

**BALANCE ENERGÉTICO
DEL MUNICIPIO DE MADRID
Año 2021**

Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental



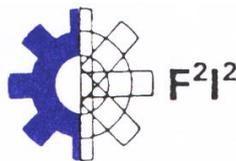
MADRID

urbanismo,
medio ambiente
y movilidad

**BALANCE ENERGÉTICO
DEL MUNICIPIO DE MADRID
Año 2021**

**Dirección General de Sostenibilidad y Control
Ambiental**

Julio 2023



Trabajo realizado por:

Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de
Madrid

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	2
2	BALANCE ENERGÉTICO DEL AÑO 2021	3
	2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones	3
	2.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía	4
	2.2.1 Fuentes energéticas propias. Producción primaria	4
	2.2.2 Generación de energía eléctrica	4
	2.2.3 Generación de energía térmica.....	5
	2.3 Consumo de energía final.....	6
	2.3.1 Indicadores energéticos de consumo	10
3	SERIE HISTÓRICA 2006-2021	10
	3.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones	10
	3.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía	13
	3.2.1 Fuentes energéticas propias frente a importaciones	16
	3.2.2 Generación de energía eléctrica mediante fuentes propias frente a importaciones de electricidad	16
	3.3 Consumo de energía final.....	17
	3.3.1 Indicadores energéticos de consumo	22
4	COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL	22
5	CONCLUSIONES.....	26

1 OBJETIVO

El objetivo de este estudio es aplicar al año 2021 la metodología desarrollada por el equipo de trabajo de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial - Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM) para la elaboración del Balance Energético del Municipio de Madrid. La metodología se detalla en el Anexo I de este informe y se representa esquemáticamente en el cuadro metodológico del Anexo II. Esta metodología también se recoge en la siguiente publicación científica: *Pérez et al., 2019. A methodology for the development of urban energy balances: Ten years of application to the city of Madrid. Cities (91) 2019, 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.11.012>.*

En el balance energético se establecen tres grandes bloques:

- fuentes energéticas externas (importaciones de energía), donde se incluyen las importaciones de energía que pueden consumirse directamente como energía final o en procesos de transformación y generación de energía eléctrica
- fuentes energéticas propias del municipio y generación de energía, tanto a partir de fuentes propias como a partir de fuentes importadas
- consumo de energía final, incluyendo los consumos de las distintas formas de energía en los sectores finales.

Se ha realizado, así mismo, un análisis de la situación energética del municipio y su evolución en el periodo 2006-2021, valorando la dependencia de las fuentes energéticas externas, la capacidad de producción de energía a partir de los recursos propios y el consumo energético por sectores (residencial, comercial e institucional –RCI–, industrial, transporte rodado, otros modos de transporte, tratamiento de residuos urbanos y tratamiento de aguas residuales).

El documento presenta los resultados obtenidos y las principales conclusiones extraídas de su interpretación. También se adjuntan cuatro anexos que pretenden facilitar la comprensión de la información incluida en el documento principal:

- Anexo I: metodología
- Anexo II: cuadro metodológico
- Anexo III: unidades y factores de conversión
- Anexo IV: fuentes de información y referencias

2 BALANCE ENERGÉTICO DEL AÑO 2021

En este apartado se recogen los resultados obtenidos en el balance energético municipal del año 2021, de acuerdo con la metodología recogida en el Anexo I. Se analizan los siguientes apartados:

- fuentes energéticas externas o importaciones
- fuentes energéticas propias y generación de energía en el municipio
- consumo de energía final

2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

Nota: en el concepto de importaciones se recoge la totalidad del queroseno suministrado a los aeropuertos ubicados en el municipio de Madrid (Adolfo Suárez-Madrid Barajas y Cuatro Vientos).

Las fuentes energéticas externas al municipio son todas aquellas formas de energía que no se producen en el municipio de Madrid, por lo que tienen que ser importadas para satisfacer su demanda. Estas fuentes energéticas se pueden consumir directamente como energía final en cualquiera de los sectores (consumo de gas natural en los hogares para calefacción y agua caliente sanitaria, por ejemplo), o, por el contrario, emplearse en procesos de transformación para la generación de energía eléctrica (cogeneración a partir de gas natural, por ejemplo).

En términos de importaciones (Tabla 1) destaca la gran dependencia de los productos petrolíferos que representan el 54,1%. También es importante resaltar el alto porcentaje que supone la energía eléctrica (22,5%) y el gas natural (22,3%). Como se puede apreciar, el papel de las fuentes fósiles sigue siendo predominante.

Tabla 1. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid. Año 2021

Fuente energética	ktep	%	% sin queroseno
Gas natural	918,55	22,30	32,51
Productos petrolíferos	2.228,15	54,08	33,05
<i>Gases Licuados del Petróleo (GLP)</i>	41,21	1,00	1,46
<i>Gasolinas</i>	239,65	5,82	8,48
<i>Gasóleos A+B</i>	509,90	12,38	18,05
<i>Gasóleo C</i>	125,75	3,05	4,45
<i>Fuelóleo</i>	0,98	0,02	0,03
<i>Queroseno</i>	1.294,53	31,42	-
<i>ETBE</i>	13,92	0,34	0,49
<i>MTBE</i>	2,21	0,05	0,08
Biocarburantes	31,28	0,76	1,11
<i>Biodiésel</i>	31,28	0,76	1,11
<i>Bioetanol</i>	0,00	0,00	0,00
Electricidad	928,68	22,54	32,87
Carbón	4,48	0,11	0,16
Biomasa	8,59	0,21	0,30
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00
TOTAL	4.119,74	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Nedgia Madrid S.A., Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, EXOLUM, CALORDOM, REPSOL, CEPSA y Empresa Municipal de Transportes.

La última columna de la Tabla 1 presenta la contribución de cada fuente al total sin considerar las importaciones de queroseno, eliminando así el efecto del suministro de grandes cantidades de este combustible a los aeropuertos de Madrid, principalmente al aeropuerto Adolfo Suárez-Madrid Barajas (el denominado “efecto Barajas”).

2.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía

2.2.1 Fuentes energéticas propias. Producción primaria

La Tabla 2 recoge las fuentes de energía primaria disponibles en el municipio de Madrid.

Tabla 2. Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Madrid. Año 2021

Producción primaria	Valor	Unidad	Fuente primaria en ktep	% sobre TOTAL
Residuos urbanos (RU)				
INCINERACIÓN				
Toneladas de RU a incinerar ¹	306.315	t	100,82	55,90
VERTEDERO				
Toneladas RU a vertedero / biomasa ²	641.551	t	-	-
Biogás recuperado de vertedero	45.556.685	Nm ³	21,46	11,90
BIOMETANIZACIÓN				
Toneladas de RU biometanizado ³	204.274	t	-	-
Biogás procedente de biometanización ⁴	34.022.082	Nm ³	16,03	8,89
Lodos de Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR)				
Toneladas de lodo de EDAR ⁵	222.278	t	-	-
Biogás procedente de EDAR	36.024.625	Nm ³	20,44	11,34
Solar fotovoltaica	1,76	ktep	1,76	0,97
Solar térmica	16,64	ktep	16,64	9,23
Geotérmica	3,21	ktep	3,21	1,78
TOTAL			180,35	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, y Canal de Isabel II.

En términos de energía primaria, el aprovechamiento de residuos urbanos (RU) para incineración supone la mayor contribución, seguido del aprovechamiento del biogás recuperado de vertedero y de la digestión anaerobia de los lodos de Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). La aportación de la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, y la geotérmica sigue siendo inferior a la del aprovechamiento de los distintos tipos de residuos, si bien tienen contribuciones apreciables.

2.2.2 Generación de energía eléctrica

En este apartado se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas propias del municipio (Tabla 3) y la producida por cogeneración (Tabla 4), que requiere la combustión de fuentes fósiles. La energía eléctrica vertida a la red corresponde al concepto recogido como "Venta". Esta cantidad es igual a la diferencia entre la producción bruta de energía eléctrica y los autoconsumos de las propias instalaciones generadoras.

En la generación de energía eléctrica bruta a partir de fuentes propias destaca la producción de electricidad mediante la incineración de RU en la planta de Las Lomas, que supone el 54,3%. A continuación, se encuentra la producción eléctrica por el aprovechamiento del biogás en las

¹ Entradas totales a valorización energética (Memoria de Actividades de la Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez, Año 2021 – Memoria DGPTV 2021)

² Entrada total a vertederos (Memoria DGPTV 2021)

³ Fracción orgánica a digestión (Memoria DGPTV 2021)

⁴ En 2021, el biogás bruto obtenido en las plantas de biometanización del municipio de Madrid (La Paloma y Las Dehesas) ascendió a 34.022.082 Nm³

⁵ Lodos totales en torta con un porcentaje de humedad entre el 76-80% dependiendo de cada instalación.

instalaciones de La Galiana (22,5%) y por aprovechamiento del biogás procedente de los lodos de EDAR (18,1%). La contribución de la energía solar fotovoltaica en 2021 es igual a 5,2%. Conviene destacar que la generación de energía eléctrica por aprovechamiento del biogás de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR se destina al propio autoconsumo de las plantas. Las instalaciones que exportan el exceso de electricidad son la planta de incineración de Las Lomas y la planta de valorización del biogás de La Galiana, además de aquellas que generan electricidad vía solar fotovoltaica.

Tabla 3. Energía eléctrica producida a partir de fuentes propias en el municipio de Madrid. Año 2021

Fuentes energéticas propias	GWh			ktep		
	Bruta	Venta	Autoconsumo	Bruta	Venta	Autoconsumo
Residuos urbanos (RU)						
<i>Incineración (Las Lomas)</i>	214,75	154,05	60,70	18,47	13,25	5,22
<i>Biogás de vertedero + biogás de biometanización (La Galiana)</i>	89,09	74,44	14,65	7,66	6,40	1,26
Lodos de EDAR						
<i>Biogás de biometanización</i>	71,48	0,00	71,48	6,15	0,00	6,15
Solar fotovoltaica	20,42	20,42	0,00	1,76	1,76	0,00
TOTAL	395,74	248,91	146,83	34,03	21,40	12,63

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, y Canal de Isabel II.

En cuanto a los procesos de cogeneración (Tabla 4) cabe destacar que la energía eléctrica bruta producida por el aprovechamiento de fuentes propias es mayor que la producida por cogeneración, hecho que cambia significativamente respecto a los años 2006-2013, periodo en el que generalmente la cogeneración tenía una mayor aportación. Esto se debe a que la cogeneración de los sectores industrial y residencial, comercial e institucional (RCI) es la única presente en el municipio en el periodo 2015-2017; años en los que las plantas de cogeneración en el secado térmico de lodos no presentaron actividad. Éstas interrumpieron su funcionamiento en 2014 (la planta de cogeneración de la EDAR Butarque no tuvo actividad durante todo el año, y la de la EDAR Sur, paró su actividad el 1 de abril de 2014), permaneciendo sin actividad durante ese periodo 2015-2017. En el año 2018, la instalación de la EDAR Sur reinició su actividad.

Tabla 4. Energía eléctrica producida mediante cogeneración en el municipio de Madrid. Año 2021

Cogeneración en:	GWh			ktep		
	Bruta	Venta	Autoconsumo	Bruta	Venta	Autoconsumo
<i>Industrial + Residencial, Comercial e Institucional (RCI)</i>	251,11	226,00	25,11	21,59	19,43	2,16
<i>Secado térmico de lodos</i>	132,19	119,55	12,64	11,37	10,28	1,09
TOTAL	383,30	345,55	37,75	32,96	29,71	3,25

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, y Canal de Isabel II.

La Tabla 5 recoge la energía eléctrica producida por las instalaciones generadoras del municipio y vertida a la red de distribución ("Venta"). La cogeneración supone el 58,1% de la electricidad total vertida a la red de distribución, mientras que el aprovechamiento energético de los residuos urbanos (fuente propia) se sitúa en el 38,4%.

2.2.3 Generación de energía térmica

En este apartado se recoge la generación de energía térmica en el municipio de Madrid a partir de las energías solar y geotérmica. Estas fuentes no generan energía eléctrica, sino que la energía térmica generada se consume directamente en los sectores finales, permitiendo satisfacer parte de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

Tabla 5. Ventas de energía eléctrica (vertida a la red de distribución), en el municipio de Madrid. Año 2021

Fuentes energéticas	GWh	ktep	%	Autoconsumos, ktep
Residuos urbanos (RU)	228,49	19,65	38,44	6,48
<i>Incineración (Las Lomas)</i>	154,05	13,25	25,91	5,22
<i>Biogás de vertedero y de biometanización (La Galiana)</i>	74,44	6,40	12,52	1,26
Lodos de EDAR	0,00	0,00	0,00	6,15
<i>Biogás de biometanización</i>	0,00	0,00	0,00	6,15
Solar fotovoltaica	20,42	1,76	3,43	0,00
Cogeneración	345,55	29,71	58,13	3,25
<i>Cogeneración industria + RCI</i>	226,00	19,43	38,02	2,16
<i>Cogeneración secado de lodos</i>	119,55	10,28	20,11	1,09
TOTAL	594,46	51,11	100,00	15,87

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, y Canal de Isabel II.

Los valores recogidos en este apartado corresponden a las únicas generaciones térmicas propias consideradas en el balance. La generación de energía se produce mediante una fuente renovable propia que podría sustituir a la generación de energía térmica a partir de combustibles fósiles en los sectores RCI e industrial de donde se deriva el interés de recogerlas en el balance.

En la Tabla 6 se muestra la generación térmica por vía solar y geotérmica en 2021.

Tabla 6. Energía térmica generada en el municipio de Madrid a partir de fuentes renovables propias. Año 2021

	ktep
Solar térmica	16,64
Geotérmica	3,21

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid y Comunidad de Madrid.

2.3 Consumo de energía final

En este apartado se recoge el consumo de energía final en el municipio de Madrid. Así, en las siguientes tablas se muestran las cifras totales de consumo y su desagregación por fuente energética y sector de consumo para el año 2021, tanto en términos absolutos (ktep), como en términos de contribución porcentual al total de consumo. Asimismo, se incluye una desagregación del sector RCI en “Residencial” y “Servicios (Comercial-Institucional)”, cuando ésta es posible.

Nota: el queroseno recogido en este apartado incluye el consumido por las aeronaves en las operaciones de aterrizaje y despegue en los aeropuertos del municipio (Adolfo Suárez-Madrid Barajas y Cuatro Vientos). En el apartado de importaciones se recoge la cantidad total de queroseno suministrado a estos aeropuertos.

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

Tabla 7. Consumo de energía final en el municipio de Madrid (ktep). Año 2021

	Residencial	Servicios	RCI	Industria	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	<i>nd</i>	<i>nd</i>	8,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,59
Gas natural⁶	396,31	260,14	656,45	135,70	59,55	0,00	0,00	16,26	867,96
PP	<i>nd</i>	<i>nd</i>	145,03	5,57	740,00	168,44	0,21	0,00	1.059,26
GLP	<i>nd</i>	<i>nd</i>	23,84	1,03	16,13	0,00	0,21	0,00	41,21
Gasolinas	0,00	0,00	0,00	0,00	239,65	0,00	0,00	0,00	239,65
Gasóleo A	0,00	0,00	0,00	0,00	468,10	0,00	0,00	0,00	468,10
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,80	0,00	0,00	41,80
Gasóleo C	<i>nd</i>	<i>nd</i>	121,20	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	124,75
Fuelóleo	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98
Queroseno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	126,64	0,00	0,00	126,64
ETBE	0,00	0,00	0,00	0,00	13,92	0,00	0,00	0,00	13,92
MTBE	0,00	0,00	0,00	0,00	2,21	0,00	0,00	0,00	2,21
Biocarburantes	0,00	0,00	0,00	0,00	31,28	0,00	0,00	0,00	31,28
Biodiesel	0,00	0,00	0,00	0,00	31,28	0,00	0,00	0,00	31,28
Bioetanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Electricidad			845,26	49,63	0,98	82,79	6,48	10,53	995,67
Electricidad (red)	353,76	490,92	844,69	48,05	0,98	82,79	0,00	3,29	979,80
Autoconsumos en generadores	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,57	1,59	0,00	0,00	6,48	7,23	15,87
Carbón	4,48	0,00	4,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,48
Solar térmica	13,11	3,53	16,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,64
Geotérmica	2,81	0,40	3,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,21
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL			1.679,67	190,90	831,81	251,23	6,69	26,79	2.987,09

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Madrileña Red de Gas, Nedgia Madrid S.A., Compañía Logística de Hidrocarburos, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Comunidad de Madrid, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, CALORDOM, REPSOL, CEPSA, ENERES y Empresa Municipal de Transportes.
nd = desagregación no disponible

⁶ Incluye el biometano procedente del biogás obtenido en la biometanización de RU e inyectado en la red gasista (8,5 ktep en 2021).

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

Tabla 8. Contribución de cada fuente energética al consumo de energía de cada sector (%). Año 2021

	Residencial	Servicios	RCI	Industria	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
Gas natural⁷	23,59	15,49	39,08	71,08	7,16	0,00	0,00	60,70	29,06
PP	<i>nd</i>	<i>nd</i>	8,63	2,92	88,96	67,05	3,21	0,00	35,46
GLP	<i>nd</i>	<i>nd</i>	1,42	0,54	1,94	0,00	3,21	0,00	1,38
Gasolinas	0,00	0,00	0,00	0,00	28,81	0,00	0,00	0,00	8,02
Gasóleo A	0,00	0,00	0,00	0,00	56,28	0,00	0,00	0,00	15,67
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,64	0,00	0,00	1,40
Gasóleo C	<i>nd</i>	<i>nd</i>	7,22	1,86	0,00	0,00	0,00	0,00	4,18
Fuelóleo	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Queroseno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,41	0,00	0,00	4,24
ETBE	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	0,00	0,47
MTBE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,07
Biocarburantes	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	0,00	0,00	0,00	1,05
Biodiesel	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	0,00	0,00	0,00	1,05
Bioetanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Electricidad	-	-	50,32	26,00	0,12	32,95	96,79	39,30	33,33
Electricidad (red)	21,06	29,23	50,29	25,17	0,12	32,95	0,00	12,30	32,80
Autoconsumos en generadores	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,03	0,83	0,00	0,00	96,79	27,00	0,53
Carbón	0,27	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Solar térmica	0,78	0,21	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
Geotérmica	0,17	0,02	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	-	-	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

nd = desagregación no disponible

⁷ Incluye el biometano procedente del biogás obtenido en la biometanización de RU e inyectado en la red gasista.

Tabla 9. Distribución porcentual del consumo de cada fuente energética por sector (%). Año 2021

	Residencial	Servicios	RCI	Industria	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	<i>nd</i>	<i>nd</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Gas natural⁸	45,66	29,97	75,63	15,63	6,86	0,00	0,00	1,87	100,00
PP	<i>nd</i>	<i>nd</i>	13,69	0,53	69,86	15,90	0,02	0,00	100,00
GLP	<i>nd</i>	<i>nd</i>	57,85	2,50	39,14	0,00	0,52	0,00	100,00
Gasolinas	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Gasóleo A	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
Gasóleo C	<i>nd</i>	<i>nd</i>	97,15	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Fuelóleo	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Queroseno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
ETBE	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
MTBE	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Biocarburantes	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Biodiesel	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Bioetanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Electricidad	-	-	84,89	4,99	0,10	8,32	0,65	1,06	100,00
Electricidad (red)	36,11	50,10	86,21	4,90	0,10	8,45	0,00	0,34	100,00
Autoconsumos en generadores	<i>nd</i>	<i>nd</i>	3,60	10,00	0,00	0,00	40,82	45,57	100,00
Carbón	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Solar Térmica	78,77	21,23	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Geotérmica	87,50	12,50	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	-	-	56,23	6,39	27,85	8,41	0,22	0,90	100,00

nd = desagregación no disponible

⁸ Incluye el biometano procedente del biogás obtenido en la biometanización de RU e inyectado en la red gasista.

2.3.1 Indicadores energéticos de consumo

En la Tabla 10 se recoge el consumo *per cápita* y la intensidad energética final para el municipio de Madrid en el año 2021.

Tabla 10. Consumo per cápita e intensidad energética en términos de energía final. Año 2021

Consumo de energía final (ktep)	Población (hab)	Producto Interior Bruto, PIB (M€ ₂₀₁₀)	Intensidad energética (tep E final/M€ ₂₀₁₀)	Consumo per cápita (tep/hab)
2.987,09	3.305.408	140.501	21,3	0,90

3 SERIE HISTÓRICA 2006-2021

La elaboración de este balance conlleva la actualización de la serie histórica desde el año 2006, periodo para el que se ha empleado la misma metodología elaborada por el equipo de trabajo de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial – Universidad Politécnica de Madrid. Así pues, en este apartado se recoge la evolución de las distintas magnitudes energéticas evaluadas a lo largo de todo el periodo 2006-2021.

3.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

La Tabla 11 muestra la evolución de las importaciones energéticas en el municipio de Madrid en el periodo 2006-2021, incluyendo el denominado “efecto Barajas”, es decir, considerando las importaciones de queroseno totales que se suministran a los aeropuertos madrileños.

Las importaciones totales se incrementaron un 12,2% en 2021 respecto a los valores de 2020 (con un descenso del 29,6% en el periodo 2006-2021). Su distribución por fuente energética no ha variado significativamente; en 2021, el gas natural supuso el 22,3% y la electricidad un 22,5%. En las importaciones globales de productos petrolíferos hay un descenso total del 39,5% en el periodo analizado (un incremento del 22,6% en el último año con respecto a 2020). En 2021, las importaciones de productos petrolíferos supusieron el 54,1% del total.

La Tabla 12 muestra las importaciones de queroseno en el municipio de Madrid y su contribución respecto al total de productos petrolíferos y respecto al total de las importaciones. Se muestra, también, la contribución porcentual de cada tipo de fuente con respecto al total de importaciones sin queroseno, tratando con ello de eliminar el denominado “efecto Barajas”. Estas importaciones de queroseno tienen una elevada presencia en el total de los productos petrolíferos; por encima del 60% en todo el periodo 2006-2019. En 2020 y 2021, sin embargo, la contribución descendió a 53,9% y 58,1% respectivamente, a consecuencia de los cierres de aeropuertos ocasionados por la pandemia de la COVID-19.

La Figura 1 representa la contribución porcentual de cada fuente energética con respecto al total de las importaciones, desagregando los productos petrolíferos (PP) en queroseno y productos petrolíferos sin queroseno.

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

Tabla 11. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid en el periodo 2006-2021

Año	Gas natural		Productos petrolíferos (PP)		Biocarburantes		Electricidad		Carbón		Biomasa		Hidrógeno		TOTAL	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	982,46	16,80	3.682,90	62,96	1,39	0,02	1.145,29	19,58	36,85	0,63	0,29	0,00	0,04	0,00	5.849,22	100,00
2007	1.035,27	17,22	3.744,67	62,30	24,77	0,41	1.170,63	19,48	34,25	0,57	0,82	0,01	0,00	0,00	6.010,41	100,00
2008	1.058,86	17,44	3.745,28	61,70	33,67	0,55	1.200,44	19,78	30,54	0,50	0,96	0,02	0,00	0,00	6.069,76	100,00
2009	977,15	16,76	3.566,35	61,19	70,10	1,20	1.185,96	20,35	27,27	0,47	1,84	0,03	0,00	0,00	5.828,67	100,00
2010	931,11	16,13	3.567,12	61,80	79,55	1,38	1.167,54	20,23	22,33	0,39	3,99	0,07	0,00	0,00	5.771,65	100,00
2011	880,90	15,54	3.554,16	62,68	80,54	1,42	1.128,91	19,91	20,78	0,37	4,91	0,09	0,00	0,00	5.670,19	100,00
2012	927,67	17,01	3.317,86	60,85	74,55	1,37	1.107,18	20,31	19,39	0,36	5,49	0,10	0,00	0,00	5.452,13	100,00
2013	942,58	18,41	3.068,97	59,93	28,37	0,55	1.057,22	20,64	18,00	0,35	6,00	0,12	0,00	0,00	5.121,14	100,00
2014	813,09	16,22	3.106,70	61,97	30,32	0,60	1.040,14	20,75	16,61	0,33	6,51	0,13	0,00	0,00	5.013,37	100,00
2015	794,83	15,44	3.255,03	63,24	29,95	0,58	1.045,36	20,31	15,22	0,30	6,51	0,13	0,00	0,00	5.146,90	100,00
2016	877,81	16,31	3.410,66	63,38	34,19	0,64	1.037,94	19,29	13,83	0,26	6,55	0,12	0,00	0,00	5.380,98	100,00
2017	837,68	15,49	3.495,36	64,65	36,82	0,68	1.017,74	18,82	12,44	0,23	6,55	0,12	0,00	0,00	5.406,59	100,00
2018	974,95	16,78	3.689,58	63,51	43,22	0,74	1.083,59	18,65	11,15	0,19	7,02	0,12	0,00	0,00	5.809,51	100,00
2019	926,89	15,84	3.813,47	65,16	42,21	0,72	1.052,33	17,98	9,98	0,17	7,42	0,13	0,00	0,00	5.852,30	100,00
2020	875,73	23,85	1.818,02	49,52	30,52	0,83	930,55	25,34	8,94	0,24	7,86	0,21	0,00	0,00	3.671,62	100,00
2021	918,55	22,30	2.228,15	54,08	31,28	0,76	928,68	22,54	4,48	0,11	8,59	0,21	0,00	0,00	4.119,74	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Nedgia Madrid S.A., Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, EXOLUM, REPSOL, CEPSA, CALORDOM, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia y Empresa Municipal de Transportes.

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

Tabla 12. Importaciones de queroseno en el municipio de Madrid y contribuciones porcentuales con respecto a las importaciones totales sin queroseno. Periodo 2006-2021

Año	Queroseno			TOTAL sin queroseno	% respecto al TOTAL sin queroseno						
	ktep	% respecto a PP	% respecto al TOTAL	ktep	Gas natural	PP sin queroseno	Biocarburantes	Electricidad	Carbón	Biomasa	Hidrógeno
2006	2.246,26	60,99	38,40	3.602,96	27,27	39,87	0,04	31,79	1,02	0,01	0,00
2007	2.357,76	62,96	39,23	3.652,66	28,34	37,97	0,68	32,05	0,94	0,02	0,00
2008	2.400,71	64,10	39,55	3.669,05	28,86	36,65	0,92	32,72	0,83	0,03	0,00
2009	2.279,13	63,91	39,10	3.549,54	27,53	36,26	1,98	33,41	0,77	0,05	0,00
2010	2.328,20	65,27	40,34	3.443,44	27,04	35,98	2,31	33,91	0,65	0,12	0,00
2011	2.361,08	66,43	41,64	3.309,11	26,62	36,05	2,43	34,12	0,63	0,15	0,00
2012	2.146,09	64,68	39,36	3.306,05	28,06	35,44	2,25	33,49	0,59	0,17	0,00
2013	1.936,34	63,09	37,81	3.184,80	29,60	35,56	0,89	33,20	0,57	0,19	0,00
2014	1.990,90	64,08	39,71	3.022,47	26,90	36,92	1,00	34,41	0,55	0,22	0,00
2015	2.144,66	65,89	41,67	3.002,24	26,47	36,98	1,00	34,82	0,51	0,22	0,00
2016	2.291,63	67,19	42,59	3.089,35	28,41	36,22	1,11	33,60	0,45	0,21	0,00
2017	2.384,82	68,23	44,11	3.021,77	27,72	36,75	1,22	33,68	0,41	0,22	0,00
2018	2.563,01	69,47	44,12	3.246,51	30,03	34,70	1,33	33,38	0,34	0,22	0,00
2019	2.722,21	71,38	46,52	3.130,09	29,61	34,86	1,35	33,62	0,32	0,24	0,00
2020	980,61	53,94	26,71	2.691,01	32,54	31,12	1,13	34,58	0,33	0,29	0,00
2021	1.294,53	58,10	31,42	2.825,21	32,51	33,05	1,11	32,87	0,16	0,30	0,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Nedgia Madrid S.A., Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, EXOLUM, REPSOL, CEPSA, CALORDOM, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia y Empresa Municipal de Transportes.

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

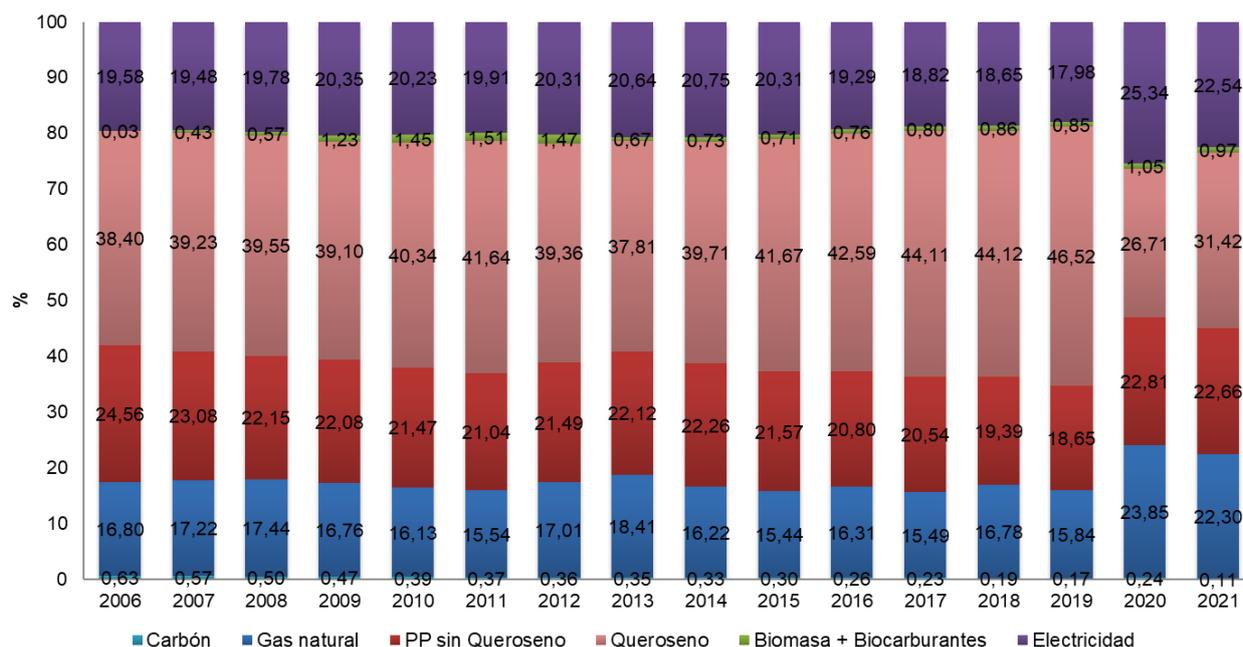


Figura 1. Evolución de la distribución porcentual, por fuente energética, del total de importaciones en el municipio de Madrid⁹

3.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía

En lo que respecta a la generación de energía en el municipio (eléctrica y térmica a partir de fuentes renovables propias), la cantidad total en 2021 es un 7,5% mayor que en 2020 (Tabla 13). Desde 2012 (año en el que se presenta un máximo de 99,7 ktep) se ha producido un descenso acumulado del 12,9%, debido principalmente al descenso de la cogeneración en los sectores residencial/comercial e industrial y al cese de actividad de una de las plantas de cogeneración del secado térmico de lodos¹⁰. Aun así, la cogeneración supone un 38% del total de energía generada en 2021, habiéndose producido un incremento del 23,2% respecto a 2020, de acuerdo con datos de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

La generación de energía eléctrica por incineración de residuos ha disminuido un 5,3% respecto a 2020; un 0,6% en el periodo 2006-2021. Esta variación está relacionada, según datos del Ayuntamiento de Madrid, con la variación de la cantidad de residuos urbanos llevados a incineración.

La generación por aprovechamiento del biogás incluye el biogás procedente de vertedero, el procedente de la digestión de lodos de EDAR y la fracción de biogás producido en las plantas de biometanización de residuos urbanos y enviado a valorización junto con el biogás de vertedero. Su contribución al total de generación es del 15,9% en 2021.

⁹ No se ha representado el hidrógeno por presentar contribuciones residuales.

¹⁰ Las plantas de cogeneración de las EDAR Butarque y Sur pararon su actividad el 1 de enero y el 1 de abril de 2014, respectivamente. En el segundo de los casos, la actividad de cogeneración se reactivó en el año 2018.

La energía solar (térmica y fotovoltaica) alcanzó en 2021 un 21,2% sobre el total de generación, frente al 3,3% que representaba en 2006. La energía geotérmica supuso el 3,7% en 2021¹¹.

La Figura 2 representa las contribuciones porcentuales de cada fuente con respecto a la generación de energía total en el municipio para todo el periodo analizado.

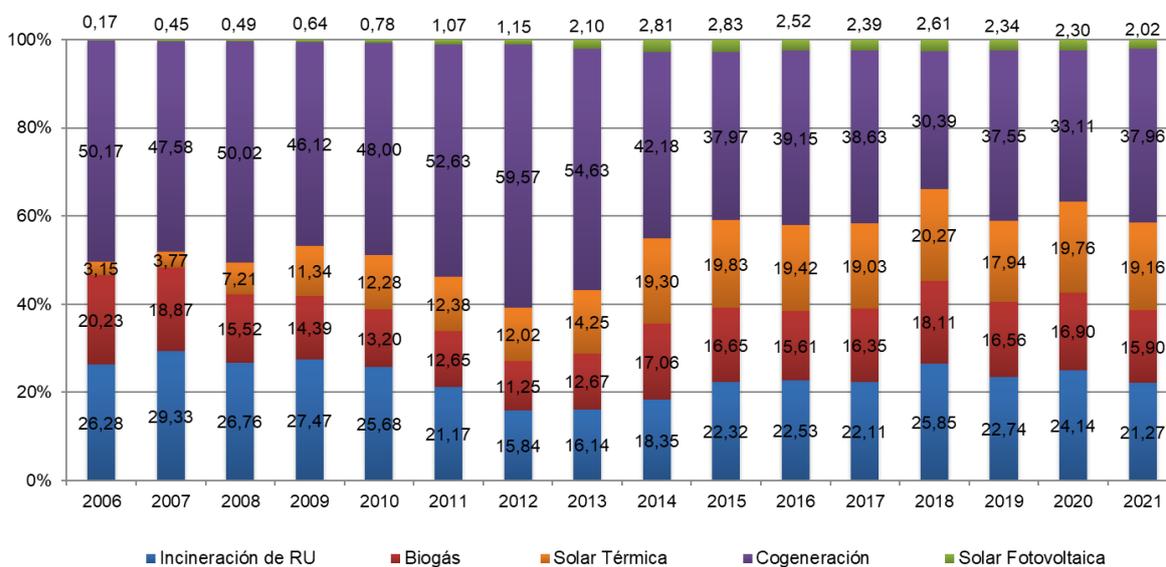


Figura 2. Evolución de la distribución porcentual por fuente energética respecto al total de la generación

¹¹ La energía solar térmica y la energía geotérmica aquí detalladas son generaciones de energía térmica. En el resto de los casos se genera energía eléctrica. Se detallan dentro de este apartado por su relevancia a nivel municipal dado su carácter renovable.

Tabla 13. Generación de energía en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2021

Año	Incineración de RU		Biogás ¹²		Solar fotovoltaica ¹³		Cogeneración ¹⁴		Solar térmica ¹⁵		Geotérmica ¹⁶		TOTAL	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	18,57	26,28	14,29	20,23	0,12	0,17	35,45	50,17	2,22	3,15	0,00	0,00	70,66	100,00
2007	19,46	29,33	12,52	18,87	0,30	0,45	31,57	47,58	2,50	3,77	0,00	0,00	66,36	100,00
2008	19,32	26,76	11,20	15,52	0,35	0,49	36,11	50,02	5,20	7,21	0,00	0,00	72,18	100,00
2009	20,19	27,47	10,57	14,39	0,47	0,64	33,90	46,12	8,33	11,34	0,03	0,04	73,50	100,00
2010	20,31	25,68	10,43	13,20	0,61	0,78	37,95	48,00	9,71	12,28	0,05	0,06	79,06	100,00
2011	18,27	21,17	10,92	12,65	0,93	1,07	45,43	52,63	10,68	12,38	0,09	0,11	86,32	100,00
2012	15,79	15,84	11,21	11,25	1,14	1,15	59,37	59,57	11,98	12,02	0,16	0,17	99,66	100,00
2013	14,36	16,14	11,27	12,67	1,87	2,10	48,59	54,63	12,68	14,25	0,19	0,21	88,96	100,00
2014	12,48	18,35	11,61	17,06	1,91	2,81	28,69	42,18	13,13	19,30	0,21	0,32	68,03	100,00
2015	15,27	22,32	11,39	16,65	1,94	2,83	25,98	37,97	13,57	19,83	0,28	0,41	68,42	100,00
2016	16,31	22,53	11,30	15,61	1,83	2,52	28,34	39,15	14,06	19,42	0,56	0,77	72,41	100,00
2017	16,90	22,11	12,49	16,35	1,83	2,39	29,51	38,63	14,54	19,03	1,14	1,49	76,40	100,00
2018	19,17	25,85	13,43	18,11	1,93	2,61	22,53	30,39	15,03	20,27	2,06	2,77	74,14	100,00
2019	19,63	22,74	14,30	16,56	2,02	2,34	32,41	37,55	15,49	17,94	2,47	2,86	86,32	100,00
2020	19,49	24,14	13,65	16,90	1,86	2,30	26,74	33,11	15,96	19,76	3,06	3,79	80,77	100,00
2021	18,47	21,27	13,81	15,90	1,76	2,02	32,96	37,96	16,64	19,16	3,21	3,69	86,83	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Comunidad de Madrid, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, Canal de Isabel II y ENERES.

¹² El aprovechamiento del biogás incluye el procedente de vertedero, el procedente de la digestión de lodos EDAR y la fracción de biogás procedente de la biometanización de RU que se envía a valorizar junto con el biogás de vertedero.

¹³ La generación solar fotovoltaica únicamente recoge la energía vertida a la red, de acuerdo con la información disponible recopilada para este balance (ver Tabla 3 para el año 2021). No se dispone de información sobre autoconsumos.

¹⁴ Cogeneración en el sector RCI, en la industria y en el secado de lodos de EDAR.

¹⁵ Producción de energía térmica.

¹⁶ Producción de energía geotérmica.

3.2.1 Fuentes energéticas propias frente a importaciones

La Tabla 14 compara las importaciones de energía realizadas por el municipio de Madrid (fuentes energéticas externas) con las fuentes primarias propias¹⁷ aprovechadas en el municipio.

Tabla 14. Importaciones energéticas frente a fuentes energéticas propias en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2021

Año	Importaciones (fuentes energéticas externas)		Fuentes primarias propias		Suma	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	5.849,22	97,58	145,01	2,42	5.994,23	100,00
2007	6.010,41	97,64	145,53	2,36	6.155,95	100,00
2008	6.069,76	97,59	149,82	2,41	6.219,58	100,00
2009	5.828,67	97,28	163,01	2,72	5.991,68	100,00
2010	5.771,65	97,35	157,02	2,65	5.928,67	100,00
2011	5.670,19	97,32	155,85	2,68	5.826,04	100,00
2012	5.452,13	97,43	143,95	2,57	5.596,09	100,00
2013	5.121,14	97,34	139,89	2,66	5.261,03	100,00
2014	5.013,37	97,22	143,34	2,78	5.156,71	100,00
2015	5.146,90	97,14	151,60	2,86	5.298,50	100,00
2016	5.380,98	97,19	155,66	2,81	5.536,64	100,00
2017	5.406,59	96,87	174,62	3,13	5.581,21	100,00
2018	5.809,51	96,94	183,14	3,06	5.992,65	100,00
2019	5.852,30	96,92	186,12	3,08	6.038,41	100,00
2020	3.670,78	95,21	184,64	4,79	3.855,42	100,00
2021	4.119,74	95,81	180,35	4,19	4.300,09	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, EMT, EXOLUM, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, Canal de Isabel II, CALORDOM, REPSOL, CEPSA, ENERES, Madrileña Red de Gas, Nedgia Madrid, S.A.

Se observa que las importaciones energéticas suponen, en el periodo analizado, un porcentaje que varía entre el 95-98%, mientras que las fuentes primarias propias aprovechadas oscilan entre 140 y 186 ktep/año, suponiendo un porcentaje variable de 2,4-3,1% respecto del total.

La magnitud de las fuentes primarias propias expresadas en términos energéticos se encuentra muy condicionada por el contenido energético de los RU llevados a incineración (cuyo valor no es constante y depende de su composición) y por la generación y contenido energético del biogás de las distintas procedencias (vertedero, biometanización de RU y lodos de EDAR).

3.2.2 Generación de energía eléctrica mediante fuentes propias¹⁸ frente a importaciones de electricidad

La electricidad consumida en el municipio de Madrid proviene, fundamentalmente, del exterior. La Tabla 15 muestra que el porcentaje de energía eléctrica generada en el municipio respecto al total del consumo supuso el 6,7% en 2021. El total de electricidad generada en el municipio fue de 67 ktep, un 8,5% superior a la de 2020, y un 2,1% inferior al año 2006. Por su parte, el consumo total

¹⁷ Este dato recoge, en unidades energéticas, la producción de residuos urbanos (RU) destinados a incineración, la producción de biogás procedente de vertedero, de biometanización de RU y de digestión anaerobia de lodos de EDAR, la producción de energía solar fotovoltaica, la producción de energía solar térmica, la producción de residuos industriales empleados en cogeneración y la producción de energía geotérmica (si se presentasen en el año objeto de estudio).

¹⁸ Se incluye la generación de energía eléctrica mediante cogeneración, para lo cual se emplea una fuente energética importada (no propia) como es el gas natural o algún producto petrolífero.

sufrió un ligerísimo incremento del 0,3% en el último año, y las importaciones de electricidad decrecieron tan solo un 0,3%.

Tabla 15. Distribución de la energía eléctrica consumida en el municipio de Madrid. Generación propia e importación. Periodo 2006-2021

Año	Importada		Generada		Consumo total	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	1.145,29	94,36	68,43	5,64	1.213,72	100,00
2007	1.170,63	94,83	63,86	5,17	1.234,49	100,00
2008	1.200,44	94,72	66,98	5,28	1.267,42	100,00
2009	1.185,96	94,79	65,14	5,21	1.251,09	100,00
2010	1.167,54	94,40	69,30	5,60	1.236,84	100,00
2011	1.128,91	93,73	75,55	6,27	1.204,45	100,00
2012	1.107,18	92,67	87,52	7,33	1.194,69	100,00
2013	1.057,22	93,29	76,09	6,71	1.133,32	100,00
2014	1.040,14	95,00	54,69	5,00	1.094,83	100,00
2015	1.045,36	95,04	54,57	4,96	1.099,93	100,00
2016	1.037,94	94,73	57,79	5,27	1.095,73	100,00
2017	1.017,74	94,37	60,73	5,63	1.078,47	100,00
2018	1.083,59	95,00	57,06	5,00	1.140,65	100,00
2019	1.052,33	93,90	68,36	6,10	1.120,69	100,00
2020	930,55	93,78	61,75	6,22	992,29	100,00
2021	928,68	93,27	66,99	6,73	995,67	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, Canal de Isabel II y Asociación Española de Valorización Energética de Residuos sólidos Urbanos

3.3 Consumo de energía final

En lo que se refiere al consumo de energía final, la Tabla 16 pone de manifiesto un descenso del 22,4% en el período 2006-2021, situándose la cifra total de consumo en 2.987 ktep. En el último año, el consumo fue un 5,6% superior al de 2020.

Los productos petrolíferos constituyen la principal fuente de energía (Figura 3), con una contribución del 35,5% en 2021, habiendo sufrido una reducción desde el año 2006, en el que suponían el 43,4% del consumo total de energía final. Por su parte, la electricidad y el gas natural coparon el 33,3 y el 29,1% del consumo en el año 2021, respectivamente.

El abandono progresivo del carbón como fuente energética de calefacción en el sector residencial ha provocado que esta fuente energética haya visto reducido su consumo en un 87,8% desde 2006. Así, su contribución al consumo total de energía final en el municipio fue inferior al 0,2% en 2021.

Los biocarburantes experimentaron un notable descenso entre los años 2012 y 2013 como consecuencia del abandono del uso de biodiesel por parte de la flota de vehículos de la EMT. En 2021 supusieron el 1% del consumo de energía final.

En la Tabla 17 y en la Figura 4 se recoge el desglose del consumo de energía final por sectores. El sector RCI es el responsable del 56,2% del consumo de energía final en el municipio en 2021, seguido del “Transporte rodado” con un 27,8%. En ambos casos, se ha producido un descenso del consumo en el periodo evaluado (14,6% para el “RCI” y 26,9% para el “Transporte rodado”). El sector industrial apenas supone el 6,4% del consumo de energía final y presenta un decrecimiento acumulado del 39,6% en el periodo 2006-2021.

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

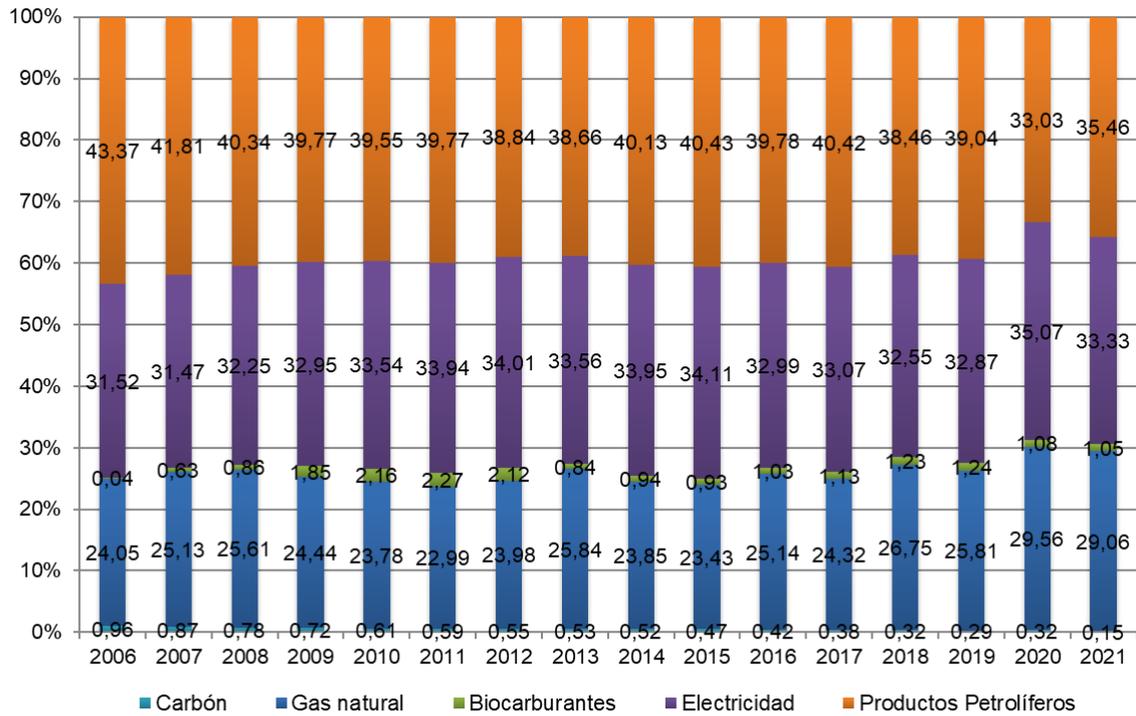


Figura 3. Evolución de la distribución porcentual del consumo de energía final por fuente energética en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2021

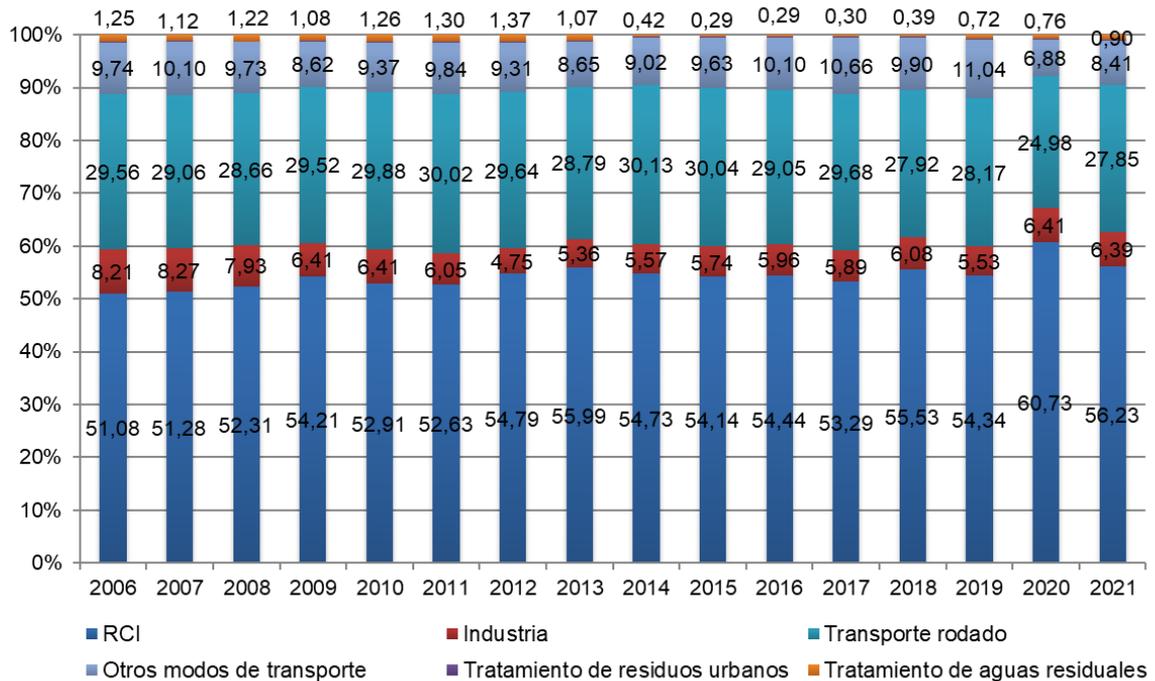


Figura 4. Evolución de la distribución porcentual de consumo de energía final por sectores en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2021

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

Tabla 16. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por fuente energética. Periodo 2006-2021

Año	Biomasa	Gas natural	Productos petrolíferos	Biocarburantes	Electricidad	Carbón	Solar térmica	Geotérmica	Hidrógeno	TOTAL
ktep										
2006	0,29	926,27	1.670,11	1,39	1.213,72	36,85	2,22	0,00	0,04	3.850,89
2007	0,82	986,08	1.640,43	24,77	1.234,49	34,25	2,50	0,00	0,00	3.923,34
2008	0,96	1.006,37	1.585,32	33,67	1.267,42	30,54	5,20	0,00	0,00	3.929,49
2009	1,84	928,00	1.509,82	70,10	1.251,09	27,27	8,33	0,03	0,00	3.796,49
2010	3,99	876,90	1.458,59	79,55	1.236,84	22,33	9,71	0,05	0,00	3.687,97
2011	4,91	815,88	1.411,06	80,54	1.204,45	20,78	10,68	0,09	0,00	3.548,39
2012	5,49	842,53	1.364,35	74,55	1.194,69	19,39	11,98	0,16	0,00	3.513,14
2013	6,00	872,56	1.305,49	28,37	1.133,32	18,00	12,68	0,19	0,00	3.376,60
2014	6,51	768,98	1.294,02	30,32	1.094,83	16,61	13,13	0,21	0,00	3.224,62
2015	6,51	755,67	1.303,86	29,95	1.099,93	15,22	13,57	0,28	0,00	3.224,98
2016	6,55	835,12	1.321,24	34,19	1.095,73	13,83	14,06	0,56	0,00	3.321,28
2017	6,55	793,25	1.318,10	36,82	1.078,47	12,44	14,54	1,14	0,00	3.261,31
2018	7,02	937,20	1.347,65	43,22	1.140,65	11,15	15,03	2,06	0,00	3.503,97
2019	7,42	879,97	1.331,06	42,21	1.120,69	9,98	15,49	2,47	0,00	3.409,29
2020	7,86	836,65	934,59	30,52	992,29	8,94	15,96	3,06	0,00	2.829,87
2021	8,59	867,96	1.059,26	31,28	995,67	4,48	16,64	3,21	0,00	2.987,09
%										
2006	0,01	24,05	43,37	0,04	31,52	0,96	0,06	0,00	0,00	100,00
2007	0,02	25,13	41,81	0,63	31,47	0,87	0,06	0,00	0,00	100,00
2008	0,02	25,61	40,34	0,86	32,25	0,78	0,13	0,00	0,00	100,00
2009	0,05	24,44	39,77	1,85	32,95	0,72	0,22	0,00	0,00	100,00
2010	0,11	23,78	39,55	2,16	33,54	0,61	0,26	0,00	0,00	100,00
2011	0,14	22,99	39,77	2,27	33,94	0,59	0,30	0,00	0,00	100,00
2012	0,16	23,98	38,84	2,12	34,01	0,55	0,34	0,00	0,00	100,00
2013	0,18	25,84	38,66	0,84	33,56	0,53	0,38	0,01	0,00	100,00
2014	0,20	23,85	40,13	0,94	33,95	0,52	0,41	0,01	0,00	100,00
2015	0,20	23,43	40,43	0,93	34,11	0,47	0,42	0,01	0,00	100,00
2016	0,20	25,14	39,78	1,03	32,99	0,42	0,42	0,02	0,00	100,00
2017	0,20	24,32	40,42	1,13	33,07	0,38	0,45	0,03	0,00	100,00
2018	0,20	26,75	38,46	1,23	32,55	0,32	0,43	0,06	0,00	100,00
2019	0,22	25,81	39,04	1,24	32,87	0,29	0,45	0,07	0,00	100,00
2020	0,28	29,56	33,03	1,08	35,07	0,32	0,56	0,11	0,00	100,00
2021	0,29	29,06	35,46	1,05	33,33	0,15	0,56	0,11	0,00	100,00

Tabla 17. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por sectores. Periodo 2006-2021

Año	RCI		Industria		Transporte rodado		Otros modos de transporte		Tratamiento de residuos urbanos		Tratamiento de aguas residuales		TOTAL	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	1.967,16	51,08	316,02	8,21	1.138,27	29,56	375,05	9,74	6,06	0,16	48,32	1,25	3.850,89	100,00
2007	2.011,98	51,28	324,35	8,27	1.140,30	29,06	396,26	10,10	6,36	0,16	44,10	1,12	3.923,34	100,00
2008	2.055,40	52,31	311,50	7,93	1.126,05	28,66	382,45	9,73	6,07	0,15	48,01	1,22	3.929,49	100,00
2009	2.057,99	54,21	243,18	6,41	1.120,86	29,52	327,24	8,62	6,29	0,17	40,93	1,08	3.796,49	100,00
2010	1.951,24	52,91	236,48	6,41	1.101,91	29,88	345,65	9,37	6,20	0,17	46,48	1,26	3.687,97	100,00
2011	1.867,44	52,63	214,69	6,05	1.065,11	30,02	349,27	9,84	5,76	0,16	46,13	1,30	3.548,39	100,00
2012	1.924,88	54,79	166,71	4,75	1.041,22	29,64	327,02	9,31	5,22	0,15	48,10	1,37	3.513,14	100,00
2013	1.890,57	55,99	180,96	5,36	971,97	28,79	291,95	8,65	4,90	0,15	36,25	1,07	3.376,60	100,00
2014	1.764,90	54,73	179,75	5,57	971,43	30,13	290,82	9,02	4,26	0,13	13,45	0,42	3.224,62	100,00
2015	1.745,94	54,14	185,04	5,74	968,77	30,04	310,68	9,63	5,05	0,16	9,51	0,29	3.224,98	100,00
2016	1.808,07	54,44	197,84	5,96	964,78	29,05	335,54	10,10	5,40	0,16	9,65	0,29	3.321,28	100,00
2017	1.738,05	53,29	192,13	5,89	967,84	29,68	347,54	10,66	5,86	0,18	9,88	0,30	3.261,31	100,00
2018	1.945,90	55,53	212,93	6,08	978,29	27,92	346,86	9,90	6,36	0,18	13,63	0,39	3.503,97	100,00
2019	1.852,78	54,34	188,51	5,53	960,24	28,17	376,50	11,04	6,67	0,20	24,59	0,72	3.409,29	100,00
2020	1.718,59	60,73	181,47	6,41	706,89	24,98	194,82	6,88	6,63	0,23	21,47	0,76	2.829,87	100,00
2021	1.679,67	56,23	190,90	6,39	831,81	27,85	251,23	8,41	6,69	0,22	26,79	0,90	2.987,09	100,00

Fuentes Tabla 16 y Tabla 17: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Nedgia Madrid S.A., EXOLUM, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, REPSOL, CEPSA, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, Organización Internacional de la Aviación Civil, CALORDOM y Empresa Municipal de Transportes.

De acuerdo con los datos recogidos en la Tabla 16 se puede determinar el porcentaje del consumo de energía final que procede de fuentes energéticas renovables (Tabla 18). Así, para el año 2021, ese porcentaje asciende a un 17,9%, frente al 6,4% que suponía en 2006. Se incluye aquí el consumo de biomasa, biocarburantes, biometano inyectado a la red, solar térmica, geotérmica y la fracción de la electricidad consumida que tiene origen renovable, de acuerdo con la generación eléctrica nacional¹⁹.

Tabla 18. Contribución de las fuentes energéticas de origen renovable al consumo de energía final. Periodo 2006-2021

Año	Biomasa	Biocarburantes	Biometano inyectado a red	Electricidad renovable	Solar térmica	Geotermia	TOTAL	% de energía final procedente de fuentes renovables
ktep								%
2006	0,29	1,39	-	243,96	2,22	0,00	247,85	6,44
2007	0,82	24,77	-	247,93	2,50	0,00	276,03	7,04
2008	0,96	33,67	-	259,01	5,20	0,00	298,85	7,61
2009	1,84	70,10	-	330,34	8,33	0,03	410,64	10,82
2010	3,99	79,55	-	410,50	9,71	0,05	503,80	13,66
2011	4,91	80,54	-	373,67	10,68	0,09	469,89	13,24
2012	5,49	74,55	1,00	360,10	11,98	0,16	453,29	12,90
2013	6,00	28,37	1,74	455,16	12,68	0,19	504,13	14,93
2014	6,51	30,32	5,77	443,15	13,13	0,21	499,09	15,48
2015	6,51	29,95	5,58	386,94	13,57	0,28	442,82	13,73
2016	6,55	34,19	6,45	423,04	14,06	0,56	484,84	14,60
2017	6,55	36,82	7,90	347,88	14,54	1,14	414,83	12,72
2018	7,02	43,22	8,22	438,57	15,03	2,06	514,12	14,66
2019	7,42	42,21	8,62	420,70	15,49	2,47	496,91	14,54
2020	7,86	30,52	8,90	436,57	15,96	3,06	502,87	17,77
2021	8,59	31,28	8,46	465,11	16,64	3,21	533,28	17,85

Se recuerda aquí que, del total de energía eléctrica consumida en el municipio, la Tabla 15 recoge la energía eléctrica generada en el propio municipio, a partir de procesos de cogeneración o de fuentes energéticas propias (solar fotovoltaica, residuos y lodos de depuradora): 67 ktep en 2021, representando el 6,7% de la energía eléctrica consumida.

¹⁹ Dato publicado por Red Eléctrica de España

3.3.1 Indicadores energéticos de consumo

La Tabla 19 recoge la evolución del consumo *per cápita* y de la intensidad energética final para el municipio de Madrid en el periodo 2006-2021.

Tabla 19. Consumo *per cápita* e intensidad energética en términos de energía final. Periodo 2006-2021

Año	Consumo de energía final (ktep)	Población (hab)	Producto Interior Bruto, PIB	Intensidad energética (tep E final/M€ ₂₀₁₀)	Consumo E final <i>per cápita</i> (tep/hab)
			(M€ ₂₀₁₀)		
2006	3.850,89	3.128.600	122.043	31,6	1,23
2007	3.923,34	3.132.463	126.669	31,0	1,25
2008	3.929,49	3.213.271	129.351	30,4	1,22
2009	3.796,49	3.255.944	125.970	30,1	1,17
2010	3.687,97	3.273.049	125.339	29,4	1,13
2011	3.548,39	3.265.038	126.276	28,1	1,09
2012	3.513,14	3.233.527	123.495	28,4	1,09
2013	3.376,60	3.207.247	121.276	27,8	1,05
2014	3.224,62	3.165.235	123.019	26,2	1,02
2015	3.224,98	3.141.991	127.266	25,3	1,03
2016	3.321,28	3.165.541	132.071	25,1	1,05
2017	3.261,31	3.182.981	137.004	23,8	1,02
2018	3.503,97	3.223.334	141.144	24,8	1,09
2019	3.409,29	3.266.126	144.480	23,6	1,04
2020	2.829,87	3.334.730	130.451	21,7	0,85
2021	2.987,09	3.305.408	140.501	21,3	0,90

El consumo *per cápita* ha disminuido un 26,6% en todo el periodo evaluado como consecuencia de un incremento de la población del 5,7% y de un descenso del consumo de energía final del 22,4%. Esa misma contracción del consumo ha provocado un descenso en la intensidad energética final del 32,6%, habiendo ascendido el producto interior bruto (PIB) un 15,1% en el mismo periodo.

4 COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL

En la Tabla 20 y Figura 5 se presenta la comparación entre Madrid y el conjunto de España en lo referente a intensidad energética y consumo de energía final *per cápita*. Adicionalmente, se presentan los datos de población, superficie y consumo de energía final (excluidos usos no energéticos).

De los valores mostrados pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- el municipio de Madrid supone el 0,1% de la superficie nacional mientras que acoge el 7% de la población
- el consumo de energía *per cápita* en el municipio es un 46,1% inferior al del resto de España en su conjunto. Una de las razones de esta diferencia es la ausencia de industria pesada en el municipio
- la ciudad de Madrid contribuye al PIB nacional en un 13%, mientras que la contribución al consumo total de energía final es del 3,8%. Por tanto, la intensidad energética es inferior a la del conjunto de España (21,3 frente a 73,7 tep/M€₂₀₁₀).

Tabla 20. Consumo per cápita e intensidad energética en términos de energía final. Comparación entre Madrid y España. Año 2021

	Consumo de energía final (ktep)	Población (hab.)	Superficie (km ²)	PIB	Intensidad energética (tep E final/M€ ₂₀₁₀)	Consumo E final per cápita (tep/hab)
				(M€ ₂₀₁₀)		
España (excluidos usos no energéticos)	79.466	47.432.893	505.990	1.078.007	73,7	1,68
Madrid	2.987	3.305.408	606	140.501	21,3	0,90
% de Madrid / España	3,76	6,97	0,12	13,03	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, Instituto Nacional de Estadística (INE), Ayuntamiento de Madrid y del Balance energético nacional provisional de 2021 elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

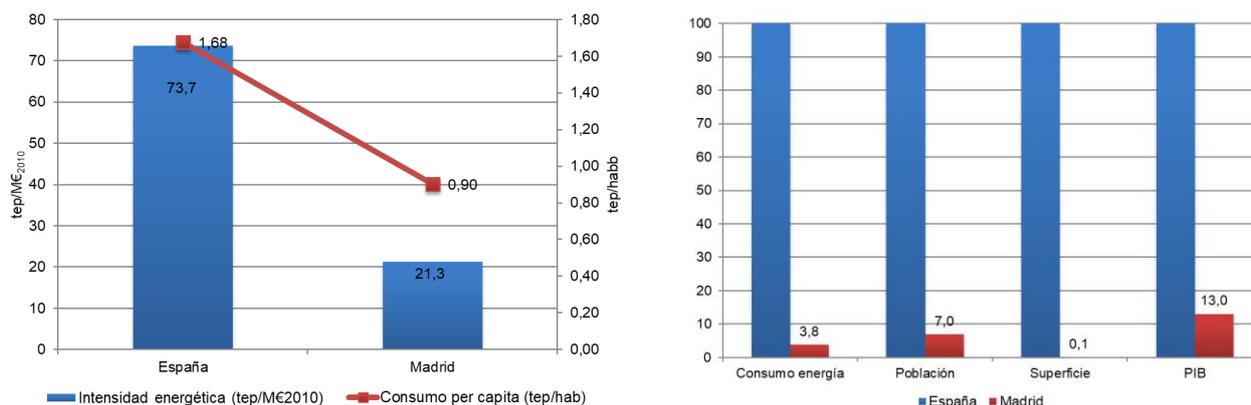


Figura 5. Comparación de parámetros socioeconómicos e indicadores energéticos básicos de Madrid y España. Año 2021

En la Tabla 21 y en la Figura 6 se recoge la evolución de los dos indicadores de consumo analizados en el periodo 2006-2021, tanto para el municipio de Madrid como para el conjunto de España.

En el municipio de Madrid, el consumo per cápita desciende un 26,6% como consecuencia de un descenso del 22,4% en el consumo de energía final y un incremento de la población del 5,7% en el periodo analizado (en el caso español, este indicador se reduce un 21,8%). La intensidad energética del municipio desciende un 32,6% entre 2006 y 2021, como consecuencia de la evolución del consumo de energía final y de que el PIB aumenta un 15,1%. Para el total del Estado, la intensidad energética desciende un 23,8% (descensos acumulados en todo el periodo), como consecuencia de la disminución del consumo de energía final (decrece un 17,1%), si bien el PIB experimenta un incremento acumulado del 8,8%.

Tabla 21. Evolución del consumo per cápita e intensidad energética (IE) en términos de energía final. Comparación entre Madrid y España. Periodo 2006-2021

Año	Madrid					España				
	Efinal (ktep)	Pob. (hab.)	PIB (M€ 2010)	IE (tep /M€)	Cons. per cápita (tep/hab)	Efinal (ktep)	Pob. (hab.)	PIB (M€ 2010)	IE (tep /M€)	Cons. per cápita (tep/hab)
2006	3.850,89	3.128.600	122.043	31,6	1,23	95.825	44.708.964	990.951	96,7	2,14
2007	3.923,34	3.132.463	126.669	31,0	1,25	98.481	45.200.737	1.030.136	95,6	2,18
2008	3.929,49	3.213.271	129.351	30,4	1,22	94.984	46.157.822	1.041.491	91,2	2,06
2009	3.796,49	3.255.944	125.970	30,1	1,17	88.046	46.745.807	1.003.945	87,7	1,88
2010	3.687,97	3.273.049	125.339	29,4	1,13	89.444	47.021.031	1.006.119	88,9	1,90
2011	3.548,39	3.265.038	126.276	28,1	1,09	86.916	47.190.493	996.743	87,2	1,84
2012	3.513,14	3.233.527	123.495	28,4	1,09	83.401	47.265.321	976.593	85,4	1,76
2013	3.376,60	3.207.247	121.276	27,8	1,05	80.811	47.129.783	968.957	83,4	1,71
2014	3.224,62	3.165.235	123.019	26,2	1,02	79.407	46.771.341	993.830	79,9	1,70
2015	3.224,98	3.141.991	127.266	25,3	1,03	80.588	46.624.382	1.017.525	79,2	1,73
2016	3.321,28	3.165.541	132.071	25,1	1,05	82.250	46.557.008	1.055.841	77,9	1,77
2017	3.261,31	3.182.981	137.004	23,8	1,02	84.899	46.572.132	1.104.201	76,9	1,82
2018	3.503,97	3.223.334	141.144	24,8	1,09	86.883	46.722.980	1.120.147	77,6	1,86
2019	3.409,29	3.266.126	144.480	23,6	1,04	85.927	47.026.208	1.143.267	75,2	1,83
2020	2.829,87	3.334.730	130.451	21,7	0,85	73.038	47.398.695	1.017.567	71,8	1,54
2021	2.987,09	3.305.408	140.501	21,3	0,90	79.466	47.432.893	1.078.007	73,7	1,68

Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y Ayuntamiento de Madrid.

BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2021

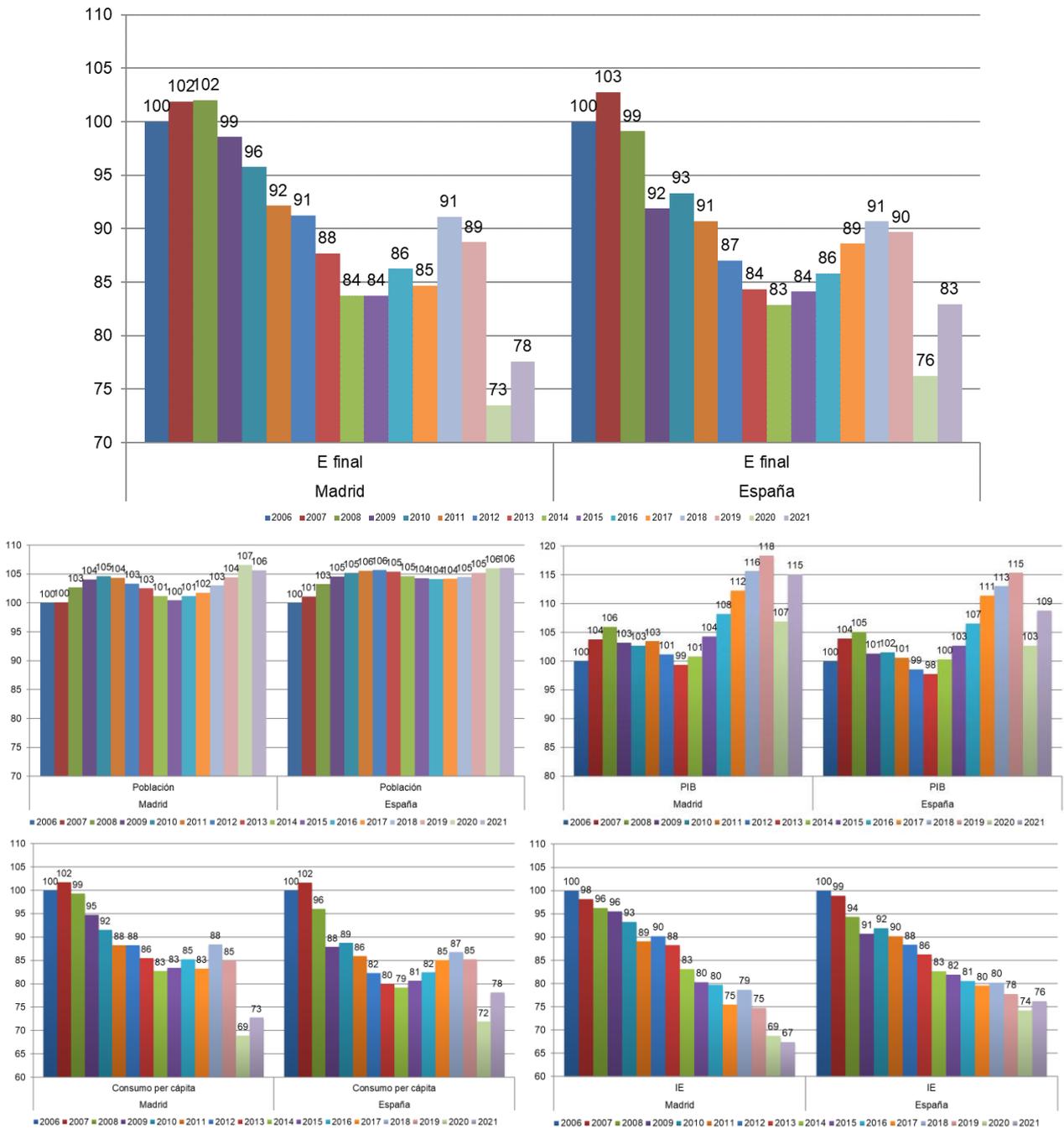


Figura 6. Evolución del consumo de energía final, población, PIB, intensidad energética (IE) y consumo per cápita en el municipio de Madrid y en España. Periodo 2006-2021 (Año 2006=100)

5 CONCLUSIONES

En 2021, el 54,1% de las importaciones correspondieron a productos petrolíferos, el 22,3% a gas natural y el resto, fundamentalmente, a electricidad (22,5%). Por tanto, el uso de fuentes fósiles contribuye alrededor del 80% al total. Esta situación ha sido prácticamente constante en todo el periodo evaluado, donde la electricidad ha copado porcentajes del 18 al 25%.

El queroseno destinado a los aeropuertos supuso un 58,1% de las importaciones de productos petrolíferos y un 31,4% del total de importaciones. Si no se considera este queroseno, la contribución de los productos petrolíferos al total de las importaciones desciende hasta un 33% y la de la electricidad aumenta a un 32,9% (la del gas natural se incrementa al 32,5%).

Las fuentes primarias propias suponen un porcentaje muy reducido del total de energía consumida en el municipio (un 4,2% en 2021), valor que se sitúa siempre entre 2,4 y 4,8% en el periodo 2006-2021. Esta situación pone de manifiesto la elevada dependencia energética exterior.

Las energías renovables se han incrementado de forma notable en el período 2006-2021 destacando la energía solar térmica. Ésta, aun suponiendo un 0,6% del consumo total de 2021, ha registrado un incremento del 650% con relación a 2006. La solar fotovoltaica ha crecido un 1405% respecto a 2006 (de acuerdo con los datos recopilados para este balance).

La incineración de residuos urbanos y el aprovechamiento del biogás procedente de vertedero siguen destacando como las principales vías de generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables y propias. El biogás procedente de la biometanización de residuos urbanos se envía en parte a valorizar energéticamente junto con el biogás de vertedero, y otra parte se inyecta en la red gasista de distribución. El biogás procedente de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR se emplea para generar energía eléctrica que se consume en las propias instalaciones (autoconsumo).

La producción propia de energía eléctrica en 2021 supuso el 6,7% de la consumida en el municipio, presentando valores absolutos similares a los del año 2006. Un análisis pormenorizado muestra que la generación eléctrica por incineración de residuos urbanos se redujo un 5,3% en 2021 respecto a 2020, y el aprovechamiento del biogás (procedente de vertedero, biometanización y digestión anaerobia de lodos de EDAR) ascendió tan solo un 1,1%. En el periodo 2006-2021, la generación de energía eléctrica mediante incineración de residuos urbanos osciló entre 12,48 (año 2014) y 20,31 ktep, (año 2010) dependiendo estos valores de las fluctuaciones acontecidas en la masa de residuos a incinerar y en el contenido energético de los mismos (variaciones de poder calorífico).

La generación eléctrica por cogeneración se incrementó un 23,2% en 2021 respecto a 2020. En el periodo 2006-2021 el descenso acumulado ha sido del 7%. Cabe destacar, que a partir de 2018 vuelve a entrar en operación la cogeneración en el secado térmico de lodos en la EDAR Sur.

La energía eléctrica producida y vertida a la red de distribución en 2021 procedió en un 38% de instalaciones de cogeneraciones industriales y del sector RCI; el 20,1% de la cogeneración en el secado térmico de lodos; el 38,4% se generó por valorización energética de los residuos urbanos (25,9% incineración y 12,5% del aprovechamiento del biogás de vertedero y biometanización); y el 3,4% restante procedió del aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

El consumo de energía final en 2021 fue un 5,6% mayor que en 2020. Respecto a 2006, se presenta una reducción total acumulada del 22,4%. Se produjo un máximo de consumo en el año 2008 y a partir de ahí un descenso, muy ligado a la situación económica del país y a las medidas del fomento del ahorro y la eficiencia energética.

El consumo de energía final en 2021 ha disminuido con respecto a 2006 en todos los sectores, salvo para el tratamiento de residuos urbanos. Los sectores que más energía demandan son el RCI y el transporte por carretera. El consumo en el sector RCI se ha reducido un 2,3% en el último año; para todo el periodo evaluado, se aprecia un descenso del 14,6%. El transporte rodado aumentó su consumo un 17,7% en el último año, aunque ha caído un 26,9% desde 2006. El sector que sufrió una mayor caída en su consumo durante el periodo 2006-2021 fue el tratamiento de aguas residuales (44,6%). Esto se debe a la paralización de una de las dos plantas de cogeneración en el secado térmico de lodos, las cuales necesitan gas natural como combustible para satisfacer la demanda de calor.

El municipio de Madrid supone el 0,1% de la superficie nacional y en 2021 acogía el 7% de la población española, consumiendo en torno al 4% de la energía final del país. Sin embargo, contribuye al PIB nacional con un 13%. Su intensidad energética (21,3 tep/millón de €₂₀₁₀) es notablemente inferior a la del conjunto de España (73,7 tep/millón de €₂₀₁₀). Esta diferencia se explica por la ausencia de industria pesada, ya que la riqueza del municipio tiene como pilar fundamental el sector servicios o terciario, menos intensivo en cuanto a consumo energético. Este indicador de consumo ha ido descendiendo a nivel municipal en los últimos años, acumulando una reducción del 32,6% en el periodo 2006-2021. Esta tendencia se debe al descenso del consumo de energía final (un 22,4%) y al aumento del PIB (15,1%).

El consumo de energía *per cápita* de Madrid en 2021 fue inferior al de la media española (0,90 frente a 1,68 tep/hab). Esta diferencia se debe, fundamentalmente, a la mencionada ausencia de industria pesada en el municipio. Este indicador municipal ha experimentado un descenso del 26,6% en el periodo 2006-2021, debido al descenso del consumo (un 22,4%) y al incremento de población (un 5,7%). Para el conjunto de España, el descenso fue del 21,8%, con un descenso del consumo de energía final del 17,1% y un incremento de la población del 6,1% en el citado periodo.