 2021 |
| CO ₂ [t CO ₂ eq/MWh] | 0,19 | 0,15 | 0,14 |
| CH ₄ [t/ MWh] | IE | IE | IE |
| N ₂ O [t/ MWh] | IE | IE | IE |

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.

| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Población (habitantes) | 647.373 | 702.426 | 716.040 | 675.301 |

6.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

Para calcular estos datos se ha recurrido a una aproximación “arriba-abajo”, mediante la cual se emplean los datos de consumo global de gas natural, gasoil y biomasa del término municipal, para a continuación extrapolarlos a nivel de edificio y celdas de localización de 100m x 100m. A diferencia de inventarios anteriores, ésta es la única aproximación empleada (anteriormente se llevaban a cabo dos aproximaciones: arriba-abajo y abajo-arriba), ya que se ha confirmado la fiabilidad de las fuentes de información y de los datos estadísticos disponibles, así como la baja incertidumbre que presenta la distribución obtenida bajo este enfoque respecto al de abajo-arriba.

6.4.1 Emisiones directas

Los focos de emisión en el caso de las emisiones directas para el sector residencial son las calderas de calefacción y agua caliente, siendo los combustibles estudiados los siguientes: gas natural, derivados del petróleo 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.

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, ha sido necesario establecer una metodología de cálculo mediante extrapolaciones basadas en datos totales, a través de las cuales se ha estimado el consumo individualizado de las viviendas. Este enfoque se conoce como “arriba-abajo”.

Para aplicar esta metodología de cálculo de emisiones, se obtiene el consumo por habitante para poder extrapolarlo a toda la ciudad. En este apartado del inventario, se procedió a dividir la ciudad en barrios, así como en secciones censales. De este modo, cada sección censal fue dividida en celdas de 100m x 100m para poder hacer una matriz capaz de considerar toda la ciudad de Zaragoza y todos los barrios rurales, y poder proporcionar la información en dicho formato. En la siguiente figura se observan en verde las celdas y en negro los edificios. El número total de edificios evaluados fue de 25.811 y de celdas 5.628.

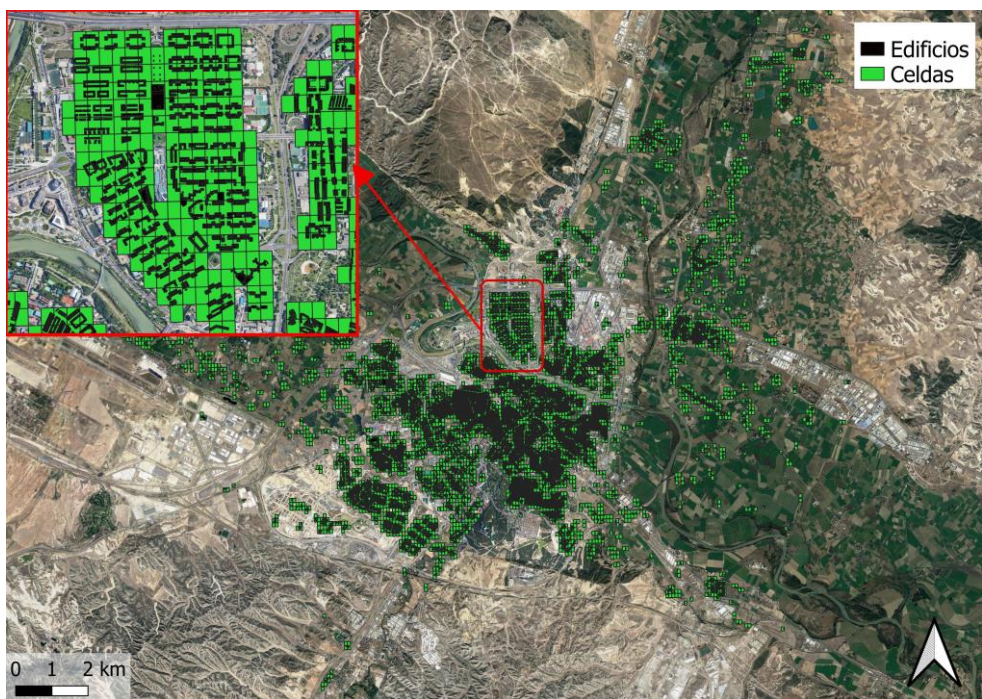


Figura 5. Mallado emisiones directas residencial.

El primer paso en esta metodología ha sido el cálculo de los porcentajes de tipología de calefacción en Zaragoza. Para ello, se han utilizado los datos proporcionados por los distribuidores de combustibles (especificados en el punto 6.1 de este informe). La división de los sistemas de calefacción por tipo de fuente es la siguiente:

Tabla 8. Consumo de energía térmica residencial por fuente de energía para 2021.

| | 2021 | Unidades |
|---|--------------|----------|
| Consumo de energía térmica en el sector residencial | 2.287.994,37 | MWh/año |
| Porcentaje de utilización de Gas Natural | 83,96 | % |
| Porcentaje de utilización de Gasóleo | 15,42 | % |
| Porcentaje de utilización de Biomasa | 0,62 | % |

Como se puede observar, existe un claro predominio del gas natural frente al gasóleo y a la biomasa. A partir del consumo térmico, el segundo paso fue la contabilización de los habitantes de Zaragoza y barrios rurales para poder obtener el consumo medio de energía térmica por habitante para los tres tipos de combustibles evaluados en este estudio.

Tabla 9. Consumo de energía térmica residencial por habitante y año para 2021.

| | 2021 |
|--|---------|
| Número de habitantes | 675.301 |
| Consumo medio de energía térmica por habitante [MWh/año·hab] | 3,39 |

Finalmente, el tercer paso de esta metodología fue obtener el número de habitantes por celdas de 100m x 100m del mapa del municipio (según secciones censales). Para ello se procedió a

superponer al mallado anterior una capa SIG con la siguiente información de los edificios: superficie de base y número de plantas (altura).

Con este mallado, se calcularon los habitantes por edificio multiplicando la densidad de habitantes de la sección censal por la altura del edificio y el área de base del edificio. La densidad de habitantes de la sección censal se obtuvo mediante el cociente entre el número de habitantes de la sección censal y el área habitable de la misma. El área habitable de la sección censal se calculó haciendo la suma de las áreas habitables de los edificios comprendidos dentro de cada sección censal (que estaban englobadas en alguna celda de la malla), siendo esta la obtenida multiplicando la altura de cada edificio por el área base de este. Con el número de plantas y la superficie, se procedió a obtener el número de habitantes por celda y el consumo medio de energía por celda.

A su vez, para poder facilitar el análisis, se procedió a calcular el consumo por barrios conociendo la distribución porcentual por barrios de los habitantes a partir de información de los Datos Demográficos del Padrón Municipal de Habitantes y el total del INE [4]. En base a esta información de consumos de energía térmica por barrio, y utilizando los factores de emisión comentados en el punto 5 de este informe, se ha procedido al cálculo de emisiones directas en cada uno de los barrios.

Tabla 10. Población y emisiones directas de los edificios residenciales por barrio para 2021. Dato en toneladas.

| Barrio - 2021 | Población | [t/año] | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | CO ₂ | CO | SO ₂ | NO _x | N ₂ O | COVNM | CH ₄ | TSP | PM10 | PM2,5 |
| Delicias | 95.396 | 68.779,93 | 23,98 | 14,53 | 53,90 | 0,23 | 1,85 | 8,51 | 0,65 | 0,64 | 0,64 |
| El rabal | 75.620 | 54.522,04 | 19,01 | 11,52 | 42,72 | 0,18 | 1,47 | 6,74 | 0,52 | 0,51 | 0,51 |
| San José | 62.180 | 44.831,65 | 15,63 | 9,47 | 35,13 | 0,15 | 1,21 | 5,54 | 0,43 | 0,42 | 0,42 |
| Actur – Rey Fernando | 55.670 | 40.138,28 | 14,00 | 8,48 | 31,45 | 0,13 | 1,08 | 4,96 | 0,38 | 0,37 | 0,37 |
| Centro | 50.020 | 36.064,29 | 12,58 | 7,62 | 28,26 | 0,12 | 0,97 | 4,46 | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| Universidad | 47.060 | 33.930,23 | 11,83 | 7,17 | 26,59 | 0,11 | 0,91 | 4,20 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| Caso Histórico | 43.103 | 31.077,23 | 10,84 | 6,57 | 24,35 | 0,10 | 0,84 | 3,84 | 0,30 | 0,29 | 0,29 |
| Las Fuentes | 39.955 | 28.807,34 | 10,05 | 6,09 | 22,57 | 0,10 | 0,77 | 3,56 | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| Casablanca* | 48.807 | 35.189,62 | 12,27 | 7,43 | 27,57 | 0,12 | 0,95 | 4,35 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| Torrero – La Paz | 40.983 | 29.549,04 | 10,30 | 6,24 | 23,15 | 0,10 | 0,79 | 3,65 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| Oliver – Valdefierro | 31.287 | 22.558,05 | 7,87 | 4,77 | 17,68 | 0,08 | 0,61 | 2,79 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| La Almozara | 28.103 | 20.262,56 | 7,07 | 4,28 | 15,88 | 0,07 | 0,54 | 2,51 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Santa Isabel | 13.143 | 9.476,34 | 3,30 | 2,00 | 7,43 | 0,03 | 0,25 | 1,17 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Miralbueno | 13.252 | 9.554,57 | 3,33 | 2,02 | 7,49 | 0,03 | 0,26 | 1,18 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Casetas | 6.913 | 4.984,22 | 1,74 | 1,05 | 3,91 | 0,02 | 0,13 | 0,62 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Garrapinillos | 5.593 | 4.032,74 | 1,41 | 0,85 | 3,16 | 0,01 | 0,11 | 0,50 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Montañana | 3.220 | 2.321,80 | 0,81 | 0,49 | 1,82 | 0,01 | 0,06 | 0,29 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Movera | 2.681 | 1.932,82 | 0,67 | 0,41 | 1,51 | 0,01 | 0,05 | 0,24 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Juslibol – El Zorongo | 2.530 | 1.824,01 | 0,64 | 0,39 | 1,43 | 0,01 | 0,05 | 0,23 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| San Juan de Mozarrifar | 2.641 | 1.904,37 | 0,66 | 0,40 | 1,49 | 0,01 | 0,05 | 0,24 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| La Cartuja | 2.027 | 1.461,35 | 0,51 | 0,31 | 1,15 | 0,00 | 0,04 | 0,18 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Monzalbarba | 1.911 | 1.378,14 | 0,48 | 0,29 | 1,08 | 0,00 | 0,04 | 0,17 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Peñaflor | 1.252 | 902,41 | 0,31 | 0,19 | 0,71 | 0,00 | 0,02 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Venta del Olivar | 972 | 701,16 | 0,24 | 0,15 | 0,55 | 0,00 | 0,02 | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| San Gregorio | 603 | 434,49 | 0,15 | 0,09 | 0,34 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Villarrapa | 201 | 145,07 | 0,05 | 0,03 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Alfocea | 155 | 111,65 | 0,04 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Torrecilla | 23 | 16,36 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 675.301,00 | 486.891,72 | 169,78 | 102,86 | 381,52 | 1,63 | 13,10 | 60,22 | 4,62 | 4,54 | 4,54 |

*Incluye Casablanca, Montecanal, Arcosur, Valdespartera y Rosales del Canal.

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP pueden tener el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

6.4.2 Emisiones indirectas

La obtención de las emisiones indirectas se realiza de manera análoga al apartado anterior, solo que contemplando esta vez el consumo eléctrico del sector residencial. Para poder obtener el factor de emisión de cada contaminante, ha sido necesaria la aplicación de factores asociados al mix eléctrico español para el año 2021, y que ha sido obtenido de REE [3]. En base a este mix, se estima que toda energía que no sea carbón, ciclo combinado o cogeneración, no generará emisión alguna durante su operación.

Las emisiones anuales derivadas del uso de electricidad se calculan a partir de los consumos de energía eléctrica y los factores de emisión. Para la obtención de los datos de consumo se consultó a las principales compañías distribuidoras de energía eléctrica mayoritarias en Aragón, quienes facilitaron los datos totales de consumo eléctrico tanto residencial como industrial. Entre las cuatro compañías suministran el 88% de la electricidad consumida en el municipio de Zaragoza. El consumo total de energía eléctrica del 2021 fue: 880.581,83 MWh.

Del mismo modo que con las emisiones directas, las emisiones indirectas han sido también repartidas proporcionalmente por población. Para ello, se ha tomado el consumo eléctrico total y se ha multiplicado por los factores de emisión asociados al mix eléctrico español, según se ha comentado anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11. Emisiones indirectas para 2021.

| | 2021 |
|----------------------------|------------|
| CO ₂ eq [t/año] | 123.281,46 |
| N ₂ O [t/año] | IE |
| CH ₄ [t/año] | IE |

Al considerar el número de habitantes totales y el consumo eléctrico total, se puede deducir el consumo medio de energía eléctrica por habitante en MWh/año·hab:

Tabla 12. Consumo de energía eléctrica residencial por habitante y año para 2021.

| | 2021 |
|--|---------|
| Número de habitantes | 675.301 |
| Consumo medio de energía eléctrica por habitante [MWh/año·hab] | 1,30 |

6.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En esta sección se incluyen los resultados del inventario de emisiones de Zaragoza en el año 2021 dentro del sector residencial comparándolo con los valores registrados en los anteriores inventarios, realizados en los años 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 13. Emisiones de CO₂ y evolución desde 2005.

| | Consumos térmicos [MWh/año] | Emisiones directas CO ₂ [t/año] | Consumo eléctrico [MWh/año] | Emisiones indirectas CO ₂ [t/año] | Emisiones CO ₂ totales [t/año] | Variación de emisiones CO ₂ con respecto al 2005 [%] |
|------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---|---|
| 2005 | 1.665.957,91 | 402.526,00 | 947.567,00 | 440.619,00 | 843.145,00 | - |
| 2015 | 1.866.855,43 | 395.212,00 | 898.924,20 | 248.228,04 | 643.440,04 | -24% |
| 2019 | 2.159.336,37 | 500.098,93 | 866.703,65 | 164.673,69 | 664.772,62 | -21% |
| 2021 | 2.287.994,37 | 487.810,68 | 880.581,83 | 123.281,46 | 611.092,14 | -28% |

Como se puede apreciar, en la tabla anterior se incluyen los resultados totales de emisiones directas (derivadas de las instalaciones de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria) e indirectas (debidas a la producción de la energía consumida en las viviendas).

Emisiones directas

Respecto al consumo de combustibles para uso térmico, los mismos se comparan con la misma información de inventarios anteriores.

Tabla 14. Variación del consumo de energía en comparación con 2005, 2015 y 2019.

| Combustible | MWh/año | | | |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Consumo energía 2005 | Consumo energía 2015 | Consumo energía 2019 | Consumo energía 2021 |
| Gas natural | 751.019,50 | 1.500.140,12 | 1.816.330,15 | 1.921.013,20 |
| Gasóleo | 826.268,68 | 349.693,36 | 326.256,23 | 352.711,17 |
| Biomasa | - | 16.751,95 | 16.750,00 | 14.270,00 |
| Carbón | 88.669,73 | - | - | - |
| TOTAL | 1.665.957,91 | 1.866.855,43 | 2.159.336,37 | 2.287.994,37 |

Como se puede observar, el consumo de gas natural aumenta progresivamente. En el caso del gasóleo, presenta un pequeño aumento con respecto al 2019, terminando con la consecución de años en los que este valor había descendido. A pesar de este leve aumento, la tendencia de consumo del gasóleo es decreciente, en beneficio de otros combustibles como el gas natural, que son más eficientes y cómodos en su uso. El consumo total de energía también ha aumentado con respecto al del 2019, concretamente en un 6%.

En cuanto a las emisiones de contaminantes, se presenta a continuación el resumen de emisiones y su evolución, para los principales contaminantes.

Tabla 15. Comparación emisiones directas domésticas con 2005, 2015 y 2019.

| Gas | t/año | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Emisiones 2005 | Emisiones 2015 | Emisiones 2019 | Emisiones 2021 |
| CO ₂ | 400.081,00 | 403.061,00 | 500.098,93 | 487.810,68 |
| CO | 100,46 | 141,58 | 404,88 | 362,33 |
| SO ₂ | 589,78 | 101,73 | 95,62 | 102,95 |
| NO _x | 466,74 | 318,55 | 390,06 | 382,18 |
| N ₂ O | 53,44 | 1,54 | 1,67 | 1,66 |
| COVNM | 249,66 | 10,54 | 34,34 | 30,64 |
| CH ₄ | 0,55 | 57,69 | 66,05 | 62,69 |
| Partículas totales | 2.441,38 | 14,27 | 13,72 | 13,70 |
| NH ₃ | - | - | 0,01 | 3,80 |
| PM _{2,5} | - | - | 31,55 | 27,43 |
| PM ₁₀ | - | - | 32,15 | 27,95 |
| TSP | - | - | 33,36 | 28,97 |
| BC | - | - | 4,68 | 4,01 |
| C ₆ H ₆ | - | - | 0 | 0 |
| Pb | - | - | 1,65E-03 | 1,41E-03 |
| Cd | - | - | 8,03E-04 | 6,86E-04 |
| Hg | - | - | 8,99E-04 | 8,73E-04 |
| As | - | - | 8,83E-04 | 8,42E-04 |
| Cr | - | - | 1,63E-03 | 1,44E-03 |
| Cu | - | - | 5,15E-04 | 4,74E-04 |
| Ni | - | - | 1,30E-04 | 1,13E-04 |
| Se | - | - | 1,12E-04 | 1,04E-04 |
| Zn | - | - | 0,03 | 0,03 |
| Dioxinas* | - | - | 4,61E-08 | 4,09E-08 |
| Benzo(a)pireno | - | - | 1,05E-04 | 1,12E-04 |
| Benzo[b]furano | - | - | 5,97E-05 | 6,23E-05 |
| INDENO (1,2,3-cd) | - | - | 1,98E-04 | 2,13E-04 |
| PIRENO | - | - | 0,00 | 0,00 |
| PAH | - | - | 0,00 | 0,00 |
| HCB | - | - | 0,00 | 0,00 |
| PCBs | - | - | 3,61E-09 | 3,08E-09 |
| TOTAL POPs | - | - | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL Metales Pesados | - | - | 0,04 | 0,03 |

*Dioxinas se reporta en t I-TEQ/año

Como puede observarse en la tabla anterior, los rangos de resultados por año muestran aumentos o reducciones en las tendencias en función del contaminante. En líneas generales, el aumento de población y del consumo de energía también generan un aumento de emisiones, por lo que es lógico deducir que los contaminantes que han incrementado son debido al aumento en la actividad del consumo. Respecto al contaminante mayoritario (CO₂) se observa que las emisiones de este gas se reducen con respecto al 2019, mientras que el aumento del consumo de energía fue del 6%.

Cabe destacar que los datos de 2005 varían considerablemente respecto al resto de años estudiados, debido probablemente a dos variables: la tendencia en la reducción de consumos y mejora de la eficiencia energética en edificios, que reduce la necesidad de consumos; y la actualización de los factores de emisión en la bibliografía de referencia, que es periódica y tiende normalmente a la baja, lo que supone que en 2005 los factores de emisión eran más altos por cada unidad de combustible, y por tanto el mismo consumo tenía asociadas mayores emisiones que en la actualidad.

Emisiones indirectas

Como se ha comentado en el párrafo anterior, los factores de emisión cada vez son más bajos por unidad de combustible o fuente energética utilizada, lo que implicaría una reducción de emisiones respecto a iguales consumos.

Tabla 16. Comparación consumo eléctrico doméstica con 2005, 2015 y 2019.

| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|----------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Consumo [MWh/año] | 947.567,00 | 898.92,00 | 866.70,00 | 880.581,00 |
| Consumo per cápita [MWh/hab-año] | 1,46 | 1,32 | 1,21 | 1,30 |

Tabla 17. Comparación emisiones indirectas domésticas con 2005, 2015 y 2019 [t/año].

| | Emisiones 2005 | Emisiones 2015 | Emisiones 2019 | Emisiones 2021 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| CO ₂ eq [t/año] | 440.619,00 | 248.303,00 | 164.673,00 | 123.281,00 |

El CO₂ muestra un decrecimiento, en algunos casos muy significativo, debido previsiblemente a la actualización de los factores de emisión y al aumento del uso de energías renovables en los hogares, habiéndose reducido las emisiones de contaminantes en el 2021 en un 73,4% con respecto a las del 2005.

Para conocer las emisiones de GEI totales de este sector, en CO₂eq, es necesario convertir las emisiones directas utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones indirectas que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector residencial, este cálculo resulta en **613.154,07 t CO₂eq** para el año 2021.

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.

7.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

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 unos cálculos sofisticados 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. A continuación, se muestran todos los factores de emisión utilizados para el transporte público (ver Tabla 18), turismos privados (Tabla 19) y otros vehículos de la flota vehicular privada (Tabla 20). 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 18. Factores de emisión para el transporte público.

| g/km o MWh/km | Autobuses urbanos | | | | | |
|-------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | BEV | HEV-e | HEV-d | EURO IV | EURO V | EURO VI |
| Consumo Energía Térmica | 2,20E-03 | 2,20E-03 | 2,80E-03 | 2,29E-03 | 2,80E-03 | 2,80E-03 |
| CO ₂ | 0 | 0 | 704,56 | 709,55 | 682,27 | 704,56 |
| SO ₂ | 0 | 0 | 4,68E-03 | 4,71E-03 | 4,53E-03 | 4,68E-03 |
| COV | 0 | 0 | 3,60E-02 | 5,53E-02 | 2,66E-02 | 3,60E-02 |
| CO | 0 | 0 | 2,00E-01 | 9,82E-01 | 1,83E+00 | 2,00E-01 |
| NO _x | 0 | 0 | 4,45E-01 | 4,79E+00 | 6,07E+00 | 4,45E-01 |
| PM2,5 | 0 | 0 | 3,03E-03 | 3,88E-02 | 3,14E-02 | 3,03E-03 |
| CH ₄ | 0 | 0 | 5,25E-03 | 5,25E-03 | 5,25E-03 | 5,25E-03 |
| COVNM | 0 | 0 | 3,08E-02 | 5,00E-02 | 2,13E-02 | 3,08E-02 |
| N ₂ O | 0 | 0 | 4,15E-02 | 1,28E-02 | 3,32E-02 | 4,15E-02 |
| NH ₃ | 0 | 0 | 9,00E-03 | 2,90E-03 | 1,10E-02 | 9,00E-03 |
| POPs | 0 | 0 | 2,42E-04 | 2,42E-04 | 2,42E-04 | 2,42E-04 |
| Carbono negro - BC | 0 | 0 | 4,55E-04 | 2,91E-02 | 2,35E-02 | 4,55E-04 |
| C6H6 | 0 | 0 | 2,15E-05 | 3,50E-05 | 1,49E-05 | 2,15E-05 |
| Pb | 0 | 0 | 2,81E-07 | 8,84E-08 | 8,50E-08 | 2,81E-07 |
| Cd | 0 | 0 | 4,68E-08 | 1,18E-08 | 1,13E-08 | 4,68E-08 |
| Hg | 0 | 0 | 2,04E-06 | 1,25E-06 | 1,20E-06 | 2,04E-06 |
| Total Metales Pesados | 0 | 0 | 1,33E-05 | 9,03E-06 | 8,68E-06 | 1,33E-05 |

Tabla 19. Factores de emisión de turismos por tipo de combustible

| g/km o MWh/km 30 km/h | Grupo | Turismos | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | 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 |
| Consumo Energía Térmica | | 8,00E-04 | 8,00E-04 | 8,00E-04 | 6,00E-04 | 6,00E-04 | 6,00E-04 | 4,00E-04 | 7,00E-04 | 8,00E-04 |
| CO ₂ | 2 | 177,94 | 181,50 | 181,50 | 177,11 | 177,11 | 177,11 | 85,01 | 171,45 | 150,45 |
| SO ₂ | 2 | 1,30E-03 | 1,30E-03 | 1,30E-03 | 1,00E-03 | 1,00E-03 | 1,00E-03 | 6,20E-04 | 0 | 0 |
| COV | 1 | 1,80E-02 | 1,20E-02 | 7,30E-03 | 2,30E-02 | 1,60E-02 | 1,20E-03 | 1,10E-03 | 1,20E-02 | 4,70E-02 |
| CO | 1 | 4,90E-01 | 1,80E-01 | 2,30E-01 | 1,30E-01 | 1,20E-01 | 6,10E-02 | 6,30E-02 | 1,80E-01 | 1,80E-01 |
| NO _x | 1 | 8,10E-02 | 6,50E-02 | 4,20E-02 | 7,80E-01 | 6,40E-01 | 4,20E-01 | 6,20E-03 | 6,50E-02 | 6,50E-02 |
| PM _{2,5} | 1 | 1,10E-03 | 1,10E-03 | 1,80E-03 | 3,20E-02 | 3,20E-02 | 2,00E-03 | 1,80E-03 | 1,10E-03 | 1,10E-03 |
| CH ₄ | 1 | 4,00E-03 | 5,10E-03 | 5,10E-03 | 0,0E+00 | 0,0E+00 | 0,0E+00 | 5,10E-03 | 1,30E-03 | 4,30E-02 |
| COVNM | 1 | 1,40E-02 | 6,50E-03 | 2,30E-03 | 2,30E-02 | 1,60E-02 | 1,20E-03 | -3,90E-03 | 1,00E-02 | 3,50E-03 |
| N ₂ O | 1 | 2,30E-04 | 2,20E-04 | 1,00E-03 | 4,00E-03 | 4,00E-03 | 4,00E-03 | 2,20E-04 | 1,00E-03 | 2,20E-04 |
| NH ₃ | 1 | 6,50E-02 | 6,50E-02 | 2,2E0-02 | 1,00E-03 | 1,90E-03 | 7,00E-03 | 6,50E-02 | 6,50E-02 | 6,50E-02 |
| POPs | 3 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 |
| Carbono negro - BC | 1 | 1,70E-04 | 1,70E-04 | 2,80E-04 | 2,80E-02 | 6,40E-03 | 4,10E-04 | 2,80E-04 | 0 | 0 |
| C ₆ H ₆ | 1 | | | | 4,50E-04 | 3,10E-04 | 2,40E-05 | | 6,50E-05 | |
| Pb | 3 | 8,30E-08 | 8,40E-08 | 8,40E-08 | 2,00E-08 | 2,00E-08 | 2,00E-08 | 3,90E-08 | 0 | 0 |
| Cd | 3 | 1,40E-08 | 1,40E-08 | 1,40E-08 | 2,70E-09 | 2,70E-09 | 2,70E-09 | 6,60E-09 | 0 | 0 |
| Hg | 2 | 6,00E-07 | 6,10E-07 | 6,10E-07 | 2,90E-07 | 2,90E-07 | 2,90E-07 | 2,90E-07 | 0 | 0 |
| Total Metales Pesados | 2 | 3,90E-06 | 4,00E-06 | 4,00E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 1,90E-06 | 0 | 0 |

| g/km o MWh/km 100 km/h | Grupo | Turismos | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | 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 |
| Consumo Energía Térmica | | 6,00E-04 | 7,00E-04 | 7,00E-04 | 5,00E-04 | 5,00E-04 | 5,00E-04 | 5,00E-04 | 7,00E-04 | 7,00E-04 |
| CO ₂ | 2 | 141,60 | 147,68 | 147,68 | 149,13 | 149,13 | 149,13 | 102,52 | 173,93 | 122,41 |
| SO ₂ | 2 | 1,00E-03 | 1,10E-03 | 1,10E-03 | 8,50E-04 | 8,50E-04 | 8,50E-04 | 7,50E-04 | 0,0E+00 | 0,0E+00 |
| COV | 1 | 1,80E-02 | 1,20E-02 | 6,90E-03 | 2,30E-02 | 1,60E-02 | 1,20E-03 | 1,10E-03 | 1,20E-02 | 4,70E-02 |
| CO | 1 | 4,90E-01 | 1,80E-01 | 2,30E-01 | 1,30E-01 | 1,20E-01 | 2,10E-02 | 6,30E-02 | 1,80E-01 | 1,80E-01 |
| NO _x | 1 | 8,10E-02 | 6,50E-02 | 3,30E-02 | 7,80E-01 | 6,40E-01 | 6,70E-02 | 6,20E-03 | 6,50E-02 | 6,50E-02 |
| PM _{2,5} | 1 | 5,70E-04 | 3,40E-04 | 4,90E-04 | 3,20E-02 | 3,20E-02 | 2,30E-04 | 1,80E-04 | 7,40E-04 | 7,40E-04 |
| CH ₄ | 1 | 4,00E-03 | 5,10E-03 | 5,10E-03 | 0 | 0 | 0 | 5,10E-03 | 1,30E-03 | 4,30E-02 |
| COVNM | 1 | 1,40E-02 | 6,50E-03 | 1,80E-03 | 2,30E-02 | 1,60E-02 | 1,20E-03 | -3,90E-03 | 1,00E-02 | 3,50E-03 |
| N ₂ O | 1 | 2,30E-04 | 2,20E-04 | 1,00E-03 | 4,00E-03 | 4,00E-03 | 4,00E-03 | 2,20E-04 | 1,00E-03 | 2,20E-04 |
| NH ₃ | 1 | 6,50E-02 | 6,50E-02 | 2,20E-02 | 1,00E-03 | 1,90E-03 | 7,00E-03 | 6,50E-02 | 6,50E-02 | 6,50E-02 |
| POPs | 3 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 |
| Carbono negro - BC | 3 | 8,50E-05 | 5,00E-05 | 7,30E-05 | 2,80E-02 | 6,40E-03 | 4,60E-05 | 2,80E-05 | 0 | 0 |
| C ₆ H ₆ | 3 | | | | 4,50E-04 | 3,10E-04 | 2,40E-05 | | 6,50E-05 | |
| Pb | 2 | 6,60E-08 | 6,80E-08 | 6,80E-08 | 1,70E-08 | 1,70E-08 | 1,70E-08 | 4,80E-08 | 0 | 0 |
| Cd | 2 | 1,10E-08 | 1,10E-08 | 1,10E-08 | 2,30E-09 | 2,30E-09 | 2,30E-09 | 7,90E-09 | 0 | 0 |
| Hg | 2 | 4,80E-07 | 5,00E-07 | 5,00E-07 | 2,40E-07 | 2,40E-07 | 2,40E-07 | 3,40E-07 | 0 | 0 |
| Total Metales Pesados | 2 | 3,10E-06 | 3,20E-06 | 3,20E-06 | 1,70E-06 | 1,70E-06 | 1,70E-06 | 2,20E-06 | 0 | 0 |

Tabla 20. Factores de emisión del resto de vehículos del transporte privado por combustible.

| g/km o MWh/km | 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 | | 1,40E-03 | 9,00E-04 | 2,10E-03 | 2,90E-03 | 3,80E-03 | 1,00E-04 | 9,00E-04 | 0 | 0 | 0 |
| CO ₂ | 2 | 303,56 | 262,08 | 581,97 | 790,88 | 1062,27 | 32,57 | 44,20 | 0 | 0 | 0 |
| SO ₂ | 2 | 2,20E-03 | 1,50E-03 | 3,30E-03 | 4,50E-03 | 6,00E-03 | 2,40E-04 | 3,20E-04 | 0 | 0 | 0 |
| COV | 1 | 1,70E-02 | 3,40E-02 | 4,50E-02 | 5,50E-02 | 8,40E-02 | 3,20E-01 | 7,00E-01 | 0 | 0 | 0 |
| CO | 1 | 1,9E+00 | 3,20E-01 | 8,30E-01 | 9,80E-01 | 1,5E+00 | 1,6E+00 | 1,8E+00 | 0 | 0 | 0 |
| NO _x | 1 | 4,60E-02 | 8,80E-01 | 3,6E+00 | 4,8E+00 | 6,6E+00 | 3,20E-02 | 5,40E-02 | 0 | 0 | 0 |
| PM2,5 | 1 | 1,10E-03 | 3,10E-02 | 2,80E-02 | 3,90E-02 | 5,40E-02 | 1,20E-03 | 1,20E-02 | 0 | 0 | 0 |
| CH ₄ | 1 | 0,0E+00 | 0,0E+00 | 4,20E-03 | 2,10E-03 | 2,10E-03 | 2,00E-02 | 2,80E-02 | 0 | 0 | 0 |
| COVNM | 1 | 1,70E-02 | 3,40E-02 | 4,00E-02 | 5,30E-02 | 8,20E-02 | 3,10E-01 | 6,70E-01 | 0 | 0 | 0 |
| N ₂ O | 1 | 4,00E-03 | 4,00E-03 | 1,10E-02 | 0,0E+00 | 0,0E+00 | 1,00E-03 | 2,00E-03 | 0 | 0 | 0 |
| NH ₃ | 1 | 6,30E-02 | 1,00E-03 | 2,90E-03 | 2,90E-03 | 2,90E-03 | 1,00E-03 | 2,00E-03 | 0 | 0 | 0 |
| POPs | 3 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 0 | 0 | 0 |
| Carbono negro - BC | 1 | 1,70E-04 | 6,10E-03 | 2,10E-02 | 2,90E-02 | 4,10E-02 | 2,50E-04 | 3,00E-03 | 0 | 0 | 0 |
| C ₆ H ₆ | 1 | | 6,70E-04 | 2,80E-05 | 3,70E-05 | 5,70E-05 | 1,70E-02 | 3,80E-02 | 0 | 0 | 0 |
| Pb | 3 | 1,40E-07 | 3,00E-08 | 6,70E-08 | 9,10E-08 | 1,20E-07 | 1,50E-08 | 2,00E-08 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 3 | 2,30E-08 | 4,00E-09 | 8,90E-09 | 1,20E-08 | 1,60E-08 | 2,50E-09 | 3,40E-09 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | 2 | 1,00E-06 | 4,20E-07 | 9,40E-07 | 1,30E-06 | 1,70E-06 | 1,10E-07 | 1,50E-07 | 0 | 0 | 0 |
| Total Metales Pesados | 2 | 6,70E-06 | 3,10E-06 | 6,80E-06 | 9,30E-06 | 1,20E-05 | 7,10E-07 | 9,70E-07 | 0 | 0 | 0 |

| g/km o MWh/km | 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 |
| 100 km/h | | | | | | | | | | | |
| Consumo Energía Térmica | | 9,00E-04 | 1,00E-03 | 1,60E-03 | 1,60E-03 | 2,20E-03 | 2,20E-03 | 2,20E-03 | 3,00E-04 | 0 | 0 |
| CO ₂ | 2 | 199,83 | 277,66 | 450,29 | 450,29 | 618,36 | 608,53 | 43,34 | 56,09 | 0 | 0 |
| SO ₂ | 2 | 1,50E-03 | 1,60E-03 | 2,60E-03 | 2,60E-03 | 3,50E-03 | 3,50E-03 | 3,20E-04 | 4,10E-04 | 0 | 0 |
| COV | 1 | 1,70E-02 | 3,40E-02 | 4,50E-02 | 4,50E-02 | 5,50E-02 | 8,40E-02 | 4,20E-01 | 7,00E-01 | 0 | 0 |
| CO | 1 | 1,9E+00 | 3,20E-01 | 8,30E-01 | 8,30E-01 | 9,80E-01 | 1,5E+00 | 2,1E+00 | 1,8E+00 | 0 | 0 |
| NO _x | 1 | 4,60E-02 | 8,80E-01 | 3,6E+00 | 3,6E+00 | 4,8E+00 | 6,6E+00 | 4,30E-02 | 5,40E-02 | 0 | 0 |
| PM2,5 | 1 | 1,10E-03 | 3,10E-02 | 2,80E-02 | 2,80E-02 | 3,90E-02 | 5,40E-02 | 1,60E-03 | 1,20E-02 | 0 | 0 |
| CH ₄ | 1 | 0,0E+00 | 0,0E+00 | 4,20E-03 | 4,20E-03 | 2,10E-03 | 2,10E-03 | 2,00E-02 | 2,80E-02 | 0 | 0 |
| COVNM | 1 | 1,70E-02 | 3,40E-02 | 4,00E-02 | 4,00E-02 | 5,30E-02 | 8,20E-02 | 4,00E-01 | 6,70E-01 | 0 | 0 |
| N ₂ O | 1 | 4,00E-03 | 4,00E-03 | 1,10E-02 | 1,10E-02 | 0,0E+00 | 0,0E+00 | 1,00E-03 | 2,00E-03 | 0 | 0 |
| NH ₃ | 1 | 6,30E-02 | 1,00E-03 | 2,90E-03 | 2,90E-03 | 2,90E-03 | 2,90E-03 | 1,00E-03 | 2,00E-03 | 0 | 0 |
| POPs | 3 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 6,20E-04 | 0 | 0 |
| Carbono negro - BC | 3 | 1,70E-04 | 6,10E-03 | 2,10E-02 | 2,10E-02 | 2,90E-02 | 4,10E-02 | 3,20E-04 | 3,00E-03 | 0 | 0 |
| C ₆ H ₆ | 3 | | 6,70E-04 | 2,80E-05 | 2,80E-05 | 3,70E-05 | 5,70E-05 | 2,20E-02 | 3,80E-02 | 0 | 0 |
| Pb | 2 | 9,30E-08 | 3,20E-08 | 5,20E-08 | 5,20E-08 | 7,10E-08 | 7,00E-08 | 2,00E-08 | 2,60E-08 | 0 | 0 |
| Cd | 2 | 1,50E-08 | 4,20E-09 | 6,90E-09 | 6,90E-09 | 9,40E-09 | 9,30E-09 | 3,30E-09 | 4,30E-09 | 0 | 0 |
| Hg | 2 | 6,70E-07 | 4,50E-07 | 7,30E-07 | 7,30E-07 | 1,00E-06 | 9,80E-07 | 1,50E-07 | 1,90E-07 | 0 | 0 |
| Total Metales Pesados | 2 | 4,40E-06 | 3,20E-06 | 5,30E-06 | 5,30E-06 | 7,20E-06 | 7,10E-06 | 9,50E-07 | 1,20E-06 | 0 | 0 |

Respecto al **Alcance 2**, los consumos de energía eléctrica del subsector de transporte por carretera se asocian con el Factor de Emisión del mix eléctrico nacional reportado por Red Eléctrica Española. Ya que REE reporta datos en CO₂ equivalente (CO₂eq) sobre las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica, los gases de efecto invernadero CH₄ y N₂O quedan englobadas dentro de las emisiones de CO₂eq, y por tanto se reportan conjuntamente (ver Tabla 21). También se debe considerar que 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). Estos consumos se consideran como cero emisiones.

Tabla 21. Factor de emisión del mix eléctrico de España entre 2019 y 2021.

| FACTORES DE EMISIÓN DE GEI | | | |
|--|------|------|------|
| CONTAMINANTE [UNIDAD] | 2019 | 2020 | 2021 |
| CO ₂ [t CO ₂ eq/MWh] | 0,19 | 0,15 | 0,14 |
| CH ₄ [t/ MWh] | IE | IE | IE |
| N ₂ O [t/ MWh] | IE | IE | IE |

IE: incluido en otra parte.

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 22. Factores de emisión para el subsector de transporte aéreo

| Contaminantes | Queroseno |
|-------------------------|-----------|
| CO ₂ (kg/t) | 3.150,00 |
| CO (g/t) | 2.828,50 |
| SO ₂ (g/t) | 840,00 |
| NO _x (g/t) | 14.863,00 |
| N ₂ O (g/t) | 85,60 |
| COVNM (g/t) | 390,70 |
| CH ₄ (g/t) | 214,00 |
| TSP (g/t) | 95,43 |
| PM10 (g/t) | 95,43 |
| PM2,5 (g/t) | 95,43 |
| PAH (mg/t) | 8,56 |
| As (mg/t) | 0,10 |
| Cd (mg/t) | 0,05 |
| Cr (mg/t) | 12,10 |
| Cu (mg/t) | 7,34 |
| Hg (mg/t) | 2,29 |
| Ni (mg/t) | 0,10 |
| Pb (mg/t) | 0,30 |
| Se (mg/t) | 0,10 |
| Zn (mg/t) | 19,01 |
| Carbón Negro - BC (g/t) | 45,81 |

7.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

Tras contactar con todos los agentes involucrados en el transporte, según lo especificado en los puntos anteriores, se recopilaron todos los parámetros necesarios para los cálculos, que se detallan a continuación:

Tabla 23. Información solicitada para calcular las emisiones del sector transporte

| Subsector | Información solicitada |
|---|--|
| Transporte público | Km. Recorridos por líneas (año 2021) |
| | Líneas en formato shapefile (año 2021) |
| | Caracterización del parque de autobuses por línea: <ul style="list-style-type: none"> - 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 2021 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: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de aterrizajes y despegues de aeronaves del aeropuerto de Zaragoza. - Tipología de las aeronaves que llevan a cabo los aterrizajes y despegues. |

7.4.1 Transporte público

Para poder estimar las emisiones asociadas a la movilidad, por requisitos de la herramienta PRECOZ, es necesario proporcionar los resultados en una matriz de 100m x 100m, segregando las emisiones para cada hora y día del año, evaluando los diferentes tipos de fuente contaminante. Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100m x 100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG (Sistema de Información Geográfica) se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Por tanto, se resumen a continuación la metodología:

- 1) Construcción del escenario SIG y de la malla de cálculo 100m x 100m.
- 2) Integración de las líneas de autobuses urbanos dentro del escenario SIG, junto con la información de kilómetros recorridos al año por cada línea.
- 3) Cuantificación del factor de actividad, es decir, los vehículos-kilómetros anuales por cada tramo de línea dentro de cada celda de la malla de cálculo.
- 4) Caracterización de la flota vehicular respecto a la tecnología del vehículo (norma EURO, eléctrico, Híbrido, etc.).
- 5) Cuantificación de los factores de emisión de acuerdo con la metodología EMEP/EEA 2019.
- 6) Construcción de la base de datos de emisiones anuales del transporte público por celda.
- 7) Cuantificación de factores temporales para el cálculo de emisiones horarias.
- 8) Aplicación de factores temporales y cálculo de emisiones horarias.

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 2021 recorrió 1.569.500,56 km; la línea 38 y la 44 de Zaragoza son las únicas líneas en 2021 con presencia de vehículos de motorización híbrida eléctrica enchufable y/o vehículos eléctricos con batería (PHEV/BEH) realizando un recorrido entre las dos en 2021 de 248.208,20 km. Finalmente existen 18 líneas de autobuses que disponían de vehículos híbridos diésel/eléctricos (HEV). A partir de las consultas realizadas con AVANZA, se definió una proporción de consumos 30% diésel y 70% electricidad, correspondiendo a un total de kilómetros eléctricos para estas 18 líneas en 2021 de 4.838.150,75 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: 18 líneas poseen una motorización híbrida, 64 líneas motorizaciones EURO IV, 19 líneas motorizaciones EURO V y 64 con motorización EURO VI. Estos autobuses urbanos recorrieron un total de 13.335.014,35 km en 2021.

Así mismo, se han contabilizado los 4.439.865,48 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 24. Resumen de la información asociada al transporte público de Zaragoza en 2021.

| | Distancia recorrida [km/año] | Consumo energía [MWh/año] |
|--------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Tranvía | 1.569.500,56 | |
| Autobuses BEH/PHEV | 248.208,20 | 17.392,73 |
| HEV-eléctrico | 4.838.150,75 | |
| HEV-térmico | 2.073.493,18 | |
| EURO IV | 12.170.902,92 | 50.769,08 |
| EURO V | 535.845,83 | |
| EURO VI | 2.994.637,90 | |
| TOTAL | 24.430.739,35 | 68.161,82 (26% 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}).

En el caso del transporte público, se asume una velocidad promedio de 30 km/h en ámbito urbano. Todos los factores de emisión se calcularon siguiendo los valores y formulas presentadas en la guía europea de referencia [1]. De esta manera, se obtuvieron los factores de emisión por kilómetro (diésel para EURO IV y VI y para híbrido en modo térmico) que se encuentran en la Tabla 18. En base a estos factores, a continuación, se reportan las emisiones directas asociadas al transporte público de autobuses (que afecta a híbridos y diésel) para el año 2021.

Tabla 25. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 de transporte público en 2021.

| Alcance | Gases de Efecto Invernadero | Emisiones [t/año] |
|------------|-----------------------------|-------------------|
| Alcance 1 | CO ₂ | 12.572,30 |
| | CH ₄ | 0,09 |
| | N ₂ O | 0,38 |
| | HFC | NA |
| | PFC | NA |
| | SF ₆ | NA |
| Alcance 2* | CO ₂ eq | 0 |
| | CH ₄ | IE |
| | N ₂ O | IE |
| Alcance 3 | CO ₂ | IE |
| | CH ₄ | IE |
| | N ₂ O | IE |

NA: No Aplica / IE: Incluido en otra parte

*Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España. Para el transporte público, se considera un consumo de electricidad con garantía de origen renovable.

Tabla 26. Emisiones directas de contaminantes atmosféricos (alcance 1) del transporte público en 2021

| Contaminante atmosférico | Emisiones [t/año] |
|-------------------------------|-------------------|
| NO _x | 63,77 |
| CO | 13,94 |
| SO ₂ | 0,08 |
| COV | 0,87 |
| COVNM | 0,78 |
| NH ₃ | 0,09 |
| PM _{2,5} | 0,50 |
| PM ₁₀ | 0,50 |
| TSP | 0,50 |
| BC | 0,37 |
| C ₆ H ₆ | 63,77 |
| Pb | 2,54E-06 |
| Cd | 3,87E-07 |
| Hg | 2,62E-05 |
| As | 5,80E-07 |
| Cr | 3,40E-05 |
| Cu | 2,30E-05 |
| Ni | 2,51E-06 |
| Se | 5,01E-07 |
| Zn | 8,77E-05 |
| Total Metales Pesados | 1,82E-04 |
| Benzo(a)pireno | 1,41E-05 |
| Benzo[b]furano | 1,66E-04 |
| INDENO (1,2,3-cd) PIRENO | 2,20E-05 |
| Total POPs | 4,30E-03 |

7.4.2 Flota Municipal

Respecto a los **flota municipal**, se realizó un inventario de los vehículos municipales correspondientes a los siguientes usos por servicio: Acción Social, Alcaldía, Alcaldía de Montañana, Arquitectura, Bomberos, Casa Amparo, Casa Socorro, Cementerio, Conservación de Infraestructuras, Delegación de Deportes, Dirección De Organización, Energía, Fomento de Empleo, Furgón de cadáveres, Gestión Tributaria, Información y Organización, Limpieza, Medio Ambiente y Sostenibilidad, Medio Ambiente, Movilidad Urbana, Parque de Tracción, Parques y Jardines, Patrimonio Rústico, Patrimonio y Contratación, Policía Local, Protección Animal, Recaudación Ejecutiva, Redes y Sistemas, Servicio Centros Cívicos, Servicio de Distritos, Servicio de Cultura, Servicio de Juventud, Servicios Públicos y Zaragoza Cultural.

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 (dato suministrado por el Ayuntamiento – 218.960

l/gasolina, 209.585 l/diésel, 4.674 l/GLP), es posible obtener las emisiones directas de 2021 asociadas a los vehículos municipales. Cabe destacar que estas emisiones no han sido trasladadas a las celdas, sino que se dan agrupadas.

Tabla 27. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 de la flota municipal en 2021.

| Alcance | Gases de Efecto Invernadero | Emisiones [t/año] |
|------------|--|-------------------|
| Alcance 1 | CO ₂ | 1.019,38 |
| | CH ₄ | 0,06 |
| | N ₂ O | 0,05 |
| | HFC | NA |
| | PFC | NA |
| | SF ₆ | NA |
| Alcance 2* | CO ₂ eq | 0 |
| Alcance 3 | CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O | IE |

NA: No Aplica / IE: Incluido en otra parte

* Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España

Tabla 28. Emisiones directas para vehículos municipales. 2021.

| Contaminante [t/año] | Diésel | Gasolina | GLP | TOTAL |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| CO | 0,58 | 13,91 | 0,21 | 14,70 |
| SO ₂ | 5,28E-04 | 8,21E-04 | - | 1,35E-03 |
| NO _x | 2,28 | 1,43 | 0,04 | 3,75 |
| COVNM | 0,12 | 1,65 | 0,03 | 1,81 |
| TSP | 1,90E-01 | 4,93E-03 | - | 2,00E-01 |
| PM10 | 1,90E-01 | 4,93E-03 | - | 2,00E-01 |
| PM2,5 | 1,90E-01 | 4,93E-03 | - | 2,00E-01 |
| NH ₃ | 1,14E-02 | 4,93E-03 | - | 1,64E-02 |
| POPs | 1,35E-05 | 4,30E-06 | 1,46E-09 | 1,78E-05 |
| Carbón Negro - BC | 1,74E-02 | 3,29E-03 | - | 2,07E-02 |
| C ₆ H ₆ | 2,44E-03 | 1,10E-01 | 2,09E-04 | 1,20E-01 |
| Pb | 9,15E-06 | 5,41E-06 | - | 1,46E-05 |
| Cd | 8,80E-09 | 3,28E-08 | - | 4,16E-08 |
| Hg | 9,33E-07 | 1,43E-06 | - | 2,36E-06 |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

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 2019, la flota vehicular de Zaragoza está distribuida como presenta la Tabla 29.

Tabla 29. Distribución de la flota de vehículos privados y comerciales de Zaragoza. Datos de 2021.

| Tipología de vehículo | Código NFR | Total | Porcentaje |
|---|-------------|--------|------------|
| Vehículo de pasajeros Gasolina EURO III | 1.A.3.b.i | 43.427 | 12,64% |
| Vehículo de pasajeros Gasolina EURO IV | 1.A.3.b.i | 33.223 | 9,67% |
| Vehículo de pasajeros Gasolina EURO VI | 1.A.3.b.i | 36.161 | 10,53% |
| Vehículo de pasajeros Diesel EURO III | 1.A.3.b.i | 46.088 | 13,41% |
| Vehículo de pasajeros Diesel EURO IV | 1.A.3.b.i | 35.259 | 10,26% |
| Vehículo de pasajeros Diesel EURO VI | 1.A.3.b.i | 38.377 | 11,17% |
| Vehículo de pasajeros Híbrido EURO VI | 1.A.3.b.i | 7.701 | 2,24% |
| Vehículo de pasajeros GLP EURO IV | 1.A.3.b.i | 925 | 0,27% |
| Vehículo de pasajeros Gas natural EURO IV | 1.A.3.b.i | 79 | 0,02% |
| Vehículos comerciales ligeros <3.5t gasolina EURO III | 1.A.3.b.ii | 3.696 | 1,08% |
| Vehículos comerciales ligeros <3.5t diésel EURO III | 1.A.3.b.ii | 18.814 | 5,48% |
| Vehículos pesados Diesel EURO III | 1.A.3.b.iii | 25.870 | 7,53% |
| Ciclomotor Gasolina EURO III | 1.A.3.b.iv | 13.239 | 3,85% |
| Motocicletas gasolina EURO III | 1.A.3.b.iv | 39.360 | 11,46% |
| Vehículos de pasajeros eléctrico o híbrido enchufable | | 1.083 | 0,32% |
| Ciclomotor eléctrico | | 116 | 0,03% |
| Motocicleta eléctrica | | 142 | 0,04% |

Con la distribución de los vehículos por tipo y tecnología, el siguiente paso consiste en cuantificar Intensidad Media Diaria (IMD) de 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 geoprocésamiento, 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 en SIG como se muestra en la Figura 6, para finalmente conseguir una red completa como presenta la Figura 7.

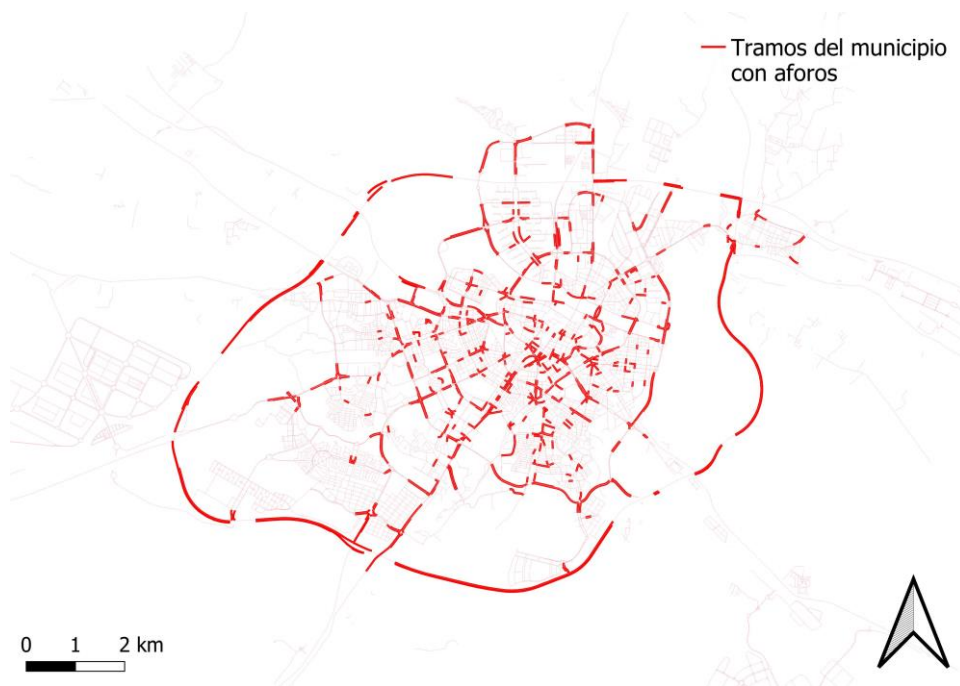
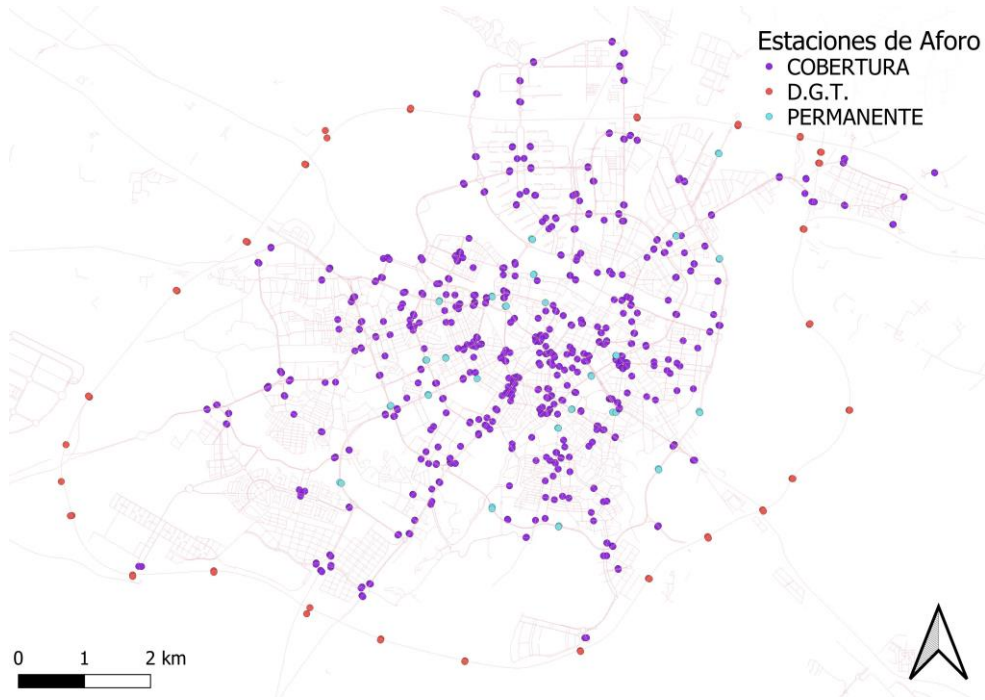


Figura 6. Estaciones de aforo (arriba) y red incompleta (abajo). Zaragoza.

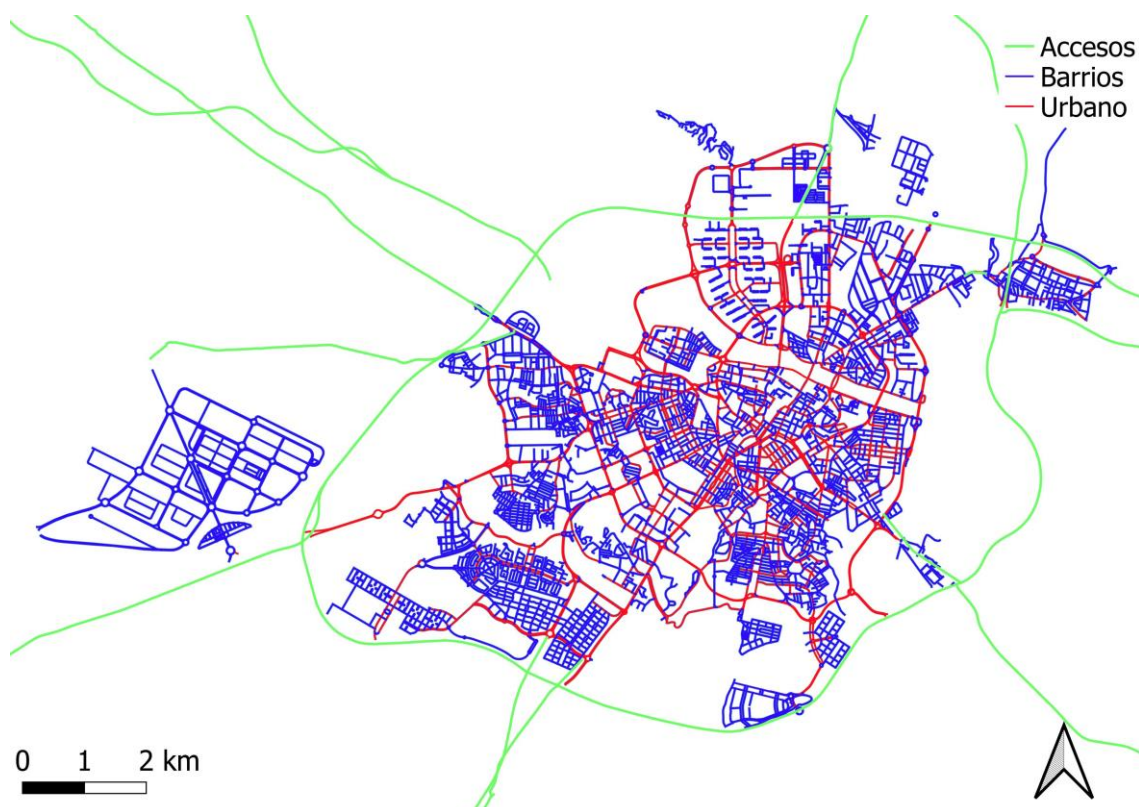


Figura 7. Red completa de calles principales.

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 iterativo en el ámbito de la ciudad 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.

Una vez se conoce el IMD de toda la red, se calcula el Factor de Actividad para cada una de las celdas de 100m x 100m contenidas en las calles principales. Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100m x 100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de $0,001^\circ \times 0,001^\circ$. Esta matriz resultó en un mallado de 6886 celdas donde para cada hora se calcularon las emisiones asociadas.

A continuación, se muestra la información total de consumos anuales para 2021 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 30. Kilometraje y consumo urbano, circunvalaciones y accesos. 2021.

| Tipología de vehículo | Combustible / fuente energía | Distancia recorrida [km/año] | Consumo energía [MWh/año] | |
|---|------------------------------|------------------------------|---|--------------|
| Vehículo de pasajeros Gasolina EURO III | Gasolina | 333.534.707,84 | 727.956,21 | |
| Vehículo de pasajeros Gasolina EURO IV | | 255.164.606,39 | | |
| Vehículo de pasajeros Gasolina EURO VI | | 277.857.632,40 | | |
| Vehículo de pasajeros Híbrido EURO VI | | 59.107.416,58 | | |
| Vehículos comerciales ligeros <3.5t gasolina EURO III | | 28.498.218,71 | | |
| Ciclomotor Gasolina EURO III | | 46.137.580,40 | | |
| Motocicletas gasolina EURO III | | 137.334.200,34 | | |
| Vehículo de pasajeros Diesel EURO III | | 353.852.882,29 | | 1.047.986,65 |
| Vehículo de pasajeros Diesel EURO IV | | 270.733.077,72 | | |
| Vehículo de pasajeros Diesel EURO VI | | 294.745.465,71 | | |
| Vehículos comerciales ligeros <3.5t diésel EURO III | 144.602.072,70 | | | |
| Vehículos pesados Diesel EURO III | | 198.695.913,77 | | |
| Vehículo de pasajeros GLP EURO IV | GLP | 7.124.554,68 | 4.955,51 | |
| Vehículo de pasajeros Gas natural EURO IV | Gas Natural | 527.744,79 | 391,87 | |
| Vehículos de pasajeros eléctrico o híbrido enchufable | Electricidad | 3.834.811,88 | 10.282,09 | |
| Ciclomotor eléctrico | | 359.513,61 | | |
| Motocicleta eléctrica | | 479.351,48 | | |
| TOTAL | | 2.412.589.751,30 | 1.791.572,32 (0,57% Eléctrico) | |

En base a los resultados de la tabla anterior, y multiplicando por los factores de emisión aplicables, se identifican las emisiones totales directas para los vehículos urbanos, circunvalaciones y accesos, para el año de estudio.

Tabla 31. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 de transporte privado en 2021.

| Alcance | Gases de Efecto Invernadero | Emisiones [t/año] |
|------------|-----------------------------|-------------------|
| Alcance 1 | CO ₂ | 450.401,75 |
| | CH ₄ | 9,96 |
| | N ₂ O | 7,40 |
| | HFC | NA |
| | PFC | NA |
| | SF ₆ | NA |
| Alcance 2* | CO ₂ eq | 1.233,85 |
| | CH ₄ | IE |
| | N ₂ O | IE |
| Alcance 3 | CO ₂ | NE |
| | CH ₄ | NE |
| | N ₂ O | NE |

NA: No Aplica / IE: Incluido en otra parte / NE: No estimado

* Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España

Tabla 32. Emisiones directas para vehículos urbanos, circunvalaciones y accesos. Datos de 2021.

| Contaminante [t/año] | TOTAL |
|-------------------------------|----------|
| NO _x | 1422,07 |
| CO | 960,45 |
| SO ₂ | 2,82 |
| COV | 148,49 |
| COVNM | 138,53 |
| NH ₃ | 54,51 |
| PM2,5 | 33,03 |
| PM10 | 33,03 |
| TSP | 33,03 |
| BC | 17,19 |
| C ₆ H ₆ | 6,29 |
| Pb | 1,07E-04 |
| Cd | 1,68E-05 |
| Hg | 1,01E-03 |
| As | IE |
| Cr | IE |
| Cu | IE |
| Ni | IE |
| Se | IE |
| Zn | IE |
| Total Metales Pesados | 6,89E-03 |
| Benzo(a)pireno | IE |
| Benzo[b]furano | IE |
| INDENO (1,2,3-cd) PIRENO | IE |
| Total POPs | 1,50 |

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 2021 [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 2021.

Tabla 33. Emisiones de GEI en alcance 1, 2 y 3 del transporte aéreo en 2021.

| Alcance | Gases de Efecto Invernadero | Emisiones [t/año] |
|------------|-----------------------------|-------------------|
| Alcance 1 | CO ₂ | 8.540,07 |
| | CH ₄ | 0,58 |
| | N ₂ O | 0,23 |
| | HFC | NA |
| | PFC | NA |
| | SF ₆ | NA |
| Alcance 2* | CO ₂ eq | 0 |
| | CH ₄ | IE |
| | N ₂ O | IE |
| Alcance 3 | CO ₂ | IE |
| | CH ₄ | IE |
| | N ₂ O | IE |

NA: No Aplica / IE: Incluido en otra parte

* Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España

Tabla 34. Emisiones directas para tráfico aéreo 2021.

| Variable | Valor 2021 |
|---------------------------|------------|
| Movimientos | 9168 |
| LTO | 4584 |
| Combustible [t/año] | 2.711,06 |
| CO [t/año] | 7,66 |
| SO ₂ [t/año] | 2,28 |
| NO _x [t/año] | 40,30 |
| COVNM [t/año] | 1,06 |
| TSP [t/año] | 0,26 |
| PM10 [t/año] | 0,26 |
| PM2,5 [t/año] | 0,26 |
| PAH [t/año] | 2,32E-06 |
| As [t/año] | 2,69E-07 |
| Cd [t/año] | 1,40E-07 |
| Cr [t/año] | 3,28E-05 |
| Cu [t/año] | 1,99E-05 |
| Hg [t/año] | 6,21E-06 |
| Ni [t/año] | 2,69E-07 |
| Pb [t/año] | 8,11E-07 |
| Se [t/año] | 2,69E-07 |
| Zn [t/año] | 5,16E-05 |
| Carbón Negro – BC [t/año] | 0,12 |

7.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

Si procedemos a sumar todas las emisiones directas (las indirectas municipales son de GdO por lo que no son contabilizadas, y las asociadas al transporte eléctrico privado son despreciables comparadas con la totalidad) obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 35. Emisiones para sector transporte 2021.

| Variable y unidades | | Transporte público | Flota Municipal | Transporte privado | Total subsector carretera | Total subsector aéreo* |
|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|
| Consumo energía | Consumo térmico [MWh/año] | 50.769,08 | 4.157,00 | 1.781.290,32 | 1.836.216,40 | 33.573,01 |
| | Consumo eléctrico [MWh/año] | 17.392,73 | 0,00 | 10.282 | 27.674,73 | 0,00 |
| Emisión GEI (Alcance 1) | CO ₂ [t/año] | 12.572,30 | 1.019,38 | 450.401,75 | 463.993,42 | 8.540,07 |
| | CH ₄ [t/año] | 0,09 | 0,06 | 9,96 | 10,11 | 0,58 |
| | N ₂ O [t/año] | 0,38 | 0,05 | 7,40 | 7,83 | 0,23 |
| Emisión GEI (Alcance 2) | CO ₂ eq [t/año]** | 0,00 | 0,00 | 1.233,85 | 1.233,85 | 0,00 |
| Emisión Contaminantes Atmosféricos | NO _x [t/año] | 63,77 | 3,75 | 1.422,06 | 1.489,58 | 40,30 |
| | CO [t/año] | 13,94 | 14,70 | 960,43 | 989,07 | 7,66 |
| | SO ₂ [t/año] | 0,08 | 1,00 E-03 | 2,82 | 2,90 | 2,28 |
| | COVNM [t/año] | 0,78 | 1,81 | 138,53 | 141,12 | 1,06 |
| | NH ₃ [t/año] | 0,09 | 0,02 | 54,51 | 54,62 | 0,26 |
| | PM _{2,5} [t/año] | 0,50 | 0,20 | 33,03 | 33,73 | 0,26 |
| | Carbón Negro [t/año] | 0,37 | 0,02 | 17,19 | 17,58 | 0,12 |
| | C ₆ H ₆ [t/año] | 63,77 | 0,12 | 6,29 | 70,18 | 0,00 |
| | Pb [t/año] | 2,54E-06 | 1,46E-05 | 1,07E-04 | 1,24E-04 | 2,69E-07 |
| | Cd [t/año] | 3,87E-07 | 4,16E-08 | 1,68E-05 | 1,72E-05 | 1,40E-07 |
| | Hg [t/año] | 2,62E-05 | 2,36E-06 | 1,01E-03 | 1,04E-03 | 3,28E-05 |
| | POPs [t/año] | 0,00 | 0,00 | 1,50 | 1,50 | 0,26 |

* El cálculo de consumo energético se realiza considerando 1 tonelada de queroseno aviación: 1,065 TEP y 1 MWh: 0,086 tep

** Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España. Para el transporte público se considera un consumo con garantía de origen renovable.

Para conocer las emisiones de GEI totales, en CO₂eq (directas + indirectas), es necesario convertir las emisiones de Alcance 1, utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones de Alcance 2 que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector transporte, este cálculo resulta en **476.641,62 t CO₂eq** para el año 2021.

Tabla 36. Consumo y emisiones para subsector carretera desde 2005.

| Variable y unidades | | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|---------------------|--|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Transporte público | Consumo [MWh/año] | 82.737 | 68.111 | 78.034 | 68.161,82 |
| | Emisiones CO ₂ Alcance 1 [t/año] | 22.090 | 16.885 | 18.602 | 12.572,30 |
| | Emisiones CO ₂ eq Alcance 2 **[t/año] | - | 1.920 | 0 | 0 |
| | Variación de las emisiones respecto a 2005 [%] | 0% | -15% | -16% | -43,09% |
| Flota Municipal | Consumo [MWh/año] | 6.114 | 5.323 | 4.261 | 4.157,14 |
| | Emisiones CO ₂ Alcance 1 [t/año] | 1.579 | 1.324 | 1.032 | 1.019,38 |
| | Emisiones CO ₂ eq Alcance 2 **[t/año] | - | 0 | 0 | 0 |
| | Variación de las emisiones respecto a 2005 [%] | 0% | -16% | -35% | -35,44% |
| Transporte privado | Consumo [MWh/año] | 1.864.242 | 2.024.580 | 1.723.055 | 1.791.572,32 |
| | Emisiones CO ₂ Alcance 1 [t/año] | 478.286 | 505.900 | 427.671 | 450.401,75 |
| | Emisiones CO ₂ eq Alcance 2 **[t/año] | - | - | 499 | 1.233,85 |
| | Variación de las emisiones respecto a 2005 [%] | 0% | 6% | -10% | -5,57% |
| Total | Consumo [MWh/año] | 1.953.093 | 2.098.014 | 1.805.350 | 1.863.891,28 |
| | Emisiones CO ₂ [t/año] | 501.955 | 526.029 | 447.804 | 465.227,28 |
| | Variación de las emisiones respecto a 2005 [%] | 0% | 5% | -11% | -7,56% |

** Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España. Para el transporte público, en 2019 y 2021, se considera un consumo con garantía de origen renovable.

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 y 2021.

Tabla 37. Comparación de distancia recorrida y emisiones del transporte público de 2005 a 2021.

| Variable y unidades | | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|-----------------------------------|----------------------------|------------|------------|------------|---------------|
| kilómetros anuales recorridos | Bus urbano [km/año] | 19.879.092 | 17.860.895 | 24.431.219 | 22.861.238,79 |
| | Tranvía [km/año] | - | 1.225.036 | 1.324.674 | 1.569.500,56 |
| | Total [km/año] | 19.879.092 | 19.085.931 | 25.755.893 | 24.430.739,35 |
| Emisiones directas (Alcance 1) | CO ₂ [t/año] | 22.090 | 16.885 | 18.602 | 12.572,30 |
| | NO _x [t/año] | 180,53 | 96,81 | 114,23 | 63,77 |
| | PM2,5 [t/año] | 6,73 | 0,83 | 0,92 | 0,50 |
| Emisiones indirectas (alcance 2)* | CO ₂ eq [t/año] | - | 1.920 | 0,00 | 0,00 |

* Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España. Para el transporte público, en 2019 y 2021, se considera un consumo con garantía de origen renovable.

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.

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 presentan los valores disponibles para los años 2005, 2015, 2019 y 2021.

Tabla 38. Comparación de consumos y emisiones de la flota municipal de 2005 a 2021

| Variable y unidades | | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|--------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Consumo energético | Diesel [Litros/año] | 321.881 | 299.380 | 205.472 | 209.586 |
| | Gasolina [Litros/año] | 299.380 | 255.051 | 239.895 | 218.961 |
| | GLP [Litros/año] | - | - | 5.265 | 4.675 |
| Emisiones directas (Alcance 1) | CO ₂ [t/año] | 1.579,31 | 1.324,01 | 1.031,90 | 1.019,38 |
| | NO _x [t/año] | - | - | 6,34 | 3,75 |
| | PM2,5 [t/año] | - | - | 0,05 | 0,20 |
| Emisiones indirectas (alcance 2)* | CO ₂ eq [t/año] | - | - | - | - |

* Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España.

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 2019 y 2021, se supuso que el uso de estos vehículos se destinaba únicamente a recorridos urbanos.

Tabla 39. Variación de kilómetros del transporte privado.

| Variable y unidades | | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Tráfico urbano | km eléctricos | - | - | 1.193.799 | 4.673.677 |
| | km térmicos | 1.059.622.948 | 964.275.732 | 1.084.077.925 | 1.193.705.035 |
| | Total | 1.059.622.948 | 964.275.732 | 1.085.271.723 | 1.198.378.712 |
| Tráfico interurbano | km eléctricos | - | - | - | - |
| | km térmicos | 719.278.843 | 1.296.630.891 | 1.190.221.594 | 1.214.211.040 |
| | Total | 719.278.843 | 1.296.630.891 | 1.190.221.594 | 1.214.211.040 |
| Total | km eléctricos | - | - | 1.193.799 | 4.673.677 |
| | km térmicos | 1.778.901.791 | 2.260.906.628 | 2.274.299.518 | 2.407.916.074 |
| | Total | 1.778.901.791 | 2.260.906.628 | 2.275.493.317 | 2.412.589.752 |

Por otro lado, el desarrollo y la modernización experimentada en el parque móvil de Zaragoza, en forma de una disminución de los vehículos más contaminantes con el correspondiente aumento de los híbridos y eléctricos, ayuda a que las emisiones reguladas por las Directivas EURO por kilómetro (NO_x, CO y PM) se hayan reducido notablemente.

Tabla 40. Comparación de la distribución de la flota de vehículos por tipo de tecnología.

| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| ECE 04 | 9,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| EURO I | 10,50 | 2,38 | 0,00 | 0,00 |
| EURO II | 21,90 | 7,62 | 0,00 | 0,00 |
| EURO III | 42,80 | 25,80 | 33,74 | 26,05 |
| EURO IV | 15,50 | 31,20 | 36,62 | 49,33 |
| EURO V+VI | 0,00 | 33,11 | 17,48 | 10,53 |
| GLP | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,27 |
| Gas Natural | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| BEV/PHEV | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,39 |
| Hybrid EURO VI | 0,00 | 0,00 | 1,09 | 2,24 |

Dada la aplicación de unas normativas ambientales mucho más estrictas, en el 2019 se experimentó, con respecto al 2005 y el 2015, una reducción considerable de los factores de emisión del vehículo medio y gracias a la modernización progresiva del parque móvil (por vehículos menos contaminantes), es de esperar que esta disminución siga su curso. A continuación, se muestran los resultados de emisiones globales de CO₂, NO_x, partículas y consumo de combustible, así como la comparativa con los años 2005, 2015, 2019 y 2021.

Tabla 41. Comparación de consumos y emisiones del transporte privado de 2005 a 2021

| Variable y unidades | | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 | |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Tráfico urbano | Emisiones directas (Alcance 1) | CO ₂ [t/año] | 299.921 | 208.221 | 224.176 | 228.937 |
| | | NO _x [t/año] | 881,28 | 452 | 750 | 677 |
| | Emisiones indirectas (Alcance 2)* | PM2,5 [t/año] | 69 | 18,00 | 17 | 16 |
| | | CO ₂ eq [t/año] | - | - | 499 | 1.234 |
| Tráfico interurbano | Emisiones directas (Alcance 1) | CO ₂ [t/año] | 178.365 | 297.679 | 203.496 | 221.465 |
| | | NO _x [t/año] | 14.701 | 417 | 766 | 745 |
| | Emisiones indirectas (Alcance 2)* | PM2,5 [t/año] | 47 | 13 | 18 | 17 |
| | | CO ₂ eq [t/año] | - | - | - | - |
| Total | Emisiones directas (Alcance 1) | CO ₂ [t/año] | 478.286 | 505.900 | 427.671 | 450.402 |
| | | NO _x [t/año] | 15.582 | 869 | 1.515 | 1.422 |
| | Emisiones indirectas (Alcance 2)* | PM2,5 [t/año] | 116 | 31 | 35 | 33 |
| | | CO ₂ eq [t/año] | - | - | 499 | 1.234 |

* Las emisiones de alcance 2 se presentan en CO₂eq que corresponde al factor de emisión reportado por Red Eléctrica España.

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 42. Comparación emisiones tráfico aéreo.

| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|-------|
| Movimientos | 9.906 | 7.051 | 8.772 | 9168 |
| Consumo combustible [t/año] | - | 3.955 | 3.847 | 2.711 |
| CO ₂ [t/año] | 26.755 | 12.354 | 12.119 | 8.540 |
| NO _x [t/año] | 82,22 | 62,60 | 57,18 | 40,30 |
| Partículas totales [t/año] | - | 0,33 | 0,37 | 0,26 |

Tabla 43. Emisiones para subsector aéreo desde 2005.

| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| Movimientos | 9.906 | 7.051 | 8.772 | 9168 |
| Consumo combustible [t/año] | - | 3.955 | 3.847 | 2.711 |
| CO ₂ [t/año] | 26.755 | 12.354 | 12.119 | 8.540 |
| Variación respecto a 2005 [%] | 0% | -54% | -55% | -68% |

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 (ADIF y Estación de Autobuses)
- 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 del sector Institucional y Servicios han sido las siguientes:

- **Subsector de instalaciones institucionales:** engloba los servicios municipales. Son las emisiones de los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (directas) y del consumo de electricidad (indirectas) en las siguientes instalaciones 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 de servicios:** engloba el sector terciario. Son las emisiones correspondientes a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (directas) y del consumo de electricidad (indirectas) en las siguientes instalaciones: universidad, centros comerciales, estación de tren 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

Sector Institucional y Sector Servicios

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.

Los factores de emisión utilizados para ambos subsectores son los siguientes:

Tabla 44. Factores de emisión de consumos de agua caliente sanitaria y calefacción (emisiones directas) para el sector institucional y servicios, en kg/kWh.

| | GAS NATURAL / Combustibles gaseosos [Kg/kWh] | GASÓLEO / Combustibles líquidos [Kg/kWh] | BIOMASA [Kg/kWh] |
|------------------------|--|--|---------------------|
| CO ₂ | 2,02E-01 | 2,67E-01 | 4,03E-01 |
| CO | 1,04E-04 | 3,35E-04 | 2,05E-03 |
| SO ₂ | 2,41E-06 | 3,38E-04 | 3,96E-05 |
| NO _x | 2,66E-04 | 1,10E-03 | 3,28E-04 |
| N ₂ O | 3,60E-07 | 2,16E-06 | 1,44E-05 |
| COVNM | 8,28E-05 | 7,20E-05 | 1,08E-03 |
| CH ₄ | 1,80E-05 | 3,60E-05 | 1,08E-03 |
| TSP | 2,81E-06 | 7,56E-05 | 6,12E-04 |
| PM10 | 2,81E-06 | 7,56E-05 | 5,87E-04 |
| PM2,5 | 2,81E-06 | 6,48E-05 | 5,76E-04 |
| NH ₃ | NE | NE | 1,33E-04 |
| BC | 1,12E-07 | 3,63E-05 | 1,61E-04 |
| Pb | 3,96E-11 | 2,88E-08 | 9,72E-08 |
| Cd | 3,24E-12 | 5,40E-10 | 4,68E-08 |
| Hg | 3,60E-10 | 3,60E-10 | 2,02E-09 |
| As | 3,60E-10 | 1,80E-09 | 6,84E-10 |
| Cr | 4,68E-11 | 3,60E-08 | 8,28E-08 |
| Cu | 9,36E-12 | 1,08E-08 | 2,16E-08 |
| Ni | 4,68E-11 | 4,50E-07 | 7,20E-09 |
| Se | 2,09E-10 | 3,60E-10 | 1,80E-09 |
| Zn | 2,63E-09 | 6,48E-08 | 1,84E-06 |
| PCB | NA | 4,68E-10 | 2,16E-13 |
| PCDD/F (kg TEQ) | 1,87E-15 | 2,16E-14 | 3,60E-13 |
| Benzo(a)pireno | 2,59E-12 | 6,84E-09 | 3,60E-08 |
| Benzo(b)fluoranteno | 1,04E-11 | 5,40E-08 | 5,76E-08 |
| Benzo(k)fluoranteno | 3,96E-12 | 6,12E-09 | 1,80E-08 |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno | 3,89E-12 | 5,40E-09 | 1,44E-08 |
| HCB | NA | 7,92E-10 | 1,80E-11 |

Además de estos factores específicos para cada gas, también se utiliza para este estudio el factor de emisión de CO₂ asociado al mix energético español del año 2021 para el cálculo de emisiones indirectas, y que aparece descrito en el apartado 4 de este informe.

8.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

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.

La información obtenida y reflejada en este informe y en el inventario en formato SIG (en este caso por punto de consumo cuando era posible, es decir, cuando el consumo se da en un edificio), ha sido obtenida a través de contacto directo con las entidades que componen los subsectores participantes.

En el caso de los consumos municipales no asociados a edificios, los datos no se han geolocalizado ya que no se dispone de información precisa sobre la ubicación de cada elemento, si bien los mismos sí que se han computado en el total de emisiones del subsector. Es el caso del alumbrado público, contenedores soterrados, fuentes, medio ambiente, radares, aseos, kioscos, ascensores, parques y jardines, red semafórica e instalaciones residuales y temporales.

Existen numerosas entidades, tanto públicas como privadas, cuyos datos no han sido proporcionados por edificio, sino por entidad. En estos casos, la ubicación de las emisiones en el inventario en formato SIG está condicionada a que el total de las emisiones se asocia a un único punto de emisión, aunque realmente sean generadas en varias localizaciones. Como premisa general, este punto único se ha asociado a la sede central de la organización.

Cabe destacar que, durante el año 2021, algunos consumos, especialmente durante los primeros meses del año, han sido menores respecto a la media para ese periodo de años anteriores. Esta situación es debida a la pandemia por COVID-19, ya que provocó el cierre o reducción de aforos de algunas instalaciones, con la consiguiente reducción de consumo asociada.

También debe remarcarse que existen algunos vacíos de información ya que no todas las entidades e instituciones contactadas han compartido sus datos sobre consumos, por lo que en algunos subsectores se han tenido que llevar a cabo estimaciones en base a la información de los anteriores inventarios de emisiones. Teniendo en cuenta lo anterior, se muestran a continuación 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 2021, 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 22, frente a los 51 identificados en el municipio de Zaragoza (el 43,13% del total). Teniendo en cuenta que más de la mitad de los hoteles han rehusado participar o no han atendido a la solicitud, se ha llevado a cabo una estimación para aquellos que en inventarios de emisiones anteriores sí participaron, calculando para cada uno de ellos un consumo aproximado. Para ello el cálculo se ha basado 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 70 colegios privados y concertados identificados en el municipio de Zaragoza, se han obtenido datos de 32 de ellos (45,71%). El resto de los centros han rehusado participar o no han atendido la solicitud, por lo que no han sido incluidos en el estudio.

En el caso de los centros comerciales han participado en el estudio 7 de los 10 centros contactados (70% del total). El resto no han sido incluidos en el estudio. En el subsector de entidades bancarias solamente dos ha facilitado los datos solicitados, por lo que el resto de las entidades han quedado fuera del alcance de este informe.

La Universidad de Zaragoza y estación de trenes y autobuses han sido contactados y han proporcionado los datos de consumos solicitados. De los 8 hospitales privados contactados, 6 han facilitado la información solicitada (75%).

Cabe destacar que, para la actividad de Sanidad Pública, durante el 2021 los datos han sido reportados y clasificados en función de los sectores sanitarios locales (Zaragoza I, Zaragoza II y Zaragoza III), si bien la información facilitada engloba las instalaciones que las componen por separado.

Finalmente, para edificios religiosos solamente se han proporcionado datos de tres (se desconoce el total de instalaciones, por lo que no se puede proporcionar un porcentaje de inclusión en el estudio respecto al total de consumos). Los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado han

comunicado únicamente los datos relativos al cuerpo de Guardia Civil, por lo que Protección Civil y Policía Nacional han quedado fuera del estudio.

En la Tabla 45, se muestran los consumos eléctricos y térmicos (consumos para climatización asociados a otros combustibles, como gas natural, gasóleo y gas propano y otros gases) del subsector Servicios. Con estos valores, se han llevado a cabo los cálculos con los factores de emisión para obtener las emisiones asociadas a dichos consumos. Cabe destacar que la biomasa no computa para el cálculo de emisiones, por ser un combustible renovable, por lo que no tiene emisiones asociadas. En las siguientes tablas se muestran los consumos totales térmicos y de energía eléctrica del Subsector Servicios.

Tabla 45. Consumos eléctricos y térmicos para el subsector servicios. Año 2021.

| Servicios | Consumo (en MWh) | | | | | |
|---|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------|
| | Electricidad | Electricidad GdO (*) | Gas Natural | Gasóleo y otros hidrocarburos | Propano y otros gases | Biomasa |
| Universidad | 23.102,14 | 186,38 | 20.421,86 | 260,62 | 0,00 | 0,00 |
| Centros comerciales | 41.943,40 | 532,68 | 8.127,64 | 0,08 | 0,00 | 0,00 |
| Estación de trenes y autobuses | 665,73 | 6.131,14 | 2.550,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ejército y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado | 267,20 | 0,00 | 221,06 | 6.264,79 | 0,00 | 0,00 |
| Edificios Religiosos | 408,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hospitales privados | 8.641,53 | 4.447,83 | 4.980,90 | 343,01 | 10,72 | 243,77 |
| Sanidad pública | 68.073,84 | 8,00 | 82.220,91 | 2.687,27 | 0,00 | 0,00 |
| Hoteles | 24.763,28 | 2.685,99 | 24.710,34 | 376,46 | 0,00 | 0,00 |
| Colegios privados y concertados | 4.201,02 | 110,06 | 9.464,41 | 2.687,22 | 0,00 | 0,00 |
| Entidades bancarias | 18.832,09 | 3.025,30 | 959,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 190.899,08 | 17.127,38 | 153.656,72 | 12.619,46 | 10,72 | 243,77 |
| Total consumos subsector servicios: 374.557,13 | | | | | | |

* GdO: Garantía de Origen Renovable

Tabla 46. Emisiones directas (asociadas a consumos térmicos) del subsector servicios. Dato en toneladas. 2021.

| Servicios | Toneladas (t) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CO | SO ₂ | NO _x | N ₂ O | COVNM | CH ₄ | TSP | PM10 | PM2,5 | NH ₃ | BC | Pb | Cd |
| Universidad | 4.124,69 | 2,13 | 0,05 | 5,53 | 0,03 | 1,70 | 0,46 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | NE | 3,24E-03 | 1,49E-06 | 1,41E-08 |
| Centros comerciales | 1.641,46 | 0,85 | 0,02 | 2,17 | 0,00 | 0,67 | 0,15 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | NE | 3,94E-03 | 2,49E-06 | 3,86E-08 |
| Estación de trenes y autobuses | 515,04 | 0,27 | 0,01 | 0,68 | 0,00 | 0,21 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | NE | 0 | 0 | 0 |
| Ejército y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado | 51,55 | 0,04 | 0,00 | 2,16 | 0,45 | 0,24 | 2,12 | 0,47 | 0,41 | 0,23 | NE | 0,03 | 0 | 0 |
| Edificios Religiosos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | NE | 0 | 0 | 0 |
| Hospitales privados | 1.006,32 | 0,78 | 0,16 | 1,71 | 0,04 | 0,46 | 0,21 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | NE | 2,30E-02 | 1,61E-05 | 3,09E-06 |
| Sanidad pública | 16.608,30 | 8,59 | 0,20 | 22,80 | 0,22 | 6,90 | 2,39 | 0,43 | 0,41 | 0,33 | NE | 0,01 | 0 | 0 |
| Hoteles | 4.990,91 | 2,58 | 0,06 | 6,71 | 0,04 | 2,06 | 0,57 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | NE | 0,01 | 0 | 0 |
| Colegios privados y concertados | 1.914,39 | 0,99 | 0,02 | 3,42 | 0,20 | 0,88 | 1,08 | 0,23 | 0,20 | 0,12 | NE | 9,86E-02 | 7,77E-05 | 1,45E-06 |
| Entidades bancarias | 193,76 | 0,10 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 0,08 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 1,08E-04 | 3,45E-08 | 0,00 |
| TOTAL | 31.046,42 | 16,33 | 0,51 | 45,42 | 0,97 | 13,21 | 7,04 | 1,39 | 1,25 | 0,89 | NE | 1,85E-01 | 1,37E-04 | 5,27E-06 |

| Servicios | Toneladas (t) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| | Hg | As | Cr | Cu | Ni | Se | Zn | PCB | PCDD/F (tTEQ) | Benzo(a) pireno | Benzo(b) fluoranteno | Indeno(1,2,3-cd) pireno |
| Universidad | 7,36E-06 | 7,40E-06 | 1,67E-06 | 2,81E-07 | 1,25E-05 | 4,42E-06 | 5,54E-05 | 0,00 | 3,88E-11 | 5,31E-08 | 2,15E-07 | 7,95E-08 |
| Centros comerciales | 4,36E-06 | 4,46E-06 | 3,01E-06 | 7,72E-07 | 3,26E-05 | 2,62E-06 | 3,62E-05 | 0,00 | 2,41E-11 | 3,17E-08 | 1,29E-07 | 4,72E-08 |
| Estación de trenes y autobuses | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ejército y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Edificios Religiosos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Hospitales privados | 2,04E-06 | 2,45E-06 | 1,77E-05 | 5,04E-06 | 1,55E-04 | 1,31E-06 | 1,50E-04 | 1,34E-11 | 3,90E-11 | 1,75E-08 | 7,41E-08 | 2,21E-08 |
| Sanidad pública | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hoteles | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Colegios privados y concertados | 4,30E-06 | 8,17E-06 | 9,71E-05 | 2,90E-05 | 1,21E-03 | 2,97E-06 | 1,98E-04 | 0,00 | 7,54E-11 | 4,24E-08 | 2,42E-07 | 5,05E-08 |
| Entidades bancarias | 3,45E-07 | 3,45E-07 | 3,45E-08 | 0,00 | 3,45E-08 | 2,07E-07 | 2,52E-06 | 0,00 | 1,80E-12 | 2,49E-09 | 1,00E-08 | 3,73E-09 |
| TOTAL | 5,35E-05 | 5,98E-05 | 1,68E-04 | 4,87E-05 | 1,98E-03 | 3,28E-05 | 2,67 | 1,34E-11 | 3,87E+05 | 4,06E-07 | 1,74E-06 | 5,85E-07 |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

Tabla 47. Emisiones Indirectas (asociadas a consumos de energía eléctrica) del subsector servicios. Dato en toneladas de CO₂. 2021.

| Servicios | Toneladas (t) | | |
|--|------------------|------------------|-----------------|
| | CO ₂ | N ₂ O | CH ₄ |
| Universidad | 3.109,14 | 0,01 | 0,27 |
| Centros comerciales | 5.644,84 | 0,02 | 0,05 |
| Estación de trenes y autobuses | 89,60 | 0,00 | 0,09 |
| Centros del ejército y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado | 35,96 | 0,00 | 0,00 |
| Edificios Religiosos (iglesias y patrimonio) | 55,03 | 0,00 | 0,00 |
| Hospitales privados | 1.163,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sanidad pública | 9.161,53 | 0,03 | 0,02 |
| Hoteles | 3.332,70 | 0,01 | 0,15 |
| Colegios privados y concertados | 565,38 | 0,00 | 0,06 |
| Entidades bancarias | 2.534,47 | 0,01 | 0,01 |
| TOTAL | 25.691,64 | 0,09 | 0,04 |

Tabla 48. Total de emisiones de CO₂ (directas e indirectas) del subsector servicios. Año 2021.

| Servicios | Toneladas (t) anuales CO ₂ | | |
|--|---------------------------------------|------------------|------------------|
| | Directas | Indirectas | TOTAL |
| Universidad | 4.124,69 | 3.109,14 | 7.233,83 |
| Centros comerciales | 1.641,46 | 5.644,84 | 7.286,30 |
| Estación de trenes y autobuses | 515,04 | 89,60 | 604,64 |
| Ejército y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado | 51,55 | 35,96 | 87,51 |
| Edificios Religiosos | - | 55,03 | 55,03 |
| Hospitales privados | 1.006,32 | 1.163,00 | 2.169,32 |
| Sanidad pública | 16.608,30 | 9.161,53 | 25.769,83 |
| Hoteles | 4.990,91 | 3.332,70 | 8.323,61 |
| Colegios privados y concertados | 1.914,39 | 565,38 | 2.479,77 |
| Entidades bancarias | 193,76 | 2.534,47 | 2.728,23 |
| TOTAL | 31.046,42 | 25.691,64 | 56.738,05 |

La Tabla 48 muestra únicamente las emisiones de CO₂ por ser el gas mayoritario. No obstante, también se muestran a continuación los totales del Sector Servicios para todos los gases estudiados:

Tabla 49. Emisiones por tipo de gas, subsector servicios, 2021. Datos en t/año.

| Subsector Servicios | Totales (t/año) |
|-------------------------|-----------------|
| CO ₂ | 56.738,05 |
| CO | 32,08 |
| SO ₂ | 58,35 |
| NO _x | 89,16 |
| N ₂ O | 1,06 |
| COVNM | 14,29 |
| CH ₄ | 7,47 |
| TSP | 2,14 |
| PM10 | 1,87 |
| PM2,5 | 1,35 |
| NH ₃ | NE |
| BC | 0,19 |
| Pb | 1,37E-04 |
| Cd | 5,27E-06 |
| Hg | 5,35E-05 |
| As | 5,98E-05 |
| Cr | 1,68E-04 |
| Cu | 4,87E-05 |
| Ni | 1,98E-03 |
| Se | 3,28E-05 |
| Zn | 7,77E-04 |
| PCB | 1,34E-11 |
| PCDD/F (t TEQ) | 3,87E-10 |
| Benzo(a)pireno | 4,06E-07 |
| Benzo(b)fluoranteno | 1,74E-06 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 5,85E-07 |
| HCB | NA |

Como se puede observar, el gas que supone mayor cantidad de emisiones de este subsector es el CO₂. El resto de los gases contaminantes son minoritarios dentro del cómputo total, especialmente algunos como el Pb, Cd, Hg, Ad, Cr, Cu, Ni, Se o Zn.

8.4.2 Subsector Institucional

Dentro del análisis del Subsector de “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 2021, 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-restaurante, 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
- Potabilización del agua

A partir de la información proporcionada por el Ayuntamiento de Zaragoza, se incluye a continuación una tabla con el desglose de consumos en función de las instalaciones citadas anteriormente, para el año 2021. No aparecen propano ni biomasa puesto que no se han reportado consumos en estos combustibles.

Tabla 50. Consumos eléctricos y térmicos para sector institucional. Datos en kWh/año. Año 2021.

| Institucional | Consumo (MWh/año) | | |
|---|--------------------|--------------------|-------------------------------|
| | Electricidad | Gas natural | Gasóleo y otros hidrocarburos |
| Administrativo | 13.286,78 | 1.334,08 | 726,00 |
| Funerario | 1.701,88 | 0,00 | 0,00 |
| Centro Cívico | 4.122,87 | 2.025,70 | 38,64 |
| Cultural | 3.631,76 | 754,27 | 0,00 |
| Centros Deportivos Municipales | 1.585,41 | 1.331,17 | 99,10 |
| Campos Fútbol Municipales | 1.845,61 | 1.160,50 | 11,17 |
| Instalaciones Deportivas Elementales | 22,24 | 0,00 | 0,00 |
| Otras Instalaciones Deportivas | 150,63 | 16,70 | 39,64 |
| Pabellones Deportivos Municipales | 8.468,41 | 6.186,39 | 1.204,23 |
| Educativos | 1.487,03 | 2.583,22 | 457,56 |
| Escolares | 5.748,39 | 16.773,38 | 5.877,34 |
| Multiusos | 1.011,95 | 360,86 | 191,60 |
| Otros usos | 1.011,54 | 0,00 | 123,38 |
| Sin uso | 39,38 | 0,00 | 0,00 |
| Sociales | 3.168,38 | 3.258,69 | 153,61 |
| Servicios Públicos | 2.891,40 | 4.793,32 | 673,57 |
| Alumbrado Público | 59.206,19 | 0,00 | 0,00 |
| Contenedores soterrados | 0,95 | 0,00 | 0,00 |
| Fuentes | 1.670,08 | 0,00 | 0,00 |
| Medio ambiente | 65,02 | 0,00 | 0,00 |
| Otros (radares, Aseos, Kioscos, Ascensores) | 4.240,37 | 0,00 | 0,00 |
| Parques y Jardines | 1.128,77 | 0,00 | 0,00 |
| Red semafórica | 1.755,56 | 0,00 | 0,00 |
| Residuales | 145,69 | 0,00 | 0,00 |
| Temporales | 58,08 | 0,00 | 0,00 |
| Vialidad y aguas | 529,08 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 118.973,420 | 40.578,264 | 9.595,837 |
| | | 169.147,520 | |

Tabla 51. Emisiones directas subsector institucional (asociadas a consumos térmicos). Año 2021. Datos en toneladas anuales.

| Institucional Emisiones (t/año) | CO ₂ | CO | SO ₂ | NO _x | N ₂ O | COVNM | CH ₄ | TSP | PM10 | PM2,5 | NH ₃ | BC | Pb | Cd |
|---|-----------------|------|-----------------|-----------------|------------------|-------|-----------------|------|------|-------|-----------------|----------|----------|----------|
| Administrativo | 270,23 | 0,14 | 0,00 | 0,60 | 0,05 | 0,14 | 0,27 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | NE | 3,19E-02 | 2,52E-05 | 4,72E-07 |
| Funerario | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Centro Cívico | 409,15 | 0,21 | 0,00 | 0,55 | 0,00 | 0,17 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | NE | 1,63E-03 | 1,19E-06 | 2,09E-08 |
| Cultural | 152,33 | 0,08 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 1,78E-03 | 1,39E-06 | 2,59E-08 |
| Centros Deportivos Municipales | 268,95 | 0,14 | 0,00 | 0,39 | 0,01 | 0,11 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | NE | 3,80E-03 | 2,92E-06 | 5,35E-08 |
| Campos Fútbol Municipales | 234,39 | 0,12 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,10 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 7,59E-05 | 2,43E-08 | 0,00 |
| Instalaciones Deportivas Elementales | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Otras Instalaciones Deportivas | 3,42 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 1,88E-06 | 6,01E-10 | 0,00 |
| Pabellones Deportivos Municipales | 1250,73 | 0,65 | 0,01 | 2,05 | 0,09 | 0,56 | 0,52 | 0,11 | 0,10 | 0,06 | NE | 5,18E-02 | 4,08E-05 | 7,60E-07 |
| Educativos | 522,21 | 0,27 | 0,01 | 0,84 | 0,03 | 0,23 | 0,20 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | NE | 1,81E-02 | 1,43E-05 | 2,66E-07 |
| Escolares | 3394,03 | 1,76 | 0,04 | 6,44 | 0,43 | 1,60 | 2,29 | 0,49 | 0,43 | 0,26 | NE | 2,11E-01 | 1,67E-04 | 3,11E-06 |
| Multiusos | 73,09 | 0,04 | 0,00 | 0,16 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | NE | 1,21E-02 | 9,44E-06 | 1,75E-07 |
| Otros usos | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | NE | 3,04E-03 | 2,36E-06 | 4,34E-08 |
| Sin uso | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sociales | 658,29 | 0,34 | 0,01 | 0,92 | 0,01 | 0,28 | 0,11 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | NE | 9,43E-04 | 6,51E-07 | 1,10E-08 |
| Servicios Públicos | 968,80 | 0,50 | 0,01 | 1,50 | 0,05 | 0,42 | 0,31 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | NE | 1,53E-02 | 1,20E-05 | 2,23E-07 |
| Alumbrado Público | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Contenedores soterrados | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fuentes | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Medio ambiente | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Otros (radares, Aseos, Kioscos, Ascensores) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Parques y Jardines | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Red semafórica | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Residuales | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Institucional Emisiones (t/año) | CO ₂ | CO | SO ₂ | NO _x | N ₂ O | COVNM | CH ₄ | TSP | PM10 | PM2,5 | NH ₃ | BC | Pb | Cd |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Temporales | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vialidad y aguas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NE | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 8.205,76 | 4,26 | 9,79E-02 | 14,02 | 0,71 | 3,71 | 3,98 | 0,84 | 0,74 | 0,46 | NE | 0,35 | 2,77E-04 | 5,16E-06 |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

| Institucional Emisiones (t/año) | Hg | As | Cr | Cu | Ni | Se | Zn | PCB | PCDD/F (t TEQ) | Benzo(a)pireno | Benzo(b)fluoranteno | Benzo(k)fluoranteno 0 PAH | Indeno(1,2,30cd)pireno | HCB |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|----------------|----------------|---------------------|---------------------------|------------------------|-----|
| Administrativo | 8,52E-07 | 2,11E-06 | 3,15E-05 | 9,44E-06 | 3,93E-04 | 6,37E-07 | 6,06E-05 | 0,00 | 2,17E-11 | 9,85E-09 | 6,28E-08 | NA | 1,05E-08 | NA |
| Funerario | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Centro Cívico | 7,43E-07 | 7,99E-07 | 1,46E-06 | 4,17E-07 | 1,75E-05 | 4,51E-07 | 7,83E-06 | 0,00 | 4,63E-12 | 5,51E-09 | 2,32E-08 | NA | 8,08E-09 | NA |
| Cultural | 1,59E-07 | 2,27E-07 | 1,74E-06 | 5,17E-07 | 2,16E-05 | 1,02E-07 | 4,14E-06 | 0,00 | 1,77E-12 | 1,34E-09 | 6,68E-09 | NA | 1,78E-09 | NA |
| Centros Deportivos Municipales | 6,74E-07 | 8,17E-07 | 3,63E-06 | 1,07E-06 | 4,47E-05 | 4,19E-07 | 1,11E-05 | 0,00 | 5,46E-12 | 5,28E-09 | 2,39E-08 | NA | 7,43E-09 | NA |
| Campos Fútbol Municipales | 2,43E-07 | 2,43E-07 | 2,43E-08 | 0,00 | 2,43E-08 | 1,46E-07 | 1,78E-06 | 0,00 | 1,26E-12 | 1,75E-09 | 7,05E-09 | NA | 2,63E-09 | NA |
| Instalaciones Deportivas Elementales | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Otras Instalaciones Deportivas | 6,01E-09 | 6,01E-09 | 6,01E-10 | 0,00 | 6,01E-10 | 3,61E-09 | 4,39E-08 | 0,00 | 3,13E-14 | 4,33E-11 | 1,74E-10 | NA | 6,49E-11 | NA |
| Pabellones Deportivos Municipales | 2,73E-06 | 4,76E-06 | 5,09E-05 | 1,52E-05 | 6,34E-04 | 1,84E-06 | 1,07E-04 | 0,00 | 4,20E-11 | 2,57E-08 | 1,41E-07 | NA | 3,17E-08 | NA |
| Educativos | 9,40E-07 | 1,65E-06 | 1,78E-05 | 5,32E-06 | 2,22E-04 | 6,35E-07 | 3,75E-05 | 0,00 | 1,46E-11 | 8,86E-09 | 4,87E-08 | NA | 1,09E-08 | NA |
| Escolares | 7,57E-06 | 1,59E-05 | 2,08E-04 | 6,22E-05 | 2,59E-03 | 5,37E-06 | 4,14E-04 | 0,00 | 1,53E-10 | 7,90E-08 | 4,71E-07 | NA | 9,05E-08 | NA |
| Multiusos | 1,35E-06 | 1,82E-06 | 1,18E-05 | 3,49E-06 | 1,46E-04 | 8,58E-07 | 3,00E-05 | 0,00 | 1,34E-11 | 1,11E-08 | 5,33E-08 | NA | 1,51E-08 | NA |
| Otros usos | 4,34E-07 | 5,50E-07 | 2,93E-06 | 8,68E-07 | 3,62E-05 | 2,72E-07 | 8,17E-06 | 0,00 | 3,84E-12 | 3,47E-09 | 1,61E-08 | NA | 4,81E-09 | NA |
| Sin uso | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Sociales | 6,68E-07 | 6,98E-07 | 7,97E-07 | 2,19E-07 | 9,20E-06 | 4,04E-07 | 6,14E-06 | 0,00 | 3,88E-12 | 4,90E-09 | 2,03E-08 | NA | 7,25E-09 | NA |
| Servicios Públicos | 1,18E-06 | 1,78E-06 | 1,50E-05 | 4,46E-06 | 1,86E-04 | 7,69E-07 | 3,43E-05 | 0,00 | 1,43E-11 | 1,03E-08 | 5,23E-08 | NA | 1,34E-08 | NA |
| Alumbrado Público | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Contenedores soterrados | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Fuentes | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Medio ambiente | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Otros (radares, Aseos, Kioscos, Ascensores) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |

| Institucional Emisiones (t/año) | Hg | As | Cr | Cu | Ni | Se | Zn | PCB | PCDD/F (t TEQ) | Benzo(a)pireno | Benzo(b)fluoranteno | Benzo(k)fluoranteno 0 PAH | Indeno(1,2,30cd)pireno | HCB |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------|------------------------|-----------|
| Parques y Jardines | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Red semafórica | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Residuales | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Temporales | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| Vialidad y aguas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NA | 0,00 | NA |
| TOTAL | 5,35E-05 | 5,98E-05 | 1,68E-04 | 4,87E-05 | 1,98E-03 | 3,28E-05 | 7,77E-04 | 0,00 | 2,80E-10 | 1,67E-07 | 9,26E-07 | NA | 2,04E-07 | NA |

Las emisiones calculadas en las tablas anteriores contemplan la cantidad total de toneladas emitidas de todos los gases contemplados en el estudio. En la siguiente tabla se muestran únicamente las emisiones asociadas a CO₂, por representar el mayor porcentaje respecto al total de gases:

Tabla 52. Total de emisiones de CO₂ (directas e indirectas) del subsector institucional. Datos en toneladas anuales. Año 2021.

| Institucional | Toneladas anuales (t/año) | | |
|---|---------------------------|------------------|------------------|
| | Directas | Indirectas | TOTAL |
| Administrativo | 270,23 | 1.788,17 | 2.058,40 |
| Funerario | 0,00 | 229,04 | 229,04 |
| Centro Cívico | 409,15 | 554,87 | 964,02 |
| Cultural | 152,33 | 488,77 | 641,10 |
| Centros Deportivos Municipales | 268,95 | 213,37 | 482,32 |
| Campos Fútbol Municipales | 234,39 | 248,39 | 482,77 |
| Instalaciones Deportivas Elementales | 0,00 | 2,99 | 2,99 |
| Otras Instalaciones Deportivas | 3,42 | 20,27 | 23,69 |
| Pabellones Deportivos Municipales | 1.250,73 | 1.139,70 | 2.390,43 |
| Educativos | 522,21 | 200,13 | 722,34 |
| Escolares | 3.394,03 | 773,63 | 4.167,66 |
| Multiusos | 73,09 | 136,19 | 209,28 |
| Otros usos | 0,14 | 136,13 | 136,27 |
| Sin uso | 0,00 | 5,30 | 5,30 |
| Sociales | 658,29 | 426,41 | 1.084,70 |
| Servicios Públicos | 968,80 | 389,13 | 1.357,93 |
| Alumbrado Público | 0,00 | 7.968,10 | 7.968,10 |
| Contenedores soterrados | 0,00 | 0,13 | 0,13 |
| Fuentes | 0,00 | 224,76 | 224,76 |
| Medio ambiente | 0,00 | 8,75 | 8,75 |
| Otros (radares, Aseos, Kioscos, Ascensores) | 0,00 | 570,68 | 570,68 |
| Parques y Jardines | 0,00 | 151,91 | 151,91 |
| Red semafórica | 0,00 | 236,27 | 236,27 |
| Residuales | 0,00 | 19,61 | 19,61 |
| Temporales | 0,00 | 7,82 | 7,82 |
| Vialidad y aguas | 0,00 | 71,20 | 71,20 |
| TOTAL | 8.205,76 | 16.011,72 | 24.217,47 |

También se muestra a continuación el total de emisiones de cada gas contaminante para el subsector Institucional:

Tabla 53. Emisiones por tipo de gas, subsector institucional, 2021. Datos en t/año.

| Subsector Institucional | Totales (t/año) |
|-------------------------|-----------------|
| CO ₂ | 24.217,47 |
| CO | 4,26 |
| SO ₂ | 36,14 |
| NO _x | 41,28 |
| N ₂ O | 0,76 |
| COVNM | 4,38 |
| CH ₄ | 4,25 |
| TSP | 1,31 |
| PM10 | 1,12 |
| PM2,5 | 0,75 |
| NH ₃ | NE |
| BC | 0,35 |
| Pb | 2,77E-04 |
| Cd | 5,16E-06 |
| Hg | 1,76E-05 |
| As | 3,13E-05 |
| Cr | 3,46E-04 |
| Cu | 1,03E-04 |
| Ni | 4,30E-03 |
| Se | 1,19E-05 |
| Zn | 7,23E-04 |
| PCB | 0,00 |
| PCDD/F (t TEQ) | 2,80E-10 |
| Benzo(a)pireno | 1,67E-07 |
| Benzo(b)fluoranteno | 9,26E-07 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 2,04E-07 |
| HCB | NA |

Como se puede observar, el gas mayoritario en las emisiones de este subsector es el CO₂. El resto de los gases contaminantes son minoritarios dentro del cómputo total, como el Pb, Cd, Hg, Ad, Cr, Cu, Ni, Se o Zn.

8.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de las emisiones anuales de cada subsector (Institucional y Servicios), incluyendo una comparativa con los valores de años anteriores, con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. Respecto al año 2005 únicamente se muestra una comparación global, puesto que no se dispone de la información detallada por subsector para dicho año.

A continuación, se muestra una comparativa donde se desglosa el porcentaje de consumos eléctricos y térmicos en cada subsector:

Tabla 54. Evolución de los porcentajes que representan (respecto al total) los consumos de energía térmica y eléctrica en los subsectores institucional y servicios, periodo 2015-2021.

| Subsector | 2015 | 2019 | 2021 |
|---|--------|--------|--------|
| Institucional | | | |
| Consumo Energía térmica (asociado a emisiones Directas) | 42,03% | 27,94% | 29,66% |
| Consumo Energía eléctrica (asociado a emisiones Indirectas) | 57,97% | 72,06% | 70,34% |
| Servicios | | | |
| Consumo Energía térmica (asociado a emisiones Directas) | 39,83% | 46,95% | 44,40% |
| Consumo Energía eléctrica (asociado a emisiones Indirectas) | 60,17% | 53,05% | 55,60% |

Como se puede observar en la tabla anterior, en ambos subsectores los consumos eléctricos son mayores que los térmicos, debido posiblemente a que algunas instalaciones disponen de calefacción eléctrica o directamente no disponen de calefacción, por lo que únicamente computan con su consumo de energía eléctrica.

Es probable que ésta sea también la causa de las notables diferencias entre el reparto de consumos eléctrico y térmico dentro del Subsector Institucional, donde los consumos térmicos apenas representan un tercio del consumo total, en la media de los últimos 3 años inventariados. Esto quiere decir que es posible que una parte de las instalaciones institucionales no dispongan de calefacción, o la misma sea de consumo eléctrico.

Subsector Servicios

A continuación, se presenta una comparativa de los consumos asociados al Subsector Servicios con los años en los que se realizaron los últimos inventarios.

Tabla 55. Consumos eléctricos y térmicos para el subsector servicios (MWh). Tendencia 2015-2021.

| Servicios | Electricidad | | | Gas Natural | | | Gasóleo y otros hidrocarburos | | | Propano y otros gases | | | Biomasa |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|---------------|
| | 2015 | 2019 | 2021 | 2015 | 2019 | 2021 | 2015 | 2019 | 2021 | 2015 | 2019 | 2021 | 2021 |
| Universidad | 23.360,61 | 23.289,72 | 23.102,14 | 15.444,96 | 15.546,82 | 20.421,86 | 275,75 | 15,28 | 260,62 | 57,6 | 0,51 | 0,00 | 0,00 |
| Centros comerciales | 23.565,89 | 9.673,87 | 41.943,40 | 5.040,65 | 1.740,99 | 8.127,64 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Estación de trenes y autobuses | 5.569,50 | 6.017,00 | 665,73 | 2.288,23 | 2.356,87 | 2.550,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Centros del ejército y Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado | 25.110,03 | 25.617,51 | 267,20 | 1.111,27 | 3.251,45 | 221,06 | 0,00 | 14.264,66 | 6.264,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Edificios Religiosos (iglesias y patrimonio) | 2.831,07 | 2.692,29 | 408,86 | 0,00 | 2.178,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hospitales privados | 0,00 | 0,00 | 8.641,53 | 0,00 | 0,00 | 4.980,90 | 0,00 | 0,00 | 343,01 | 0,00 | 0,00 | 10,72 | 243,77 |
| Sanidad pública | 56.596,70 | 57.326,23 | 68.073,84 | 75.285,59 | 79.498,11 | 82.220,91 | 0,00 | 0,00 | 2.687,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hoteles | 33.806,02 | 24.934,64 | 24.763,28 | 22.862,32 | 23.768,65 | 24.710,34 | 0,00 | 0,00 | 376,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Colegios privados y concertados | 0,00 | 2.378,29 | 4.201,02 | 0,00 | 5.071,00 | 9.464,41 | 0,00 | 0,00 | 2.687,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Entidades bancarias | 17.403,00 | 14.951,27 | 18.832,09 | 0,00 | 0,00 | 959,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 188.242,82 | 166.880,80 | 190.899,08 | 124.278,97 | 133.412,47 | 153.656,72 | 275,75 | 14.279,93 | 12.619,5 | 57,6 | 0,51 | 10,72 | 243,77 |

Se puede observar que la tendencia en consumo eléctrico y térmico de gas natural en el subsector Servicios varía en función de las actividades analizadas, dependiendo en algunos casos del cambio en la evolución del consumo, y en otros del número de entidades participantes en el estudio:

- Para el sector universidad, los consumos eléctricos se mantienen prácticamente iguales a los de años anteriores. En cuanto a los consumos de gas, aumentan respecto al último inventario, lo que se atribuye a demandas de calefacción más altas posiblemente por bajas temperaturas durante el periodo de invierno.
- En Centros comerciales se muestra un incremento en los consumos eléctricos muy significativo para el año 2021 y respecto a la tendencia de años anteriores, sin embargo, es debido a que este año se han reportado datos por parte de más entidades que en años anteriores, por lo que el aumento es justificado. Para el gas ocurre lo mismo, por lo que se atribuye el aumento al incremento de participantes.
- En los consumos eléctricos asociados a la Estación de trenes y autobuses, se aprecia una reducción considerable ya que en los datos reportados de 2021 la energía eléctrica asociada a trenes es de origen renovable (que no se contabilizan en estos cálculos), además de apreciarse una reducción en el consumo de electricidad en la estación de autobuses, razones por las cuales el consumo total desciende. Los consumos térmicos de gas natural se mantienen respecto a años anteriores.
- Para el caso de Centros del ejército y Cuerpos y Fuerzas de seguridad del Estado, el consumo eléctrico y de gas natural son mucho menores durante el 2021 debido a que en los inventarios anteriores se obtuvo información de consumos de las instalaciones asociadas al ejército, y en 2021 no han sido facilitados. Los únicos consumos computados son los de Cuarteles de la Guardia Civil.
- Para edificios religiosos ocurre lo mismo que en el párrafo anterior, donde el consumo eléctrico y el de gas natural descienden considerablemente. Se entiende que esta reducción se atribuye al reporte de datos respecto a menos instalaciones que las contempladas en inventarios anteriores.
- En la actividad de Sanidad privada (hospitales privados) únicamente aparecen datos reportados de 2021, ya que en años anteriores no fue posible obtenerlos, especialmente para el ejercicio de 2019 por razones derivadas de la pandemia mundial de COVID-19 (la recopilación de datos se realizó durante 2020, momento en el cual los hospitales no estaban en disposición de reportar información por saturación hospitalaria).
- La Salud Pública ha aumentado sus consumos eléctricos y de gas natural considerablemente respecto a la tendencia de mantenimiento de consumos de años anteriores. Esta situación puede deberse al aumento en la actividad de hospitales y demás centros sanitarios, derivada de la situación pandémica comentada en el párrafo anterior.
- Para el caso de los hoteles de la ciudad, se continúa con la tendencia de reducción de consumos eléctricos detectada en los inventarios anteriores, probablemente derivada de la mejora en la eficiencia energética de los edificios. Para el consumo de gas natural, se aprecia un ligero ascenso, que puede deberse a los primeros meses del 2021 y las bajas temperaturas que se experimentaron por tormentas puntuales.
- En colegios privados, el número de colegios que han reportado información sobre consumos eléctricos y de gas natural ha sido mayor que en años anteriores, lo cual justifica el aumento en la tendencia que se visualiza en las gráficas.

- Por último, las entidades han aumentado los consumos, si bien está justificado porque en años anteriores solamente una organización reportó datos, mientras que en 2021 han sido dos organizaciones las que han colaborado con este inventario, lo que deriva en un aumento del consumo total eléctrico y de gas natural.

En resumen, las tendencias de los últimos años varían en numerosas actividades debido a la variación en el número de participantes y la cantidad de instalaciones que se han tenido en cuenta en los reportes de datos.

Respecto a los consumos de combustibles distintos del gas natural (gasóleo y otros hidrocarburos, y propano y otros gases), los consumos son puntuales en algunas entidades y en la mayoría de los casos se experimentan reducciones en la tendencia acumulada. Cabe destacar que en aquellos casos en los que solo aparecen este tipo de consumos durante el año 2021, es porque dichos consumos pertenecen a entidades que en años anteriores no participaron en este estudio.

Subsector Institucional

A continuación, se presenta una comparativa de los consumos asociados al Subsector Institucional con inventarios anteriores.

Tabla 56. Consumos eléctricos y térmicos para el subsector institucional (MWh). Tendencia 2015-2021.

| Institucional | Consumo total (MWh) | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------------------------|----------|----------|
| | Electricidad | | | Gas Natural | | | Gasóleo y otros hidrocarburos | | |
| | 2015 | 2019 | 2021 | 2015 | 2019 | 2021 | 2015 | 2019 | 2021 |
| Administrativo | 14.795,05 | 13.010,69 | 13.286,78 | 636,94 | 689,69 | 1.334,08 | 1.925,82 | 1.022,35 | 726,00 |
| Funerario | 1.212,25 | 0,00 | 1.701,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Centro Cívico | 4.125,38 | 4.558,91 | 4.122,87 | 956,63 | 1.462,64 | 2.025,70 | 942,52 | 116,10 | 38,64 |
| Cultural | 4.745,85 | 4.155,34 | 3.631,76 | 978,67 | 1.114,23 | 754,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Centros Deportivos Municipales | 1.647,06 | 1.682,11 | 1.585,41 | 946,83 | 1.362,32 | 1.331,17 | 163,67 | 0,00 | 99,10 |
| Campos Fútbol Municipales | 1.980,91 | 2.017,99 | 1.845,61 | 1.251,52 | 1.565,32 | 1.160,50 | 0,00 | 21,21 | 11,17 |
| Instalaciones Deportivas Elementales | 37,03 | 24,43 | 22,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Otras Instalaciones Deportivas | 121,83 | 148,48 | 150,63 | 30,05 | 30,42 | 16,70 | 44,91 | 79,27 | 39,64 |
| Pabellones Deportivos Municipales | 9.475,99 | 9.714,20 | 8.468,41 | 5.574,60 | 6.048,47 | 6.186,39 | 2.668,55 | 1.586,63 | 1.204,23 |
| Educativos | 5.192,57 | 1.506,41 | 1.487,03 | 13.656,29 | 2.046,44 | 2.583,22 | 363,69 | 252,73 | 457,57 |
| Escolares | 19.533,96 | 6.067,89 | 5.748,39 | 50.012,54 | 11.532,97 | 16.773,38 | 7.964,18 | 5.363,05 | 5.877,34 |
| Elementos Monumentales y Arqueológicos | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Multiusos | 1.256,51 | 1.269,40 | 1.011,95 | 387,72 | 554,19 | 360,86 | 193,38 | 246,66 | 191,60 |
| Otros usos | 341,84 | 341,74 | 1.011,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 131,89 | 139,14 | 123,38 |
| Sin uso | 87,54 | 30,53 | 39,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sociales | 4.419,41 | 3.826,26 | 3.168,38 | 3.519,74 | 3.288,95 | 3.258,69 | 305,48 | 114,99 | 153,61 |
| Servicios Públicos | 4.866,18 | 5.247,09 | 2.891,40 | 4.008,02 | 4.591,85 | 4.793,32 | 2.807,73 | 1.187,61 | 673,57 |
| Alumbrado Público | 47.418,58 | 52.538,37 | 59.206,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Contenedores soterrados | 1,47 | 1,16 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fuentes | 1.762,44 | 1.597,23 | 1.670,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Medio ambiente | 32,94 | 49,95 | 65,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Otros (radares, Aseos, Kioscos, Ascensores) | 3.357,25 | 3.383,52 | 4.240,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Parques y Jardines | 961,31 | 1.166,33 | 1.128,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 57,15 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Red semafórica | 1.118,82 | 1.426,60 | 1.755,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Residuales | 2,29 | 98,73 | 145,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temporales | 91,66 | 87,84 | 58,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vialidad y aguas | 9.242,72 | 621,18 | 529,08 | 398,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 137.828,90 | 114.572,40 | 118.973,42 | 82.358,35 | 34.287,50 | 40.578,26 | 17.568,95 | 10.129,71 | 9.595,84 |

Se puede observar que la tendencia en consumo eléctrico y térmico de gas natural en el subsector Institucional, al igual que en Servicios, varía considerablemente en función del tipo de actividad, y en el caso del gas natural, en función de si tienen consumo o no. En este caso, las variaciones de consumos (de forma general) no se suelen asociar a la mayor participación o inclusión de nuevas actividades dentro del inventario, ya que se mantiene respecto al inventario anterior la metodología y clasificación de actividades analizadas. Conforme a la tabla y gráficas anteriores, se obtienen las siguientes conclusiones:

- En cuanto al consumo eléctrico, la mayoría de las actividades e instalaciones mantienen o reducen sus consumos respecto a la tendencia de años anteriores (Administración, Centros Cívicos, Cultural, todas las instalaciones relacionadas con deporte, Educativo, Escolares, Multiusos, Sin uso, Sociales, Servicios Públicos, Contenedores soterrados, Fuentes, Medio ambiente, Parques y jardines, Residuales, Temporales y Vialidad-aguas).
- Por otro lado, en el consumo eléctrico experimentan aumentos en los consumos las actividades de Otros usos (debido a que se han reportado datos de más actividades dentro de este grupo), Alumbrado público, Otros (aseos, radares...), Residuales y Red semafórica. Se entiende que todos ellos han aumentado los consumos por la instalación de mayor cantidad de puntos de consumo dentro de cada grupo. Para el sector funerario, durante el inventario de 2019 se imputaron estos datos en Otros usos, por lo que se ha decidido volver a la su clasificación segregada, para facilitar el detalle de las instalaciones consumidoras.
- En lo que respecta a los consumos térmicos de gas natural, han aumentado en algunas instalaciones (Administrativo, Centros cívicos, Pabellones deportivos municipales, Educativos, Escolares y Servicios Públicos), lo que se atribuye presumiblemente a un aumento en la actividad de este tipo de instalaciones.
- Por otro lado, existen instalaciones que han reducido sus consumos térmicos de gas natural, como son Cultural, Campos de fútbol municipales, Multiusos y Sociales. Se entiende que esta reducción se da por la menor demanda de calor o por el aumento en la eficiencia energética de edificios. El resto de las instalaciones no disponen de consumos asociados de gas natural.

Como resumen, se puede extraer que las tendencias en consumos de electricidad dentro del Subsector Institucional, en general, no varían en exceso respecto a la tendencia de los últimos años, especialmente a los datos de 2019, continuando (salvo excepciones) con una tendencia de reducción de consumos.

Los consumos de gas natural en general se mantienen o suben ligeramente, lo cual indica que la demanda térmica ha estado un poco por encima de lo habitual, y podría achacarse al primer trimestre del 2021, por episodios de frío fuera de lo normal.

Respecto a los consumos de otros combustibles para demandas térmicas (gasóleo y otros hidrocarburos), los consumos son puntuales en algunas entidades y en la mayoría de los casos se experimentan reducciones en la tendencia acumulada. No existen consumos de propano y otros gases derivados del petróleo para demanda térmica en las actividades reportadas.

Cabe destacar que, respecto a los consumos eléctricos de este subsector, en años anteriores provenían de fuentes de energía renovable ya que el Ayuntamiento disponía de certificados de

Garantía de Origen que avalaban este hecho. Sin embargo, para 2021 el origen de esta energía ha cambiado y ya no es renovable, lo que ha afectado a las emisiones derivadas de estos consumos (emisiones indirectas) y que se detallan más adelante en este informe.

Emisiones totales de CO₂, y comparativa con años anteriores

Teniendo en cuenta que el CO₂ es el gas en torno al cual se suelen calcular las emisiones equivalentes del resto de gases contaminantes, y que en todos los cálculos supone el gas mayoritario en cuanto al volumen de emisiones, se muestra a continuación una serie de tablas donde se muestran los valores de emisiones para CO₂ en ambos subsectores:

Tabla 57. Emisiones de CO₂ del subsector servicios (directas + indirectas) desde 2005. Datos anuales.

| Servicios | Consumos térmicos [MWh/año] | Emisiones directas CO ₂ [t/año] | Consumo eléctrico [MWh/año] | Emisiones indirectas CO ₂ [t/año] | Emisiones totales CO ₂ [t/año] | Variación respecto 2005 [%] |
|-----------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---|-----------------------------|
| 2005 | 88.454,24 | 21.003,00 | 138.061,72 | 64.198,70 | 85.201,70 | 0% |
| 2015 | 124.612,32 | 25.181,13 | 188.242,82 | 51.996,97 | 77.178,10 | -9% |
| 2019 | 147.692,91 | 30.457,19 | 166.880,80 | 26.469,70 | 56.926,89 | -33% |
| 2021 | 166.530,67 | 31.046,42 | 190.899,08 | 25.691,64 | 56.738,05 | -33,4% |

En el Subsector Servicios, los consumos térmicos mantienen una tendencia de aumento respecto al año 2005. Esto puede deberse a un aumento en las dinámicas de consumos, o simplemente al reporte de mayor número de organizaciones dentro de este estudio. Las emisiones directas también han aumentado, ya que salvo que se consuma energía renovable 100%, son directamente proporcionales al consumo de energía térmica (las energías renovables no computan en los contaminantes contemplados).

Los consumos eléctricos, que venían decreciendo desde el 2015, en 2021 han cambiado su evolución y han aumentado. En cuanto a las emisiones indirectas, éstas sí que han descendido desde 2005 a pesar del aumento de consumo eléctrico, lo cual puede deberse a una creciente concienciación de este sector en el consumo de energía renovable.

Por tanto, el resumen es que las emisiones totales mantienen una tendencia de descenso desde el 2005, que se materializa en una reducción total de las emisiones totales del 33,4% dentro de este subsector, respecto al año base. No obstante, cabe resaltar que la reducción se ha ralentizado desde el último inventario, ya que ha descendido muy discretamente respecto al último dato de 2019.

Tabla 58. Emisiones de CO₂ del subsector institucional (directas + indirectas) desde 2005. Datos anuales.

| Institucional | Consumos térmicos [MWh/año] | Emisiones directas CO ₂ [t/año] | Consumo eléctrico [MWh/año] | Emisiones indirectas CO ₂ [t/año] | Emisiones totales [t/año] | Variación respecto 2005 [%] |
|---------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|
| 2005 | 179.361,92 | 41.009,00 | 176.784,23 | 82.204,67 | 123.213,67 | 0% |
| 2015 | 99.215,00 | 20.967,00 | 132.690,00 | 36.652,09 | 57.619,09 | -51% |
| 2019 | 44.417,22 | 9.416,77 | 114.572,00 | 0,00 | 9.416,77 | -92% |
| 2021 | 50.174,10 | 8.205,76 | 118.973,42 | 16.011,72 | 24.217,47 | -80% |

En el Subsector Institucional, los consumos térmicos, que venían decreciendo desde el 2005, en 2021 han aumentado. Aunque la razón no está clara, se estima que puede deberse a una mayor demanda energética de calor durante los meses de invierno, y quizá podría estar relacionado con la borrasca Filomena que aconteció en enero del 2021, y que bajó las temperaturas medias de este periodo, pudiendo así verse reflejado en los consumos térmicos.

Sin embargo, las emisiones directas asociadas a estos consumos han descendido. Analizando los datos en detalle, y teniendo en cuenta que los consumos térmicos se asocian en este caso a gas natural y gasóleo/otros hidrocarburos, se detecta que, en la mayoría de las actividades e instalaciones contempladas dentro de lo institucional, se ha tendido a reducir el consumo de gasóleo y otros hidrocarburos, frente al aumento en el consumo de gas natural (ambos de origen fósil, pero éste último con menores emisiones asociadas). Por tanto, aunque ascienda el consumo total en kWh, el origen fósil de dichos consumos no es el mismo, lo cual respalda la tendencia de reducción de emisiones obtenida.

Respecto a los consumos eléctricos, aumentan ligeramente, perdiendo la tendencia a la baja que se mantenía desde 2005. El aumento no es muy significativo pero tampoco se dispone de datos o causas justificadas que lo avalen. En el caso de las emisiones asociadas a este consumo (emisiones indirectas), sí que aumentan considerablemente debido a que en años anteriores la energía consumida era renovable, pero en el 2021 ya no, y esto hace que computen nuevas emisiones que en anteriores inventarios eran cero.

No obstante lo anterior, y a pesar del aumento de emisiones respecto a los últimos inventarios, la tendencia a la baja se mantiene tomando como referencia el 2005, reduciéndose un -80% de las emisiones respecto a ese año.

Finalmente, en la tabla siguiente se evalúan los consumos totales de todo el sector (Servicios + Institucional) así como las emisiones que generan para el año 2021.

Tabla 59. Emisiones totales de CO₂ del sector institucional y servicios (directas + indirectas) desde 2005. Datos anuales.

| Servicios + Institucional | Consumos térmicos [MWh/año] | Emisiones directas CO ₂ [t/año] | Consumo eléctrico [MWh/año] | Emisiones indirectas CO ₂ [t/año] | Emisiones totales [t/año] | Variación respecto 2005 [%] |
|---------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|
| 2005 | 267.816,17 | 62.012,00 | 314.845,95 | 146.403,37 | 208.415,37 | 0% |
| 2015 | 243.466,00 | 51.133,00 | 324.413,00 | 89.609,89 | 140.742,89 | -32% |
| 2019 | 191.861,45 | 39.873,96 | 280.831,91 | 26.469,70 | 66.343,66 | -68% |
| 2021 | 216.704,77 | 39.252,17 | 309.872,50 | 41.703,35 | 80.955,53 | -61% |

Se puede observar cómo tanto el consumo térmico como el eléctrico aumentan respecto al último inventario. Las emisiones directas tienden a la baja, lo cual significa que existe una tendencia en el uso de combustibles fósiles menos contaminantes (gas natural) frente a otros más contaminantes (gasóleo y otros hidrocarburos).

Para el consumo eléctrico total del sector se aprecia también un cambio de tendencia, respecto a la reducción del último inventario. Se entiende que este aumento está relacionado principalmente por dos causas: la entrada en el estudio de nuevas entidades que anteriormente no participaban, y

que son grandes consumidores (Sanidad privada), y también por el aumento considerable de consumo asociado a la Sanidad pública, relacionado posiblemente con la intensiva carga médica de las instalaciones sanitarias por la pandemia de COVID-19. Al aumentar los consumos, proporcionalmente se han aumentado también las emisiones indirectas de la generación de esa electricidad, que ha sido la razón principal por la cual el total de emisiones para el 2021 se ha visto aumentado respecto al año anterior, si bien se aprecia una notable reducción respecto al 2005.

Emisiones totales por tipo de gas contaminante

En este apartado se muestran el total de emisiones de los principales gases contaminantes y de efecto invernadero, por cada uno de los sectores y en comparativa con años anteriores.

Tabla 60. Emisiones totales por tipo de gas, subsector servicios (indirectas + directas). Comparativa 2015-2021. Datos anuales.

| Servicios | Emisiones (t/año) | | |
|------------------|-------------------|-----------|-----------|
| | 2015 | 2019 | 2021 |
| CO ₂ | 77.178 | 56.926,89 | 56.738,05 |
| CO | 40,38 | 42,36 | 32,08 |
| SO ₂ | 569 | 95,97 | 58,35 |
| NO _x | 172,39 | 115,02 | 89,16 |
| N ₂ O | 1 | 0,20 | 1,06 |
| COVNM | 41,15 | 44,51 | 14,29 |
| CH ₄ | 268 | 287,24 | 7,47 |
| TSP | 4,34 | 1,32 | 2,14 |
| PM10 | 3 | 1,11 | 1,87 |
| PM2,5 | 1,46 | 0,85 | 1,35 |

La tendencia varía en función de los gases contaminantes. El CO₂ (que es el contaminante mayoritario) se reduce ligeramente respecto al año anterior, aunque la tendencia de reducción se ralentiza respecto a la marcada desde el 2005. El resto de los gases contaminantes calculados no se muestran por considerarse despreciables, si bien sus resultados se encuentran incluidos en el punto 8.4.1 de este informe.

Tabla 61. Emisiones totales por tipo de gas, subsector institucional (indirectas + directas). Comparativa 2015-2021. Datos anuales.

| Institucional | Emisiones (t/año) | | |
|------------------|-------------------|----------|-----------|
| | 2015 | 2019 | 2021 |
| CO ₂ | 59.027 | 9.416,77 | 24.217,47 |
| CO | 28,40 | 7,27 | 4,26 |
| SO ₂ | 420 | 1,67 | 36,14 |
| NO _x | 126,10 | 19,05 | 41,28 |
| N ₂ O | 0 | 0,04 | 0,76 |
| COVNM | 28,23 | 11,50 | 4,38 |
| CH ₄ | 178 | 73,75 | 4,25 |
| TSP | 3,46 | 0,20 | 1,31 |
| PM10 | 3 | 0,20 | 1,12 |
| PM2,5 | 1,36 | 0,20 | 0,75 |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

En este subsector ocurre lo mismo que en el anterior: la tendencia varía en función de cada gas. Para el CO₂, en 2021 las emisiones aumentan considerablemente. Esta situación es debida a que, en años anteriores, la energía eléctrica contratada por las administraciones municipales era de origen renovable, mientras que para el año 2021 no lo ha sido, lo cual ha computado en el cálculo total creando una tendencia de aumento respecto al último inventario.

El resto de los gases contaminantes calculados no se muestran por considerarse despreciables, si bien sus resultados se encuentran incluidos en el punto 8.4.2 de este informe.

Tabla 62. Emisiones totales por tipo de gas (servicios + institucional). Año Comparativa 2015-2021. Datos anuales.

| Servicios + Institucional | Emisiones (t/año) | | |
|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| | 2015 | 2019 | 2021 |
| CO ₂ | 136.205 | 66.343,66 | 80.955,53 |
| CO | 69 | 38,59 | 36,34 |
| SO ₂ | 989 | 97,65 | 94,50 |
| NO _x | 298 | 134,08 | 130,45 |
| N ₂ O | 1 | 0,24 | 1,83 |
| COVNM | 69 | 56,01 | 18,66 |
| CH ₄ | 445 | 360,99 | 11,71 |
| TSP | 8 | 1,51 | 3,45 |
| PM10 | 6 | 1,30 | 3,00 |
| PM2,5 | 3 | 1,04 | 2,10 |

Finalmente, en la tabla anterior se pueden ver el total de emisiones para todo el Sector Institucional y Servicios. Se aprecia que el contaminante mayoritario, el CO₂, mostraba una tendencia a la baja desde el 2015, sin embargo, en 2021 ha aumentado debido principalmente al aumento en los consumos eléctricos, que deriva en un aumento proporcional de las emisiones derivadas, y también por el cambio de la energía eléctrica consumida por la administración pública, que ahora ya no es renovable.

Para el resto de los gases contaminantes, las cantidades emitidas son menos significativas y la mayoría tienden a descender de forma paulatina.

Para conocer las emisiones GEI totales (directas + indirectas), en CO₂eq, es necesario convertir las emisiones directas utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones indirectas que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector institucional y servicios, este cálculo resulta en **81.793,62 t CO₂eq** para el año 2021.

Energía de origen renovable

Cabe destacar que, en los cálculos realizados para obtener las emisiones de este apartado, no se han tenido en cuenta aquellos consumos de energía eléctrica procedentes de fuentes renovables (con Certificado de Garantía de Origen Renovable), ya que se considera que no tienen emisiones asociadas a su generación y consumo.

No obstante, lo anterior, se dispone del dato de consumo eléctrico total de energías renovables asociado a este Sector:

- En el subsector Servicios, el año 2021 se consumieron 17.127,381 MWh de energía renovable (no contabilizada en este estudio). Esta cantidad, supondría un 8,24% del total del consumo del subsector.
- En el subsector Institucional, el año 2021 no se consumió energía renovable (ya no se dispone de Certificado de Garantía de Origen renovable de estos consumos).

9. EMISIONES SECTOR RESIDUOS

9.1 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)

9.2 Fuentes de emisión consideradas

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

- Instalaciones: Cremaciones del cementerio municipal de Torrero (SERFUTOSA), del cementerio de SERVISA y del horno de animales del Complejo para el Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza (CTRUZ); 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.
- Toda la información recopilada se ha obtenido por edificio/instalación.

9.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

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 2019 código NFR 5.c.1.b.i.v, para la incineración de cuerpos.

Tabla 63. Factores de emisión del subsector de cremaciones.

| Contaminante | Cremación [kg/cuerpo] | Gas natural [kg/kWh] |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| CO ₂ | - | 0,20 |
| CO | 0,14 | 1,04E-04 |
| SO ₂ | 0,11 | 2,41E-06 |
| NO _x | 0,82 | 2,66E-04 |
| N ₂ O | - | 3,60E-07 |
| COVNM | 1,30E-02 | 8,28E-05 |
| CH ₄ | - | 1,80E-05 |
| TSP | 3,90E-02 | 2,81E-06 |
| PM10 | 3,50E-02 | 2,81E-06 |
| PM2,5 | 3,50E-02 | 2,81E-06 |
| Pb | 3,00E-05 | 3,96E-11 |
| Cd | 5,03E-06 | 3,24E-12 |
| Hg | 1,49E-03 | 3,60E-10 |
| As | 1,36E-05 | 3,60E-10 |
| Cr | 1,36E-05 | 4,68E-11 |
| Cu | 1,24E-05 | 9,36E-12 |
| Ni | 1,73E-05 | 4,68E-11 |
| Se | 1,98E-05 | 2,09E-10 |
| Zn | 1,60E-04 | 2,63E-09 |
| PCBs | 4,10E-07 | - |
| PCDD/F (kg TEQ) | NE | 1,87E-15 |
| Benzo(a)pireno | NE | 2,59E-12 |
| Benzo(b)fluoranteno | NE | 1,04E-11 |
| Benzo(k)fluoranteno | NE | 3,96E-12 |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | NE | 3,89E-12 |
| HCB | NE | - |

NE: No Estimado.

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

Todos los factores de emisión detallados en este subsector hacen referencia únicamente a las emisiones directas (por combustión) de las instalaciones contenidas en el alcance. Las emisiones indirectas han sido computadas, siguiendo la estructura de informes de emisiones anteriores, dentro del apartado 7.4.2 "Subsector Institucional".

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".

Tabla 64. Factores de emisión del subsector de incineración de lodos.

| Contaminante | Kg/Kg lodo |
|--------------------------|------------|
| CO ₂ | 1,04 |
| NO _x | 2,50E-03 |
| CO | 1,50E-02 |
| COVNM | 8,40E-04 |
| CH ₄ | 9,70E-06 |
| SO ₂ | 1,40E-02 |
| TSP | 5,20E-02 |
| PM10 | 4,10E-03 |
| PM2,5 | 1,10E-03 |
| Pb | 5,00E-05 |
| Cd | 1,60E-05 |
| Hg | 2,30E-06 |
| As | 4,70E-06 |
| Cr | 1,40E-05 |
| Cu | 4,00E-05 |
| Ni | 8,00E-08 |
| Se | 1,50E-07 |
| Zn | 6,60E-05 |
| PCBs | 4,50E-09 |
| N ₂ O | 9,00E-04 |
| PCDD/F (kg TEQ) | NE |
| Benzo(a)pireno | NE |
| Benzo(b)fluoranteno | NE |
| Benzo(k)fluoranteno | NE |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | NE |
| HCB | NE |

NE: No Estimado.

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.

Tabla 65. Factores de emisión del subsector de tratamiento de aguas.

| Contaminante | TTO de aguas (mg/m ³) | Biogás [kg/GJ] |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------|
| CO ₂ | - | 56,10 |
| CO | - | 5,60E-02 |
| SO ₂ | - | 5,00E-04 |
| NO _x | - | 0,14 |
| N ₂ O | - | 1,00E-04 |
| COVNM | 15,00 | 8,90E-02 |
| CH ₄ | - | 1,00E-03 |
| TSP | - | 2,00E-03 |
| PM10 | - | 2,00E-03 |
| PM2,5 | - | 2,00E-03 |
| Pb | - | 4,00E-08 |
| Cd | - | 3,00E-09 |
| Hg | - | 1,00E-07 |
| As | - | 5,00E-08 |
| Cr | - | 5,00E-08 |
| Cu | - | 1,00E-08 |
| Ni | - | 5,00E-08 |
| Se | - | 2,00E-07 |
| Zn | - | 2,90E-06 |
| PCBs | NE | NE |
| PCDD/F (kg TEQ) | NE | NE |
| Benzo(a)pireno | NE | NE |
| Benzo(b)fluoranteno | NE | NE |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | NE | NE |
| HCB | NE | NE |

NE: No Estimado. NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

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 66. Factores de emisión del subsector de vertederos.

| Contaminante | Gas Natural (kg Gas/kWh) | Diésel (kg/GJ) | Biogás [kg/GJ] |
|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| CO ₂ | 2,02E-01 | 74,10 | 54,6 |
| CO | 1,04E-04 | 9,00E-02 | 5,60E-02 |
| SO ₂ | 2,41E-06 | 9,00E-02 | 5,00E-04 |
| NO _x | 2,66E-04 | 0,31 | 0,14 |
| N ₂ O | 3,60E-07 | - | 1,00E-04 |
| COVNM | 8,28E-05 | 2,00E-02 | 8,90E-02 |
| CH ₄ | 1,80E-05 | 1,00E-02 | 1,00E-03 |
| TSP | 2,81E-06 | 2,00E-02 | 2,00E-03 |
| PM10 | 2,81E-06 | 2,00E-02 | 2,00E-03 |
| PM2,5 | 2,81E-06 | 1,80E-02 | 2,00E-03 |
| Pb | - | - | 4,00E-08 |
| Cd | - | - | 3,00E-09 |
| Hg | 3,60E-10 | - | 1,00E-07 |
| As | - | - | 5,00E-08 |
| Cr | - | - | 5,00E-08 |
| Cu | - | - | 1,00E-08 |
| Ni | - | - | 5,00E-08 |
| Se | - | - | 2,00E-07 |
| Zn | - | - | 2,90E-06 |
| PCBs | NE | NE | NE |
| PCDD/F (kg TEQ) | NE | NE | NE |
| Benzo(a)pireno | NE | NE | NE |
| Benzo(b)fluoranteno | NE | NE | NE |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | NE | NE | NE |
| HCB | NE | NE | NE |

NE: No Estimado. NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

9.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

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)

A continuación, se detalla la metodología llevada a cabo para abordar el cálculo de las emisiones de cada subsector dentro del sector residuos (cremaciones, incineración de lodos de depuradora, emisiones del tratamiento de aguas y emisiones del vertedero).

9.4.1 Cremaciones

Las emisiones directas generadas por parte de la cremación de cuerpos en el Cementerio Municipal de Torrero, así como las realizadas en SERVISA y las de animales en el CTRUZ son contabilizadas en este apartado. Las emisiones son debidas tanto a la combustión de gas natural empleado en los hornos de cremación, como al propio proceso de cremación.

Las emisiones de contaminantes de este subsector son de carácter directo. SERVISA y SERFUTOSA han facilitado los datos de consumo del gas natural, por lo que se ha incluido el dato directamente sin tener que recurrir a factor de conversión de KWh/cuerpo quemado, como se llevó a cabo en los años anteriores.

Según los datos proporcionados por SERFUTOSA, la cantidad total de cuerpos incinerados en 2021 fue 4.213. Respecto a las cremaciones en SERVISA, en 2021 se llevaron a cabo un total de 888. 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.

Para el cálculo de las emisiones directas, 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]). Para cada uno de estos flujos se han utilizado los factores de emisión aplicables, citados en el apartado 9.3.

Tabla 67. Emisiones cremaciones. Datos en toneladas anuales. Año 2021.

| Contaminante | Emisiones anuales (t/año) | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | SERFUTOSA | | SERVISA | | CTRUZ | | TOTAL | |
| | Cremación | Gas natural | Cremación | Gas natural | Cremación | Gas Natural | Cremación | Gas Natural |
| Cuerpos [unid.]/ consumo [MWh] | 4.213 | 5.670 | 888 | 1.033 | - | - | 5.101 | 6.703 |
| CO ₂ | NA | 1145,13 | NA | 208,62 | NA | - | NA | 1.354 |
| CO | 0,59 | 5,90E-01 | 1,24E-01 | 1,07E-01 | 1,15E-02 | - | 0,73 | 7,09E-01 |
| SO ₂ | 0,47 | 0,01 | 0,10 | 2,49E-03 | 1,01E-02 | - | 0,58 | 2,26E-02 |
| NO _x | 3,47 | 1,51 | 1,15E-02 | 2,75E-01 | 8,47E-02 | - | 3,57 | 1,87 |
| N ₂ O | - | 2,04E-03 | - | 3,72E-04 | - | - | - | 2,41E-03 |
| COVNM | 0,05 | 0,47 | 1,15E-02 | 8,55E-02 | - | - | 6,15E-02 | 5,56E-01 |
| CH ₄ | - | 0,10 | - | 1,86E-02 | - | - | - | 1,19E-01 |
| TSP | 0,16 | 0,02 | 3,42E-02 | 2,90E-03 | - | - | 1,94E-01 | 2,29E-02 |
| PM10 | 0,15 | 0,02 | 3,08E-02 | 2,90E-03 | 4,18E-03 | - | 1,85E-01 | 2,71E-02 |
| PM2,5 | 0,15 | 0,02 | 3,08E-02 | 2,90E-03 | - | - | 1,81E-01 | 2,29E-02 |
| Pb | 1,27E-04 | - | 2,67E-05 | - | - | - | 1,54E-04 | - |
| Cd | 2,12E-05 | - | 4,47E-06 | - | - | - | 2,57E-05 | - |
| Hg [| 6,28E-03 | 2,04E-06 | 1,32E-03 | 3,72E-07 | - | - | 7,60E-03 | 2,41E-06 |
| As | 5,73E-05 | - | 1,21E-05 | - | - | - | 6,94E-05 | - |
| Cr | 5,71E-05 | - | 1,20E-05 | - | - | - | 6,91E-05 | - |
| Cu | 5,24E-05 | - | 1,10E-05 | - | - | - | 6,34E-05 | - |
| Ni | 7,30E-05 | - | 1,54E-05 | - | - | - | 8,84E-05 | - |
| Se | 8,33E-05 | - | 1,76E-05 | - | - | - | 1,01E-04 | - |
| Zn | 6,75E-04 | - | 1,42E-04 | - | - | - | 8,17E-04 | - |
| PCBs | 1,73E-06 | - | 3,64E-07 | - | - | - | 2,09E-06 | - |

NA: No Aplica.

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados"

Como se puede apreciar, el gas mayoritario en las emisiones de contaminantes es el CO₂ seguido del N₂O, frente al resto de contaminantes que apenas son significativos en el resultado final.

9.4.2 Incineración de lodos de depuradora

En la ciudad de Zaragoza existen tres Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR): EDAR de La Cartuja, EDAR de La Almozara y EDAR de Alfocea. De las tres, la única EDAR que realiza una incineración de lodos es EDAR La Cartuja. Según los datos obtenidos, se han incinerado un total de 16.645 toneladas de lodos secos para el año 2021, y 65.531 toneladas de lodos húmedos. En base a esas cantidades y a los consumos energéticos, y utilizando los factores de emisión comentados en el apartado 9.3, se han calculado el total de emisiones en este subsector para el año 2021:

Tabla 68. Emisión directa de incineración de lodos. Datos en toneladas anuales.

| Contaminante | t/año 2021 |
|---------------------------|---------------|
| Población [hab.] | 675.301 |
| Lodos secos incinerados | 16.645 |
| Lodos húmedos incinerados | 65.531 |
| CO ₂ | 68.480,41 |
| CO | 1.015,73 |
| SO ₂ | 917,44 |
| NO _x | 163,82 |
| N ₂ O | 58,97 |
| COVM | 55,04 |
| CH ₄ | 0,64 |
| TSP | 3.407,63 |
| PM10 | 268,67 |
| PM2,5 | 72,08 |
| Pb | 3,27 |
| Cd | 1,04 |
| Hg | 0,15 |
| As | 0,30 |
| Cr | 0,91 |
| Cu | 2,62 |
| Ni | 0,52 |
| Se | 0,01 |
| Zn | 4,32 |
| PCBs | 2,95E-04 |

NOTA: Los lodos EDAR poseen un 75% de humedad aproximadamente.

9.4.3 Tratamiento de aguas residuales

Dentro del cálculo de emisiones en el tratamiento de aguas residuales se ha contemplado lo siguiente:

- Emisiones directas por el tratamiento de las propias aguas residuales. Este tratamiento produce una serie emisiones atmosféricas, las más importantes son: 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.
 - Para el caso concreto del contaminante COVNM, se obtiene a partir del volumen de agua tratada con un factor de conversión de 15 mg/m³ de agua tratada.
 - 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. Este sistema estuvo estropeado en 2019 y no se contabilizó para su quema en cogeneración, puesto que, al no estar operativo el digestor, no se produce metano. Ocurre lo mismo para el 2021, ya que el digestor no se ha puesto en marcha hasta el 25 de enero de 2022).
 - El N₂O sólo tiene lugar cuando existe un sistema de nitrificación-desnitrificación. Ninguna de las plantas de tratamiento tiene este sistema.
- Emisiones directas por valorización del biogás
 - Únicamente la EDAR Almozara dispone de una instalación para valorización energética del biogás generado por la planta. Sin embargo, durante el 2021 no se ha llevado a cabo valorización energética del gas, por lo que no se han contabilizado emisiones de esta actividad.
- Emisiones indirectas, derivadas de los consumos eléctricos.
 - En lo que respecta a las emisiones indirectas, puesto que la electricidad consumida tiene garantía de origen renovable, sus emisiones no se han contabilizado.

Teniendo en cuenta estos tipos de emisiones directas e indirectas, se muestra aquí un resumen de las emisiones anuales totales por cada una de las tres EDAR del municipio:

Tabla 69. Emisiones totales EDAR La Cartuja.

| 2021 | |
|---|------------|
| Agua tratada [m ³ /año] | 58.844.000 |
| Electricidad consumida [MWh/año] | 19.442 |
| Emisiones directas por tratamiento de aguas (COVNM [t/año]) | 0,88 |
| Emisiones indirectas (consumo eléctrico) [t/año] | - |

Tabla 70. Emisiones totales EDAR La Almozara.

| 2021 | |
|---|------------|
| Agua tratada [m ³ /año] | 12.638.267 |
| Electricidad consumida [MWh/año] | 2.279,93 |
| Emisiones directas por tratamiento de aguas (COVNM [t/año]) | 0,19 |
| Emisiones directas por valorización del biogás [t/año] | - |
| Emisiones indirectas (consumo eléctrico) [t/año] | - |

Tabla 71. Emisiones totales EDAR Alfocea.

| 2021 | |
|---|----------|
| Agua tratada [m ³ /año] | 7.764 |
| Electricidad consumida [MWh/año] | - |
| Emisiones directas por tratamiento de aguas (COVNM [t/año]) | 1,16E-04 |
| Emisiones indirectas (consumo eléctrico) [t/año] | - |

Tabla 72. Emisiones totales de las tres EDAR tratamiento de aguas.

| 2021 | |
|---------------|------|
| COVNM [t/año] | 1,07 |

9.4.4 Vertederos

Los residuos generados en vertederos del municipio son gestionados en el CTRUZ, que dispone de un sistema de cogeneración para aprovechamiento energético del biogás generado en las instalaciones. No obstante, cabe señalar que durante el año 2021 no ha sido posible utilizarlo debido a las concentraciones de azufre presentes en el biogás, lo cual ha impedido su valorización energética. Esta situación también se dio durante el último inventario de emisiones (2019).

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.

Por tanto, la cantidad de biogás quemado en antorcha durante el año 2021 fue de 3.849.373 m³/año. Esto hace que sea necesaria energía térmica adicional en forma de consumo de gas natural y de diésel, para cubrir las necesidades energéticas de las instalaciones. Las cantidades de diésel y gas natural consumidas en el 2021 fueron de 271.503 litros (gasóleo) y 357.150 kWh (gas natural). No hay información al respecto de los consumos del CTRUZ en el año 2015, ya que entonces se derivaba la gestión de residuos al vertedero de Torrecilla de Valmadrid.

Se presentan a continuación las emisiones directas del CTRUZ, clasificadas en función de las instalaciones que las generan:

Tabla 73. Emisiones directas CTRUZ. 2021.

| Contaminante | Emisiones (t/año) |
|--------------------------|-------------------|
| Vertedero | |
| CO ₂ | 3.346,76 |
| CO | 0,78 |
| SO ₂ | 0,14 |
| NO _x | 0,12 |
| CH ₄ | 185,83 |
| PM10 | 0,04 |
| Calderas | |
| CO ₂ | 237,08 |
| CO | 0,57 |
| SO ₂ | 0,13 |
| NO _x | 0,38 |
| CH ₄ | NE |
| PM10 | NE |
| Motores | |
| CO ₂ | 8.938,39 |
| CO | 21,12 |
| SO ₂ | 0,59 |
| NO _x | 18,98 |
| CH ₄ | NE |
| PM10 | NE |
| Quema de antorcha | |
| CO ₂ | 4.319 |
| CO | 2,23 |
| SO ₂ | 5,20E-02 |
| NO _x | 5,70 |
| N ₂ O | 7,70E-03 |
| COVNM | 1,77 |
| CH ₄ | 3,85E-01 |
| TSP | 6,01E-02 |
| PM10 | 6,01E-02 |
| PM2,5 | 6,01E-02 |
| Pb | 8,46E-07 |
| Cd | 6,93E-08 |
| Hg | 7,70E-06 |
| As | 7,70E-06 |
| Cr | 1,00E-06 |
| Cu | 2,00E-07 |
| Ni | 1,00E-06 |
| Se | 4,47E-06 |
| Zn | 5,62E-05 |

NE: No Estimado.

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

Tabla 74. Emisiones directas totales CTRUZ.

| Contaminante [t/año] | 2021 |
|----------------------|-----------|
| CO ₂ | 16.841,23 |
| CO | 24,70 |
| SO ₂ | 0,92 |
| NO _x | 25,17 |
| N ₂ O | 7,70E-03 |
| COVNM | 1,77 |
| CH ₄ | 186,97 |
| TSP | 6,01E-02 |
| PM10 | 6,01E-02 |
| PM2,5 | 6,01E-02 |
| Pb | 8,47E-07 |
| Cd | 6,93E-08 |
| Hg | 7,70E-06 |
| As | 7,70E-06 |
| Cr | 1,00E-06 |
| Cu | 2,00E-07 |
| Ni | 1,00E-06 |
| Se | 4,47E-06 |
| Zn | 5,62E-05 |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

9.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

Teniendo en cuenta los resultados de emisiones de contaminantes de cada uno de los subsectores contemplados en el Sector Residuos, se presentan a continuación las emisiones totales para el sector en el año 2021:

Tabla 75. Emisiones totales directas residuos.

| Contaminante [t/año] | 2021 |
|----------------------|-----------|
| CO ₂ | 86.675,65 |
| CO | 1.041,89 |
| SO ₂ | 919,40 |
| NO _x | 194,44 |
| N ₂ O | 58,99 |
| COVNM | 58,50 |
| CH ₄ | 186,97 |
| TSP | 3.407,91 |
| PM10 | 268,95 |
| PM2,5 | 72,35 |
| Pb | 3,28 |
| Cd | 1,05 |
| Hg | 0,16 |
| As | 0,31 |
| Cr | 0,92 |
| Cu | 2,62 |
| Ni | 0,52 |
| Se | 0,01 |
| Zn | 4,33 |
| PCBs | 2,09E-06 |

En la siguiente tabla podemos observar el total de emisiones (en CO₂) y contaminantes generados en el sector residuos comparándolo con los totales obtenidos en 2005, 2015 y 2019.

Tabla 76. Resumen de emisiones directas asociadas al sector residuos desde 2005.

| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|-----------|
| CO ₂ [t/año] | 92.455 | 70.337 | 78.801 | 86.675,65 |
| Reducción respecto a 2005 [%] | 0% | -24% | -14,8% | -6,7% |

Como se puede observar, se ha experimentado un aumento progresivo de las emisiones desde el 2015, tras un significativo descenso entre los años 2005 y 2015. Se entiende que este aumento es debido al incremento en el volumen de tratamiento de residuos, así como la falta de aprovechamiento del biogás en los motores de cogeneración, lo cual imputa la emisión de gases por su quema, y también aumenta el consumo de otros combustibles fósiles para satisfacer esta demanda energética.

A continuación, se muestra una comparación con los resultados de los anteriores inventarios para los subsectores analizados. En este caso no se tiene en cuenta el año 2005 puesto que las metodologías y los factores de emisión han cambiado, además de que no existían algunas infraestructuras relevantes en este sector como la digestión anaerobia para la generación de biogás, por tanto, los datos no son comparables.

Cremación

Tabla 77. Emisiones directas asociadas a la cremación. Comparación desde 2015.

| | 2015 | 2019 | 2021 |
|--------------------------|--------|----------|----------|
| Cremaciones [unid.] | 2.979 | 4.251 | 5.101 |
| Gas natural [MWh/año] | 2.324 | 3.316 | 6.703 |
| CO ₂ [t/año] | 469,40 | 669,80 | 1.354 |
| CO [t/año] | 0,89 | 0,94 | 1,44 |
| SO ₂ [t/año] | 0,11 | 0,18 | 0,60 |
| NO _x [t/año] | 3,59 | 4,44 | 5,44 |
| N ₂ O [t/año] | 8E-04 | 1,2 E-04 | 2,41E-03 |
| COVNM [t/año] | 0,78 | 0,33 | 0,62 |
| CH ₄ [t/año] | 4,99 | 0,06 | 0,12 |
| TSP [t/año] | 0,10 | 0,15 | 0,22 |
| PM10 [t/año] | 0,10 | 0,15 | 0,21 |
| PM2,5 [t/año] | 0,10 | 0,15 | 0,20 |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

El número de cremaciones ha aumentado de forma significativa, previsiblemente debido a la pandemia mundial por COVID-19 y debido al aumento de cremaciones frente al número de entierros. Por tanto, las emisiones de gases contaminantes han aumentado proporcionalmente, por haber un mayor número de cremaciones y también debido al incremento en el consumo del gas natural necesario para la actividad.

Incineración de lodos de depuradora

Tabla 78. Emisiones directas asociadas a la incineración de lodos de depuradora. Comparación desde 2015.

| | t/año | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2015 | 2019 | 2021 |
| Masa seca de lodos incinerados | 14.644 | 15.495 | 16.645 |
| Lodos base húmeda | 57.653,54 | 61.003,94 | 65.531 |
| CO ₂ | 60.247,95 | 63.749,11 | 68.480,41 |
| NO _x | 144,13 | 152,51 | 163,82 |
| CO | 893,63 | 945,56 | 1.015,73 |
| VOC | 48,99 | 51,84 | 55,68 |
| COVNM | 48,43 | 51,24 | 55,04 |
| CH ₄ | 0,56 | 0,59 | 0,63 |
| N ₂ O | 51,89 | 54,90 | 58,97 |
| SO ₂ | 807,15 | 854,06 | 917,44 |
| TSP | 2.997,98 | 3.172,20 | 3.407,63 |
| PM10 | 236,38 | 250,12 | 268,67 |
| PM2,5 | 63,42 | 67,10 | 72,08 |
| Total Partículas | 3.297,78 | 3.489,43 | 3.748,38 |
| Pb | 2,88 | 3,05 | 3,27 |
| Cd | 0,92 | 0,98 | 1,04 |
| Hg | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
| As | 0,27 | 0,29 | 0,30 |
| Cr | 0,81 | 0,85 | 0,91 |
| Cu | 2,31 | 2,44 | 2,62 |
| Ni | 0,46 | 0,49 | 0,52 |
| Se | 8,6E-03 | 9,2E-03 | 9E-03 |
| Zn | 3,81 | 4,03 | 4,32 |
| Total Metales | 11,60 | 12,27 | 13,18 |

La incineración de lodos aumenta de forma progresiva año tras año, lo cual deriva en una mayor generación de emisiones de los diferentes contaminantes.

Tratamiento de agua residual en EDAR

Tabla 79. Emisiones directas asociadas al tratamiento de agua residual en las EDAR. Comparación desde 2015.

| EDAR | | Agua tratada [m ³ /año] | CO ₂ [t/año] | CO [t/año] | SO ₂ [t/año] | NO _x [t/año] | CH ₄ [t/año] | COVNM [t/año] | Partículas [t/año] |
|------------------|------|------------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|--------------------|
| EDAR La Cartuja | 2015 | 48.070.000 | - | - | - | - | - | 0,72 | - |
| | 2019 | 51.253.000 | - | - | - | - | - | 0,77 | - |
| | 2021 | 58.844.000 | - | - | - | - | - | 0,88 | - |
| EDAR La Almozara | 2015 | 11.269.880 | 861,49 | 0,88 | 0,09 | 2,13 | 0,02 | 1,57 | 0,09 |
| | 2019 | 11.841.434 | - | - | - | - | - | 0,18 | - |
| | 2021 | 12.638.267 | - | - | - | - | - | 0,19 | - |
| EDAR Alfocea | 2015 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2019 | 6.823 | - | - | - | - | - | 1,02E-04 | - |
| | 2021 | 7.764 | - | - | - | - | - | 1,16E-04 | - |

La tabla muestra únicamente datos de COVNM para el 2021, derivados del tratamiento de las propias aguas residuales, ya que el resto de los gases no se generan debido a la tipología de tratamiento y el origen de los residuos.

Emisiones asociadas al vertedero

Tabla 80. Emisiones directas asociadas al vertedero. Comparación desde 2015.

| Contaminante [t/año] | 2015 | 2019 | 2021 |
|----------------------|----------|-----------|-----------|
| CO ₂ | 9.618,77 | 14.382,65 | 16.841,23 |
| NO _x | 23,78 | 28,01 | 25,17 |
| CO | 9,87 | 15,92 | 24,70 |
| COV | 15,86 | 175,83 | 187,98 |
| COVNM | 15,68 | 3,05 | 1,77 |
| CH ₄ | 0,18 | 172,77 | 186,21 |
| N ₂ O | - | 0,60 | 7,70E-03 |
| SO ₂ | 0,09 | 3,63 | 0,92 |
| TSP | 0,35 | 0,27 | 6,01E-02 |
| PM10 | 0,35 | 0,27 | 6,01E-02 |
| PM2,5 | 0,35 | 0,27 | 6,01E-02 |
| Total Partículas | 1,06 | 0,19 | 0,18 |
| Pb | 7,05E-06 | 1,27E-06 | 8,47E-07 |
| Cd | 5,29E-07 | 9,54E-08 | 6,93E-08 |
| Hg | 1,76E-05 | 3,18E-06 | 7,70E-06 |
| As | 8,81E-06 | 1,59E-06 | 7,70E-06 |
| Cr | 8,81E-06 | 1,59E-06 | 1,00E-06 |
| Cu | 1,76E-06 | 3,18E-07 | 2,00E-07 |
| Ni | 8,81E-06 | 1,59E-06 | 1,00E-06 |
| Se | 3,52E-05 | 6,36E-06 | 4,47E-06 |
| Zn | 5,11E-04 | 9,22E-05 | 5,62E-05 |
| Total Metales | 5,99E-04 | 1,08E-04 | 7,92E-05 |
| PCBs | - | - | - |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

A continuación, se muestra el resumen de los totales anuales para el Sector Residuos (incluyendo el sumatorio de todos los subsectores), así como la comparativa con los inventarios anteriores:

Tabla 81. Emisiones directas asociadas al sector residuos. Comparación con 2015. Datos en toneladas.

| Contaminante | t/año | | |
|------------------|----------|-----------|-----------|
| | 2015 | 2019 | 2021 |
| CO ₂ | 70.337 | 78.801,61 | 86.675,65 |
| CO | 905,60 | 962,42 | 1.041,89 |
| SO ₂ | 807,40 | 857,87 | 919,40 |
| NO _x | 175,21 | 184,97 | 194,44 |
| N ₂ O | 51,90 | 55,50 | 58,99 |
| COVNM | 66,80 | 55,57 | 58,50 |
| CH ₄ | 7,89 | 173,43 | 186,97 |
| TSP | 2.998,60 | 3.172,63 | 3.407,91 |
| PM10 | 236,20 | 250,55 | 268,95 |
| PM2,5 | 63,40 | 67,54 | 72,35 |

Como se puede observar, aumentan las emisiones de cada uno de los subsectores del sector residuos respecto al resto de años, lo que provoca a su vez, que aumenten las toneladas totales.

Para conocer las emisiones GEI totales (directas + indirectas), en CO₂eq, es necesario convertir las emisiones directas utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones indirectas que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector residuos, este cálculo resulta en **108.928,92 t CO₂eq** para el año 2021.

Energía de origen renovable

Cabe destacar que, en los cálculos realizados para obtener las emisiones de este apartado, no se han tenido en cuenta aquellos consumos de energía eléctrica procedentes de fuentes renovables (con Certificado de Garantía de Origen Renovable), ya que se considera que no tienen emisiones asociadas a su generación y consumo.

No obstante lo anterior, se dispone del dato de consumo eléctrico total de energías renovables asociado a este Sector:

- En el subsector Tratamiento de aguas residuales, el año 2021 se consumieron 21.721.934 kWh de energía renovable (no contabilizada en este estudio).

10. EMISIONES SECTOR INDUSTRIAL

10.1 Organismos participantes

- Sector industria:
 - Personal de cada una de las industrias incluidas en este informe.

10.2 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).

10.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

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". Hay que destacar que los factores de emisión empleados para el CO₂, el N₂O y el CH₄ no provendrían de la EEA, sino de las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo 2 "Stationary combustion" y en concreto de la tabla 2.3 Default emission factors for stationary combustion in manufacturing industries and construction. Estos factores de emisión se presentan en la Tabla 82.

10.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

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 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.

Tabla 82. Factores de emisión para el sector industrial.

| | Emisiones (kg/kWh) | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Combustibles gaseosos | Combustibles líquidos |
| CO ₂ | 0,20 | 0,26 |
| NO _x | 2,66E-04 | 1,85E-03 |
| N ₂ O | 3,60E-07 | 2,16E-06 |
| CO | 1,04E-04 | 2,38E-04 |
| COVNM | 8,28E-05 | 9,00E-05 |
| CH ₄ | 3,60E-06 | 1,08E-05 |
| SO _x | 2,41E-06 | 1,69E-04 |
| NH ₃ | NE | NE |
| TSP | 2,80E-06 | 7,20E-05 |
| PM10 | 2,80E-06 | 7,20E-05 |
| PM2,5 | 2,80E-06 | 7,20E-05 |
| BC | 1,12E-07 | 4,03E-05 |
| C ₆ H ₆ | NA | NA |
| Pb | 3,96E-11 | 2,88E-10 |
| Cd | 3,24E-12 | 2,16E-11 |
| Hg | 1,94E-09 | 4,32E-10 |
| As | 3,6E-10 | 1,08E-10 |
| Cr | 4,68E-11 | 7,20E-10 |
| Cu | 9,36E-12 | 7,92E-10 |
| Ni | 4,68E-11 | 2,88E-11 |
| Se | 2,08E-10 | 3,96E-10 |
| Zn | 2,62E-09 | 1,04E-07 |
| PCDD/F (kg TEQ) | 1,87E-15 | 5,04E-15 |
| Benzo(a) pireno | 2,59E-12 | 6,84E-09 |
| Benzo(b) fluoranthene | 1,04E-11 | 5,40E-08 |
| Benzo(k) fluoranthene | 3,96E-12 | 6,12E-09 |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno | 3,88E-12 | 5,40E-09 |
| PAH | NA | NA |
| PCB | NA | NA |
| HCB | NA | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados"

Tabla 83. Emisiones directas industriales.

| Contaminante | t/año 2021 |
|-------------------------|---------------|
| CO ₂ | 752.338,35 |
| NO _x | 1.036,74 |
| CO | 391,87 |
| N ₂ O | 1,39 |
| COVNM | 307,87 |
| CH ₄ | 13,59 |
| SO _x | 13,91 |
| TSP | 12,49 |
| PM10 | 12,49 |
| PM2,5 | 12,49 |
| BC | 1,61 |
| Pb | 1,55E-04 |
| Cd | 1,26E-05 |
| Hg | 7,18E-03 |
| As | 1,33E-03 |
| Cr | 1,94E-04 |
| Cu | 5,80E-05 |
| Ni | 1,73E-04 |
| Se | 7,81E-04 |
| Zn | 1,28E-02 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | 7,05E-09 |
| Benzo(a)pireno | 2,12E-04 |
| Benzo(b)fluoranteno | 1,64E-03 |
| Benzo(k)fluoranteno | 1,96E-04 |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 1,75E-04 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados"

Tabla 84. Emisiones indirectas industriales.

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Consumo electricidad [MWh/año] | 621.123,72 |
| CO ₂ eq | 86.957,32 |
| CO | IE |
| SO _x | IE |
| NO _x | IE |
| N ₂ O | IE |
| COVNM | IE |
| CH ₄ | IE |
| TSP | IE |
| PM10 | IE |
| PM2,5 | IE |

Teniendo en cuenta lo anterior, se muestran a continuación las emisiones calculadas, divididas en los subsectores del sector industrial.

10.4.1 Alimentación y bebidas

Basándose en los datos proporcionados por las empresas que forman parte del subsector alimentario de Zaragoza, que incluye principalmente las industrias de elaboración de productos cárnicos y de volatería, de pan y de productos frescos de panadería y pastelería, y de producción de piensos para animales, se han generado los siguientes consumos y emisiones para el año 2021, como se detalla en la Tabla 85.

Tabla 85. Consumos y emisiones del subsector Alimentación y bebidas

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 501,18 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 135.088,18 |
| CO ₂ | 120.683,36 |
| NO _x | 147,56 |
| CO | 53,50 |
| N ₂ O | 0,20 |
| COVNM | 41,55 |
| CH ₄ | 1,87 |
| SO _x | 2,69 |
| TSP | 2,02 |
| PM10 | 2,02 |
| PM2,5 | 2,02 |
| BC | 0,41 |
| Pb | 2,21E-05 |
| Cd | 1,79E-06 |
| Hg | 9,61E-04 |
| As | 1,78E-04 |
| Cr | 2,94E-05 |
| Cu | 1,17E-05 |
| Ni | 2,33E-05 |
| Se | 1,06E-04 |
| Zn | 2,22E-03 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 6,22E-05 |
| Benzo(b)fluoranteno | 4,86E-04 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 5,00E-05 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados"

10.4.2 Productos metálicos y siderurgia

La Tabla 86 detalla los consumos y emisiones del subsector conocido como "Productos metálicos y siderurgia", que abarca industrias metalúrgicas dedicadas a la fundición del hierro y la fabricación de ferroaleaciones, así como fundiciones, caldererías y laminaciones. También incluye aquellas empresas responsables de la transformación de productos metálicos, que realizan una amplia gama de tratamientos, como corte, pintura de piezas, soldadura y limpieza de superficies metálicas.

Tabla 86. Consumos y emisiones del subsector Productos metálicos y siderurgia

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 251,58 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 342.928,46 |
| CO ₂ | 98.886,50 |
| NO _x | 68,64 |
| CO | 26,40 |
| N ₂ O | 0,09 |
| COVNM | 20,84 |
| CH ₄ | 0,91 |
| SO _x | 0,78 |
| TSP | 0,78 |
| PM10 | 0,78 |
| PM2,5 | 0,78 |
| BC | 0,07 |
| Pb | 1,02E-05 |
| Cd | 8,34E-07 |
| Hg | 4,88E-04 |
| As | 9,03E-05 |
| Cr | 1,25E-05 |
| Cu | 3,16E-06 |
| Ni | 1,18E-05 |
| Se | 5,27E-05 |
| Zn | 7,66E-04 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 7,67E-06 |
| Benzo(b)fluoranteno | 5,81E-05 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 6,52E-06 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

10.4.3 Electrónica

Los consumos y emisiones correspondientes al subsector denominado "Industria electrónica", que engloba principalmente actividades como la fabricación de electrodomésticos, pilas y acumuladores eléctricos, así como maquinaria de elevación y manipulación quedan presentados en la Tabla 87.

Tabla 87. Consumos y emisiones del subsector Electrónica

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 252,65 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 45.811,93 |
| CO ₂ | 57.452,37 |
| NO _x | 67,33 |
| CO | 26,38 |
| N ₂ O | 0,09 |
| COVNM | 20,92 |
| CH ₄ | 0,91 |
| SO _x | 0,61 |
| TSP | 0,71 |
| PM10 | 0,71 |
| PM2,5 | 0,71 |
| BC | 0,03 |
| Pb | 1,00E-05 |
| Cd | 8,19E-07 |
| Hg | 4,91E-04 |
| As | 9,10E-05 |
| Cr | 1,18E-05 |
| Cu | 2,37E-06 |
| Ni | 1,18E-05 |
| Se | 5,28E-05 |
| Zn | 6,65E-04 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 7,06E-07 |
| Benzo(b)fluoranteno | 3,04E-06 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 1,02E-06 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

10.4.4 Papel y productos de papel

En la Tabla 88 se recopilan para el 2021 los consumos y emisiones correspondientes al sector Papel y productos de papel, que se distingue por dos actividades principales: la fabricación de pasta de papel y la fabricación propiamente dicha de papel y cartón. Año en el que toda la energía eléctrica consumida fue de origen renovable, motivo por el cual no se reportan valores de consumo.

Tabla 88. Consumos y emisiones del subsector Papel y productos de papel

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 2.031,19 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 0,00 |
| CO ₂ | 410.478,75 |
| NO _x | 547,46 |
| CO | 212,59 |
| N ₂ O | 0,74 |
| COVNM | 168,21 |
| CH ₄ | 7,34 |
| SO _x | 5,57 |
| TSP | 5,98 |
| PM10 | 5,98 |
| PM2,5 | 5,98 |
| BC | 0,39 |
| Pb | 8,14E-05 |
| Cd | 6,65E-06 |
| Hg | 3,94E-03 |
| As | 7,30E-04 |
| Cr | 9,78E-05 |
| Cu | 2,22E-05 |
| Ni | 9,50E-05 |
| Se | 4,25E-04 |
| Zn | 5,75E-03 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 3,27E-05 |
| Benzo(b)fluoranteno | 2,38E-04 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 2,96E-05 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

10.4.5 Industria química

Los consumos y emisiones del subsector químico se reflejan en la Tabla 89, destacando la química orgánica dedicada a la fabricación de productos de química inorgánica básica, esenciales como materia prima para diversos sectores productivos, tales como detergentes, cerámica, caucho, pinturas, entre otros, así como el de la química orgánica que comprende empresas involucradas en la fabricación de productos químicos orgánicos base, generando materias primas como el PET, así como aquellas que dan forma a estas materias primas en bienes de consumo final.

Tabla 89. Consumos y emisiones del subsector químico

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 435,26 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 88.946,38 |
| CO ₂ | 101.374,55 |
| NO _x | 140,77 |
| CO | 47,53 |
| N ₂ O | 0,18 |
| COVNM | 36,15 |
| CH ₄ | 1,68 |
| SO _x | 3,67 |
| TSP | 2,31 |
| PM10 | 2,31 |
| PM2,5 | 2,31 |
| BC | 0,68 |
| Pb | 2,11E-05 |
| Cd | 1,70E-06 |
| Hg | 8,22E-04 |
| As | 1,53E-04 |
| Cr | 3,09E-05 |
| Cu | 1,64E-05 |
| Ni | 2,01E-05 |
| Se | 9,38E-05 |
| Zn | 2,74E-03 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 1,08E-04 |
| Benzo(b)fluoranteno | 8,52E-04 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 8,64E-05 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

10.4.6 Industria del vidrio

En la Tabla 90 se recopilan los consumos y las correspondientes emisiones correspondientes al subsector de la transformación del vidrio en Zaragoza para el año 2021. Durante este año, y según lo reportado por los participantes de este subsector, toda la energía eléctrica consumida provino de fuentes renovables, lo que significa que no hay emisiones derivadas del consumo eléctrico y los valores de consumo se reportan como cero.

Tabla 90. Consumos y emisiones del subsector del vidrio

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 237,37 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 0,00 |
| CO ₂ | 47.938,25 |
| NO _x | 63,23 |
| CO | 24,78 |
| N ₂ O | 0,09 |
| COVNM | 19,65 |
| CH ₄ | 0,85 |
| SO _x | 0,57 |
| TSP | 0,67 |
| PM10 | 0,67 |
| PM2,5 | 0,67 |
| BC | 0,03 |
| Pb | 9,40E-06 |
| Cd | 7,69E-07 |
| Hg | 4,61E-04 |
| As | 8,55E-05 |
| Cr | 1,11E-05 |
| Cu | 2,22E-06 |
| Ni | 1,11E-05 |
| Se | 4,96E-05 |
| Zn | 6,24E-04 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 6,15E-07 |
| Benzo(b)fluoranteno | 2,48E-06 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 9,23E-07 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

10.4.7 Otros sectores

El resto de las industrias que no pertenecen a ninguno de los subsectores anteriores fueron agrupados en este apartado, cuyos consumos y emisiones quedan reflejados en la Tabla 91.

Tabla 91. Consumos y emisiones del subsector Diversos

| Contaminante | t/año 2021 |
|--------------------------------|---------------|
| Combustible [MWh/año] | 6,50 |
| Consumo electricidad [MWh/año] | 8.348,77 |
| CO ₂ | 2.481,90 |
| NO _x | 1,74 |
| CO | 0,68 |
| N ₂ O | 0,00 |
| COVNM | 0,54 |
| CH ₄ | 0,02 |
| SO _x | 0,02 |
| TSP | 0,02 |
| PM10 | 0,02 |
| PM2,5 | 0,02 |
| BC | 0,00 |
| Pb | 2,58E-07 |
| Cd | 2,11E-08 |
| Hg | 1,26E-05 |
| As | 2,34E-06 |
| Cr | 3,06E-07 |
| Cu | 6,31E-08 |
| Ni | 3,04E-07 |
| Se | 1,36E-06 |
| Zn | 1,74E-05 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | NA |
| Benzo(a)pireno | 3,62E-08 |
| Benzo(b)fluoranteno | 2,21E-07 |
| Benzo(k)fluoranteno | NA |
| Indeno(1,2,3-cd) pireno | 4,06E-08 |
| PCB | NA |
| HCB | NA |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

10.4.8 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

Analizando los resultados por subsectores, destacan, tal y como queda reflejado en la Tabla 92 y en la Figura 9, los subsectores de alimentación, papel e industria química como los más importantes emisores de CO₂ dentro del sector industrial.

Tabla 92. Emisiones de CO₂ (t/año) por cada subsector durante el 2021

| | t/año | | | | | | |
|------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| | Industria de alimentación y bebidas | Industria del metal | Industria electrónica | Industria papelera | Industria química | Producción de vidrio | Otros sectores |
| 2021 | 120.683,36 | 98.886,50 | 57.452,37 | 410.478,75 | 101.374,55 | 47.938,25 | 2.481,90 |

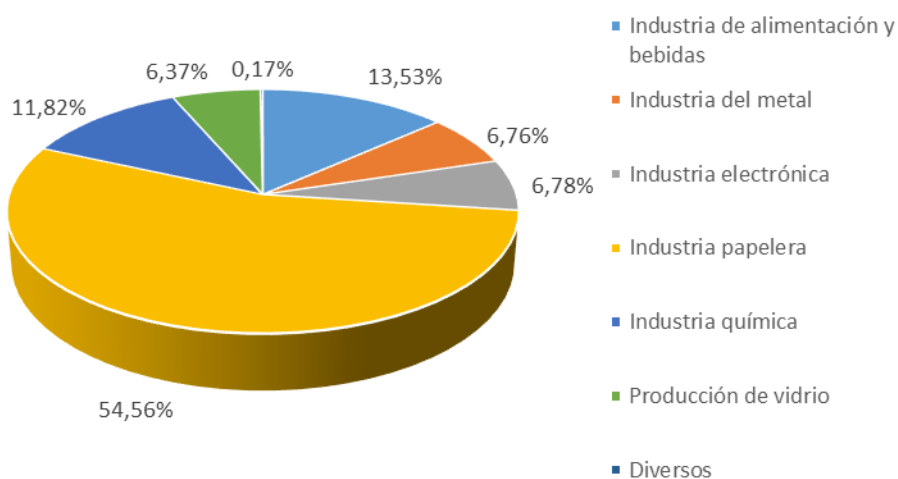


Figura 8. Emisiones de CO₂ (%) por cada subsector durante el 2021

A continuación, se resumen las emisiones de CO₂ (por ser el contaminante mayoritario) para el sector industrial, así como la evolución de las emisiones desde 2005.

Tabla 93. Emisiones CO₂ totales para industria desde 2005.

| | Consumos térmicos [MWh/año] | Emisiones directas CO ₂ [t/año] | Consumo eléctrico [MWh/año] | Emisiones indirectas CO ₂ eq [t/año] | Emisiones totales [t/año] | Variación respecto 2005 [%] |
|------|-----------------------------|--|-----------------------------|---|---------------------------|-----------------------------|
| 2005 | 3.126.403,89 | 671.755,00 | 1.005.625,00 | 277.776,00 | 949.531,00 | 0% |
| 2015 | 3.350.103,61 | 846.898,00 | 1.049.792,70 | 289.976,00 | 1.136.874,00 | +20% |
| 2019 | - | 777.682,55 | 838.753,88 | 159.363,24 | 937.045,78 | -1% |
| 2021 | - | 752.338,35 | 621.123,72 | 86.957,32 | 839.295,67 | -12% |

En la siguiente tabla se muestra una comparación global de las emisiones directas e indirectas para el sector industria con los anteriores inventarios de emisiones, desde 2005.

Tabla 94. Emisiones industriales totales (directas + indirectas). Comparación desde 2005.

| | t/año | | | |
|-------------------------|------------|---------|------------|------------|
| | 2005 | 2015 | 2019 | 2021 |
| CO ₂ | 671.755,44 | 846.898 | 937.045,78 | 839.295,67 |
| NO _x | 4.507,07 | 2.650 | 1.060,57 | 1.036,74 |
| CO | 1.581,20 | 1.436 | 404,33 | 391,87 |
| COVNM | 3.045,18 | 3.483 | 318,39 | 307,87 |
| CH ₄ | 37,89 | 13 | 14,00 | 13,59 |
| N ₂ O | 21,41 | 3 | 1,43 | 1,39 |
| SO ₂ | 94,40 | 341 | 13,15 | 13,91 |
| TSP | 784,39 | 550 | 12,40 | 12,49 |
| PM10 | - | - | 12,40 | 12,49 |
| PM2,5 | - | - | 12,40 | 12,49 |
| Pb | - | - | 1,58E-04 | 1,55E-04 |
| Cd | - | - | 1,29E-05 | 1,26E-05 |
| Hg | - | - | 7,44E-03 | 7,18E-03 |
| As | - | - | 1,38E-03 | 1,33E-03 |
| Cr | - | - | 1,96E-04 | 1,94E-04 |
| Cu | - | - | 5,42E-05 | 5,80E-05 |
| Ni | - | - | 1,79E-04 | 1,73E-04 |
| Se | - | - | 8,07E-04 | 7,81E-04 |
| Zn | - | - | 1,25E-02 | 1,28E-02 |
| PCDD/F (t I-TEQ/año) | - | - | 7,27E-09 | 7,05E-09 |
| Benzo(a)pireno | - | - | 1,69E-04 | 2,12E-04 |
| Benzo(b)fluoranteno | - | - | 1,30E-03 | 1,64E-03 |
| Benzo(k)fluoranteno | - | - | 1,57E-04 | 1,96E-04 |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno(| - | - | 1,40E-04 | 1,75E-04 |
| PCB | - | - | - | - |
| HCB | - | - | - | - |

Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

Tras experimentar un notable aumento de las emisiones industriales en 2019, el año 2021 marca el momento en el que el sector industrial logra reducir sus emisiones totales, modificando la tendencia creciente que experimentaba desde 2005.

Para conocer las emisiones GEI totales (directas + indirectas), en CO₂eq, es necesario convertir las emisiones directas utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones indirectas que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector industrial, este cálculo resulta en **840.049,64 t CO₂eq** para el año 2021.

11. EMISIONES SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO

11.1 Organismos participantes

- Sector Agrícola y Ganadero:
 - Gobierno de Aragón – sección de Estadística
 - SITRAN Aragón – Servicio de Sanidad, Trazabilidad y Bienestar animal
 - Federación Aragonesa de Cooperativas Agrarias

11.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos del sector Agrícola y Ganadero 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.
No se pueden desglosar las emisiones por celdas ya que, debido a la normativa aplicable de Protección de Datos, la información de los cultivos no ha sido cedida por ubicación sino en total, por cada tipo de cultivo, para el municipio de Zaragoza.
- **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.

También debe remarcar que debido a la información agrícola disponible (únicamente superficie de cultivo y tipo de cultivo), no ha sido posible realizar una disposición SIG de las emisiones agrícolas. En el caso del subsector Ganadería, no se han conseguido datos de localización de las instalaciones ganaderas, por lo que únicamente se pueden ubicar las emisiones de aquellas instalaciones para las que en el anterior inventario se recabaron datos de geolocalización, y que siguen teniendo censo ganadero activo durante el ejercicio de 2021.

11.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

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: NH₃, NO, N₂O, 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” [13], en su versión vigente.

Los factores de emisión utilizados son los siguientes:

Tabla 95. Factores de emisión para el subsector agricultura.

| | Factores de emisión | |
|------------------|---------------------|---------------------------------------|
| | Valor | Unidad |
| NH ₃ | 0,05 | kg NH ₃ /kg fertilizante N |
| NO ₂ | 0,04 | kg NO ₂ /kg fertilizante N |
| N ₂ O | 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:

Fermentación entérica

Considera únicamente como 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.

Tabla 96. Factores de emisión para la fermentación entérica del subsector ganadero.

| Tipo de ganado | Fermentación Entérica [kg CH ₄ /cabeza de ganado/año] |
|-------------------|---|
| Bovino (lecheras) | 126,00 |
| Bovino (resto) | 52,00 |
| Ovino | 5,00 |
| Caprino | 5,00 |
| Porcino | 1,50 |
| Equino | 18,00 |
| Cunícola | 2,00 |
| Avícola | 0,00 |

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 97. Promedio de días de engorde, por tipo de ganado.

| | Días de engorde | |
|------------------|-----------------|--------|
| | Valor | Unidad |
| Bovino (lechero) | 365 | Días |
| Bovino (resto) | 365 | Días |
| Ovino | 365 | Días |
| Caprino | 90 | Días |
| Porcino | 365 | Días |
| Equino | 180 | Días |
| Avícola | 365 | Días |
| Cunícola | 49 | Días |

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 98. Factores de emisión para la gestión de estiércoles del subsector ganadero.

| | NH ₃ gestión estiércol y aplicación [kg NH ₃ /AAP/a ño] | NO ₂ estiércol almacena do (en kg NO ₂ /AAP/año) | COVNM aliment. con ensilado [kg COVNM/A AP/año] | TSP [kg TSP/AAP/ año] | PM10 [kg PM10/AA P/año] | PM2,5 [kg PM2,5/AA P/año] | CH ₄ gestión estiércol [kg CH ₄ /AAP/ año] | N ₂ O gestión estiércol [kg N ₂ O/AAP/ año] |
|----------------------|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|--|
| Bovino (lecheras) | 26,40 | 0,75 | 17,94 | 1,38 | 0,63 | 0,41 | 34,00 | 2,91 |
| Bovino (resto) | 10,00 | 0,22 | 8,90 | 0,59 | 0,27 | 0,18 | 10,00 | 2,76 |
| 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 | 32,07 |
| Equino | 15,80 | 0,25 | 7,78 | 0,48 | 0,22 | 0,14 | 2,34 | 0,00 |
| 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 | 413,67 |

11.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

11.4.1 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 utilizados y la superficie cultivada.

Los datos relativos a la cantidad de hectáreas cultivadas en el municipio de Zaragoza han sido proporcionados por la Federación Aragonesa de Cooperativas Agrarias. La cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados se ha recopilado 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 [14], en su versión vigente. A continuación, se muestran los datos base de cultivos obtenidos para la posterior aplicación de la metodología EEA/EMEP.

Tabla 99. Tabla resumen del tipo de cultivo, hectáreas, tipología de riego y aplicación de abono inorgánico para 2021.

| Cultivo | Hectáreas Secano (ha) | Hectáreas Regadío (ha) | N Secano (kg/ha) | N Regadío (kg/ha) | TOTAL N (kg FERT/ha-año) |
|---|-----------------------|------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Trigo, Cebada, Avena y Centeno | 6739,24 | 2212,385 | 90 | 150 | 938.389,35 |
| Maíz | 4,04 | 461,84 | 259 | 259 | 120.662,92 |
| Garbanzo, Habas, judías, veza | 79,79 | 91,965 | 20 | 20 | 3.435,10 |
| Patata | 0,13 | 6,69 | 100 | 110 | 748,90 |
| Remolacha y remolacha de mesa | 0 | 0,07 | 120 | 150 | 10,50 |
| Girasol y Colza | 0,00 | 0,00 | 55 | 95 | 0,00 |
| Forrajes: alfalfa, esparceta, tréboles, ray-grass y sorgo forrajero | 286,20 | 5.487,57 | 3 | 3 | 17.321,31 |
| Hortalizas | 44,90 | 80,24 | 45 | 45 | 5.631,30 |
| Cítricos | 0 | 1 | 240 | 240 | 240,00 |
| Almendro | 158,60 | 444,79 | 80 | 80 | 48.271,20 |
| Melocotonero | 0,30 | 0,23 | 85 | 85 | 45,05 |
| Nectarinos | 0,00 | 0,00 | 85 | 85 | 0,00 |
| Albaricoqueros | 0,58 | 0,00 | 70 | 70 | 40,60 |
| Perales | 0,00 | 150,10 | 75 | 75 | 11.257,50 |
| Cerezos | 0,14 | 0,43 | 55 | 55 | 31,35 |
| Ciruelos | 0 | 1 | 65 | 65 | 65,00 |
| Nogales | 0,00 | 1,09 | 80 | 80 | 87,20 |
| Paraguay | 0,00 | 0,00 | 85 | 85 | 0,00 |
| Otros frutales (por ejemplo manzano) | 0,08 | 0,39 | 70 | 70 | 32,90 |
| Viñedo | 6,47 | 0,81 | 45 | 45 | 327,60 |
| Olivar | 40,78 | 93,78 | 130 | 130 | 17.492,80 |
| TOTAL ZARAGOZA (kg N) | | | | | 1.164.090,58 |

El grupo de hortalizas está compuesto por alcachofa, apio, berenjena, brócoli, calabacín, cebolla, col, col china, coliflor, espinaca, guisante, lechuga, melón, pepino, pimiento, puerro, rábano, sandía, tomate, zanahoria, borraja, calabaza, cardo, colirrabano, escarola, guindillas y repollo.

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 100. Emisiones totales asociadas al uso de abono inorgánico en secano y regadío.

| | | Toneladas anuales (t/año) | | | | | | TSP |
|------|--------------|---------------------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | | NH ₃ | NO ₂ | N ₂ O | COVNM | PM10 | PM2,5 | |
| 2021 | Secano | 32,21 | 25,77 | 6,44 | 6,33 | 11,48 | 0,44 | 11,48 |
| | Regadío | 26,68 | 21,35 | 5,34 | 7,77 | 14,09 | 0,54 | 14,09 |
| | Total | 58,89 | 47,12 | 11,78 | 14,10 | 25,58 | 0,98 | 25,58 |

NOTA: Los PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

11.4.2 Fermentación entérica

Las especies ganaderas, debido a su proceso de digestión, generan emisiones de metano (CH₄). Las directrices 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 2019, Capítulo 10.3 “Methane Emissions from Enteric Fermentation”).

La población anual promedio de la ganadería se ha obtenido del SITRAN Aragón (Servicio de Sanidad, Trazabilidad y Bienestar Animal), el cual también ha facilitado los 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 101. Información de explotaciones ganaderas totalizadas. Año 2021.

| Categoría | Cabezas de ganado - Censo | Días de engorde | Población Promedio Anual (AAP) [cabezas de ganado al año] |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|---|
| Bovino (lechera) | 1.428,00 | 365,00 | 1.428,00 |
| Bovino (resto) | 3.255,00 | 365,00 | 3.255,00 |
| Equino | 0,00 | 365,00 | 0,00 |
| Ovino | 20.341,00 | 90,00 | 5.015,59 |
| Caprino | 841,00 | 365,00 | 841,00 |
| Porcino | 20.932,00 | 180,00 | 10.322,63 |
| Conejos | 332,00 | 365,00 | 332,00 |
| Aves (Excepto avestruces) | 886.353,00 | 49,00 | 118.989,85 |

A partir de estas poblaciones, las emisiones por fermentación entérica resultantes para 2021 son las siguientes:

Tabla 102. Emisiones de CH₄ por fermentación entérica. Año 2021. Dato en toneladas anuales.

| Categoría | CH ₄ [t/año] |
|---------------------------|-------------------------|
| Bovino (lechera) | 179,93 |
| Bovino (resto) | 169,26 |
| Ovino | 25,08 |
| Caprino | 1,26 |
| Porcino | 185,81 |
| Conejos | 0,66 |
| Aves (Excepto avestruces) | 0,00 |
| TOTAL | 562,00 |

11.4.3 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, PM2,5 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 103. Emisiones asociadas a la gestión de estiércol. Año 2021. Dato en toneladas anuales.

| Categoría | Toneladas anuales (t/año) | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|
| | NH ₃ | NO ₂ | COVNM | TSP | PM10 | PM2,5 | CH ₄ |
| Bovino (lechera) | 37,70 | 1,07 | 25,61 | 1,97 | 0,90 | 0,59 | 48,55 |
| Bovino (resto) | 32,55 | 0,71 | 28,98 | 1,92 | 0,88 | 0,59 | 32,55 |
| Ovino | 7,02 | 0,06 | 3,13 | 0,70 | 0,30 | 0,10 | 1,00 |
| Caprino | 10,18 | 0,00 | 0,95 | 0,54 | 0,10 | 0,01 | 7,57 |
| Porcino | 163,10 | 2,58 | 80,32 | 4,95 | 2,27 | 1,45 | 24,15 |
| Conejos | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| Aves (Excepto avestruces) | 20,23 | 2,44 | 16,24 | 13,68 | 3,57 | 0,30 | 2,74 |
| TOTAL | 270,78 | 6,86 | 155,25 | 23,78 | 8,02 | 3,02 | 116,59 |

11.4.4 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 2021:

Tabla 104. Emisiones totales agricultura y ganadería, año 2021.

| Categoría | | Toneladas totales (t/año) | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|----------|-----------------|
| | | NH ₃ | N ₂ O | NO ₂ | COVNM | TSP | PM10 | PM2,5 | CH ₄ |
| Agricultura | Agricultura | 58,89 | 11,78 | 47,12 | 14,1 | 25,58 | 25,58 | 0,98 | - |
| Ganadería | Fermentación entérica | - | - | - | - | - | - | - | 562,00 |
| | Gestión del estiércol | 270,78 | - | 6,86 | 155,25 | 23,78 | 8,02 | 3,02 | 116,59 |
| TOTAL | | 329,67 | 11,78 | 53,98 | 169,35 | 49,36 | 33,6 | 4 | 678,59 |

La siguiente tabla resumen compara las emisiones directas totales de las diferentes fuentes del sector agrícola y ganadero en aquellos inventarios de los que se dispone de datos.

Tabla 105. Emisiones directas totales agrícolas y ganaderas. Dato en toneladas anuales.

| Contaminante | Toneladas totales (t/año) | |
|------------------|---------------------------|--------|
| | 2019 | 2021 |
| NH ₃ | 69,07 | 329,67 |
| NO ₂ | 55,41 | 53,98 |
| N ₂ O | 239,44 | 11,78 |
| COVNM | 86,43 | 169,35 |
| TSP | 49,48 | 49,36 |
| PM10 | 33,86 | 33,6 |
| PM2,5 | 2,5 | 4 |
| CH ₄ | 649,43 | 678,59 |

Aplicación de abono inorgánico en seco y regadío

A continuación, se hace una comparación de las emisiones asociadas a la aplicación de abono inorgánico en cultivos de seco y regadío, con los datos de los que se dispone desde 2015.

Tabla 106. Emisiones directas de aplicación de abono inorgánico. Comparación con 2015. Dato en toneladas anuales.

| | | Toneladas totales (t/año) | | | | | | |
|------|--------------|---------------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | | NH ₃ | NO | N ₂ O | COVNM | PM10 | PM2,5 | TSP |
| 2015 | Secano | 34,31 | 27,45 | 6,86 | 6,76 | 12,26 | 0,47 | 12,26 |
| | Regadío | 39,31 | 31,44 | 7,86 | 8,25 | 14,96 | 0,58 | 14,96 |
| | Total | 73,62 | 58,89 | 14,72 | 15,01 | 27,23 | 1,05 | 27,23 |
| 2019 | Secano | 34,04 | 27,23 | 6,81 | 7,00 | 12,70 | 0,49 | 12,70 |
| | Regadío | 35,03 | 28,02 | 7,01 | 8,57 | 15,54 | 0,60 | 15,54 |
| | Total | 69,07 | 55,25 | 13,81 | 15,57 | 28,24 | 1,09 | 28,24 |
| 2021 | Secano | 32,21 | 25,77 | 6,44 | 6,33 | 11,48 | 0,44 | 11,48 |
| | Regadío | 26,68 | 21,35 | 5,34 | 7,77 | 14,09 | 0,54 | 14,09 |
| | Total | 58,89 | 47,12 | 11,78 | 14,10 | 25,58 | 0,98 | 25,58 |

Fermentación entérica

A partir de la información obtenida en los datos de los que se dispone desde el inventario de 2015, es posible obtener una evolución de las emisiones de metano generado por las cabezas de ganado.

Tabla 107. Emisiones directas fermentación entérica (CH₄). Comparación con 2015. Dato en toneladas anuales.

| Categoría | CH ₄ (toneladas /año) | |
|---------------------------|----------------------------------|--------|
| | 2015 | 2021 |
| Bovino (lechera) | 301,69 | 179,93 |
| Bovino (resto) | | 169,26 |
| Equino | 2,41 | 0,00 |
| Ovino | 44,56 | 25,08 |
| Caprino | 5,47 | 1,26 |
| Porcino | 8,95 | 185,81 |
| Conejos | 0,80 | 0,66 |
| Aves (Excepto avestruces) | 0,00 | 0,00 |

Se observa que en la mayoría de los tipos de ganado los datos son similares a los del 2015, ya que las cabezas de ganado a las que van asociadas estas emisiones siguen teniendo cifras similares, excepto en el caso del ganado porcino, el cual sí que ha aumentado considerablemente. Para el 2021, los factores de emisión del ganado bovino se han dividido en ganado lechero y resto, ya que las guías de referencia bibliográfica así lo recomiendan (IPPC, EEA).

Gestión del estiércol

Finalmente, es posible realizar una comparación de las emisiones de 2021 relacionadas con la gestión del estiércol generado en las granjas con las de 2015.

Tabla 108. Emisiones directas gestión del estiércol. Comparación con 2015. Dato en toneladas anuales.

| Año | Categoría | Toneladas totales (t/año) | | | | | | |
|--------------|------------------|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-----------------|
| | | NH ₃ | NO ₂ | COVNM | TSP | PM10 | PM2,5 | CH ₄ |
| 2015 | Bovino | 79,29 | 0,02 | 48,31 | 3,39 | 1,55 | 1,02 | 74,4 |
| | Equino | 1,17 | 0,03 | 1,04 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,31 |
| | Ovino | 3,34 | 0,04 | 1,55 | 0,78 | 0,33 | 0,11 | 1,56 |
| | Caprino | 0,66 | 0,01 | 0,68 | 0,15 | 0,07 | 0,02 | 0,22 |
| | Porcino | 39,97 | 0,01 | 3,29 | 6,26 | 0,84 | 0,04 | 53,7 |
| | Cunícola | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Aves | 31,47 | 0,16 | 13,35 | 9,06 | 2,77 | 0,25 | 2,45 |
| | TOTAL | 155,9 | 0,27 | 68,22 | 19,72 | 5,59 | 1,46 | 132,64 |
| 2021 | Bovino (lechera) | 37,70 | 1,07 | 25,61 | 1,97 | 0,90 | 0,59 | 228,48 |
| | Bovino (resto) | 32,55 | 0,71 | 28,98 | 1,92 | 0,88 | 0,59 | 201,81 |
| | Equino | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Ovino | 7,02 | 0,06 | 3,13 | 0,70 | 0,30 | 0,10 | 26,08 |
| | Caprino | 10,18 | 0,00 | 0,95 | 0,54 | 0,10 | 0,01 | 8,83 |
| | Porcino | 163,10 | 2,58 | 80,32 | 4,95 | 2,27 | 1,45 | 209,96 |
| | Conejos | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| | Aves | 20,23 | 2,44 | 16,24 | 13,68 | 3,57 | 0,30 | 2,74 |
| TOTAL | 270,78 | 6,86 | 155,25 | 23,78 | 8,02 | 3,02 | 678,59 | |

NOTA: Los PM2,5, PM10 y/o TSP tienen el mismo resultado debido a que están afectados por el mismo factor de emisión, según lo establecido en la fuente referenciada en el apartado "Contaminantes y factores de emisión considerados".

Se observa cómo las emisiones han aumentado en algunos gases, especialmente en el NH₃, COVNM y CH₄. Esto es principalmente debido a las variaciones de la cabaña ganadera desde el 2015.

Para conocer las emisiones GEI totales de este sector, en CO₂eq, es necesario convertir las emisiones directas utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones indirectas que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector agrícola y ganadero, este cálculo resulta en **20.475,19 t CO₂eq** para el año 2021.

12. EMISIONES IPPU Y GASES FLUORADOS

12.1 Organismos participantes

- Sector industria:
 - Personal de cada una de las industrias incluidas en este informe.

12.2 Fuentes de emisión consideradas

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

- Emisiones procedentes de los propios **procesos industriales y el uso de productos**.
- Emisiones 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 10 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.

12.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

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 109. PCA en toneladas de CO₂ por tonelada de gas.

| Nombre | PCA (t CO ₂ eq/t de gas) |
|----------------------|-------------------------------------|
| HFC-23 | 12.400 |
| HFC-32 | 677 |
| HFC-41 | 116 |
| HFC-125 | 3.170 |
| HFC-134 | 1.120 |
| HFC-134a | 1.300 |
| HFC-143 | 328 |
| HFC-143a | 4.800 |
| HFC-152 | 16 |
| HFC-152a | 138 |
| HFC-161 | 4 |
| HFC-227ea | 3.350 |
| HFC-236cb | 1.210 |
| HFC-236ea | 1.330 |
| HFC-236fa | 8.060 |
| HFC-245ca | 716 |
| HFC-245fa | 858 |
| HFC-365mfc | 804 |
| HFC-43-10mee | 1.650 |
| R-404A | 3.943 |
| R-407A | 1.923 |
| R-407B | 2.547 |
| R-407C | 1.624 |
| R-407F | 1.674 |
| R-410A | 1.924 |
| R-410B | 2.048 |
| R-413A | 1.945 |
| R-417A | 2.127 |
| R-417B | 2.742 |
| R-422A | 2.847 |
| R-422D | 2.473 |
| R-424A | 2.212 |
| R-426A | 1.371 |
| R-427A | 2.024 |
| R-428A | 3.417 |
| R-434A | 3.075 |
| R-437A | 1.639 |
| R-438A | 2.059 |
| R-442A | 1.754 |
| R-449A | 1.282 |
| R-452A | 1.945 |
| R-453A | 1.636 |
| R-507A | 3.985 |
| R717 NH ₃ | 0 |
| R32 | 675 |
| R134 | 1.425 |
| R134a | 1.430 |
| R409a | 1.585 |
| R22 | 1.810 |
| R427 | 2.024 |

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.

12.4 Resultados del inventario de emisiones 2021

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.

Tabla 110. Emisiones directas IPPU + gases fluorados.

| Contaminante | t/año 2021 |
|------------------------|---------------|
| CO ₂ | 12.433,73* |
| NO _x | 225,26 |
| CO | 1.241,19 |
| N ₂ O | NA |
| COVNM | 1.601,50 |
| CH ₄ | NA |
| SO _x | 450,07 |
| TSP | 271,49 |
| PM10 | 221,50 |
| PM2,5 | 171,53 |
| Pb | 0,49 |
| Cd | 0,02 |
| Hg | 1,13E-04 |
| As | 0,05 |
| Cr | 0,06 |
| Cu | 4,54E-05 |
| Ni | 0,04 |
| Se | 0,25 |
| Zn | 0,01 |
| PCDD/F (t TEQ/año) | NE |
| Benzo(a)pireno | NE |
| Benzo(b)fluoranteno | NE |
| Benzo(k)fluoranteno | NE |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno | NE |
| PCB | 5,67E-06 |
| HCB | NE |
| HFC | IE |
| PFC | IE |
| SF ₆ | IE |

* Incluye todas emisiones de los gases fluorados(HFC, PFC y SF₆) como CO₂eq.

12.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

A continuación, se resumen las emisiones de CO₂ (por ser el contaminante mayoritario) para el sector IPPU, así como para los gases fluorados en 2019 y 2021.

Tabla 111. Emisiones CO₂ totales para industria desde 2019.

| | Emisiones CO ₂ IPPU [t/año] | Emisiones CO ₂ Gases fluorados [t/año] | Emisiones totales [t/año] | Variación respecto 2019 [%] |
|------|---|---|------------------------------|-----------------------------------|
| 2019 | 15.396,94 | 1.799,98 | 17.196,92 | - |
| 2021 | 9.657,77 | 2.775,96 | 12.433,73 | -28% |

En la siguiente tabla se muestra una comparativa de cada gas entre 2019 y 2021.

Tabla 112. Emisiones industriales totales del IPPU del sector industrial + los gases fluorados.

| Contaminantes | t/año | |
|------------------------|-----------|-----------|
| | 2019 | 2021 |
| CO ₂ | 17.196,92 | 12.433,73 |
| NO _x | 228,98 | 225,26 |
| CO | 1.261,42 | 1.241,19 |
| COVNM | 1.095,02 | 1.601,50 |
| CH ₄ | NE | NE |
| N ₂ O | NE | NE |
| SO ₂ | 457,56 | 450,07 |
| TSP | 275,34 | 271,49 |
| PM10 | 224,60 | 221,50 |
| PM2,5 | 173,86 | 171,53 |
| Pb | 0,49 | 0,49 |
| Cd | 0,02 | 0,02 |
| Hg | 1,02E-04 | 1,13E-04 |
| As | 0,05 | 0,05 |
| Cr | 0,06 | 0,06 |
| Cu | 4,08E-05 | 4,54E-05 |
| Ni | 0,04 | 0,04 |
| Se | 0,25 | 0,25 |
| Zn | 0,01 | 0,01 |
| PCDD/F (t TEQ/año) | 6,12E-09 | 6,81E-09 |
| Benzo(a)pireno | NE | NE |
| Benzo(b)fluoranteno | NE | NE |
| Benzo(k)fluoranteno | NE | NE |
| Indeno(1,2,3-cd)pireno | NE | NE |
| PCB | 5,10E-06 | 5,67E-06 |
| HCB | NE | NE |

Al contarse únicamente con datos de dos inventarios, todavía no se dispone de una tendencia que permita establecer conclusiones sobre la evolución en las emisiones de este sector.

No obstante, se pueden observar en dos contaminantes unas variaciones significativas. En el primer caso se encuentra el CO₂ que presenta una considerable reducción como consecuencia de la sustitución de gases refrigerantes por otros con un menor PCA, así como que no se hagan recargas anualmente, sino tras periodos de tiempo más largos. Y en el segundo caso, el gran aumento que se observa en el COVNM, que previsiblemente es debido a la falta de datos en 2019 en una de las empresas consultadas, así como por un aumento en la producción de una industria cuya actividad genera este tipo de contaminante.

Para conocer las emisiones GEI totales en este sector, en CO₂eq, es necesario convertir las emisiones directas utilizando el Potencial de Calentamiento Global (GWP) del Metano (25) y del Óxido Nitroso (298), y luego sumar las emisiones indirectas que ya se reportan en CO₂eq. Para el sector IPPU y gases fluorados, este cálculo resulta en **12.433,73 t CO₂eq** para el año 2021.

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.

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, todas las plantas verdes ayudan 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.

Por tanto, 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 2021. Según la guía publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica en 2021, bajo la metodología EX ANTE [15], 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 de los árboles, incluyendo su distrito, la unidad de gestión, matrícula, especie, fecha de plantación, coordenadas de localización, perímetro de tronco y cantidad.

Posteriormente se evaluaron diferentes metodologías que, siendo diferentes a las anteriores, permitiesen calcular la absorción de CO₂ únicamente disponiendo de la información que contiene el inventario proporcionado. De todas las metodologías evaluadas, se utilizó 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” [15], 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 2021

Siguiendo la metodología establecida, se ha calculado para cada unidad de cada especie, las toneladas anuales capturadas de CO₂, partiendo de un total de 157.494 árboles. Posteriormente se ha realizado el sumatorio de absorción global, obteniendo un valor final de 29.736 toneladas totales capturadas de CO₂, para el 2021.

Por otro lado, se han calculado la cantidad total de unidades de cada especie y su porcentaje respecto al número de especies totales, para obtener qué especie es la mayoritaria en Zaragoza. Del mismo modo se han calculado las toneladas de CO₂ absorbidas por especie, así como su porcentaje respecto al % del total.

En las siguientes figuras se pueden observar la representación de las especies mayoritarias existentes en la ciudad de Zaragoza y las unidades de cada una de ellas para 2021, además de las absorciones de toneladas de CO₂ anuales.

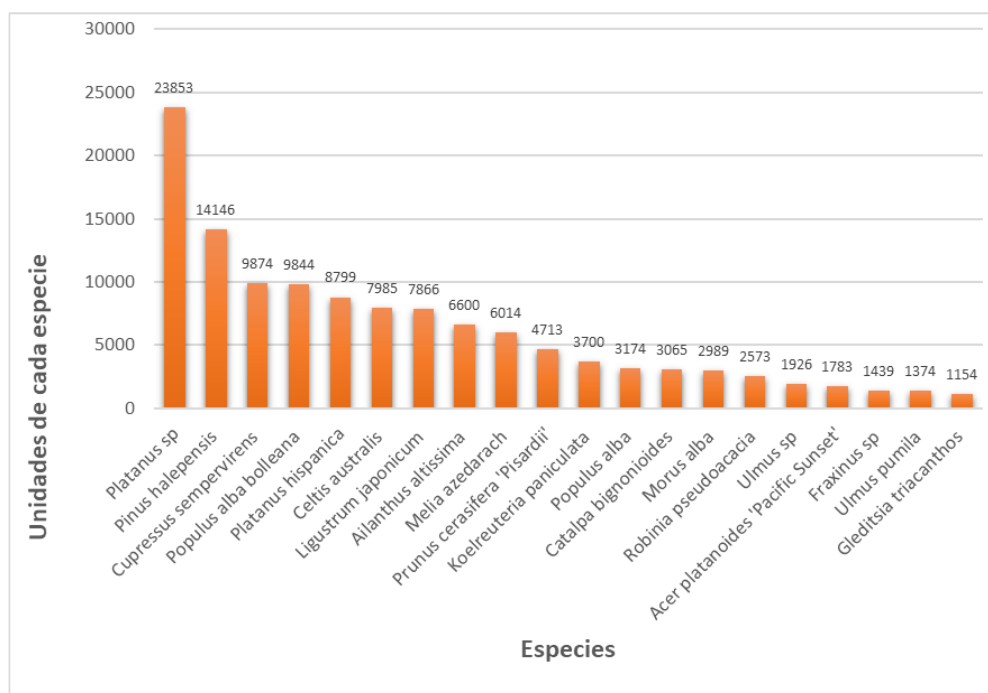


Figura 9. Cantidad de cada uno de los tipos de especie mayoritarias para el año 2021.

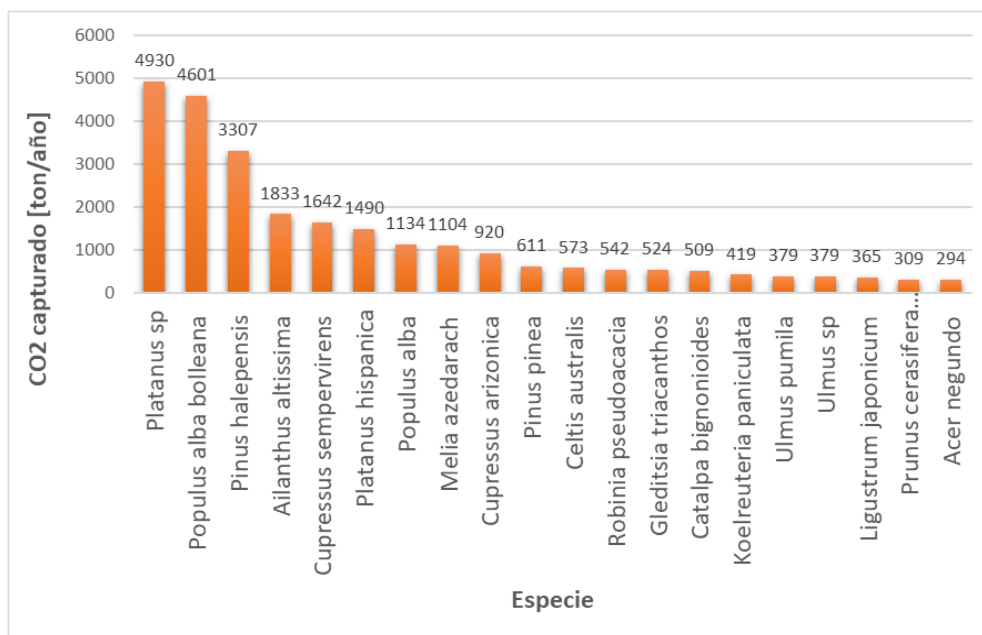


Figura 10. Captura de CO₂ por especie mayoritaria en Zaragoza. Año 2021.

Cabe destacar que se han despreciado los datos de la especie *Olea europea* debido a que, los datos sobre diámetro del tronco se han considerado erróneos.

13.4.1 Absorciones totales y comparativa con años anteriores

Únicamente se disponen datos de absorciones del arbolado urbano para los inventarios de 2019 y 2021. 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 113. Comparativa de absorciones totales y unidades de arbolado, del 2021 con el 2019.

| | 2019 | 2021 |
|--|---------|---------|
| Unidades arbolado | 145.186 | 157.494 |
| CO ₂ [Toneladas Totales /año] | 24.530 | 29.736 |

Cabe destacar que el número de árboles aumenta casi en 12.000 unidades, lo cual provoca un ligero aumento de la absorción de las emisiones respecto a 2019. Se sabe que, a mayor longevidad del arbolado, mayor capacidad de absorción de emisiones tiene, por lo que se estima que cada año la absorción del arbolado debería aumentar, como ocurre en el 2021.

Respecto al detalle de absorciones por especie, se identifica que la especie con mayor número de unidades existentes y de toneladas absorbidas es la especie del *Platanus sp* (23.853 unidades y 4.930 t CO₂ absorbidas). Por otro lado, en 2019 la especie con mayor cantidad de árboles es también *Platanus sp* con 23.205 unidades, y la especie con mayor cantidad de CO₂ absorbido es el *Pinus halepensis*, con 4.520 toneladas.

Como es lógico, al aumentar el número de árboles aumenta la absorción de CO₂, pero los valores son bastante parecidos. En 2021 el CO₂ absorbido por el *Pinus halepensis* ha sido de 3.307

toneladas, aproximadamente 1.200 toneladas menos que en 2019. Si nos fijamos en las unidades de esta especie en ambos años, en 2019 eran 13.418 y en 2021 son 14.146, por lo que han aumentado, pero ha disminuido su absorción de CO₂, lo que puede deberse a un descenso en la edad media de las unidades plantadas, ya que la longevidad está relacionada directamente con la absorción de CO₂.

También se ha realizado una comparativa entre las especies más abundantes en los dos años de estudio, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 114. Comparativa de cantidad de especies entre 2019 y 2021.

| Especie | 2019 (Ud.) | 2021 (Ud.) |
|--|---------------|---------------|
| <i>Platanus sp</i> | 23.205 | 23.853 |
| <i>Pinus halepensis</i> | 13.418 | 14.146 |
| <i>Cupressus sempervirens</i> | 5.876 | 9.874 |
| <i>Populus alba bolleana</i> | 7.485 | 9.844 |
| <i>Platanus hispanica</i> | 7.092 | 8.799 |
| <i>Celtis australis</i> | 6.148 | 7.985 |
| <i>Ligustrum japonicum</i> | 7.693 | 7.866 |
| <i>Ailanthus altissima</i> | 5.902 | 6.600 |
| <i>Melia azedarach</i> | 4.715 | 6.014 |
| <i>Prunus cerasifera 'Pisardii'</i> | 3.868 | 4.713 |
| <i>Koelreuteria paniculata</i> | 2.462 | 3.700 |
| <i>Populus alba</i> | 2.424 | 3.174 |
| <i>Catalpa bignonioides</i> | 2.431 | 3.065 |
| <i>Morus alba</i> | 2.636 | 2.989 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> | 2.666 | 2.573 |
| <i>Ulmus sp</i> | 1.957 | 1.926 |
| <i>Acer platanoides 'Pacific Sunset'</i> | 333 | 1.783 |
| <i>Fraxinus sp</i> | 1.699 | 1.439 |
| <i>Ulmus pumila</i> | 976 | 1.374 |
| <i>Gleditsia triacanthos</i> | 1.145 | 1.154 |

En 2019, y tomando la premisa de que las especies más abundantes son aquellas con un número de unidades entre a partir de 1.650, son *Platanus sp*, *Pinus halepensis*, *Ligustrum japonicum*, *Populus alba bolleana*, *Platanus hispanica*, *Celtis australis*, *Ailanthus altissima*, *Cupressus sempervir*, *Melia azedarach*, *Prunus pisardii*, *Robinia pseudoacacia*, *Morus alba*, *Koelreuteria paniculata*, *Sophora japónica*, *Catalpa bignonioides*, *Populus alba*, *Ulmus sp*, *Acer negundo*, *Fraxinus sp*, *Cercis siliquastrum*.

Por otro lado, en 2021 las especies más abundantes se repiten, a excepción de la *Sophora japónica*, que tiene menor cantidad de unidades debido a la tala principalmente, y, por otro lado, surgen el *Acer platanoides 'Pacific sunset'* y el *Ulmus pumila*, que aumentan su cantidad de unidades plantadas (1.783 y 1.374 unidades respectivamente).

En cuanto a CO₂ absorbido, casi todas las especies han aumentado las toneladas absorbidas en 2021, excepto el *Pinus halepensis*, cuyas toneladas han disminuido como se ha comentado anteriormente.

Para conocer la compensación de emisiones GEI totales en este sector, en CO₂eq, no es necesario realizar ningún cambio de unidades ya que en el sector arbolado no hay emisiones de estos gases. Por tanto, se estima un total de **-29.736,00 t CO₂eq** para el año 2021, que equivale a las toneladas absorbidas de CO₂.

14. AGRADECIMIENTOS

El Ayuntamiento de Zaragoza expresa su más sincero agradecimiento a todos los participantes en este inventario de emisiones. Su compromiso y colaboración en el reporte de datos han sido fundamentales para el éxito de esta iniciativa. Gracias a su dedicación, se ha logrado recopilar información crucial que permitirá comprender mejor las emisiones locales, con el objetivo final de trabajar en soluciones efectivas para un futuro más sostenible.

15. REFERENCIAS

1. European Environment Agency *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019: Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories*; Publications Office, 2019.
2. Calvo Buendía, 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. Española, R.E. REData - Estructura Generacion | Red Eléctrica Available online: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion> (accessed on 20 April 2023).
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 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. 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.
14. 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.
15. Montero, G.; Ruiz-peinado, R.; Muñoz, M. Producción de Biomasa y Fijación de CO₂ Por Los Bosques Españoles. *Monografías INIA* 2005, 13, 274.

