



MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MASTER

ANÁLISIS DE LA RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR SERVICIOS EN ESPAÑA EN 2030 Y 2050

Autor: Juan Cualladó Diges

Co-Directora: Eva María Arenas Pinilla

Co-Director: José Carlos Romero Mora

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Análisis de la ruta de descarbonización del sector Servicios en España
en 2030 y 2050

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2020/2021 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Fecha: 23/ 08/ 2021



Autorizada la entrega del proyecto

LOS DIRECTORES DEL PROYECTO

Fdo.: Fecha: 23/08/2021



Eva Arenas



José Carlos Romero



MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MASTER

ANÁLISIS DE LA RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR SERVICIOS EN ESPAÑA EN 2030 Y 2050

Autor: Juan Cualladó Diges

Co-Directora: Eva María Arenas Pinilla

Co-Director: José Carlos Romero Mora

Madrid

ANÁLISIS DE LA RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR SERVICIOS EN ESPAÑA EN 2030 Y 2050

Autor: Cualladó Diges, Juan.

Directores: Arenas Pinilla, Eva María y Romero Mora, José Carlos

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El compromiso adquirido por la Unión Europea de alcanzar la neutralidad de emisiones en 2050 supone para España la obligación de marcarse un camino para descarbonizar su economía, siendo el sector servicios un reto de gran magnitud por su importancia como motor de la economía española.

Palabras clave: energía, servicios, parámetro

1. Introducción

Actualmente, los niveles de contaminación aumentan año tras año, siendo la contaminación atmosférica debida a la presencia desmesurada de gases de efecto invernadero. Es por eso, que se precisa de una descarbonización urgente de las estructuras económicas de todos los países y en este caso, de España.

El objetivo propuesto durante el acuerdo de París de no superar un aumento de temperatura mayor de 2°C requiere de medidas que adquieran efecto casi inmediato, empezando por la reestructuración del mix energético.

Por otro lado, y pese a no ser el sector que más emisiones de gases contaminantes provoca de todos, el sector servicios aporta aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del PIB a España. La descarbonización de dicho sector no sólo es útil para evitar la emisión de más de 10,000 kt anuales. También es útil puesto que una economía descarbonizada es sinónimo de seguridad, calidad y fiabilidad.

Es importante destacar que descarbonizar el sector, bien mediante la utilización de energías renovables o bien mediante medidas de eficiencia energética, le otorga un ahorro económico que ahora mismo, tras la crisis económica generada por el Covid-19 es muy necesario. Es el momento idóneo para realizar un trabajo de este calibre sobre todo cuando España recibirá aproximadamente 72,700 millones de euros provenientes de los fondos europeos Next Generation que irán íntegramente destinados a transformación digital, reindustrialización y energías limpias.

2. Definición del proyecto

Una manera de ser más conscientes de la urgencia de descarbonizar la economía se puede ver mediante la elaboración de proyecciones de emisiones a futuro. Es el caso de este proyecto. El núcleo de este trabajo consiste en buscar parámetros para cuantificar el consumo energético en las diferentes ramas del sector Servicios de manera que la elaboración de las proyecciones sea más precisa.

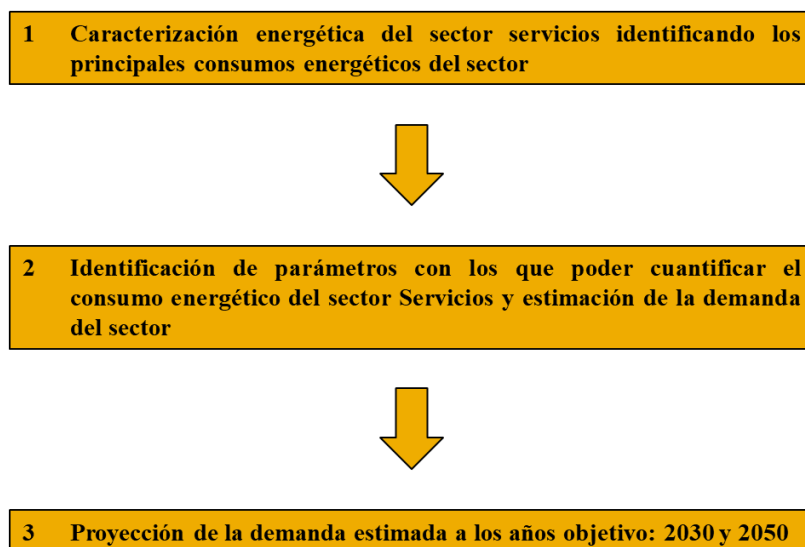


Figura 1 – Esquema de las fases del proyecto.

3. Descripción del modelo

En primer lugar, se ha realizado la caracterización energética del sector servicios, identificando los principales consumos energéticos:

- Evolución del consumo energético primario en España desagregado por las diferentes tecnologías utilizadas.
- Evolución del consumo energético final en España desagregado por las diferentes tecnologías utilizadas.
- Evolución del consumo energético final en España por sectores.
- Objetivos de consumo energético final fijados para España en 2030 y 2050.
- Intensidad energética del sector Servicios dividido en las diferentes ramas en las que se puede desagregar el sector.
- Estructura de consumo energético final del sector Servicios por ramas.
- Principales consumos energéticos en cada rama del sector Servicios.

Tras realizar un estudio profundo y detallado del sector en España, se han buscado parámetros con los que poder cuantificar el consumo energético de las diferentes ramas en las que se ha desagregado el sector Servicios para poder proyectar dichos consumos a los años objetivo 2030 y 2050:

- Oficinas.
- Sanidad.
- Comercio.
- Hostelería y Restauración.
- Educación.
- Otros usos.

4. Resultados

Tras realizar las proyecciones, los resultados obtenidos se ven reflejados en la siguiente tabla:

<i>Ramas del Sector</i>	<i>IDAE, 2018</i>	<i>Estimación 2018</i>	<i>PROYECCIONES A 2030</i>			<i>PROYECCIONES A 2050</i>		
			<i>Favorable</i>	<i>Neutro</i>	<i>Desfavorable</i>	<i>Favorable</i>	<i>Neutro</i>	<i>Desfavorable</i>
<i>Servicios</i>								
Oficinas	4.699	3.332	3.986	3.545	3.444	4.743	3.959	3.341
Sanidad	870	865	1.245	1.107	1.076	1.789	1.493	1.261
Comercio	2.995	2.993	3.281	2.918	2.835	3.438	2.869	2.422
Hostelería y Restauración	663	645	715	636	618	883	737	622
Educación	738	733	600	534	519	642	535	452
Otros Servicios	688	1.019	858	757	964	907	993	1.074
TOTAL	10.653	9.588	10.685	9.497	9.456	12.402	10.586	9.172

Tabla 1 – Resultados obtenidos

5. Conclusiones

El objetivo del proyecto ha sido buscar maneras más precisas de cuantificar la demanda energética en el sector servicios. A excepción del sector de las oficinas y de los otros servicios, las estimaciones realizadas parecen fiables y más acertadas que lo realizado

anteriormente, que consistía en extrapolar el sector residencial al sector servicios. Esto se hizo porque son sectores parecidos en cuanto a los tipos de consumos energéticos. Sin embargo, como se ha podido apreciar en este proyecto, este sector es muy amplio y abstracto. Por lo tanto, necesita de un estudio específico para él.

1. Referencias

- [1] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía: <https://www.idae.es/>
- [2] Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.es/index.htm>

ANALYSIS OF THE DECARBONIZATION PATHWAY FOR THE SERVICES SECTOR IN SPAIN IN 2030 AND 2050

Author: Cualladó Diges, Juan.

Supervisors: Arenas Pinilla, Eva María and Romero Mora, José Carlos

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The commitment made by the European Union to achieve emissions neutrality by 2050 means that Spain is obliged to set out a path to decarbonize its economy, with the services sector being a major challenge due to its importance as the driving force of the Spanish economy.

Keywords: energy, services, parameter

2. Introduction

Currently, pollution levels are increasing year after year, and atmospheric pollution is due to the excessive presence of greenhouse gases. For this reason, an urgent decarbonization of the economic structures of all countries and, in this case, of Spain, is urgently needed.

The objective proposed during the Paris agreement of not exceeding a temperature increase of more than 2°C requires measures that take effect almost immediately, starting with the restructuring of the energy mix.

On the other hand, and despite not being the sector that causes the most emissions of polluting gases of all, the services sector contributes approximately $\frac{3}{4}$ of Spain's GDP. The decarbonization of this sector is not only useful to avoid the emission of more than 10,000 kt per year. It is also useful because a decarbonized economy is synonymous with safety, quality and reliability.

It is important to emphasize that decarbonizing the sector, either through the use of renewable energies or through energy efficiency measures, provides it with economic savings that are very necessary right now, after the economic crisis generated by Covid-19. It is the ideal time to carry out work of this caliber, especially when Spain will receive approximately 72.7 billion euros from the European Next Generation funds, which will be entirely allocated to digital transformation, reindustrialization and clean energy.

3. Project's Definition

One way to become more aware of the urgency of decarbonizing the economy can be seen through the development of forward-looking emissions projections. This is the case of this project. The core of this work consists of looking for parameters to quantify the energy consumption in the different branches of the Services sector so that the elaboration of the projections is more accurate.

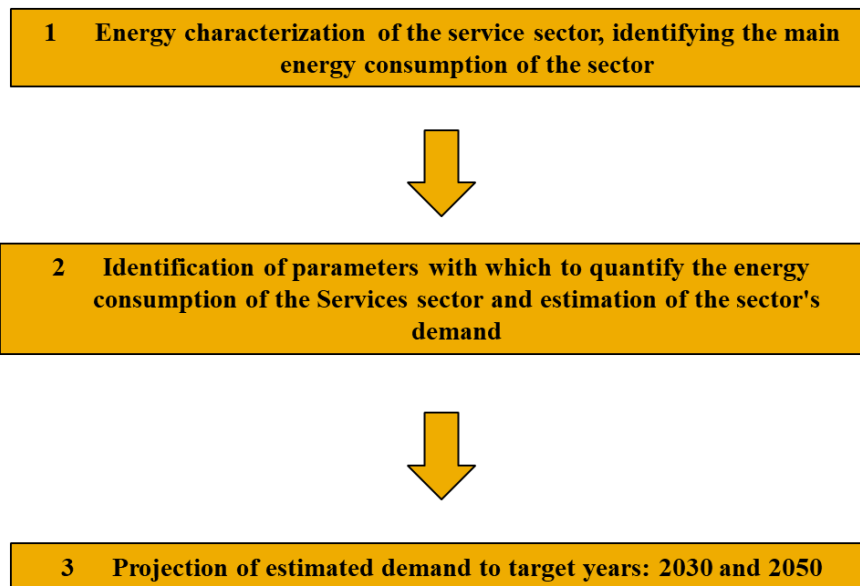


Figure 1 – Project's phases

4. Description of the Model

Firstly, the energy characterization of the service sector has been carried out, identifying the main energy consumptions:

- Evolution of primary energy consumption in Spain disaggregated by the different technologies used.
- Evolution of final energy consumption in Spain broken down by the different technologies used.
- Evolution of final energy consumption in Spain by sector.
- Final energy consumption targets set for Spain in 2030 and 2050.
- Energy intensity of the Services sector divided into the different branches into which the sector can be broken down.
- Structure of final energy consumption in the services sector by branch.
- Main energy consumption in each branch of the Services sector.

After carrying out an in-depth and detailed study of the sector in Spain, parameters have been sought with which to quantify the energy consumption of the different branches into which the Services sector has been broken down in order to be able to project such consumption to the target years 2030 and 2050:

- Offices.
- Healthcare.
- Commerce.
- Hotels and Restaurants.
- Education.
- Other uses.

5. Results

The office sector is one of the most diffuse after the one covering other services. The estimate of energy demand is close, but it is approximately 25% lower than that offered by the IDAE, so there must be a lack of jobs to include in the estimate. With respect to projections, the sector has a decreasing energy consumption trend until 2030 and then increasing until 2050.

The healthcare sector can be parameterized quite accurately by applying the parameter of energy consumption per employee. The trend for 2030 and 2050 is increasing, but not too much. From 2018, the year in which the estimates to be compared with those of the IDAE were made, to 2030, demand only increases by 20%. The variation in the different scenarios is not too large.

The commercial sector is estimated very precisely using the parameter of energy consumption per employee. The trend, according to estimates of future energy demand, is increasing with a very steep slope. Energy demand will grow by more than 50 % by 2030.

The hospitality sector is one of the most difficult to predict its evolution because it has been very hard hit economically by the pandemic. The parameter of energy consumption per employee seems adequate enough to be able to estimate the demand in the branch. An attempt has also been made to estimate energy demand for restaurant services, on the one hand, and for accommodation services, on the other.

Finally, the education sector can be estimated using the parameter of energy consumption per employee. It is interesting to note the decreasing trend of energy demand in this branch. The trend in terms of employment is increasing in the sector, but the projected decrease in energy consumption per employee compensates for this. It is a sector that is not very energy intensive in absolute terms, so the projections seem consistent.

<i>Branches of the Services Sector</i>	<i>IDAE, 2018</i>	<i>Estimate on 2018</i>	<i>PROJECTIONS TO 2030</i>			<i>PROJECTIONS TO 2050</i>		
			<i>Favourable</i>	<i>Neutral</i>	<i>Desfavourable</i>	<i>Favourable</i>	<i>Neutral</i>	<i>Desfavourable</i>
			Offices	4.699	3.332	3.986	3.545	3.444
Healthcare	870	865	1.245	1.107	1.076	1.789	1.493	1.261
Commerce	2.995	2.993	3.281	2.918	2.835	3.438	2.869	2.422
Hotels	663	645	715	636	618	883	737	622
Education	738	733	600	534	519	642	535	452
Other Services	688	1.019	858	757	964	907	993	1.074

TOTAL	10.653	9.588	10.685	9.497	9.456	12.402	10.586	9.172
-------	--------	-------	--------	-------	-------	--------	--------	-------

Table 1 – Results obtained.

6. Conclusions

The objective of the project was to find more accurate ways to quantify energy demand in the service sector. With the exception of the office sector and other services, the estimates made seem reliable and more accurate than what was previously done, which consisted of extrapolating from the residential sector to the service sector. This was done because they are similar sectors in terms of types of energy consumption. However, as has been seen in this project, this sector is very broad and abstract. Therefore, it needs a specific study for it.

7. References

- [1] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía: <https://www.idae.es/>
- [2] Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.es/index.htm>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Motivación del proyecto.....	11
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	13
2.1. Metodología del INE.....	13
2.1 Metodología del IDAE	14
2.2 Metodología de GAMS	17
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	19
3.1 Metodología actual de cálculo de consumos energéticos.....	21
3.2 Estimación de la demanda energética en el sector Servicios.....	23
3.3 Restricciones de CO ₂	26
3.4 Precio de los combustibles	26
3.5 Costes de Inversión	27
Capítulo 4. Definición del Trabajo	30
4.1 Justificación.....	30
4.2 Objetivos	31
4.3 Metodología.....	31
Capítulo 5. Sistema/Modelo Desarrollado.....	33
5.1 Caracterización del sector servicios: contexto.....	33
5.1.1 Evolución de la demanda de energía final en España	33
5.1.2 Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero	40
5.1.3 Demanda energética en el sector servicios español.....	45
5.2 Estimación de la Demanda en 2030 Y 2050	79
Capítulo 6. Análisis de Resultados.....	90
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	98
Capítulo 8. Alineamiento con los ODS.....	100
Capítulo 9. Bibliografía.....	103

Índice de figuras

Figura 1 – Evolución histórica de las emisiones mundiales de efecto invernadero y relación con crecimiento del PIB.	7
Figura 2 – Estructura de GAMS	18
Figura 3 – Evolución del consumo final por tecnologías	35
Figura 4 – Estructura de consumo de energía final del sector servicios, 2018.....	35
Figura 5 – Intensidad energética final de los principales sectores económicos	38
Figura 6 – Evolución de las intensidades energéticas primaria y final en España	39
Figura 7 - Evolución consumo energético final sector Servicios por tecnologías.....	49
Figura 8 – Estructura energética del subsector Oficinas	55
Figura 9 - Estructura energética del subsector sanidad	59
Figura 10 - Estructura energética del subsector sanidad	66
Figura 11 - Estructura energética del subsector hostelería y restauración	69
Figura 12 - Estructura energética del subsector educación	74
Figura 13 - Estructura energética del subsector otros servicios	76
Figura 14 – Proyecciones de Crecimiento Anual de PIB en los diferentes escenarios planteados	81
Figura 15 – Proyecciones de consumo energético en el escenario favorable.....	94
Figura 16 – Proyecciones de consumo energético en el escenario neutro.....	95
Figura 17 – Proyecciones de consumo energético en el escenario desfavorable	95
Figura 18 – Impacto en el empleo por tipo de medida (Miles de personas/año).....	101

Índice de tablas

Tabla 1 – Análisis de los objetivos medioambientales de España.[1].....	9
Tabla 2 - Contribución de los GEI al total de emisiones brutas en 2019.	10
Tabla 3 – Herramientas y bases de datos ofrecidas por el IDAE	16
Tabla 4 – Contribución de los principales sectores a las emisiones de GEI en España, en 2019	19
Tabla 5 – Emisiones históricas de CO ₂ en el sector servicios	20
Tabla 6 - Consumo de energía final en el sector servicios y otros (excluidos usos no energéticos) para el escenario tendencial y objetivo	21
Tabla 7 – Eficiencia de los aparatos en el sector Servicios	24
Tabla 8 – Intensidades energéticas.	26
Tabla 9 – Precios de los combustibles de referencia	27
Tabla 10 – Costes de inversión de las diferentes tecnologías (€/kW).....	29
Tabla 11 – Evolución Consumo de Energía Primaria por tecnologías (ktep)	34
Tabla 12 – Evolución del consumo de energía final por sectores	37
Tabla 13 – Proyección de emisiones en el escenario tendencial	41
Tabla 14 – Proyección de emisiones en el escenario objetivo	42
Tabla 15 – Balance Eléctrico del Escenario Tendencial (GWh).....	43
Tabla 16 - Porcentaje de energías renovables en generación eléctrica.....	43
Tabla 17 – Balance eléctrico del Escenario Objetivo.....	44
Tabla 18 – Evolución consumo energético final sector Servicios por tecnologías	48
Tabla 19 – Consumos energéticos unitarios en las diferentes ramas del sector Servicios en 2018	52
Tabla 20 – Divisiones de actividades del subsector Oficinas.....	54
Tabla 21 – Consumo energético en el subsector Oficinas según tecnologías	55
Tabla 22 – Empleados en las diferentes divisiones del subsector Oficinas.....	58
Tabla 23 – Consumo energético en el subsector sanidad según tecnologías.....	59

Tabla 24 – Número de empleados en el subsector de la sanidad	60
Tabla 25 – Número de camas en la Zona Atlántica.....	62
Tabla 26 – Número de camas en la zona Continental	63
Tabla 27 – Número de camas en la Zona Mediterránea.....	64
Tabla 28 – Consumo Energético de las camas hospitalarias en función de la zona y el tipo de entidad.....	64
Tabla 29 – Consumo energético en el subsector comercio según tecnologías.....	65
Tabla 30 – Número de empleados en el subsector del comercio.....	67
Tabla 31 – Consumo energético en el subsector hostelería y restauración según tecnologías	68
Tabla 32 – Número de empleados en el subsector hostelería y restauración	70
Tabla 33 – Consumo energético en función del tipo de establecimiento hotelero	72
Tabla 34 – Número de establecimientos hoteleros en 2019 en España, ocupación media y consumo energético total según tipo de establecimiento.....	72
Tabla 35 – Consumo energético en el subsector educación según tecnologías.....	74
Tabla 36 – Consumo energético en el subsector otros servicios según tecnologías	76
Tabla 37 – Estructura de consumo energético de AENA.....	78
Tabla 38 – Proyección de empleo para los años 2030 y 2050 en los diferentes escenarios.	84
Tabla 39 – Consumos energéticos en las diferentes ramas	85
Tabla 40 – Proyección de consumo energético en las actividades sanitarias en los años 2030 y 2050	86
Tabla 41 – Proyección de demanda energética en el conjunto de establecimientos hoteleros españoles.....	87
Tabla 42 – Proyección establecimientos de comida y bebida	88
Tabla 43 – Proyección de demanda energética en la hostelería y restauración.....	89
Tabla 44 – Proyección de demanda energética en la hostelería y restauración.....	89
Tabla 45 – Resumen estimación de la demanda energética en las ramas del sector servicios	92
Tabla 46 – Resumen estimación de la demanda energética en las subramas del sector servicios.....	93

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Las emisiones de GEI han acompañado al desarrollo tecnológico y económico desde los inicios de la Revolución Industrial. Sin embargo, hasta hace unos pocos años no se le había proporcionado la atención necesaria al impacto de dichas emisiones en el medio ambiente, Entre 1995 y 2013, las emisiones de GEI han aumentado más de un 25 %. Si no se hace nada al respecto, de manera global y urgente, las consecuencias del cambio climático serán severas e irreversibles.

Las concentraciones de los principales gases de efecto invernadero (GEI) (CO_2 , CH_4 y NO_2) han seguido aumentando durante el pasado 2020 a pesar de la reducción temporal de emisiones durante el año debido a la pandemia. 2020 ha sido uno de los tres años más calurosos que se recuerdan. De hecho, los últimos 6 años han sido los 6 años más calurosos desde que se contabilizan dichos datos. La relación entre las emisiones de GEI y el calentamiento global es la siguiente: estos gases aumentan la capacidad de la atmósfera para retener el calor derivando dicho efecto en el aumento de temperatura.

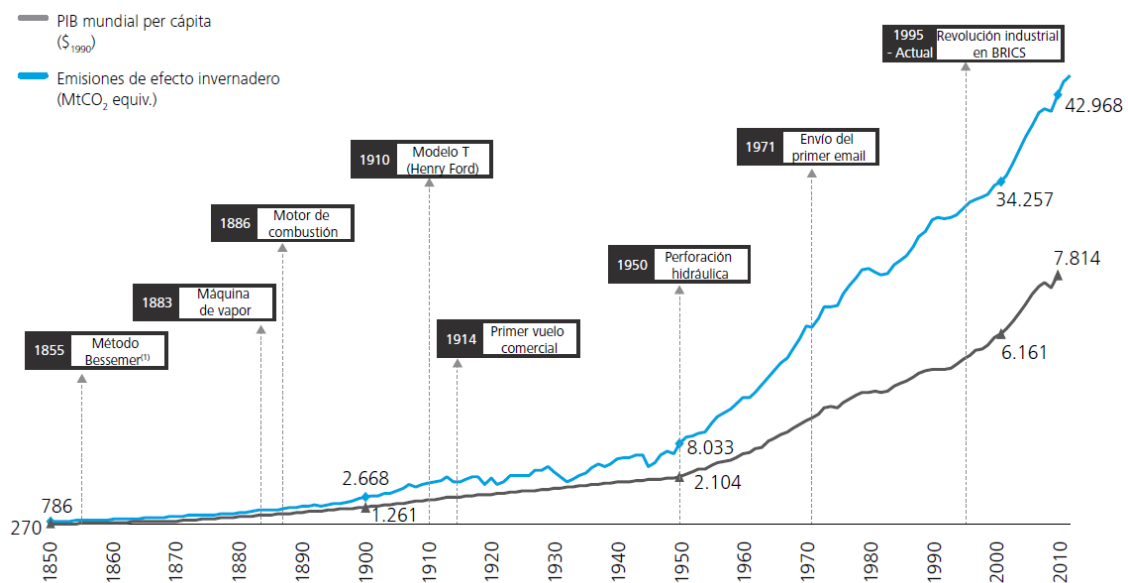


Figura 1 – Evolución histórica de las emisiones mundiales de efecto invernadero y relación con crecimiento del PIB.

*(1) Primer proceso industrial para la fabricación en serie de acero.
Fuente: World Research Institute; Angus Maddison Project; Análisis Monitor Deloitte.*

Actualmente, ya hay multitud de manifestaciones de los efectos del cambio climático. Este fenómeno se ha expresado a través del ascenso de las temperaturas medias, el aumento del nivel del mar, el deshielo en el Ártico o el creciente aumento de frecuencia de eventos extremos como fue “Filomena” a principios del año 2021. El cambio en el clima afecta a:

- Los sistemas naturales, ya que el aumento de temperaturas provoca que las especies se muevan en busca de las condiciones climáticas para las que están adaptadas. Como resultado, se producen desajustes ecológicos que también derivan en la pérdida de biodiversidad.
- La sociedad, puesto que también se crean desajustes en las actividades económicas como agricultura o turismo, por ejemplo. Además, también afecta a la salud humana al aumentar las olas de calor y la aparición de nuevas enfermedades.

Para hacer frente al cambio climático, las posibles respuestas del ser humano se agrupan tradicionalmente en dos categorías:

- **Mitigación:** agrupa a todas aquellas medidas cuyo objetivo es reducir las emisiones de GEI de origen humano.
- **Adaptación:** agrupa a todas aquellas medidas cuyo objetivo es evitar o eliminar riesgos relacionados con el cambio climático buscando un mejor ajuste de las condiciones climáticas ahora y en el futuro.

Tras la COP 21 (Conferencia de las Partes 21), celebrada en París en el año 2015, se pactó un acuerdo histórico al establecer tres grandes objetivos que marcan la estrategia económica a largo plazo de los países implicados:

1. Limitar el aumento global de la temperatura de manera que se mantenga por debajo de los 2°C, incluso tratando que dicho aumento no sea superior a 1,5 °C si es posible.

2. Asumiendo que el cambio climático es irreversible, aumentar la capacidad global de adaptación al cambio climático favoreciendo un desarrollo económico con bajas emisiones de GEI.
3. Orientar los flujos financieros de manera que sean resilientes al clima y de bajas emisiones.

La reducción de emisiones es un desafío mundial que afecta a todos los sectores de la economía de cualquier país y a todos los consumidores de energía. En base a este desafío, la Unión Europea (UE) ha establecido un compromiso en el que todos sus integrantes deben implicarse. Dicho compromiso se perfila para el horizonte 2050 y fija la reducción de emisiones de GEI en un 100% tras la última actualización del Pacto Verde Europeo (EU Green Deal) respecto a los niveles de emisión de 1990. Para seguir una ruta concreta, se ha establecido una senda de reducción de emisiones con objetivos en 2030.

		2030		2050
		Respecto a 1990	Respecto a 2005	Respecto a 1990
Emisiones de GEI⁽¹⁾	Sectores No ETS⁽²⁾	-23%	39%	100%
	Sectores ETS⁽³⁾		61%	
Penetración de renovables sobre energía final		42%		100%
Eficiencia energética		39.5%		N/A

Tabla 1 – Análisis de los objetivos medioambientales de España. [1]

- (1) Incluye emisiones de CO₂, NO_x, CH₄, SO₂, HFCs, PFCs, SF₆ y NF₃. No incluye las emisiones derivadas de trayectos internacionales de transporte marítimo y aéreo.
- (2) Sectores no englobados en el sistema Emissions Trading System (ETS): transporte excepto aviación, edificación, residuos y agricultura
- (3) Sectores englobados en el sistema ETS: consumos industriales, generación eléctrica y transporte de aviación

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Para cumplir los objetivos impuestos para España mostrados en la Tabla 1, en 2030 se prevé tener una potencia total instalada en el sector eléctrico de 161 GW. De esa potencia total, 50GW serían provendrían de energía eólica, 39 GW de energía solar fotovoltaica, 27 GW de ciclos combinados de gas, 16 GW de hidráulica, 9,5GW de bombeo, 7 GW de solar termoeléctrica y 3 GW de nuclear.

De entre los gases de efecto invernadero, es el CO₂ el gas que ocupa un mayor porcentaje de las emisiones con mucha diferencia. Queda reflejado en la tabla que se muestra a continuación:

GEI	% de gas respecto al total del Inventario	% de CO₂-eq. Respecto al total del Inventario
CO₂	98.80%	80.0%
CH₄	0.60%	12.2%
N₂O	0.02%	5.8%
HFC y PFC	0.57%	1.9%
SF₆	0.00%	0.1%

*Tabla 2 - Contribución de los GEI al total de emisiones brutas en 2019.
Fuente: España, Informe Inventarios GEI 1990-2019 (Edición 2021)*

Este proyecto consta de tres fases como se explicará en detalle en el capítulo 4.3 (Metodología).

En la primera fase, la caracterización del sector servicios, se han buscado parámetros para cuantificar el consumo energético en el sector servicios mediante la utilización de datos provenientes principalmente del Instituto Nacional de Estadística (INE) y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

En la segunda fase, tras comprobar que los parámetros elegidos se ajustan a los requerimientos energéticos del sector, se proyectarán a los años marcados como años objetivo: 2030 y 2050.

Finalmente, en la fase 3, se establecen escenarios en función de las proyecciones y el posible crecimiento anual del PIB en España tras la crisis provocada por el COVID-19. Queda pendiente como trabajo futuro identificar las tecnologías disponibles en el Sistema General de Modelaje Algebraico (GAMS).

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente, los niveles de contaminación aumentan año tras año, siendo la contaminación atmosférica debida a la presencia desmesurada de gases de efecto invernadero. Es por eso, que se precisa de una descarbonización urgente de las estructuras económicas de todos los países y en este caso, de España.

El objetivo propuesto durante el acuerdo de París de no superar un aumento de temperatura mayor de 2°C requiere de medidas que adquieran efecto casi inmediato, empezando por la reestructuración del mix energético.

Por otro lado, y pese a no ser el sector que más emisiones de gases contaminantes provoca de todos, el sector servicios aporta aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del PIB a España. La descarbonización de dicho sector no sólo es útil para evitar la emisión de más de 10,000 kt anuales. También es útil puesto que una economía descarbonizada es sinónimo de seguridad, calidad y fiabilidad.

Es importante destacar que descarbonizar el sector, bien mediante la utilización de energías renovables o bien mediante medidas de eficiencia energética, otorga un ahorro económico que ahora mismo, tras la crisis económica generada por el Covid-19 es muy necesario. Es el momento idóneo para realizar un trabajo de este calibre sobre todo cuando

España recibirá aproximadamente 72,700 millones de euros provenientes de los fondos europeos Next Generation que irán íntegramente destinados a transformación digital, reindustrialización y energías limpias.

Una manera de ser más conscientes de la urgencia de descarbonizar la economía se puede ver mediante la elaboración de proyecciones de emisiones a futuro. Es el caso de este proyecto. El núcleo de este trabajo consiste en buscar parámetros para cuantificar el consumo energético en las diferentes ramas del sector servicios y proyectar dichos parámetros al futuro. De este modo, se puede tener una visión simple, pero acertada, de la magnitud de las emisiones de gases de efecto invernadero que una región puede producir de seguir con la tendencia actual.

Por otro lado, también se pueden analizar las posibilidades que tiene dicha región mediante la elaboración de diferentes escenarios que difieran en función del crecimiento económico, el establecimiento de un marco político que reme a favor de los propósitos medioambientales o, en el sentido contrario, el establecimiento de políticas que marque un estancamiento en el progreso.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

2.1. METODOLOGÍA DEL INE

Del INE se han obtenido, sobre todo, datos de empleo de las diferentes ramas del sector servicios. Ha sido de gran importancia la utilización de los datos de esta institución puesto que, gracias a ella, ha sido posible dividir el sector servicios en 6 ramas (oficinas, sanidad, comercio, hostelería y restauración, educación y otros servicios). Esto es complicado en un sector de características tan difusas como las del sector servicios.

Para conseguir estos datos, el INE [2] realiza la Encuesta de Población Activa en todo el territorio nacional y cubre aproximadamente un 99% de la población total. El 1% restante no incluido en la encuesta engloba a aquellas personas que viven en hogares colectivos como hoteles, conventos, cárceles, etc. Por lo tanto, esta encuesta incluye a todas aquellas personas cuyo domicilio es una vivienda familiar. La encuesta se realiza con una frecuencia de 5.000 entrevistas por semana. La muestra utilizada contiene 65.000 viviendas familiares por trimestre y en total se les realiza la encuesta a unas 180.000 personas. En otras palabras, la encuesta abarca al 0,4 % de la población. La Encuesta de la Población Activa sigue la metodología de la OIT.

El marco muestral incluye las 32.000 zonas censales en las que España se segmenta para fines electorales y estadísticos, y las diferentes direcciones postales de cada zona censal. Cada zona censal es una parcela definida claramente con unas fronteras perfectamente reconocibles. El tamaño máximo de cada zona censal es de unos 2.000 votantes. La muestra se compone de 3.822 zonas censales y en cada una hay aproximadamente 18 viviendas familiares (en el caso de provincias grandes el número de viviendas familiares aumenta a 22).

El marco muestral se actualiza cuando se dispone de la información del último censo de población. Esto ocurre cada 10 años. Sin embargo, cada 2 años se realiza una actualización parcial con la información del censo electoral.

Con respecto al sistema de rotación, cada 4 meses se cambia 1 de cada 6 de las viviendas consultadas. Antes de que se escojan las nuevas viviendas, se realiza una actualización de la zona censal. El solapamiento entre dos trimestres consecutivos es 5/6 y entre los mismos trimestres de dos consecutivos es 2/6. Además, una familia es entrevistada durante 6 trimestres consecutivos como máximo.

2.1 METODOLOGÍA DEL IDAE

El IDAE aporta datos de consumos energéticos y de eficiencia energética muy útiles para la realización de este estudio.

El IDEA [3] es un organismo público adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), a través de la Secretaría de Estado de Energía, de la cual depende. El marco estratégico de su actividad es ayudar a conseguir los objetivos que establece España en materia de mejora de la eficiencia energética, energías renovables y otras tecnologías bajas en carbono.

En este ámbito, el IDAE trabaja en la difusión y formación, asesoramiento técnico, desarrollo de programas específicos y financiación de proyectos de innovación tecnológica. Además, el Instituto lleva a cabo proyectos internacionales dentro del marco de diferentes programas europeos y de cooperación con otros países.

Dentro del apartado de difusión de información, el IDAE gestiona y mantiene actualizadas diversas herramientas y bases de datos, disponibles a través de su web, donde se dispone información de diversa índole. Destacan las siguientes:

<i>Bases de datos y herramientas informáticas</i>	<i>Descripción de funcionalidades</i>
Bases de datos de vehículos nuevos	Base de datos actualizada de vehículos, disponible desde 2002. Se ofrece información de etiquetado energético de vehículos turismo, modelos de vehículos turismo comercializados, incluidos propulsados con fuentes de energía no convencionales.
Herramienta de Valoración de Consumo Energético de Composiciones Ferroviarios	Sirve de ayuda a los operarios ferroviarios y las autoridades públicas para escoger los trenes más eficientes energéticamente en los procesos de licitación.
CHEQ4	Herramienta empleada para ayudar a las instituciones del sector de la energía solar térmica de baja temperatura en la aplicación, cumplimiento y evaluación de la sección HE4, perteneciente a la exigencia básica HE Ahorro de Energía del CTE
BIONLINE	Este programa se utiliza para medir el potencial de biomasa en España, mediante la difusión de salidas cartográficas de disponibilidad de diversos recursos de biomasa en diversos territorios.

<p>Calculadora de emisiones de efecto invernadero de los biocarburantes (CALCUGEI)</p>	<p>Herramienta utilizada para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante el ciclo de vida de los biocarburantes según lo establecido en el artículo 5 del Real Decreto 1597/2011</p>
<p>Mapa de Calor de España</p>	<p>Esta aplicación, sirve para mostrar las diferentes zonas de demanda de calefacción y refrigeración en España, pero también las fuentes potenciales de calor residual</p>
<p>Directorios de empresas de servicios energéticos y de energías renovables</p>	<p>Son dos directorios de empresas de energías renovables y de proveedores de servicios energéticos. Se ofrece información acerca de aproximadamente 5.000 empresas especializadas en esas áreas.</p>

*Tabla 3 – Herramientas y bases de datos ofrecidas por el IDAE
Fuente: Memoria Anual 2019, IDAE*

También ha sido de gran utilidad el Servicio de Información al Ciudadano en Eficiencia Energética y Energías Renovables (SICER). Esta plataforma se utiliza para dar respuesta a las consultas de ciudadanos e instituciones de distinta naturaleza sobre cuestiones del ámbito energético.

Finalmente, otra herramienta proporcionada por el IDAE de gran valor es el Sistema de Información de Estadísticas Energéticas (SIEE), que incluye el conjunto de bases de datos existentes (balances de energía final, cogeneración, energías renovables e indicadores energéticos sectoriales).

2.2 METODOLOGÍA DE GAMS

Para el modelado del sistema se emplea la herramienta GAMS, software desarrollado por A. Brooke, D. Kendrick y A. Meeraus. El Sistema General de Modelaje Algebraico (GAMS) está diseñado específicamente para modelar problemas de optimización, lineales, no lineales, o mixtos. Es especialmente útil para modelar problemas grandes y complejos, como el que se plantea en este documento. También tiene la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones con facilidad.

A diferencia de otros paquetes de software de implementación de algoritmos matemáticos que sirven para resolver problemas de optimización, el programa GAMS tiene la ventaja de plantear un lenguaje de modelización que permite poder escribir en un editor la formulación matemática del problema y posteriormente aplicarle una serie de “solvers” o programas de resolución.

GAMS es un sistema de modelización de alto nivel para la programación matemática y la optimización. Consta de un compilador del lenguaje y de una serie de solucionadores asociados. El lenguaje de modelización GAMS permite a los modelizadores traducir rápidamente los problemas de optimización del mundo real en código informático. A continuación, el compilador del lenguaje GAMS traduce este código a un formato que los solucionadores pueden entender y resolver. Esta arquitectura proporciona una gran flexibilidad, ya que permite cambiar los solucionadores utilizados sin cambiar la formulación del modelo.

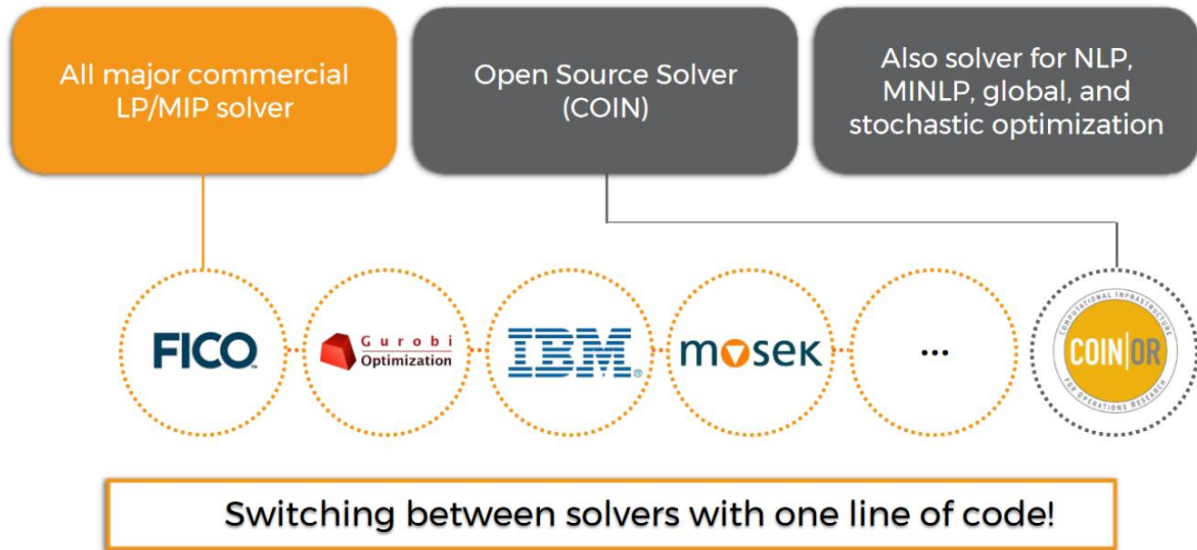


Figura 2 – Estructura de GAMS

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la emisión de GEI está estrechamente ligada a las actividades que contribuyen al PIB. En el caso de España, el sector servicios contribuyó antes de la pandemia (durante el 2019) a prácticamente el 75 % del PIB. Sin embargo, es el 5 ° sector que más contribuye en emisiones de GEI. En la tabla 3 se indica la contribución de los principales sectores a las emisiones de GEI:

<i>Sector</i>	<i>Contribución a emisiones totales de GEI</i>
Transporte	29.1%
Industria	20.9%
Generación de electricidad	13.7%
Agricultura y Ganadería	12.0%
Residencial, Comercial e Institucional (RCI)	8.2%
Residuos	4.4%

*Tabla 4 – Contribución de los principales sectores a las emisiones de GEI en España, en 2019
Fuente: España, Informe Inventarios GEI 1990-2019 (Edición 2021)*

El sector servicios abarca el sector comercial e institucional, y descompone su demanda de servicios energéticos según los usos de energía final, incluyendo las categorías de demanda de calefacción, refrigeración, iluminación, agua caliente, cocinas y equipos eléctricos y electrónicos. De hecho, las emisiones de CO₂ en el sector no han hecho más que subir desde 1990 hasta 2018. Las medidas de eficiencia energética que se han ido implementando

progresivamente no han sido capaces de compensar el exponencial crecimiento de la demanda del sector, que continúa con esta tendencia.

<i>Emisiones de CO₂ en el sector servicios</i>	<i>1990</i>	<i>2005</i>	<i>2015</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>
CO₂-eq (kt)	3,830	9,107	11,450	12,640	10,718
Variación % vs. 1990	0%	137.8%	198,9%	230.0%	179.8%

Tabla 5 – Emisiones históricas de CO₂ en el sector servicios
Fuente: España, Informe Inventarios GEI 1990-2019 (Edición 2021)

El Gobierno ha establecido, mediante el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, el escenario objetivo de consumo de energía final en el sector servicios en los próximos años basándose en el escenario tendencial actual:

<i>Consumo de energía final en el sector servicios y otros (excluidos usos no energéticos) para el escenario tendencial y objetivo (ktep)</i>								
Años	2015		2020		2025		2030	
Escenarios	Esc. T.	Esc. O.	Esc. T.	Esc. O.	Esc. T.	Esc. O.	Esc. T.	Esc. O.
Carbón	29	29	39	30	40	15	40	0
Productos petrolíferos	1,111	1,111	1,042	1,096	714	807	447	527
Gas natural	2,819	2,819	3,544	3,485	3,661	3,132	3,552	2,636

Electricidad	6,406	6,406	6,469	6,481	6,505	6,328	6,600	6,229
Energías renovables	156	156	242	241	212	337	192	435
Otros no renovables	2	2	7	7	6	6	4	4
Total general	10,523	10,523	11,343	11,340	11,137	10,625	10,834	9,830

Tabla 6 - Consumo de energía final en el sector servicios y otros (excluidos usos no energéticos) para el escenario tendencial y objetivo

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Para conseguir el objetivo de descarbonización en el sector servicios existen dos palancas que sobresalen y se antojan fundamentales para la consecución de objetivos:

- Incremento del consumo de las energías renovables, fundamentalmente en aplicaciones térmicas. Para ello, se cree que serían adecuados recursos energéticos como la biomasa, el biogás o la energía solar térmica.
- Incremento de la eficiencia energética en la edificación y en los equipos generadores de frío y grandes instalaciones de climatización del sector.

3.1 METODOLOGÍA ACTUAL DE CÁLCULO DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

Las referencias actuales en cuanto al modelado de la ruta de descarbonización son los modelos MASTER.SO y el ROM [4]. En ellos, se traducen las diferentes narrativas

establecidas en los escenarios planteados a parámetros cuantitativos como costes de las tecnologías o los combustibles, volumen de servicio energético o de demanda final, etc.

- MASTER.SO es un modelo de equilibrio parcial para el sector energético elaborado en el IIT por López Peña en 2014. Dicho modelo trata de representar el comportamiento de los agentes del sector mediante técnicas de optimización. El modelo simula el funcionamiento del sistema, en función de la demanda de servicios energéticos introducida, determinando la combinación de tecnologías de generación y conversión de energía, así como la de usos finales, que permitirá satisfacer la demanda energía con el coste más bajo posible. Para ello, se consideran aquellas combinaciones de tecnologías y combustibles que son factibles, las diferentes restricciones que haya en cada caso, pero también los costes de cada uno de los elementos del sistema. El modelo ofrece 2 resultados diferentes que se especifican a continuación:
 - Desde un enfoque más directo, el modelo da la posibilidad de analizar los resultados que ofrecen los parámetros de entrada introducidos de manera que se pueda observar si los resultados son coherentes con el planteamiento del propio escenario.
 - Por otro lado, por medio de la parametrización de las variables de entrada, el modelo da a conocer aquellos elementos técnicos, económicos o de otra índole que posibilitan o impiden el empleo de diferentes tecnologías.

El modelo MASTER.SO permite representar con un nivel de aproximación razonable el sistema energético en su conjunto. Aun así, existen subsectores como el eléctrico, donde existe una dificultad más grande debido a la intervención de energías renovables que no son despachables ni almacenables. En este aspecto, el modelo MASTER.SO únicamente incluye el sistema eléctrico de una manera simple que tiene en cuenta la gestión de reservas y la potencia firme pero sin la posibilidad de incorporar un mayor detalle horario y técnico. Por este motivo, se utiliza el segundo de los modelos mencionados, el modelo ROM. Este modelo se utiliza de forma secuencial al MASTER.SO.

- El modelo ROM es un modelo mucho más pormenorizado de despacho eléctrico desarrollado en el IIT por Andrés Ramos. Tiene la capacidad de analizar la viabilidad técnica del sistema teniendo en cuenta las incertidumbres asociadas como son la producción de las energías renovables, pero también de otro tipo de centrales y las características técnicas de las mismas (rampas de subida y bajada, mínimos técnicos, capacidad de almacenamiento, etc.). Además, el modelo ROM tiene la capacidad de decretar si son necesarias reservas de operación (secundaria y terciaria), los diferentes costes de cada fuente de energía, la producción en las diferentes centrales y la fiabilidad del sistema eléctrico. Es, de hecho, el cálculo de la fiabilidad del sistema, el que se emplea como indicador de la validez del parque de generación que el modelo MASTER.SO utiliza. En caso de que la fiabilidad calculada se considere aceptable, cuando hayan sido contempladas las restricciones que ROM tiene en cuenta, la solución de MASTER.SO se considerará validada. En el caso de que la solución propuesta no sea aceptable, se pueden identificar acciones correctivas como por ejemplo: instalar capacidad adicional de almacenamiento o de alguno de los generadores de respaldo para las renovables.

3.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL SECTOR SERVICIOS

La demanda del sector servicios en el modelo actual se obtiene de la base de datos Odysee del año 2015. Con el fin de convertir la demanda energética en servicios energéticos del sector se suponen las mismas eficiencias energéticas que se emplean para el sector residencial, aunque teniendo en cuenta que la escala de los equipos es mayor en el sector servicios por lo que deberían ser algo mayores probablemente:

<i>Tecnología</i>	<i>Eficiencia Descripción</i>
-------------------	-------------------------------

Calefacción	140 %	Eficiencia media parque calefacción
AA	365 %	COP medio actual
ACS	92 %	Eficiencia media calderas

Tabla 7 – Eficiencia de los aparatos en el sector Servicios

Para el cálculo de la demanda de iluminación y otros servicios energéticos del sector se utilizan los m² como parámetro de referencia. Para calcular el consumo energético por metro cuadrado se ha partido del consumo energético por metro cuadrado residencial. Partiendo de los siguientes datos:

- Dato de Eurostat de consumo residencial en el año 2015 (CR): 116729,1 GWh
- Superficie promedio de una vivienda según los datos de Eurostat (PMCV): 99,1 m².
- Cantidad de viviendas en el país según el INE (CV): 18.346 millones

Con los datos anteriores se ha aplicado la siguiente ecuación:

$$\frac{CR}{PMCV * CV} = 94 \text{ kWh/m}^2$$

Para relacionar la demanda energética en el sector Residencial con la del sector servicios se emplean los datos siguientes:

- Según la EEA [5] el sector servicios tiene 3 veces menos superficie que el sector Residencial en Europa.

- Según la misma fuente, los edificios pertenecientes al sector servicios en Europa son un 70 % más intensivos en energía que los pertenecientes al sector Residencial.

Con los 2 datos anteriores se calcula la superficie del sector servicios y se emplea la media aritmética de los dos resultados obtenidos.

Empleando el primer dato:

$$\frac{1818 \text{ km}^2}{3} = 606 \text{ km}^2$$

Empleando el segundo dato:

$$1,7 * \frac{94 \text{ kWh}}{\text{m}^2} = \frac{159,8 \text{ kWh}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{116729,1 \text{ GWh}}{159,8 \text{ kWh/m}^2} = 730 \text{ km}^2$$

Y realizando la media aritmética de ambos resultados:

$$\frac{606 + 730}{2} = 668 \text{ km}^2$$

Posteriormente se ha calculado la intensidad energética con datos empleados para verificar si es viable y tiene sentido comparar la intensidad energética en España con la de Europa.

$$\frac{116729,1 \text{ GWh}}{668 \text{ km}^2} = \frac{174 \text{ kWh}}{\text{m}^2}$$

<i>Sector</i>	<i>Promedio de la intensidad en Europa (kWh/m²)</i>	<i>Promedio de la intensidad en España (kWh/m²)</i>	<i>Diferencia de la intensidad en España comparado con la de Europa (%)</i>

Residencial	175	94	53,71 %
Servicios	293	174	59,39 %

Tabla 8 – Intensidades energéticas.

A partir de los datos de demanda presente se utiliza la siguiente ecuación para calcular las proyecciones de demanda a futuro:

$$DemFu = DemSerEn + (ElRe * DemSerEn * CrecPIB)$$

Donde:

- CrecPIB = crecimiento del PIB en porcentaje
- EIRE = Elasticidad Renta
- DemSerEn = Demanda servicio energético 2015
- DemFu = Demanda servicio energético en el futuro

3.3 RESTRICCIONES DE CO₂

El criterio elegido para determinar las restricciones de CO₂ en los diferentes escenarios ha sido utilizar 1990 como año de referencia para aquellos escenarios en los que hay una progresión en el cumplimiento de objetivos de descarbonización. Se considera que son más coherentes con los objetivos globales de descarbonización. En cambio, para aquellos escenarios en los que no se cumplen los objetivos, se han utilizado los objetivos que estableció la UE para España, que utilizan el año 2005 como año de referencia.

3.4 PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES

En el informe sobre el modelo, se establecen los futuros precios de los combustibles para los diferentes escenarios mediante elaboración propia utilizando distintas fuentes de referencia:

- BEIS 2016 Fossil Fuel Price Assumptions.
- IEA 2016 World Energy Outlook.

<i>Combustible</i>	<i>BEIS (Mid)</i>		<i>WEO (NPS)</i>		<i>Unidad</i>
	2030	2040	2030	2040	
Carbón	11,8	11,8	10,9	11,3	€/MWh
	80,0	80,0	74,0	77,0	\$/tonelada
Gas	25,0	25,0	37,9	42,3	€/MWh
	6,8	6,8	10,3	11,5	\$/millón BTU
Petróleo	46,1	46,1	64,1	71,6	€/MWh
	80	80	111	124	\$/barril

Tabla 9 – Precios de los combustibles de referencia

3.5 COSTES DE INVERSIÓN

Los costes de inversion, al igual que en los casos anteriores, son de elaboración propia, pero tomando como referencia una fuente relevante. En este caso, se toman como referencia los costes utilizados por el “New policies scenario” de la IEA.

<i>Unidades [€/kW]</i>	<i>IEA NPS 2030</i>	<i>IEA NPS 2040</i>
<i>Tecnología</i>		
Nuclear	4.590	4.050
Carbón importado	1.530	1.530

Carbón importado IGCC	2.115	2.070
Carbón importado supercrítico	1.800	1.800
Carbón importado supercrítico con CCS	4.500	4.320
CCGT	900	900
CCGT CCS	2.520	2.385
Turbina de gas ciclo abierto	450	450
Turbina de gas ciclo abierto con CCS	-	-
Fuelóleo	-	-
Hidroeléctrica de pasada	-	-
Hidro con capacidad reserva	2.385	2.385
Hidro con bombeo	-	-
Mini Hidro	3.510	3.510
Eólica terrestre	1.548	1.512
Eólica marina	2.880	2.610
Fotovoltaica gran escala	774	702

Fotovoltaica pequeña escala	972	882
Solar Termoeléctrica	3.825	3.375
Solar Térmica Distribuida	-	-
Cultivos de energía de biomasa	2.070	2.025
Residuos de agricultura de biomasa	2.205	2.160
Residuos forestales de biomasa	-	-
Residuos sólidos	6.525	6.390

Tabla 10 – Costes de inversión de las diferentes tecnologías (€/kW)

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Tanto el modelo tomado como referencia para elaborar este proyecto como otros, realizan un estudio que abarca toda la economía española. Es decir, tiene en cuenta todos los sectores y se realiza una mayor profundización en aquellos sectores más intensivos energéticamente.

Sin embargo, a la hora de calcular la demanda energética en el sector servicios el cálculo realizado puede no ser tan preciso como en el caso de otros sectores. El sector servicios está dentro de los denominados sectores difusos y, por ello, el cálculo de la demanda energética es más complicado que en el caso de otros sectores. De hecho, el cálculo de la demanda energética del sector se realiza tomando como referencia el sector Residencial. Es cierto que el sector Residencial utiliza tecnologías similares a las de sector servicios por lo que, en cuanto a demanda energética, son dos sectores parecidos y por tanto la comparativa es admisible. Aun así, en este proyecto se realiza un análisis profundo de la demanda energética del sector servicios en busca de parámetros propios del sector que permitan estimar dicha demanda de manera que sea posible proyectarla a futuro de una manera más precisa.

En este proyecto se desagrega el sector servicios en varias ramas llegando a un nivel de profundización en el sector que no se ha llevado a cabo para modelar el sector energético en España. De este modo se mejorará la precisión del modelo MASTER.SO.

Por otro lado, este documento tiene la pretensión de servir como guía de descarbonización del sector servicios en España. Como se ha mencionado anteriormente, pese a no ser uno de los sectores más intensivos energéticamente, sí que es el sector con más peso en el PIB español. Además, el sector tiene una tendencia creciente en cuanto dicho peso en el PIB, pudiendo llegar al 75 % del PIB español en un futuro no muy lejano. Es por esto que descarbonizar el sector servicios no sólo implicará un ahorro económico sustancial para el

país, sino que también puede convertirse en un atractivo más para el turismo nacional e internacional que esta concienciado con la contaminación y el medio ambiente.

4.2 OBJETIVOS

Mediante el desarrollo de este proyecto se persigue realizar una caracterización energética del sector servicios, proyectarla a dos fechas clave (2030 y 2050) y considerar posibles rutas de descarbonización. De manera más específica se resolverán los siguientes objetivos:

- Conocer las herramientas que juegan papeles principales como palancas de descarbonización en el sector servicios.
- Modelar una ruta de descarbonización para el sector.
- Ponderar la importancia de las diferentes variables de entrada que pueden incluirse en el proyecto y priorizar entre ellas.
- Alinear el proyecto con el mayor número de objetivos de desarrollo sostenible posibles.

4.3 METODOLOGÍA

El proyecto se ha dividido en 3 bloques. En primer lugar, el proyecto se centra en la caracterización energética de España centrándose posteriormente en el sector servicios, identificando los principales consumos energéticos:

- Evolución del consumo energético primario en España desagregado por las diferentes tecnologías utilizadas.
- Evolución del consumo energético final en España desagregado por las diferentes tecnologías utilizadas.
- Evolución del consumo energético final en España por sectores.
- Objetivos de consumo energético final fijados para España en 2030 y 2050.
- Intensidad energética del sector servicios dividido en las diferentes ramas en las que se puede desagregar el sector.

- Estructura de consumo energético final del sector servicios por ramas.
- Principales consumos energéticos en cada rama del sector servicios.

Tras realizar un estudio profundo y detallado del sector energético en España y, sobre todo, del sector servicios en España, se han buscado parámetros con los que poder cuantificar el consumo energético de las diferentes ramas en las que se ha desagregado el sector :

- Oficinas.
- Sanidad.
- Comercio.
- Hostelería y Restauración.
- Educación.
- Otros usos.

Finalmente, se ha proyectado la estimación de demanda calculada con los parámetros elegidos a los años objetivo: 2030 y 2050.

Capítulo 5. SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR SERVICIOS: CONTEXTO

5.1.1 EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA FINAL EN ESPAÑA

España históricamente siempre ha tenido escasez de recursos energéticos, sobre todo de combustibles fósiles. Por ello, siempre ha dependido energéticamente del exterior y ha estado inmersa en una situación de déficit. De acuerdo a los últimos datos de Eurostat, en 2019 España llegó a alcanzar un grado de dependencia energética del 75% prácticamente. De hecho, este valor es incluso mayor si se tiene en cuenta la energía nuclear, cuyo combustible proviene del exterior. No se había llegado a un grado de dependencia energética tan alto desde 2011. Por consiguiente, el país importó tres cuartas partes de la energía primaria consumida, llegando el autoabastecimiento a un 25% únicamente.

No obstante, es destacable la reducción en consumo de energía primaria de un 0.3% en 2018 mientras que el consumo de energía final aumentó, así como el PIB interanual, con una subida del 2.4%. La relativa estabilidad durante las últimas dos décadas se debe principalmente a dos factores: en primer lugar, la reducción en el consumo de carbón y, por otro lado, el incremento en la contribución de las energías renovables, sobre todo de la generación hidráulica. De hecho, la mayor presencia de tecnología hidráulica en el consumo de energía primaria aumenta la eficiencia del sistema de transformación al reducirse las pérdidas que la baja eficiencia de los combustibles fósiles genera.

Por fuentes de energía, en primaria destaca la reducción del 58% del consumo de carbón de 2018 a 2019, un ligero recorte en el consumo de productos petrolíferos y un aumento del 14% en consumo de gas natural. Con respecto al aumento en el consumo de energía renovables, se debe destacar que parte del aumento se debe al uso de biocombustibles.

Año	Fuentes de energía emisoras					Fuentes de energía no emisoras		Saldo eléctrico (neto)	TOTAL
	Combustibles fósiles			Biomasa y residuos renovables	Residuos no renovables	Energía nuclear	Otras Fuentes renovables		
Productos petrolíferos	Carbones	Gas natural							
1990	43.950	19.289	4.970	4.007	61	13.999	2.212	-36	88.451
1995	55.553	19.004	7.722	3.469	214	14.305	2.033	386	102.686
2000	64.431	20.940	15.219	3.869	190	16.046	2.869	382	123.946
2005	70.800	20.517	29.844	4.665	189	14.842	3.468	-115	144.209
2010	60.922	7.281	31.129	5.117	174	16.135	8.479	-717	128.521
2015	52.478	13.583	24.538	5.774	252	14.903	9.845	-11	121.361
2018	57.512	11.558	27.082	5.960	325	14.479	10.241	955	128.112
2019	56.228	4.783	30.897	6.158	329	15.210	11.067	590	125.262

Tabla 11 – Evolución Consumo de Energía Primaria por tecnologías (ktep)
Fuente: Datos de la Secretaría de Estado de Energía (SEE)

Durante el 2019, el petróleo y el gas natural representaron alrededor del 73% del consumo de energía primaria en España. A pesar del auge de las renovables en los últimos años, los combustibles fósiles siguen siendo fundamentales en la economía española.

En cuanto al consumo de energía final, en 2019 se superaron las 86,000 kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep) al igual que en el año anterior. Por fuentes de energía, las tecnologías más consumidas fueron los productos petrolíferos con un consumo en torno al 51%, siendo la electricidad la segunda tecnología más consumida con un 23%. El consumo de carbón en cambio, siguiendo las políticas europeas de desinversión en carbón, descendió hasta un 1% prácticamente. El consumo de productos petrolíferos, en cambio, ha aumentado algo más del 2% con respecto al año anterior. Sin embargo, es destacable el aumento en el uso final por parte de las renovables (sin contar las empleadas para producir electricidad) de un 7.3% debido en parte al aumento del uso de biocombustibles en el transporte como se mencionó también anteriormente para la energía primaria.

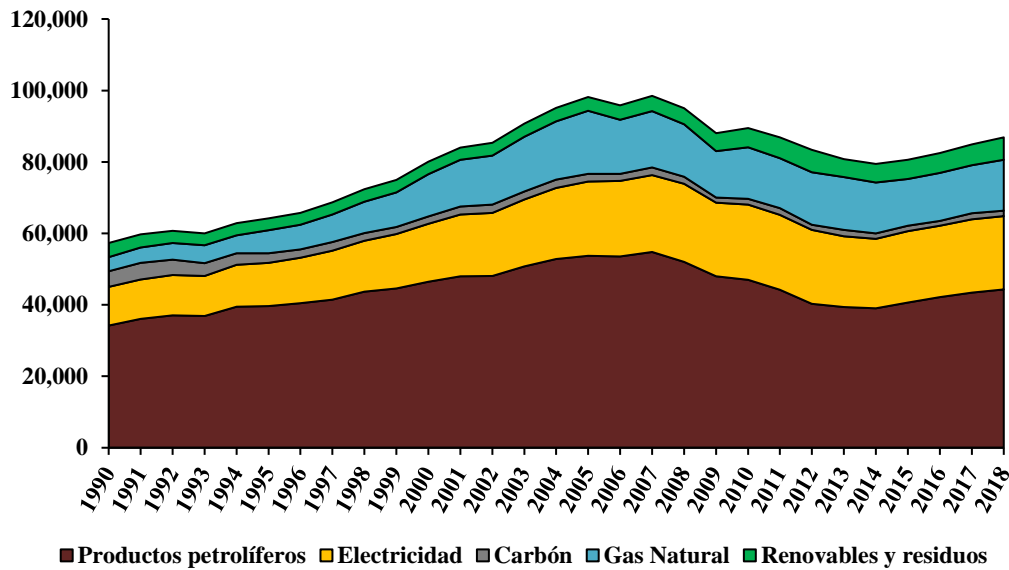


Figura 3 – Evolución del consumo final por tecnologías
Fuente: MITECO

Estructura del consumo de Energía Final, 2018

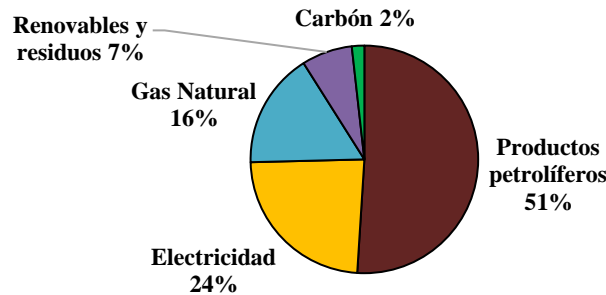


Figura 4 – Estructura de consumo de energía final del sector servicios, 2018

En la Tabla 12, se puede analizar la evolución del consumo final por sectores. Destaca el consumo del sector transporte puesto que es el sector que más consume al ser el culpable de prácticamente el 40 % del consumo total. De hecho, a pesar de que este sector está en plena transición energética mediante la inversión en fuentes de energía más limpias, se produjo un aumento en el consumo del año 2017 al 2018 del 2.6 %. Se espera que en 2030 el 30 % del consumo de energía en el sector provenga de energía renovable mediante la introducción

acelerada del vehículo eléctrico entre otras medidas. Se espera que el parque automovilístico tenga unos 3 millones de turismos eléctricos y más de dos millones de motocicletas, camiones ligeros y autobuses.

El sector industrial es el segundo más intensivo en consumo de energía final. Solía ser el sector con el consumo más intensivo, pero la terciarización de la economía redujo la participación de este sector. Hasta 2016 el sector estaba reduciendo su consumo debido a la introducción de medidas de eficiencia energética y al descenso del consumo en productos petrolíferos colaborando con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, de 2017 a 2018 se produce un aumento significativo del consumo en un 3.4 % probablemente por aumento en la demanda en relación con el aumento del PIB durante el año.

Tras los sectores transporte e industria, se sitúa en el tercer lugar en demanda energética el sector residencial, copando un 17.1 % de la demanda de energía final. Durante el 2018 se ha producido un incremento en el consumo con respecto al año anterior debido a las demandas de electricidad (aumento de 5.5 %) y de productos petrolíferos (aumento de 4.4 %). Dichas demandas suman en conjunto el 62 % del consumo de los hogares. También destaca, aunque en menor grado, el aumento en la demanda térmica imputable a las energías renovables (incremento del 0.7 %). Estos recursos, igual que en el caso de la electricidad, han incrementado su participación en el consumo en detrimento de productos petrolíferos, a los que superan actualmente. Casi un 60 % de la demanda en este sector es del tipo térmico debido a usos como la calefacción, ACS y cocina (según el Libro de la Energía, 2018 [6]) cuyos consumos se satisfacen principalmente con combustibles de origen fósil.

<i>ktep</i>	<i>2000</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Industria	24.482	25.076	20.693	20.777	20.602	20.088
Transporte	30.535	37.180	34.782	34.214	32.423	29.733
Residencial	12.059	15.543	15.968	16.964	15.662	15.559
Agricultura y forestal	2.581	2.701	2.365	2.245	2.406	2.680

Pesca	0	0	0	0	0	40
Servicios	6.679	9.289	9.409	9.790	10.232	10.116
Otros	166	1.874	1.935	1.828	951	847
Consumo final total	76.339	90.575	84.181	85.477	82.356	78.961

<i>ktep</i>	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Industria	19.589	19.296	18.209	18.154	19.552	20.219
Transporte	28.170	28.392	29.405	30.589	31.701	32.531
Residencial	14.918	14.814	15.001	15.209	14.619	15.008
Agricultura y forestal	2.753	2.653	2.274	2.410	2.413	2.458
Pesca	103	121	230	244	246	295
Servicios	9.680	8.962	10.603	11.231	11.155	11.185
Otros	948	869	296	341	500	343
Consumo final total	76.056	75.153	76.189	78.066	79.970	82.020

Tabla 12 – Evolución del consumo de energía final por sectores

Fuente: Eurostat, 2020

Finalmente, tras los 3 sectores más intensivos en demanda de energía final se encuentra el sector bajo estudio en este documento: el sector servicios. Este sector se divide a su vez en 5 ramas principalmente: oficinas, comercio, hostelería / restauración, sanidad y educación. También se encuentran otras ramas menos destacadas como la iluminación pública o los aeropuertos, por ejemplo. El sector servicios en su conjunto representa el 68 % del PIB y el 12.4 % de la demanda de energía final. Se prevé que en 2030 el sector represente el 72 % del PIB español, aumentando más aún su importancia en la economía española. En 2018 prácticamente no varió la demanda con respecto a la del año anterior, produciéndose una ligera reducción del 0.4 %. El posible motivo de esta caída se puede deber al gas natural (reducción del 1.3 %) y a la electricidad (reducción del 1.1 %) ya que estas dos tecnologías cubren aproximadamente el 85 % de la demanda energética del sector. Por otro lado, el consumo de productos petrolíferos aumentó en un 4.6 % al igual que el de las energías renovables (aumento del 1.5 %).

Realizando un análisis diferenciado de las diferentes ramas del sector servicios, se aprecia la importancia de las oficinas y del comercio, copando estas dos ramas casi tres cuartas partes

de la demanda total del sector. Esto explica la importancia decisiva de estas ramas en la evolución de la intensidad energética del sector.

Uno de los indicadores más comunes a la hora de medir la eficiencia energética en España es la intensidad energética. El indicador calculado puede ser la intensidad energética primaria o la intensidad energética final. Sin embargo, España es un país con una dependencia energética muy alta por lo que se considera de mayor interés la intensidad energética final en los sectores más destacados. Se entiende la intensidad energética final como “la energía consumida por los consumidores finales para fines energéticos, por unidad de PIB, excluyendo el consumo y las pérdidas en la conversión energética (centrales energéticas, refinerías, etc.) y usos no energéticos” (World Energy Council, 2004). Durante mucho tiempo eran los países de mayor desarrollo económico los que tenían intensidades energéticas mayores. Sin embargo, a partir de 1990 comenzó una reducción generalizada que contrastó con el aumento de la intensidad energético en aquellos países en pleno desarrollo. Esto se debió en parte a los programas de eficiencia energética, que comenzaron a elaborarse en los países desarrollados, pero sobre todo se debió a la pérdida de la industria de los países desarrollados en favor de los países en desarrollo, comenzando estos últimos a aumentar de manera destacada su consumo energético y su producción de GEI.

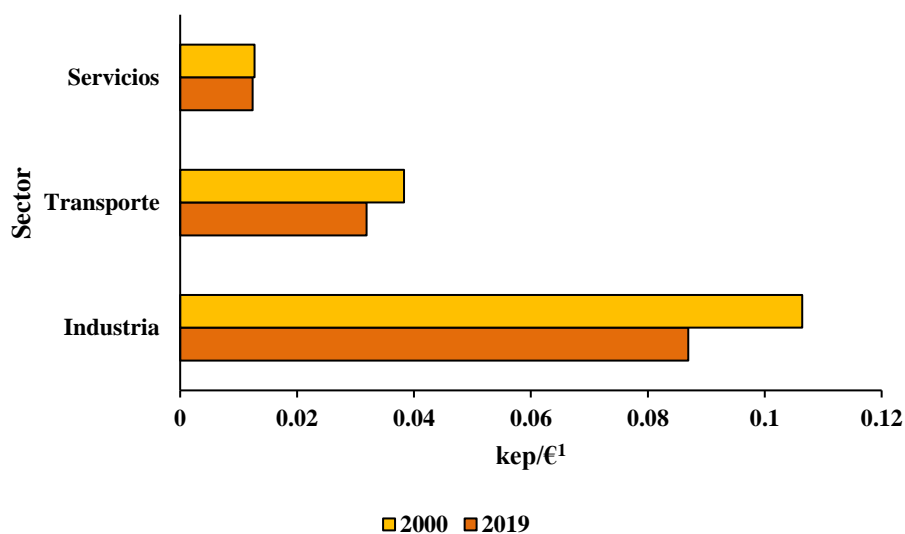
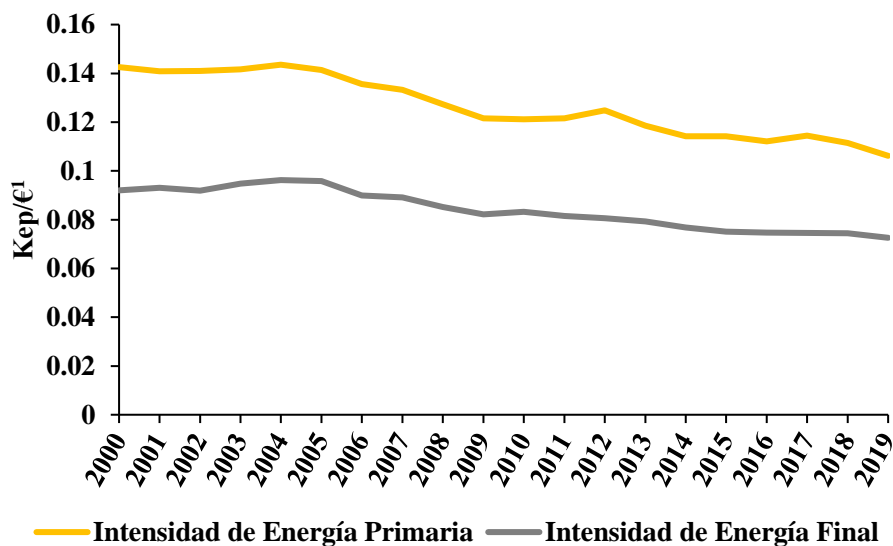


Figura 5 – Intensidad energética final de los principales sectores económicos

*Fuente. Informe Anual de Indicadores Energéticos, 2018, IDAE, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
1: Euros constantes de 2010*

En la figura anterior, se aprecia la gran diferencia entre intensidades energéticas finales de algunos sectores. Como cabría esperar, en este aspecto, el sector servicios es mucho menos intensivo que el industrial. Esto se debe a que el sector servicios demanda mucha menos energía, pero abarca un mayor % del PIB.

En España en 2019, la intensidad energética primaria se redujo un 4,72 % con respecto al año anterior, mientras que la intensidad energética final descendió un 2,58 %.



*Figura 6 – Evolución de las intensidades energéticas primaria y final en España
Fuente: Informe Anual de Intensidades Energéticas, 2019, IDAE
1: Euros constantes de 2010*

Esta diferencia de progresión entre la intensidad final y la primaria se explica en parte por los cambios comentados anteriormente en la matriz energética primaria (ligero descenso del petróleo, aumento del gas natural, muy destacable caída del carbón y aumento notable de las renovables). El aumento en este caso de las renovables en el mix primario se debió a un gran aumento de la energía hidráulica, otros aumentos más moderados de biocarburantes y energía eólica que compensaron las bajadas de la biomasa y la energía solar. Las renovables

tuvieron un peso del 13,8 % en el mix primario y de un 38,2% sobre la producción de electricidad en 2019. Siguen destacando por su mayor participación en el mix la eólica y la hidráulica. Esta última supero a la solar debido a una caída de dicha tecnología de un 11% y un aumento del 84.9% de la hidráulica durante el año 2018. Dicho aumento se debe a la sustitución de la energía hidráulica por el carbón, y un consumo de energía final que se ha mantenido, principalmente. De hecho, el año hidrológico 2018/2019 fue más seco de lo normal, con una precipitación total equivalente al 87% de la media anual. De haber sido un año hidrológicamente y climatológicamente en la media española el consumo energético primario habría sido un 1.26% mayor.

5.1.2 PROYECCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El estudio que detalla este documento trata sobre la ruta de descarbonización en el sector servicios por lo que las tablas que se muestran a continuación son de gran importancia a la hora de conocer los objetivos futuros de emisiones en el camino hacia las emisiones nulas en 2050. En dichas tablas se detallan las proyecciones que se prevén de diferentes sectores en el caso de que no se impongan medidas para reducir las emisiones (escenario tendencial) y en el caso de que se impongan una serie de medidas que favorezcan el cumplimiento de objetivos establecidos por la Unión Europea (escenario objetivo).

<i>Proyección de emisiones en el Escenario Tendencial (miles de toneladas de CO2 equivalente)</i>						
Año	1990	2005	2015	2020	2025	2030
Transporte	59.199	102.310	83.197	89.762	90.721	88.193
Generación de energía eléctrica	65.864	112.623	74.051	57.013	42.228	43.025
Sector industrial (combustión)	45.099	68.598	40.462	38.234	36.889	33.512
Sector industrial (emisión de procesos)	28.559	31.992	21.036	21.697	22.003	22.166
Sectores Residencial, Comercial e Institucional	17.571	31.124	28.135	28.314	26.326	23.393
Ganadería	21.885	25.726	22.854	23.218	23.167	23.116
Cultivos	12.275	10.868	11.679	11.404	11.412	11.419
Residuos	9.825	13.389	14.375	13.832	13.060	12.209
Industria del refino	10.878	13.078	11.560	13.070	12.837	11.870
Otras industrias energéticas	2.161	1.020	782	814	733	760
Otros sectores	9.082	11.729	11.991	12.577	12.943	13.222

Emisiones Fugitivas	3.837	3.386	4.455	5.036	5.034	4.731
Uso de productos	1.358	1.762	1.146	1.237	1.298	1.340
Gases fluorados	64	11.465	10.086	8.267	6.152	4.037
Total	287.656	439.070	335.809	324.476	304.804	292.994

Tabla 13 – Proyección de emisiones en el escenario tendencial
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

<i>Proyección de emisiones en el Escenario Objetivo (miles de toneladas de CO2 equivalente)</i>						
Año	1990	2005	2015	2020	2025	2030
Transporte	59.199	102.310	83.197	87.058	77.651	59.875
Generación de energía eléctrica	65.864	112.623	74.051	56.622	26.497	20.603
Sector industrial (combustión)	45.099	68.598	40.462	37.736	33.293	30.462
Sector industrial (emisión de procesos)	28.559	31.992	21.036	21.147	20.656	20.017
Sectores Residencial, Comercial e Institucional	17.571	31.124	28.135	28.464	23.764	18.397
Ganadería	21.885	25.726	22.854	23.247	21.216	19.184
Cultivos	12.275	10.868	11.679	11.382	11.089	10.797
Residuos	9.825	13.389	14.375	13.657	11.932	9.718
Industria del refino	10.878	13.078	11.560	12.330	11.969	11.190
Otras industrias energéticas	2.161	1.020	782	825	760	760

Otros sectores	9.082	11.729	11.991	12.552	11.805	11.120
Emisiones Fugitivas	3.837	3.386	4.455	4.789	4.604	4.362
Uso de productos	1.358	1.762	1.146	1.236	1.288	1.320
Gases fluorados	64	11.465	10.086	8.267	6.152	4.037
Total	287.656	439.070	335.809	319.312	262.675	221.844

Tabla 14 – Proyección de emisiones en el escenario objetivo
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Se puede apreciar en las tablas 13 y 14 que los sectores con mayores reducciones de emisiones de GEI son el de generación eléctrica y en el transporte. También destaca el sector residencial, comercial e institucional, realizando una contribución importante para cumplir con el objetivo de reducción de emisiones.

Para cumplir los objetivos marcados, es importante descarbonizar el mix eléctrico.

<i>Balance eléctrico del Escenario Tendencial (GWh)</i>				
	2015	2020	2025	2030
Generación eléctrica bruta	281.021	282.172	290.097	304.593
Consumos en generación	-11.270	281.720	-9.554	9.488
Generación eléctrica neta	269.751	-10.398	280.543	295.105
Consumos en bombeo	-4.520	271.323	-6.445	6.445
Exportación	-15.089	-6.445	-13.421	-25.828
Importación	14.956	-9.251	18.385	23.486
Demanda en barras de central	265.098	18.111	279.062	286.318
Consumos en sector transformación de la energía	-6.501	273.738	-6.967	-6.698

Pérdidas en transporte y distribución	26.509	-7.466	-25.615	26.173
Demanda eléctrica final de sectores no energéticos	232.088	241.021	246.480	253.448

Tabla 15 – Balance Eléctrico del Escenario Tendencial (GWh)
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

<i>Porcentaje de energías renovables en generación eléctrica</i>					
Método cálculo	Escenario	2015	2020	2025	2030
Directiva 2018/2001	Tendencial		41%	48%	53%
	Objetivo	37%			
	Objetivo		42%	64%	86%
Porcentaje directo	Tendencial		41%	47%	52%
	Objetivo	38%			
	Objetivo		42%	60%	74%

Tabla 16 - Porcentaje de energías renovables en generación eléctrica
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Respecto al escenario tendencial, se llega a las siguientes conclusiones:

- La demanda eléctrica final en España aumenta un 5.2 % en el periodo 2020-2030, pasando de una demanda de 232 TWh en el 2020 a unos 253 TWh en el 2030.
- En el año 2020 España importa aproximadamente 8.86 TWh, pasando a convertirse en exportador en 2030 por valor de 2.34 TWh.
- El porcentaje de generación renovable en el sector eléctrico para 2020 se sitúa en un 41% aumentando en 2030 hasta llegar a un 52%.

<i>Balance eléctrico del Escenario Objetivo (GWh)</i>				
	2015	2020	2025	2030
Generación eléctrica bruta	281.021	281.219	307.570	346.290
Consumos en generación	-11.270	-10.258	-10.172	-10.233
Generación eléctrica neta	269.751	270.690	297.398	336.056
Consumos en bombeo	-4.520	-6.381	-7.993	-15.262
Exportación	-15.089	-9.251	-26.620	-48.325
Importación	14.956	18.111	12.638	8.225
Demanda en barras de central	265.098	273.170	275.424	280.694
Consumos en sector transformación de la energía	-6.501	-7.552	-6.725	-6.604
Pérdidas en transporte y distribución	26.509	-25.161	-25.022	-24.868
Demanda eléctrica final de sectores no energéticos	232.088	240.457	243.677	249.222

Tabla 17 – Balance eléctrico del Escenario Objetivo
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019

Respecto al escenario objetivo, se llega a las siguientes conclusiones:

- La demanda eléctrica final en España pasa de tener un valor en 2020 de 240.5 TWh hasta los 249.2 TWh en 2030. Se debería producir un incremento del 4 %.
- El objetivo en 2030 es que España sea un país claramente exportador de energía alcanzando unos 40 TWh. Este objetivo se impulsará mediante una alta penetración de las renovables.
- Se pretende que el porcentaje de generación renovable en el sector eléctrico sea del 74% en el año 2030 partiendo de una penetración del 42 % en el 2020.

De esta manera y para poner en conjunto ambos escenarios y ahondar en sus diferencias en el año 2030:

- La potencia total instalada en el escenario objetivo es de 161 GW frente a los 124 GW instalados en el escenario tendencial.
- En el escenario objetivo se produce un aumento de la potencia renovable de 62.3 GW mientras que en el escenario tendencial el incremento es de 20 GW.
- En el periodo 2020-2030 se irá cerrando de manera escalonada, ordenada y flexible el parque nuclear en el escenario objetivo. En esta década, dicha estrategia afectará a 4 reactores nucleares. También se acabará con la generación eléctrica a partir de centrales de carbón. Por otro lado, en el escenario tendencial se prolonga la vida útil de los parques nucleares y se sigue permitiendo el funcionamiento a pleno rendimiento de aquellas centrales térmicas de carbón que permanecen con posterioridad a 2021.
- Se estima una demanda eléctrica bruta superior en el escenario objetivo que en el tendencial. Aproximadamente sería unos 38.3 TWh más, equivalente a un 12 % de incremento respecto al escenario tendencial.
- Como se ha comentado antes, en el escenario objetivo la penetración de las renovables se sitúa 23 puntos porcentuales por encima del escenario tendencial.
- En el escenario objetivo se refuerza el carácter exportador de España, lo cual en base a los recursos de los que goza España serían muy buenas noticias para el futuro de la economía española.

5.1.3 DEMANDA ENERGÉTICA EN EL SECTOR SERVICIOS ESPAÑOL

El sector servicios, también conocido como sector terciario, es uno de los tres grandes sectores en la economía de cualquier país. Se puede definir como el sector que no produce bienes materiales, sino que provee a la población de aquellos servicios fundamentales para satisfacer sus necesidades. Es un sector muy variado y al que pertenecen un extenso repertorio de ramas: comercio, transporte, comunicaciones, servicios financieros, servicios sociales (educación, sanidad), turismo, etc.

En las últimas décadas este sector ha crecido exponencialmente y a gran velocidad. De hecho, en los países más desarrollados el sector servicios ocupa cuotas de PIB altísimas, llegando incluso al 70 % como en el caso de España. En países en vías de desarrollo como Brasil o Tailandia ronda el 40 % /50 % y en los países menos desarrollados alcanza porcentajes muy bajos.

A la hora de analizar la evolución del consumo de energía final del sector servicios se utilizará la Tabla 18 que consta de datos de 1990 a 2019:

(ktep)	CARBONES			PRODUCTOS PETROLÍFEROS					GASES			RESIDUOS		ENERGÍAS RENOVABLES					ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL		
	Hulla, Antracita y Aglomerados	TOTAL	GLP	Gasolina	Gasóleo	Fueloil	Coque de petróleo	TOTAL	Gas Natural	Otros Gases	TOTAL	RSU no renovable	TOTAL	Solar térmica	Geotermia	Biomasa	Biogás	Biocarburantes			RSU renovable	TOTAL
1990	16,3	16,3	186,4		647,0	221,9	3,9	1.059,3	155,9	28,9	184,9			1,3	0,4					1,7	2.158,5	3.420,5
1991	44,1	44,1	225,9		667,6	299,1	3,9	1.196,5	227,8	48,5	276,3			1,5	0,4					1,8	2.207,1	3.725,9
1992	59,7	59,7	192,0		698,4	382,1	3,9	1.276,4	269,1	41,1	310,1			1,7	0,8					2,6	2.298,1	3.946,9
1993	19,9	19,9	180,8		739,5	193,0	3,9	1.117,1	299,3	39,3	338,5			1,9	0,8					2,7	2.358,1	3.836,4
1994	10,8	10,8	192,0		780,6	289,5	3,1	1.265,2	277,3	27,0	304,3			2,0	0,8					2,8	2.578,2	4.161,2
1995	10,8	10,8	218,0		749,7	499,8	4,7	1.472,3	259,7	21,5	281,2			2,5	0,8					3,3	2.542,5	4.310,1
1996	10,5	10,5	220,3		862,7	308,8	5,4	1.397,2	317,8	16,4	334,2			3,0	0,8					3,8	2.918,6	4.664,4
1997	10,7	10,7	197,7		873,0	337,7	7,8	1.416,2	369,9	8,1	378,1			3,6	0,8					4,4	3.409,0	5.218,4
1998	10,7	10,7	203,3		821,6	357,0	3,1	1.385,1	465,3	9,2	474,5			4,3	0,8					5,1	3.534,0	5.409,4
1999	9,4	9,4	214,6		924,3	326,1	3,9	1.469,0	509,3	8,8	518,1			5,0	1,0					6,0	3.866,1	5.868,7
2000	20,0	20,0	230,5		1.170,8	304,0	3,9	1.709,1	551,7	37,9	589,6			6,3	1,0	42,6	9,5			59,4	4.301,2	6.679,4
2001			247,4		1.324,9	285,6	4,7	1.862,6	646,6	11,3	657,9			8,1	1,0	43,3	9,5			62,0	4.408,1	6.990,5
2002			247,4		1.299,2	277,9	3,9	1.828,4	674,1	11,1	685,1			10,1	1,0	43,3	13,2			67,6	4.576,7	7.157,8
2003			244,0		1.443,0	293,3	4,7	1.985,0	52,7	12,7	65,3			12,8	1,0	43,3	13,2			70,3	4.921,1	7.041,7
2004			249,7		1.647,4	248,0	4,7	2.149,7	203,8	14,1	217,9			15,2	1,0	43,6	12,8			72,5	5.216,8	7.656,9
2005			231,6		1.717,2	203,6	3,9	2.156,3	579,4	14,8	594,3			18,4	1,0	44,1	13,8			77,2	5.487,8	8.315,6

(kte p)	CARBONES		PRODUCTOS PETROLÍFEROS					GASES			RESIDUOS		ENERGÍAS RENOVABLES					ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL			
	Hulla, Antracita y Aglomerados	TOTAL	GLP	Gasolina	Gasóleo	Fuelo	Coque de petróleo	TOTAL	Gas Natural	Otros Gases	TOTAL	RSU no renovable	TOTAL	Solar térmica	Geotermia	Biomasa	Biogás			Biocarburantes	RSU renovable	TOTAL
2006			213,5		1.330,0	102,3	3,9	1.649,7	843,2	13,8	857,0			21,3	1,0	68,1	41,0			131,4	6.288,1	8,926,1
2007			218,0		1.229,4	90,7	3,1	1.541,2	758,6	18,3	776,9			23,3	1,0	69,6	41,8			135,6	6.367,2	8.820,9
2008			224,8		1.160,6	88,8	3,1	1.477,2	815,5	19,1	834,6			27,6	1,2	79,7	9,5			118,0	6.858,9	9.288,8
2009			204,5		1.148,2	85,9	2,3	1.440,9	891,5	17,4	908,9			32,9	1,7	58,0	0,2			92,7	6.966,4	9,409,0
2010			202,2		1.150,3	73,3	3,1	1.428,9	1.018,4	30,2	1.048,6			36,3	2,6	60,0	0,2			99,1	7.213,5	9,790,1
2011			189,8		1.119,5	51,1	0,8	1.361,2	1.725,5	3,1	1.728,5			39,3	2,7	64,2	0,2			106,4	7.035,7	10,231,9
2012			180,8	130,1	1.057,9	54,0	0,8	1.423,6	1.629,3	1,4	1.630,7			42,4	3,0	68,7	3,0	0,6		117,7	6.943,5	10,115,5
2013			172,8	8,5	1.280,7	33,8		1.495,8	1.492,4	0,6	1.493,0			43,5	3,2	72,5	8,9	2,5		130,5	6.560,8	9,680,1
2014			133,3	11,6	1.026,0	41,5		1.212,4	1.409,0	0,3	1.409,4			46,6	3,7	74,1	11,3	2,5		138,2	6.067,3	8,827,3
2015			186,4	11,6	842,2	17,4		1.057,6	2.826,5	0,2	2.826,7	2,4	2,4	49,5	3,7	80,1	11,1	3,4	2,4	150,3	6.372,2	10,409,2
2016			240,6	14,8	996,2	21,2		1.272,9	3.209,3	0,3	3.209,6	5,6	5,6	50,0	3,7	101,6	10,9	4,3	5,6	176,1	6.310,3	10,974,5
2017			203,3	19,0	1.053,7	14,5		1.290,6	2.867,9		2.867,9	7,0	7,0	51,3	3,7	109,4	11,4	4,3	7,0	187,1	6.475,3	10,827,8
2018			223,7	25,4	1.091,7	9,6		1.350,5	2.831,0		2.831,0	4,2	4,2	52,7	3,7	113,3	11,6	5,2	4,2	190,8	6.407,0	10,783,4
2019			185,3	34,9	1.019,9	8,7		1.248,7	2.322,8		2.322,8	4,8	4,8	53,8	3,7	104,9	11,5	5,2	4,8	184,0	6.416,7	10,177,1

Tabla 18 – Evolución consumo energético final sector Servicios por tecnologías
Fuente: IDAE

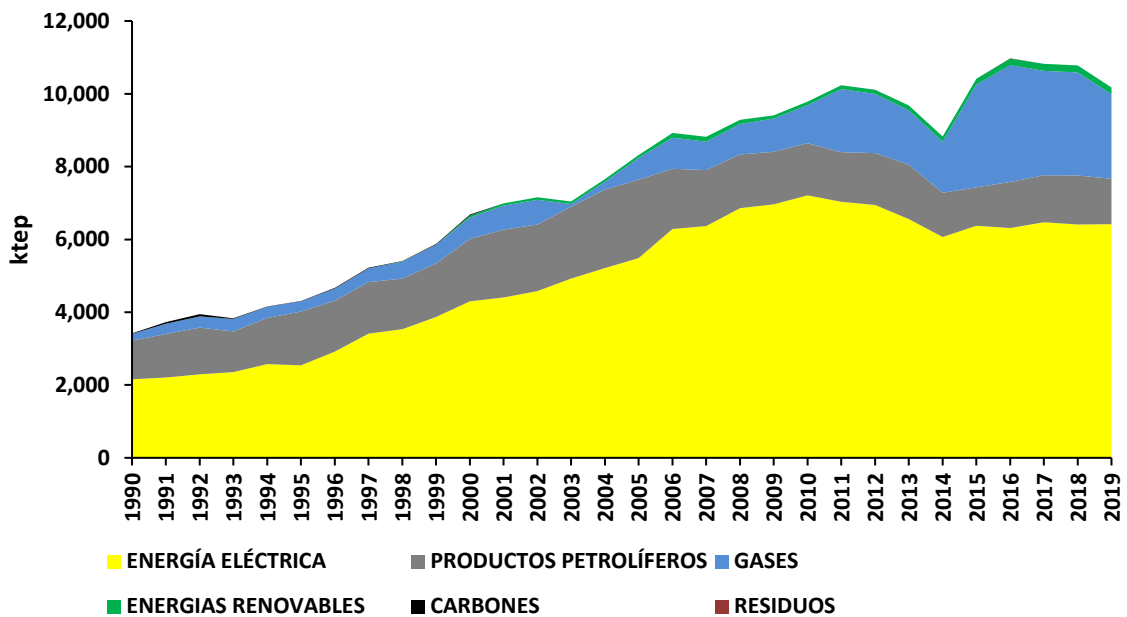


Figura 7 - Evolución consumo energético final sector Servicios por tecnologías
Fuente: IDAE

Como ilustra la Figura 7, donde se ve la evolución del mix energético del sector servicios, gran parte del sector está electrificado. De hecho, según los datos de 2019, último año del que hay datos disponibles, el 63 % del mix energético fue mediante electricidad. Por ello, una primera conclusión que se puede extraer de la Figura 7 es que la descarbonización del sector servicios es muy dependiente de la descarbonización del mix eléctrico. La tendencia es creciente, además, con objetivos de electrificar el 100% del sector.

El consumo de productos petrolíferos, en cambio, ha sido constante durante los últimos 30 años teniendo en 2019 prácticamente un 12 % de la participación del mix energético. Es uno de los objetivos la reducción en el consumo de esta fuente de energía.

En línea con el mix energético total en España, el consumo de carbón en el sector se ha ido reduciendo hasta no tener participación actualmente en el mix energético del sector. Aun así, la participación del carbón en el sector siempre ha sido muy baja.

El gas natural ha tenido una evolución irregular en el sector, siendo actualmente la segunda fuente de energía más común con una participación de alrededor del 23 %. La tendencia había sido creciente en los últimos 30 años debido a la reducción en el consumo energético de otras fuentes de energía. Sin embargo, en los últimos 4 años el consumo ha decrecido, probablemente debido a la electrificación del sector.

La participación de las renovables en el sector sigue siendo anecdótica, copando en 2019 un 2 % del mix energético del sector. Las tecnologías más utilizadas dentro de las renovables son la biomasa y la solar térmica. De hecho, existen planes en el PNIEC para dar una participación mayor a estas tecnologías debido a su potencial en el sector.

Finalmente, los residuos como fuente de energía no tienen casi participación en el sector, aunque irá aumentando su papel en el sector energético español al ser una parte fundamental de la economía circular.

Con el fin de desagregar el sector, se va a dividir en las siguientes ramas, definidas por el IDAE:

- Oficinas.
- Sanidad.
- Comercio.
- Hostelería / Restauración.
- Educación.
- Otros servicios

De esta manera, como se mencionó anteriormente, se puede desagregar de una manera más precisa el sector y buscar un mayor número de parámetros, para estimar la demanda energética en el sector en el futuro.

El IDAE elaboró una tabla desagregando consumos energéticos unitarios en el año 2018 por empleado. Dicha tabla se comparará con los dimensionamientos realizados para cada subsector. Según el IDAE, estos consumos energéticos se han obtenido dividiendo el

consumo energético de cada subsector entre el número de empleados de la propia rama. El parámetro de consumo energético unitario podría ser un parámetro interesante para el modelado.

<i>Indicadores: Consumo Unitario por empleado/ Sector Servicios</i>	<i>Unidades</i>	<i>Consumo Unitario</i>
Consumo Unitario del Sector Oficinas	tep/emp	0,6739
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Eléctrico Unitario 	kWh/emp	4.777
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Térmico Unitario 	tep/emp	0,2631
Consumo Unitario del Sector Sanidad	tep/emp	0,5359
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Eléctrico Unitario 	kWh/emp	3.199
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Térmico Unitario 	tep/emp	0,2607
Consumo Unitario del Sector Comercio	tep/emp	0,9954
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Eléctrico Unitario 	kWh/emp	7.325
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Térmico Unitario 	tep/emp	0,3654
Consumo Unitario del Sector Hostelería y Restauración	tep/emp	0,3777
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Eléctrico Unitario 	kWh/emp	3.536
<ul style="list-style-type: none"> Consumo Térmico Unitario 	tep/emp	0,0736
Consumo Unitario del Sector Educación	tep/emp	0,5542

• Consumo Eléctrico Unitario	kWh/emp	2.409
• Consumo Térmico Unitario	tep/emp	0,3470

Tabla 19 – Consumos energéticos unitarios en las diferentes ramas del sector Servicios en 2018
Fuente: IDAE, 2018

De la tabla anterior se puede extraer que, según el IDAE, el subsector Comercio es el más intensivo energéticamente mientras que el de la hostelería y restauración es el menos intensivo de los anteriores.

5.1.3.1 Demanda Energética en el subsector Oficinas

En el sector oficinas se consideran las oficinas públicas y privadas. El IDAE incluye en este subsector las actividades correspondientes a las divisiones H, J, K, L, M, N y O de la CNAE-2009 (códigos 49-53, 58-63, 64-66, 68, 69-70, 77-82 y 84). Las divisiones H, J, K, L, M y N abarcan lo considerado como oficinas privadas y la división O, a las oficinas públicas.

La CNAE es la Clasificación Nacional de Actividades Económicas y asigna un código a cada actividad económica de las que se pueden llevar a cabo. Normalmente este código (que suele tener 5 dígitos) se utiliza en muchos formularios e impresos, tanto a nivel oficial como a nivel empresa. De hecho, el INE a la hora de elaborar las estadísticas de ocupación laboral en función de la actividad, desagrega los empleos utilizando estas divisiones.

Entonces el subsector oficinas queda definido por las siguientes actividades:

<i>División de la CNAE-2009</i>	<i>Códigos</i>	<i>Descripción</i>
H	49-53	Transporte y almacenamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Transporte terrestre y por tubería • Transporte marítimo y por vías navegables interiores

		<ul style="list-style-type: none"> • Transporte aéreo • Almacenamiento y actividades anexas al transporte • Actividades postales y de correo
J	58-63	<p>Información y comunicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edición • Actividades cinematográficas, de vídeo y de programas de televisión, grabación de sonido y edición musical • Actividades de programación y emisión de radio y televisión • Telecomunicaciones • Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática • Servicios de información
K	64-66	<p>Actividades financieras y de seguros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones • Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto Seguridad Social • Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros
L	68	Actividades inmobiliarias
M	69-70	<p>Actividades profesionales, científicas y técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades jurídicas y de contabilidad

		<ul style="list-style-type: none"> • Actividades de las sedes centrales; actividades de consultoría de gestión empresarial
N	77-82	<p>Actividades administrativas y servicios auxiliares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades de alquiler • Actividades relacionadas con el empleo • Actividades de agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos • Actividades de seguridad e investigación • Servicios a edificios y actividades de jardinería • Actividades administrativas de oficina y otras actividades auxiliares a las empresas
O	84	Administración Pública y defensa; Seguridad Social obligatoria

Tabla 20 – Divisiones de actividades del subsector Oficinas

Una vez ha quedado definido el subsector, de gran importancia en este caso puesto que es un área de lo más difusa, se puede analizar SU consumo energético.

Para analizar los consumos energéticos del subsector oficinas, los datos más recientes disponibles son del año 2018. La distribución del consumo energético en dicho año según la tecnología empleada es la siguiente:

<i>Tecnologías</i>	<i>Carbón</i>	<i>Productos Petrólferos</i>	<i>Gases</i>	<i>Energía Eléctrica</i>	<i>Renovables</i>	<i>TOTAL</i>
--------------------	---------------	----------------------------------	--------------	------------------------------	-------------------	--------------

(ktep)	0	473	1.351	2.848	26,1	4.699
--------	---	-----	-------	-------	------	-------

Tabla 21 – Consumo energético en el subsector Oficinas según tecnologías
Fuente: IDAE, 2018

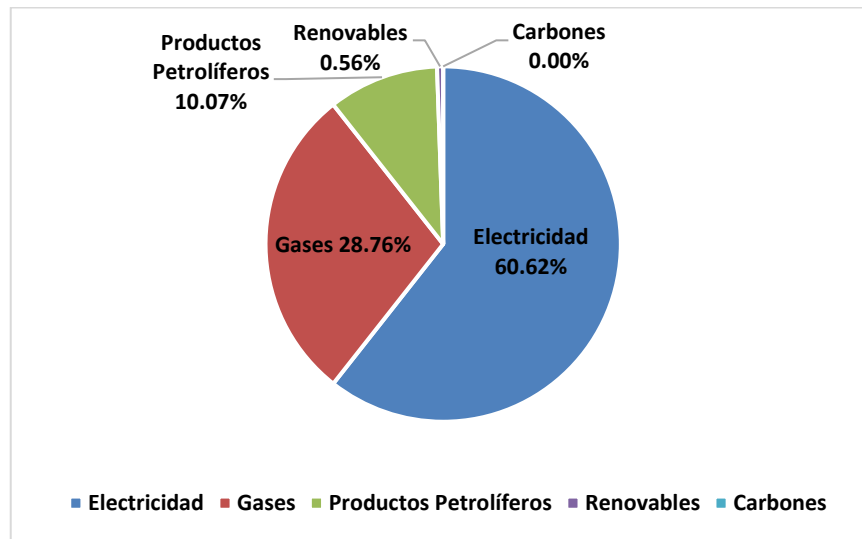


Figura 8 – Estructura energética del subsector Oficinas
Fuente: IDAE, 2018

El subsector Oficinas es la rama con mayor consumo energético del sector servicios con un consumo total de 4.699 ktep, debido al número de empleados que tiene esta rama (mostrado más adelante). El consumo total se divide según usos en 2.848 ktep eléctricos y 1.851 ktep térmicos. Como se puede ver en la Figura 8, el 60 % del sector está electrificado.

El consumo energético estimado (según energy.checkup.eu [7]) por unidad de superficie en oficinas es de 0,010449 tep/m². Sin embargo, cuantificar la superficie de oficinas en España de manera precisa es muy complejo. Por este motivo, este parámetro no se utilizará para estimar la demanda energética de este subsector

En este caso, al ser un sector tan difuso, el parámetro utilizado para estimar la demanda energética del subsector será el consumo energético unitario únicamente. El cálculo de la demanda energética se realiza utilizando los datos de consumo energético unitario aportados

en la Tabla 19 y los datos aportados por el INE de empleo en las actividades incluidas en el subsector para el año 2018:

<i>División</i>	<i>Nº empleados (miles)</i>
H Transporte y almacenamiento	981
49 Transporte terrestre y por tubería	589
50 Transporte marítimo y por vías navegables interiores	22
51 Transporte aéreo	46
52 Almacenamiento y actividades anexas al transporte	218
53 Actividades postales y de correos	106
J Información y comunicaciones	585
58 Edición	53
59 Actividades cinematográficas, de vídeo y de programas de televisión, grabación de sonido y edición musical	41
60 Actividades de programación y emisión de radio y televisión	45
61 Telecomunicaciones	121
62 Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática	312

63 Servicios de información	14
K Actividades financieras y de seguros	435
64 Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones	249
65 Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto Seguridad Social obligatoria	129
66 Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros	57
L Actividades inmobiliarias	150
68 Actividades inmobiliarias	150
M Actividades profesionales, científicas y técnicas	982
69 Actividades jurídicas y de contabilidad	338
70 Actividades de las sedes centrales; actividades de consultoría de gestión empresarial	130
N Actividades administrativas y servicios auxiliares	983
77 Actividades de alquiler	40
78 Actividades relacionadas con el empleo	35
79 Actividades de agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos	79
80 Actividades de seguridad e investigación	147

81 Servicios a edificios y actividades de jardinería	555
82 Actividades administrativas de oficina y otras actividades auxiliares a las empresas	127
O Administración Pública y defensa; Seguridad Social obligatoria	1.345
84 Administración Pública y defensa; Seguridad Social obligatoria	1.345
TOTAL	4.945

Tabla 22 – Empleados en las diferentes divisiones del subsector Oficinas

El número de empleados en el subsector según el INE en 2018 fue de 4.945.000 empleados aproximadamente. La estimación de consumo energético entonces sería:

$$\text{Consumo Energ. Oficinas} = 4.945.000 \text{ empleados} * 0,0006739 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}}$$

$$\text{Consumo Energ. Oficinas} = 3.332,43 \text{ ktep}$$

Según el IDAE, el consumo energético fue de 4.699 ktep por lo tanto, es probable que haya algún fallo en el cálculo del consumo energético unitario del IDAE, o que se deba incluir alguna división laboral más al conteo de empleados de las oficinas. Si se estima el consumo energético unitario basándose en el consumo energético total del subsector y el número de empleados contabilizados se tiene el siguiente consumo energético unitario:

$$\frac{\text{Consumo Energ.}}{\text{empleado}} = \frac{4.699 \text{ ktep}}{4.945.000 \text{ empleados}} = 0,00095025 \text{ ktep/empleado}$$

5.1.3.2 Demanda Energética en el subsector Sanidad

El subsector de la sanidad Tiene un consumo energético mucho menor que el de las oficinas. Para analizar los consumos energéticos del subsector, los datos más recientes disponibles son del año 2018. La distribución del consumo energético en dicho año según la tecnología empleada es la siguiente:

Tecnologías	Carbón	Productos Petrolíferos	Gases	Energía Eléctrica	Renovables	TOTAL
(ktep)	0	185	236	444	4,5	870

Tabla 23 – Consumo energético en el subsector sanidad según tecnologías
Fuente: IDAE, 2018

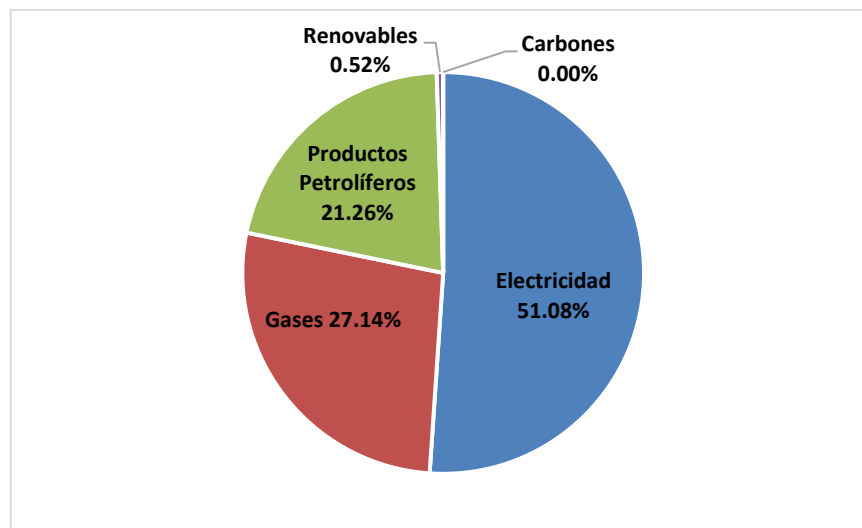


Figura 9 - Estructura energética del subsector sanidad
Fuente: IDAE, 2018

Como se puede observar en la figura anterior, el consumo energético es un 51 % eléctrico y un 49 % térmico. El consumo energético total es de unos 870 ktep, siendo un 27 % del

consumo de gas natural y un 21 %, debido a los productos petrolíferos. El consumo eléctrico es de unos 444 ktep y el consumo térmico, de unos 426 ktep.

Para estimar la demanda energética en la sanidad, se han estudiado dos posibles maneras. En primer lugar, se va a emplear el parámetro de consumo energético unitario por empleado. Según el INE, el número de empleados en el subsector de la sanidad en el año 2018 es de 1.614.800 empleados. La CNAE-2009 clasifica el subsector de la siguiente manera:

<i>División</i>	<i>Nº empleados (miles)</i>
Q Actividades sanitarias y de servicios sociales	1.614,80
86 Actividades sanitarias	1.092,95
87 Asistencia en establecimientos residenciales	303,98
88 Actividades de servicios sociales sin alojamiento	217,88

*Tabla 24 – Número de empleados en el subsector de la sanidad
Fuente: INE, 2018*

La estimación de consumo energético entonces sería:

$$\text{Consumo Energ. Sanidad} = 1.614.800 \text{ empleados} * 0,0005359 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}}$$

$$\text{Consumo Energ. Sanidad} = 865,37 \text{ ktep}$$

Según el IDAE, el consumo energético fue de 870 ktep. Es un valor bastante similar al obtenido, por lo tanto, este parámetro podría valer para cuantificar la demanda energética en este subsector.

En segundo lugar, se pretende cuantificar el consumo energético de las actividades sanitarias (hospitales, centros de salud, etc.) mediante el parámetro de consumo energético de las camas en los hospitales españoles.

El consumo energético de las actividades sanitarias se puede estimar de la siguiente manera:

$$\text{Consumo Energ. Act. Sanitarias} = 1.092.950 \text{ empleados} * 0,0005359 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}}$$

$$\text{Consumo Energ. Actividades sanitarias} = 585,712 \text{ ktep}$$

Para analizar el consumo energético de los hospitales basado en el número de camas, se les debe categorizar por zonas climatológicas puesto que el consumo varía. Por ello, se dividen en:

- Zona Atlántica.
- Zona Continental.
- Zona Mediterránea.

Además de realizar esta división, también se realiza una categorización entre camas de hospitales públicos y hospitales privados, ya que, como se observará más adelante, el consumo energético varía considerablemente dependiendo de una entidad pública y otra privada (según el IDAE).

El número de camas según la zona y el tipo de entidad se desagrega en las siguientes tablas:

<i>ZONA ATLÁNTICA</i>			
	Nº Camas	Públicas	Privadas
Coruña	4.162,00	6.492,00	2.176,00
Lugo	1.293,00		

Pontevedra	3.213,00		
Asturias	3.785,00	2.775,00	1.010,00
Cantabria	2.020,00	1.385,00	635,00
Vizcaya	3.867,00	4.715,00	2.042,00
Guipúzcoa	2.890,00		
TOTAL	21.230,00	15.367,00	5.863,00

*Tabla 25 – Número de camas en la Zona Atlántica
Fuente: Colegio Nacional de Hospitales, 2019 [8]*

ZONA CONTINENTAL

	Nº Camas	Públicas	Privadas
Madrid	20.516,00	13.872,00	6.644,00
Castilla Y León	9.414,00	7.212,00	2.202,00
Castilla La-Mancha	5.589,00	5.213,00	376,00
Extremadura	3.862,00	3.418,00	444,00
Navarra	2.300,00	1.397,00	903,00
La Rioja	1.050,00	810,00	240,00
Aragón	5.254,00	4.362,00	892,00
Ourense	1.141,00	1.049,00	92,00

Álava	1.252,00	1.081,00	171,00
Lérida	1.815,00	787,00	1.028,00
TOTAL	52.193,00	39.201,00	12.992,00

*Tabla 26 – Número de camas en la zona Continental
Fuente: Colegio Nacional de Hospitales, 2019*

<i>ZONA MEDITERRÁNEA</i>			
	Nº Camas	Públicas	Privadas
Andalucía	21.349,00	15.669,00	5.680,00
Murcia	4.909,00	3.331,00	1.578,00
C. Valenciana	13.992,00	11.534,00	2.458,00
Baleares	3.851,00	2.465,00	1.386,00
Canarias	7.551,00	4.964,00	2.587,00
Ceuta	252,00	252,00	0,00
Melilla	168,00	168,00	0,00
Barcelona	26.020,00		
Girona	2.927,00	14.129,00	18.668,00
Tarragona	3.850,00		

TOTAL	84.869,00	52.512,00	32.357,00
-------	-----------	-----------	-----------

Tabla 27 – Número de camas en la Zona Mediterránea
Fuente: Colegio Nacional de Hospitales, 2019

Una vez se tiene la distribución de camas en las diferentes regiones, se disponen los consumos energéticos según la zona:

ZONA	Consumo Energético Unitario Z.Med.		Consumo Energético Unitario Z.At.		Consumo Energético Unitario Z.Cont.	
	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado
(kWh/cama)	49.348,00	24.615,00	37.018,00	22.276,00	42.443,00	30.596,00

Tabla 28 – Consumo Energético de las camas hospitalarias en función de la zona y el tipo de entidad
Fuente: Consumos de Energía en Hospitales Españoles, IDAE, 2011 [9]

Por lo tanto, la estimación del consumo energético sería la siguiente:

- Zona Atlántica:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo Energético Z. A.} &= \\
 &= 15.367 \text{ camas} * 37.018 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}} + 5.863 \text{ camas} * 22.276 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}} = \\
 &= 699.459.794 \text{ kWh} = 60,15 \text{ ktep}
 \end{aligned}$$

- Zona Continental:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo Energético Z. C.} &= \\
 &= 39.201 \text{ camas} * 42.443 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}} + 12.992 \text{ camas} * 30.596 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}} = \\
 &= 2.061.311.275 \text{ kWh} = 177,27 \text{ ktep}
 \end{aligned}$$

- Zona Mediterránea:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo Energético Z. M.} &= \\
 &= 52.512 \text{ camas} * 49.348 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}} + 32.357 \text{ camas} * 24.615 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}} =
 \end{aligned}$$

$$= 2.061.311.275 \text{ kWh} = 291,35 \text{ ktep}$$

Y el consumo energético total sería:

$$\begin{aligned} \text{Cons. Energético Actividades Sanitarias} &= \\ &= \text{Consumo Energ. Z. A} + \text{Consumo Energ. Z. C} + \text{Consumo Energ. Z. M} = \\ &= 60,15 \text{ ktep} + 177,27 \text{ ktep} + 291,35 \text{ ktep} = \\ &= 528,77 \text{ ktep} \end{aligned}$$

El consumo energético obtenido para las actividades sanitarias es bastante parejo al calculado utilizando los consumos energéticos unitarios (585,71 ktep frente a 528,77 ktep). La diferencia puede deberse al consumo energético derivado de centros de salud, entre otros centros, donde el consumo energético se debe a otros parámetros. Aun así, el consumo energético debido a las camas, en base a los cálculos obtenidos, es alrededor del 90% del consumo energético de las actividades sanitarias.

5.1.3.3 Demanda Energética en el subsector Comercio

Este subsector es el segundo con mayor consumo energético del sector servicios. Para analizar los consumos energéticos del subsector, los datos más recientes disponibles son del año 2018. La distribución del consumo energético en dicho año según la tecnología empleada es la siguiente:

<i>Tecnologías</i>	<i>Carbón</i>	<i>Productos Petrolíferos</i>	<i>Gases</i>	<i>Energía Eléctrica</i>	<i>Renovables</i>	<i>TOTAL</i>
(ktep)	0	248	851	1.894	2	2.995

*Tabla 29 – Consumo energético en el subsector comercio según tecnologías
Fuente: IDAE, 2018*

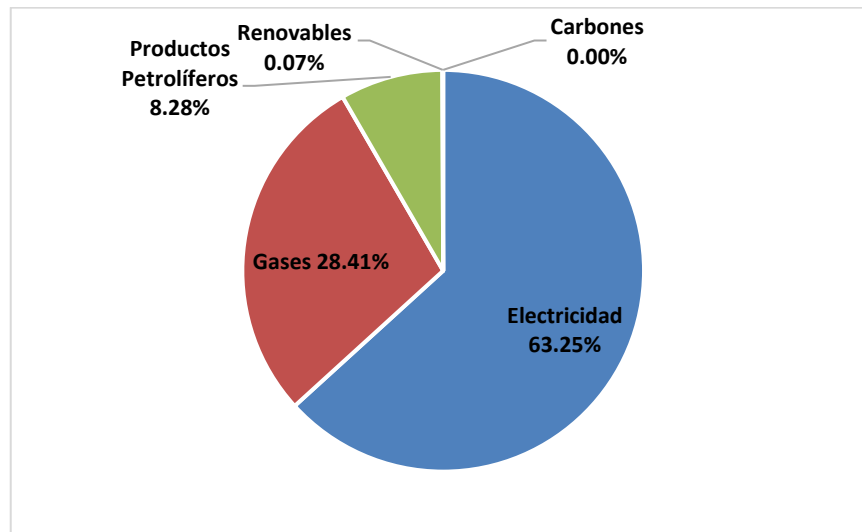


Figura 10 - Estructura energética del subsector sanidad
Fuente: IDAE, 2018

La distribución energética por tecnologías en este sector es muy similar a la del resto de subsectores. Esta rama está electrificada en un 63%, mientras que la demanda térmica es del 37%. La participación de las renovables es muy pobre, siendo de 2 ktep. La tecnología renovable más común empleada, es la solar térmica.

El consumo energético estimado (según energy.checkup.eu) por unidad de superficie en comercios es de 0,018576 tep/m². Sin embargo, cuantificar la superficie comercial en España de manera precisa es muy complejo.

Según el [Ministerio de Industria, Comercio y Turismo](http://www.ministerioindustria.comercioyturismo.es) el 1 de enero de 2020 había en España 3.404.428 empresas activas, de las cuales el 21,3% (726.573 empresas) correspondían al sector comercio (sección G CNAE-2009). Dentro de comercio, 435.836 empresas tenían como actividad principal el comercio al por menor (12,8% del total de empresas), 216.258 el comercio al por mayor (6,4% del total) y 74.479 la venta y reparación de vehículos (2,2% del total).

En cuanto a número de locales, el 1 de enero de 2020 había en España 3.907.402 locales activos, de los cuales el 23,1% (900.959 locales) correspondían al Comercio (sección G). Dentro de comercio, 550.310 locales corresponden al comercio minorista (14,1% del total), 259.162 al mayorista (6,6% del total) y 91.487 a la venta y reparación de vehículos (2,3% del total). No se han encontrado datos sobre la superficie media en España por comercio, por lo que no se empleará este parámetro.

Sin embargo, la demanda energética se puede calcular también utilizando el parámetro de consumo energético unitario por empleado. El cálculo de la demanda energética se realiza utilizando los datos aportados en la Tabla 30 y los datos presentados por el INE de empleo en las actividades incluidas en el subsector para el año 2018:

<i>División</i>	<i>Nº empleados</i>
G Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas	3.006.925
45 Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas	330.925
46 Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas	751.375
47 Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	1.924.650

*Tabla 30 – Número de empleados en el subsector del comercio
Fuente: INE, 2018*

El número de empleados en el subsector según el INE en 2018 fue de 3.006.925 empleados aproximadamente. La estimación de consumo energético entonces sería:

$$\text{Consumo Energ. Comercio} = 3.006.925 \text{ empleados} * 0,0009954 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}}$$

$$\text{Consumo Energ. Comercio} = 2.993,20 \text{ ktep}$$

El consumo energético obtenido es muy similar al que ofrece el IDAE (2.995 ktep). Por lo tanto, en este caso el parámetro utilizado es adecuado para cuantificar el consumo energético del sector.

5.1.3.4 Demanda Energética en el subsector Hostelería y Restauración

El subsector Hostelería y Restauración no es uno de los que más consumo energético tiene pero su estudio es bastante interesante por su importancia económica para el país. Esta rama se divide a su vez en establecimientos de servicios de comidas y bebidas (restauración) y establecimientos de servicios de alojamiento (hostelería).

Para analizar los consumos energéticos del subsector, los datos más recientes disponibles son del año 2018. La distribución del consumo energético en dicho año según la tecnología empleada es la siguiente:

<i>Tecnologías</i>	<i>Carbón</i>	<i>Productos Petróíferos</i>	<i>Gases</i>	<i>Energía Eléctrica</i>	<i>Renovables</i>	<i>TOTAL</i>
(ktep)	0	35	91	519	17,5	663

*Tabla 31 – Consumo energético en el subsector hostelería y restauración según tecnologías
Fuente: IDAE, 2018*

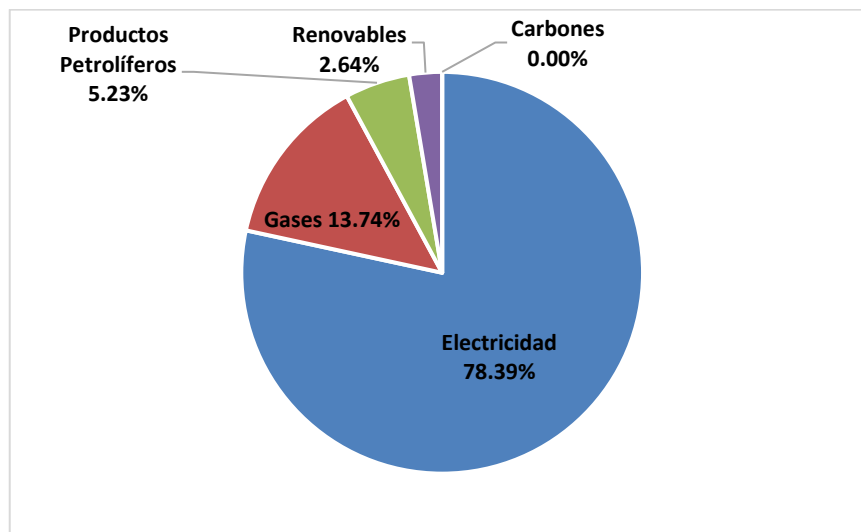


Figura 11 - Estructura energética del subsector hostelería y restauración
Fuente: IDAE, 2018

Como se puede apreciar en la Figura 11, este es un subsector con un grado de electrificación muy alto, llegando al 78 %, y un grado de demanda térmica de alrededor del 12 %. La penetración de las renovables, en términos relativos, es mayor en este subsector que en el resto de ramas. La tecnología renovable más empleada es la solar térmica, copando el 97% de participación renovable.

Para estimar la demanda energética de este subsector, se han empleado dos caminos diferentes.

En primer lugar, se ha tratado de estimar la demanda energética utilizando el parámetro de consumo energético unitario por cada empleado de cada rama. El cálculo de la demanda energética se realiza utilizando los datos aportados en la Tabla 32 y los datos presentados por el INE de empleo en las actividades incluidas en el subsector para el año 2018:

<i>División</i>	<i>Nº empleados</i>

I Hostelería	1.707.725
55 Servicios de alojamiento	409.225
56 Servicios de comidas y bebidas	1.298.500

*Tabla 32 – Número de empleados en el subsector hostelería y restauración
Fuente: INE, 2018*

El número de empleados en el subsector según el INE en 2018 fue de 1.707.725 empleados aproximadamente. La estimación de consumo energético entonces sería:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Energ. Hostelería y Restauración} &= \\ &= 1.707.725 \text{ empleados} * 0,0003777 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}} = \end{aligned}$$

$$\text{Consumo Energ. Hostelería y Restauración} = 645 \text{ ktep}$$

El consumo energético obtenido es muy similar al que ofrece el IDAE (663 ktep). Por lo tanto, en este caso el parámetro utilizado es adecuado para cuantificar el consumo energético del sector. Dividiendo el consumo energético en servicios de comidas y bebidas y servicios de alojamiento, quedarían los siguientes consumos:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Energ. Hostelería} &= \\ &= 409.225 \text{ empleados} * 0,0003777 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}} = \end{aligned}$$

$$\text{Consumo Energ. Hostelería} = 155 \text{ ktep}$$

$$\text{Consumo Energ. Restauración} =$$

$$= 1.298.500 \text{ empleados} * 0,0003777 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}} =$$

$$\text{Consumo Energ. Restauración} = 490 \text{ ktep}$$

En segundo lugar, el otro camino empleado para estimar el consumo energético es dividir el subsector en hostelería y restauración y calcular la demanda energética de cada división con parámetros diferentes:

- Hostelería: se calcula la demanda energética utilizando parámetros de consumo energético de hoteles en función del tipo de establecimiento (1 estrella oro, 2 estrellas oro, etc.).
- Restauración: se calcula la demanda energética utilizando el parámetro de consumo energético por metro cuadrado.

Para calcular la demanda energética de los servicios de alojamiento, se han encontrado datos sobre el consumo energético de los establecimientos hoteleros en función de su consumo energético:

<i>Establecimiento</i>	<i>Consumo Energético/Establecimiento (tep)</i>
5 Estrellas oro	212
4 Estrellas oro	165
3 Estrellas oro	110
Dos Estrellas oro	40
Una Estrella oro	20

3, 2 y 1 Estrellas Plata	15
--------------------------	----

*Tabla 33 – Consumo energético en función del tipo de establecimiento hotelero
Fuente: Guía de Gestión Energética en el Sector Hotelero, Comunidad de Madrid, 2017*

También se deben desagregar los diferentes tipos de establecimientos hoteleros que hay en función de la cantidad y ocupación media que hay de cada tipo en España:

Tipo de Establecimiento	<i>Hoteles 2019</i>		
	Nº de Establecimientos	Ocupación n	Consumo Energético (ktep)
5 Estrellas oro	273	60,31%	35
4 Estrellas oro	1.869	66,67%	206
3 Estrellas oro	1.925	66,00%	140
Dos Estrellas oro	1.555	47,32%	29
Una Estrella oro	957	38,95%	7
3 y 2 Estrellas Plata	2.613	36,03%	14
Una Estrella Plata	3.286	37,01%	18
Total	12.478		450

Tabla 34 – Número de establecimientos hoteleros en 2019 en España, ocupación media y consumo energético total según tipo de establecimiento.

Fuente: Encuesta de Ocupación en Alojamientos Turísticos en 2018, INE

Como se observa en la tabla, según los cálculos estimados, el consumo energético en la rama de servicios de alojamiento es de 450 ktep. Este dato es muy superior al resultado que se había estimado que se debería obtener. Esto se puede deber a que muchos establecimientos hoteleros no permanecen abiertos durante todo el año. Abren por temporadas, por lo que el consumo energético se reduce mucho. No se han encontrado datos suficientes para precisar más, por lo que no se considerará un parámetro a utilizar por el momento.

Por otro lado, para estimar el consumo energético de la restauración, se utiliza el parámetro de consumo energético por unidad de superficie. El número de establecimientos de servicios de comida y bebida en 2018 fue de 279.396. El consumo energético por unidad de superficie en el sector de la restauración (según energy.checkup.eu) es de 0,0205411 tep/m². Si se aplica una superficie media por establecimiento de 100 m² entonces se obtiene:

$$\begin{aligned} & \text{Consumo Energ. Restauración} = \\ & = 279.396 \text{ establecimientos} * 100 \text{ m}^2 / \text{establecimiento} * 0,0205411 \frac{\text{ktep}}{\text{empleada}} = \\ & = \text{Consumo Energ. Restauración} = 573 \text{ ktep} \end{aligned}$$

El resultado obtenido es ligeramente superior al esperado (490 ktep), así que afinando un poco más el parámetro, podría ser válido para su utilización en el modelado.

5.1.3.5 Demanda Energética en el subsector Educación

El subsector de la educación es uno de los que tienen menos consumo energético. Para analizar los consumos energéticos del subsector, los datos más recientes disponibles son del año 2018. La distribución del consumo energético en dicho año según la tecnología empleada es la siguiente:

<i>Tecnologías</i>	<i>Carbón</i>	<i>Productos Petróíferos</i>	<i>Gases</i>	<i>Energía Eléctrica</i>	<i>Renovables</i>	<i>TOTAL</i>
(ktep)	0	351	108	274	5,3	738

Tabla 35 – Consumo energético en el subsector educación según tecnologías
Fuente: IDAE, 2018

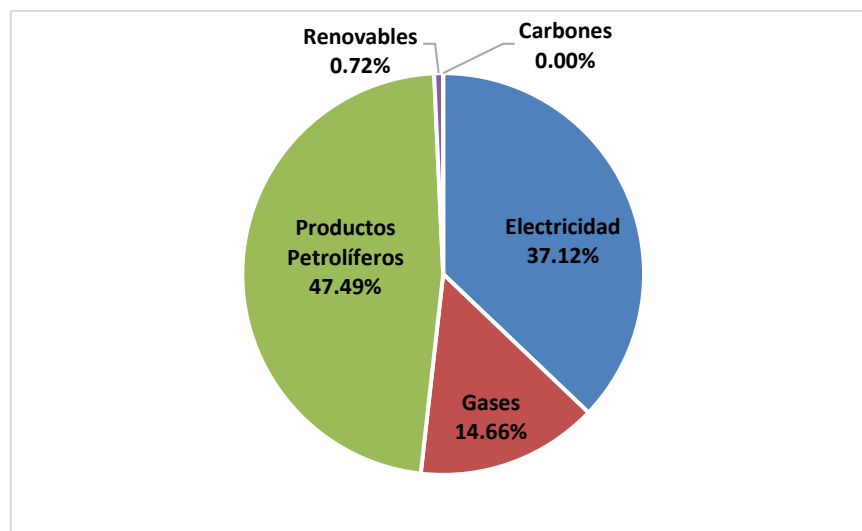


Figura 12 - Estructura energética del subsector educación
Fuente: IDAE, 2018

Como se puede apreciar en la Figura 12, este es el subsector con el menor grado de electrificación de todas las ramas, llegando al 37 %. También tiene una penetración de los productos petrolíferos cercana al 50 %, lo que indica que el mix energético de esta rama necesitaría una renovación ya que esta dependencia en los hidrocarburos es mucho mayor en este caso que en el resto de las ramas del sector servicios. La participación de las renovables también es bastante pobre, siendo la solar térmica la tecnología mas empleada. También se emplea en algún caso la geotermia.

La demanda energética se puede calcular mediante la utilización del parámetro de consumo energético unitario por empleado. El número de empleados en el subsector según el INE en

2018 fue de 1.332.300 empleados aproximadamente. La estimación de consumo energético entonces sería:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Energ. Educación} &= \\ &= 1.322.300 \text{ empleados} * 0,0005542 \frac{\text{ktep}}{\text{empleado}} = \end{aligned}$$

$$\text{Consumo Energ. Educación} = 733 \text{ ktep}$$

El consumo energético obtenido es muy similar al que ofrece el IDAE (738 ktep). Por lo tanto, en este caso el parámetro utilizado es adecuado para cuantificar el consumo energético del sector.

5.1.3.6 Demanda Energética en el subsector Otros Servicios

Este subsector del sector servicios incluye todos aquellos servicios no incluidos en las ramas anteriores. (7) Entre ellos están:

- Actividades asociativas.
- Actividades recreativas.
- Actividades culturales.
- Actividades diversas de servicios personales.
- Suministro de agua.
- Actividades de saneamiento.
- Gestión de residuos y descontaminación.

Para analizar los consumos energéticos del subsector, los datos más recientes disponibles son del año 2018. La distribución del consumo energético en dicho año según la tecnología empleada es la siguiente:

<i>Tecnologías</i>	<i>Carbón</i>	<i>Productos Petróíferos</i>	<i>Gases</i>	<i>Energía Eléctrica</i>	<i>Renovables</i>	<i>TOTAL</i>
(ktep)	0	59	194	427	4,23	688

Tabla 36 – Consumo energético en el subsector otros servicios según tecnologías
Fuente: IDAE, 2018

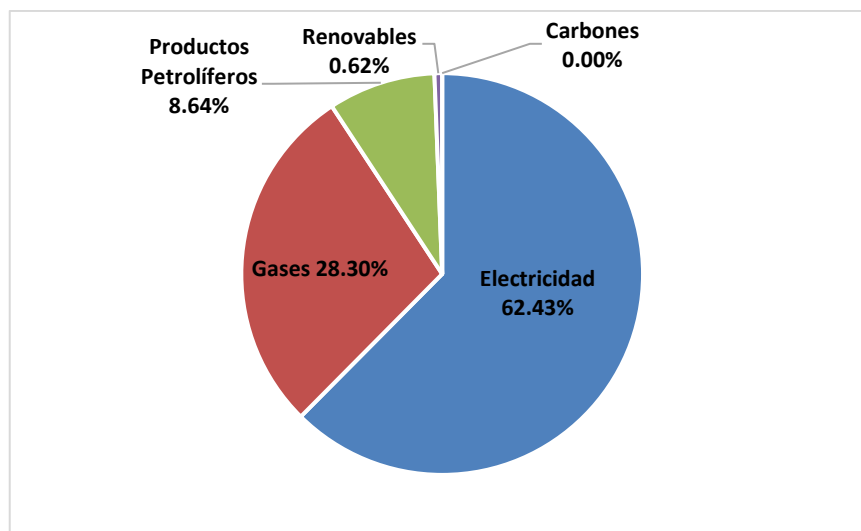


Figura 13 - Estructura energética del subsector otros servicios
Fuente: IDAE, 2018

La Figura 13 ilustra la estructura de consumo energético de esta rama del sector servicios tan variada. La electrificación en dicha rama es bastante alta, del 62 %, siendo la demanda térmica del 38% aproximadamente. Destaca el bajo consumo de productos petrolíferos en el mix energético, por debajo del 10 %. La penetración de las renovables es bastante baja, aunque es destacable que la tecnología renovable más empleada es la de residuos sólidos urbanos renovables.

Para estimar el consumo energético de esta rama, quizás la más difusa de todas, se va a estimar el consumo de las actividades más intensivas de la rama. Se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Alumbrado exterior en España.
- Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA).
- Desalación del agua.
- Captación y Depuración de aguas.

El alumbrado exterior incluye cualquier instalación de iluminación perteneciente a entidades públicas o privadas cuyo flujo luminoso incide sobre un espacio abierto (carretera, calle, parque, ornamental, etc.) de uso público. Estas instalaciones totalizan unos 8.849.839 puntos de luz que, con una potencia media de 156 W, representa un consumo de electricidad de 5.296 GWh/año para el conjunto de España (según el IDAE). El promedio de número de horas equivalentes de iluminación anual fue de 3.511 horas equivalentes aproximadamente. El consumo total, por tanto, en kilotoneladas equivalentes de petróleo, fue de 456 ktep. Esto es equivalente a un 66,28 % del consumo energético total de la rama otros servicios. Por lo tanto, el consumo energético por punto de luz parece un buen parámetro para medir parte del consumo energético de la rama siendo este:

$$\frac{\text{Consumo energético}}{\text{Punto de luz}} = \frac{455.456 \text{ ktep}}{8.849.839} = 0,05146489 \frac{\text{tep}}{\text{punto de luz}}$$

Con respecto a AENA, en la siguiente tabla se desagregan los consumos energéticos de dicha actividad:

<i>Consumo</i>	<i>Tecnología</i>	<i>2018</i>
Consumo de combustibles (GJ)	Gasoil	197.767
	Gasolina	2.279
	Gas natural	153.331

	Propano	999
	Queroseno	2.084
	Subtotal	356.460
Consumo energético	Electricidad	3.386.704
	Calefacción	213.872
	Refrigeración	402.666
	Subtotal	4.003.242
Consumo Energético total (GJ)		4.359.702
Consumo Energético total (ktep)		102,02

*Tabla 37 – Estructura de consumo energético de AENA
Fuente: Informe de Sostenibilidad Ambiental, AENA, 2019*

El consumo energético total de AENA para el año 2018 es de 102 ktep aproximadamente, por lo que implica 1/6 del consumo energético de la rama otros servicios.

Para el tratamiento de aguas se han tenido en cuenta dos procesos: la desalación del agua y el tratamiento de aguas residuales [10].

En primer lugar, se analiza el consumo energético en desalación en España. El consumo energético por metro cúbico de agua tratado es de 4,9 kWh/m³. Se tratan diariamente 1,5 millones de metros cúbicos de agua por lo que el consumo energético en desalación es de:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Energético Desalación} &= 4,9 \frac{kWh}{m^3} * 1,5 * 10^6 \frac{m^3}{\text{día}} * 365 \text{ días} = \\ &= 2.682.750.000 kWh = 231 ktep \end{aligned}$$

En segundo lugar, se analiza el consumo energético en el tratamiento de aguas residuales. El consumo energético anual es de 2672 GWh:

$$\text{Consumo Energético Aguas Residuales} = 2.672 GWh = 230 ktep$$

Por tanto sumando los consumos energéticos de los 4 parámetros establecidos queda un consumo energético total de :

$$\begin{aligned} \text{Consumo Energético Otros Servicios} &= \\ &= 456 ktep + 102 ktep + 231 ktep + 230 ktep = 1019 ktep \end{aligned}$$

El resultado obtenido está bastante alejado del ofrecido por el IDAE. Sin embargo, esta rama es muy difusa y no dispone de datos recientes en bastantes aspectos por lo que su parametrización es realmente complicada.

5.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA EN 2030 Y 2050

Para estimar la demanda energética en 2030 y 2050 se han tenido en cuenta los datos ofrecidos sobre los parámetros durante series de años anteriores. Teniendo datos de diferentes años sobre los parámetros, se ha empleado la regresión lineal.

La regresión lineal es una técnica de modelado estadístico que se emplea para describir una variable de respuesta continua como una función de una o varias variables predictoras. Se emplea para ayudar a entender y predecir el comportamiento de sistemas complejos o a analizar datos experimentales, financieros y biológicos. Las técnicas de regresión lineal permiten crear un modelo lineal. Este modelo describe la relación entre una variable

dependiente y como una función de una o varias variables independientes X_i . La ecuación general de un modelo de regresión lineal es la siguiente:

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

Los resultados obtenidos tras aplicar la regresión lineal sobre los datos obtenidos se consideran el escenario tendencial o neutro. Es decir, se considera el escenario más probable para el futuro estimado si el crecimiento del PIB tras la crisis del COVID-19 sigue el comportamiento esperado.

Sin embargo, el Banco de España ha establecido otros dos escenarios, además del tendencial, (uno favorable y otro desfavorable) en junio de 2021. Estas previsiones crecimiento del PIB, realizadas para los años 2021, 2022 y 2023, se establecen en función de la evolución del frente sanitario, a las perspectivas económicas de los países del entorno y a la llegada de los fondos europeos.

Por otro lado, como el crecimiento del PIB de los próximos 3 años va a ser anómalo tras la caída del 10,8 % en el año 2020, se ha establecido el PIB esperado en el PNIEC para el año 2030 en el escenario tendencial. Según el Banco de España, dicho país volverá a tener los niveles de PIB previos a la pandemia a finales de 2022, por lo que empleando los fondos europeos adecuadamente no es descabellado que se cumplan igualmente los pronósticos del PNIEC. Dichos pronósticos se establecieron antes de que comenzara la pandemia. De ahí la incertidumbre generada.

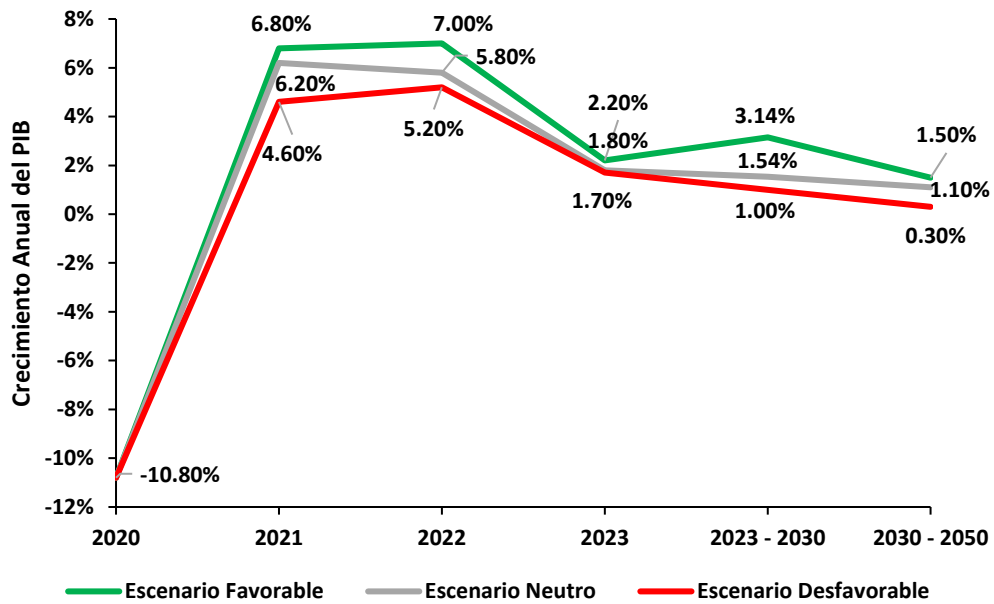


Figura 14 – Proyecciones de Crecimiento Anual de PIB en los diferentes escenarios planteados

La Figura 14 ilustra los diferentes escenarios en función del crecimiento anual del PIB comentados anteriormente.

Para calcular los consumos energéticos en los escenarios favorable y desfavorable se ha establecido una regla de 3 simple con el PIB obtenido para cada uno de los años objetivo. De esta manera se obtiene una variabilidad razonable con respecto al escenario objetivo.

Tras establecer los 3 diferentes escenarios, se han proyectado los diferentes parámetros. En primer lugar, se ha proyectado el número de empleados y establecido un diferente número de empleados en función del escenario, obteniendo los siguientes datos:

PARÁMETRO: CONSUMO ENERGÉTICO UNITARIO (MILES DE EMPLEADOS)

	Escenario Favorable	Escenario Neutro	Escenario Desfavorable

	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Oficinas	5.915	7.038	5.260	5.874	5.110	4.958
H Transporte y almacenamiento	1.176	1.433	1.045	1.196	1.016	1.010
J Información y comunicaciones	750	963	667	804	648	678
K Actividades financieras y de seguros	462	416	411	347	399	293
L Actividades inmobiliarias	222	361	198	302	192	255
69 Actividades jurídicas y de contabilidad	444	571	394	477	383	402
70 Actividades de las sedes centrales; actividades de consultoría de gestión empresarial	199	326	177	272	172	230
N Actividades administrativas y servicios auxiliares	1.203	1.482	1.070	1.237	1.039	1.044
O Administración Pública y defensa;	1.460	1.485	1.298	1.239	1.261	1.046

Seguridad Social obligatoria						
Sanidad	2.323	3.339	2.066	2.787	2.007	2.352
Q Actividades sanitarias y de servicios sociales	2.323	3.339	2.066	2.787	2.007	2.352
86 Actividades sanitarias	1.545	2.194	1.374	1.831	1.335	1.546
87 Asistencia en establecimientos residenciales	451	674	401	562	389	475
88 Actividades de servicios sociales sin alojamiento	327	471	291	393	283	332
Comercio	3.296	3.454	2.932	2.882	2.848	2.433
G Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas	3.296	3.454	2.932	2.882	2.848	2.433
45 Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas	332	302	296	252	287	213

46 Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas	874	988	777	824	755	696
47 Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	2.090	2.164	1.859	1.806	1.806	1.524
Hostelería y Restauración	1.894	2.339	1.684	1.952	1.636	1.647
I Hostelería	1.894	2.339	1.684	1.952	1.636	1.647
55 Servicios de alojamiento	422	496	375	414	365	350
56 Servicios de comidas y bebidas	1.472	1.843	1.309	1.538	1.272	1.298
Educación	1.722	2.272	1.531	1.896	1.487	1.600
P Educación	1.722	2.272	1.531	1.896	1.487	1.600

Tabla 38 – Proyección de empleo para los años 2030 y 2050 en los diferentes escenarios.

La tabla anterior ilustra las diferentes proyecciones de empleo realizadas. El planteamiento realizado para elaborarlas es el siguiente: si el producto interior del país crece a un ritmo más alto que la tendencia, el empleo generado también será mayor y al contrario si crece a un ritmo más lento. Sin embargo, en aquellos casos donde el empleo tiene una tendencia

decreciente en su evolución, la proyección favorable hace que la destrucción de empleo no sea tan acelerada.

Finalmente, los resultados obtenidos para las diferentes ramas en cada escenario en los años 2030 y 2050 son:

*CONSUMO ENERGÉTICO EN LAS DIFERENTES RAMAS DEL SECTOR SERVICIOS
(KTEP)*

Sector	Escenario Favorable		Escenario Neutro		Escenario Desfavorable	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
	Oficinas	3.986	4.743	3.545	3.959	3.444
Sanidad	1.245	1.789	1.107	1.493	1.076	1.261
Comercio	3.281	3.438	2.918	2.869	2.835	2.422
Hostelería y Restauración	715	883	636	737	618	622
Educación	954	1.259	849	1.051	824	887

Tabla 39 – Consumos energéticos en las diferentes ramas

En el caso de la rama sanitaria, puesto que se ha estudiado la validez del parámetro de consumo energético por cama en hospitales, se ha proyectado también el número futuro de camas. Tras realizar la proyección, se establecieron los 3 escenarios con el mismo planteamiento que anteriormente: a mayor crecimiento del PIB, mayor número de camas en los hospitales españoles. Con este parámetro se ha estimado la demanda energética de las actividades sanitarias, dentro de la rama sanitaria.

PARÁMETRO: NÚMERO DE CAMAS

	Escenario Favorable		Escenario Neutro		Escenario Desfavorable	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Camas	177.518	186.700	157.877	155.824	153.369	131.523
Consumo Energético (ktep)	593	624	527	521	512	439

Tabla 40 – Proyección de consumo energético en las actividades sanitarias en los años 2030 y 2050

Para realizar esta proyección no se ha tenido en cuenta la evolución del consumo energético por cama debido a la falta de datos para poder proyectarlos. Sin embargo, sí se ha tenido en cuenta la distribución de camas en las diferentes zonas, asumiendo que se mantendrá constante.

En el sector de la hostelería y restauración, pese a la falta de consistencia de los datos obtenidos, se ha proyectado el número de hoteles y el número de restaurantes. Puede ser de ayuda para estudios futuros y para la continuación del proyecto.

Por lo tanto, en la siguiente tabla se muestra, en primer lugar, la proyección del número de hoteles y el consumo energético en función del tipo de establecimiento. Se ha asumido que la ocupación en cada establecimiento será la misma que en 2019, asumiendo que será constante.

PARÁMETRO: NÚMERO DE HOTELES

Tipo de Establecimiento	Nº Establecimientos		Ocupación	Consumo Energético/establecimiento (ktep)	Consumo Energético (ktep)	
	2030	2050			2030	2050
5 Estrellas oro	388	545	60,89%	0,212	50	70
4 Estrellas oro	3.031	4.251	66,33%	0,165	332	465
3 Estrellas oro	2.597	2.755	64,79%	0,11	185	196
Dos Estrellas oro	1.884	1.909	47,44%	0,04	36	36
Una Estrella oro	1.115	1.042	41,40%	0,02	9	9
3 y 2 Estrellas Plata	2.876	2.726	36,45%	0,015	16	15
Una Estrella Plata	2.633	995	39,42%	0,015	16	6
TOTAL	14.524	14.220			643	797

Tabla 41 – Proyección de demanda energética en el conjunto de establecimientos hoteleros españoles

Tras la proyección de establecimientos hoteleros en el futuro se ha proyectado el número de establecimientos de comida y bebida, obteniendo los siguientes resultados:

Número de establecimientos		Consumo Energético/Establecimiento (kWh/m ²)	Tamaño medio (m ²)	Consumo Energético (ktep)	
				2030	2050
2030	2050			2030	2050
265.700	247.621	238,85	100	546	509

Tabla 42 – Proyección establecimientos de comida y bebida

Con estos resultados, se ha establecido la variabilidad de los tres escenarios que queda plasmada en la Tabla 43:

<i>CONSUMO ENERGÉTICO EN HOSTELERÍA Y RESTAURACIÓN (KTEP)</i>						
Tipo de establecimiento	ESCENARIO FAVORABLE		ESCENARIO NEUTRO		ESCENARIO DESFAVORABLE	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
	Servicios de alojamiento	723	955	643	797	625
Servicios de comida y bebida	614	609	546	509	530	429

TOTAL	1.337	1.565	1.189	1.306	1.155	1.102
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 43 – Proyección de demanda energética en la hostelería y restauración

En el sector que engloba otros servicios es complicado ser preciso en las proyecciones por la falta de datos de años anteriores. Aun así, se han proyectado los consumos energéticos a los años objetivo. Posteriormente, para establecer los escenarios, en este caso se ha realizado una regla de 3 inversa con respecto a los crecimientos del PIB ya que la tendencia es que el consumo energético en este sector se reduzca debido a medidas de eficiencia energética. Los resultados obtenidos quedan reflejados en la Tabla 45:

	<i>Escenario Favorable</i>		<i>Escenario Neutro</i>		<i>Escenario Desfavorable</i>	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
AENA	104	119	117	143	121	169
Alumbrado Exterior	382	324	429	388	442	460
Desalación	167	122	188	146	194	172
Depuración y Captación	204	192	230	230	237	272
TOTAL	858	757	964	907	993	1.074

Tabla 44 – Proyección de demanda energética en la hostelería y restauración

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los datos de consumo energético presentados por el IDAE para el año 2018, los consumos energéticos calculados para dicho año y las proyecciones estimadas en cada caso:

Ramas del Sector	Consumo Energético (ktep) (IDAE, 2018)	Parámetro: consumo energético/emp leado	PROYECCIONES A 2030			PROYECCIONES A 2050		
			Escenario Favorable	Escenario Neutro	Escenario Desfavorable	Escenario Favorable	Escenario Neutro	Escenario Desfavorable
Servicios								
Oficinas	4.699	3.332	3.986	3.545	3.444	4.743	3.959	3.341
Sanidad	870	865	1.245	1.107	1.076	1.789	1.493	1.261
Comercio	2.995	2.993	3.281	2.918	2.835	3.438	2.869	2.422
Hostelería y Restauración	663	645	715	636	618	883	737	622
Educación	738	733	600	534	519	642	535	452
Otros Servicios	688	1.019	858	757	964	907	993	1.074

TOTAL	10.653	9.588	10.685	9.497	9.456	12.402	10.586	9.172
-------	--------	-------	--------	-------	-------	--------	--------	-------

Tabla 45 – Resumen estimación de la demanda energética en las ramas del sector servicios

Subramas estudiadas	PARÁMETROS (KTEP)			PROYECCIONES A 2030			PROYECCIONES A 2050			
	Consumo energético /empleado	Nº de camas	Nº hoteles	Consumo/unidad de superficie	Escenario Favorable	Escenario Neutro	Escenario Desfavorable	Escenario Favorable	Escenario Neutro	Escenario Desfavorable
Actividades Sanitarias	586	529			593	527	512	624	521	439
Servicios de comida y bebida	490			573	614	546	530	609	509	429

Servicios de alojamiento	155	450	723	643	625	955	797	673
--------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 46 – Resumen estimación de la demanda energética en las subramas del sector servicios

Como se puede observar la tendencia de consumo energético varía en función de la rama del sector. En la mayoría de los casos la tendencia es creciente y en otros es decreciente.

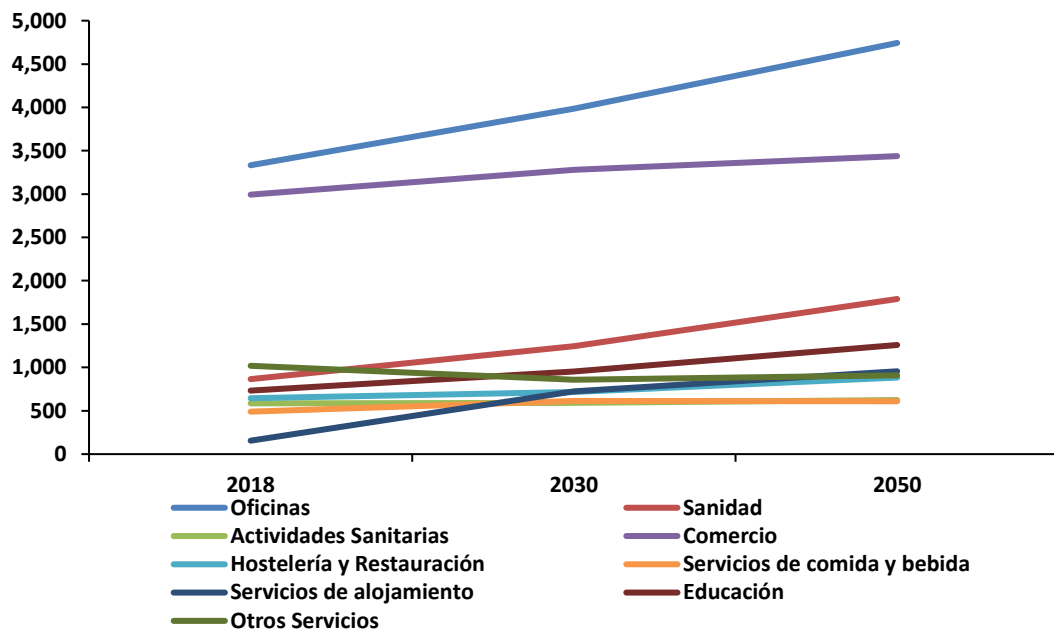


Figura 15 – Proyecciones de consumo energético en el escenario favorable

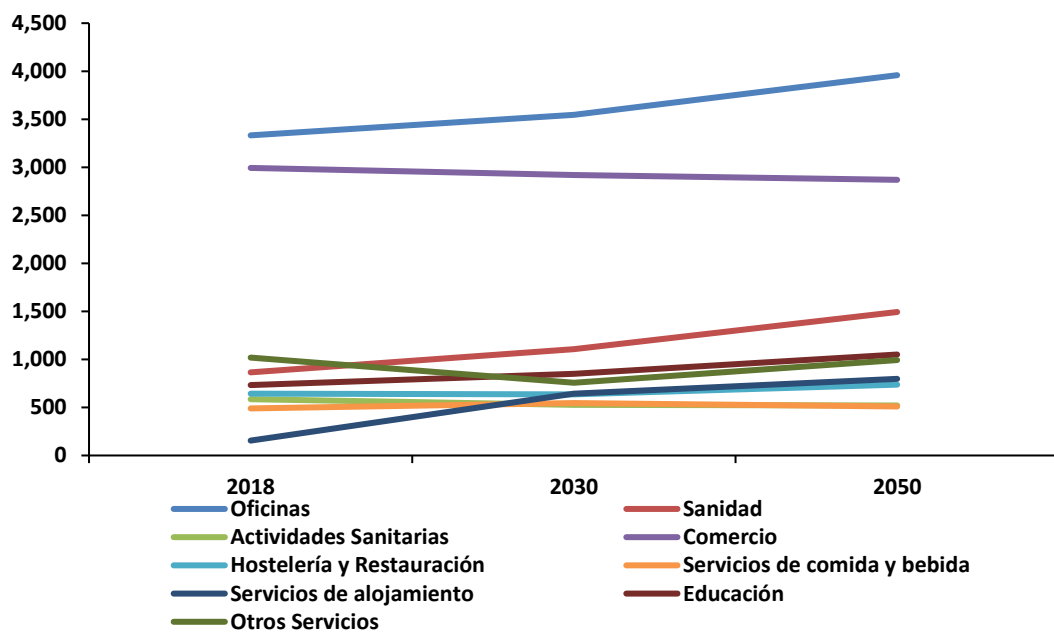


Figura 16 – Proyecciones de consumo energético en el escenario neutro

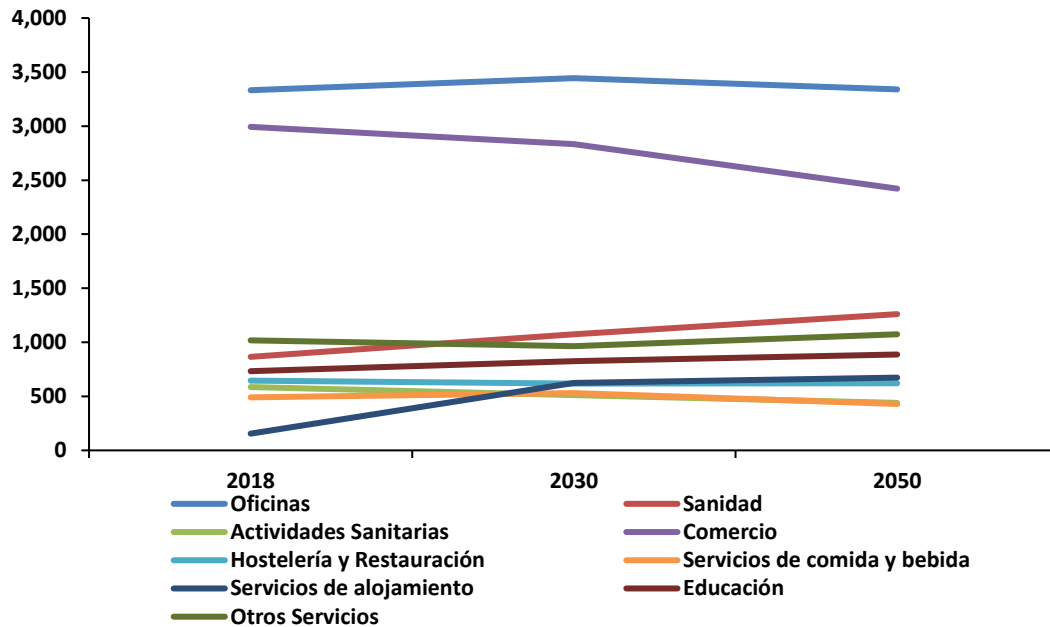


Figura 17 – Proyecciones de consumo energético en el escenario desfavorable

En el caso de la rama del sector que abarca otros servicios, es complicado precisar las proyecciones por dos motivos. En primer lugar, porque existen pocos datos de años anteriores como para poder establecer una tendencia fiable. En segundo lugar, el sector es muy difuso y la estimación de consumo energético para el año 2018 no se parece a la ofrecida por el IDAE.

El sector de las oficinas es uno de los más difusos después del que abarca a otros servicios. Es complicada su parametrización porque no existen estudios sobre el número de oficinas en toda España, ni de toda la superficie que abarcan las oficinas en España. Por otro lado, existen numerosos empleos procedentes de otros sectores que implican también trabajo de oficina y puede ser que se produzca solapamiento. La estimación de la demanda energética se acerca, pero es aproximadamente un 25% menor que la ofrecida por el IDAE, por lo tanto deben faltar empleos que incluir en la estimación. Con respecto a las proyecciones, el sector tiene una tendencia de consumo energético creciente que se acentúa cuanto más favorable

es el escenario. Esto se debe a que se espera que el crecimiento económico implique un aumento de empleo en el sector considerable.

El sector sanitario se puede parametrizar de una manera bastante acertada aplicando el parámetro de consumo energético por empleado. La tendencia para 2030 y 2050 es creciente aunque no demasiado. De 2018, año el que se han realizado las estimaciones a ser comparadas con las del IDAE, a 2030, únicamente aumenta la demanda un 44%. Este incremento es menor que en otros sectores. La variación en los diferentes escenarios no es demasiado grande. Esto se explica en que es un sector con poca inversión pese a su importancia. Las proyecciones realizadas han tratado de tener en cuenta los efectos de la pandemia. Sin embargo, al ser un sector muy revalorizado en el último año, puede esperarse una demanda mayor que la obtenida para años futuros ya tras haber estado varios hospitales colapsados, se debería de invertir en un mayor número de plazas en ellos para evitarlo.

El subsector de las actividades sanitarias también se ha podido parametrizar utilizando el número de camas. La estimación elaborada parece ser bastante acertada ya que se asemeja bastante al resultado obtenido cuando se calcula la misma demanda mediante el consumo energético por empleado. También tiene una tendencia parecida a la de todo el sector sanitario, creciente pero no demasiado. Es curioso destacar la diferencia entre el consumo energético en camas de hospitales públicos y privados. En la zona mediterránea, por ejemplo, el consumo energético de una cama de hospital público es más de un 100% más intensivo energéticamente que una cama de un hospital privado. Este dato es coherente con el hecho de que la tendencia de las proyecciones no tenga una pendiente muy pronunciada.

El sector comercial se estima de una manera muy precisa mediante el parámetro de consumo energético por empleado. Habría sido interesante poder estimar el consumo energético con el parámetro de consumo energético por unidad de superficie. Sin embargo, como no ha sido posible encontrar datos del número de comercios en España o superficie abarcada por el sector, no se ha podido emplear dicho parámetro. La tendencia, según las estimaciones de demanda energética futura, es creciente con una pendiente muy poco pronunciada. La demanda energética va a crecer un 10% para 2030. Entiéndase que este sector actualmente

tiene un consumo energético muy alto y por tanto este crecimiento es bajo en valor porcentual, pero no en valor absoluto.

El sector de la hostelería es uno de los más difíciles de prever su evolución porque ha sido muy castigado económicamente por la pandemia. Todavía no se han publicado datos oficiales del año 2020, pero, según el Anuario de la Hostelería de España 2020, entre enero y septiembre de dicho año la hostelería ha caído un 50,3%, produciéndose en la restauración una caída del 42,8% y una caída del 65,2 % en los servicios de alojamiento. Por lo tanto es difícil poder estimar la velocidad de recuperación de esta rama concretamente.

Aun así, el parámetro de consumo energético por empleado parece bastante adecuado para poder estimar la demanda en la rama. También se ha tratado de estimar la demanda energética para los servicios de restauración, por un lado, y para los servicios de alojamiento, por otro.

En los servicios de alojamiento se ha tenido en cuenta el consumo energético en función del tipo de establecimiento, y también la cantidad de establecimientos de cada categoría.

En los servicios de restauración se ha tratado de estimar el consumo estableciendo un tamaño medio de los establecimientos y cuantificando el número de establecimientos de comida y bebida que hay en España.

Los resultados obtenidos tras la suma de ambos, ha sido muy superior al consumo energético del sector. Por ello, estos parámetros no se consideran válidos para estimar la demanda energética.

Finalmente, el sector educativo puede ser estimado mediante el parámetro de consumo energético por empleado. La tendencia en cuanto a empleo es creciente en el sector, implicando una tendencia de consumo energético creciente en el sector. Es un sector poco intensivo energéticamente en términos absolutos y el crecimiento es bajo también, aumentando alrededor de un 30% hasta 2030.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este proyecto es el inicio de un estudio que debe ser continuado en un futuro. Dicho proyecto ha consistido en la elaboración de un estudio completo y profundo del sector servicios, analizando todos los aspectos que abarca la demanda energética del sector. Se ha analizado la importancia económica del sector en España, la evolución de la demanda en los últimos años y se ha desagregado en diferentes ramas, establecidas por el IDAE, en las cuales se han analizado las fuentes de energía utilizadas en el mix energético y los principales consumos energéticos en cada rama.

Posteriormente, se ha estimado el consumo energético del sector mediante el empleo de parámetros significativos de las propias ramas del sector. Esto ha servido para averiguar si los parámetros eran acertados o no. Con los parámetros elegidos se ha proyectado la demanda energética a los años 2030 y 2050.

El objetivo del proyecto ha sido buscar maneras más precisas de cuantificar la demanda energética en el sector servicios. A excepción del sector de las oficinas y de los otros servicios, las estimaciones realizadas parecen fiables y más acertadas que lo realizado anteriormente, que consistía en extrapolar el sector residencial al sector servicios. Esto se hizo porque son sectores parecidos en cuanto a los tipos de consumos energéticos. Sin embargo, como se ha podido apreciar en este proyecto, este sector es muy amplio y abstracto. Por lo tanto, necesita de un estudio específico para él.

La estimación de la demanda energética en el sector se introducirá en el modelo de GAMS MASTER.SO. El siguiente paso a la hora de continuar este proyecto sería adaptar las tecnologías de los servicios energéticos y las tecnologías de suministro de servicios energéticos del sector a los parámetros estudiados.

Los servicios energéticos (ES) se refieren a los servicios reales para los que se utiliza la energía como la iluminación, la calefacción, la producción industrial, la movilidad de los

pasajeros, etc., en energía final, que son los vectores energéticos reales, como la electricidad, el gas, el carbón o la gasolina.

Una tecnología de suministro de servicios energéticos (ESST) es un proceso que consume energía final para suministrar un servicio energético. Algunos ejemplos podrían ser un coche de gasolina (consume gasolina para producir la movilidad de los pasajeros), una caldera de gas (consume gas natural para producir calor), un panel solar térmico (consume energía solar para producir agua caliente) o una lámpara (consume electricidad para producir iluminación). Algunos ESST pueden consumir más de un tipo de energía (por ejemplo, un coche de gasolina híbrido enchufable consume tanto electricidad como gasolina), otros pueden producir más de un servicio energético (por ejemplo, las bombas de calor pueden producir tanto calefacción como refrigeración, o las calderas de gas pueden producir tanto calefacción como agua caliente), o cualquier otra combinación. Todas estas combinaciones posibles proporcionan una gran flexibilidad de modelado, pero con un coste: se necesita una variable adicional, la actividad en cada ESST. Esta variable de actividad modela el nivel de utilización de cada ESST en cada paso de tiempo, y nos permite convertir de forma flexible el consumo de diferentes tipos de energía a la producción de diferentes tipos de servicios energéticos. Para ello, se necesitan dos grupos de parámetros de conversión externos, y se requiere un uso inteligente de las unidades y magnitudes.

Capítulo 8. ALINEAMIENTO CON LOS ODS

El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Este es un plan de acción en favor de la de las personas, el planeta y la sostenibilidad. La Agenda 2030 cuenta con 17 objetivos que en conjunto suman 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Esta estrategia regirá los compromisos de los Estados Miembro hasta 2030 como mínimo. El objetivo principal es combatir la pobreza y la desigualdad de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

El proyecto que se va a realizar se alinea con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- **Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.** Es ya una realidad que descarbonizar el mix energético no sólo es ventajoso desde el punto de vista ambiental, sino que también lo es desde el punto de vista económico. Por este motivo, invertir en energías renovables es una manera de garantizar energía a más personas en el largo plazo.
- **Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.** La descarbonización en el sector servicios implica tomar medidas que también suponen un crecimiento económico importante como se muestra en la imagen inferior, que muestra la repercusión de las medidas del PNIEC en el PIB, aún sin tener en cuenta el impacto que tendrán los fondos europeos:

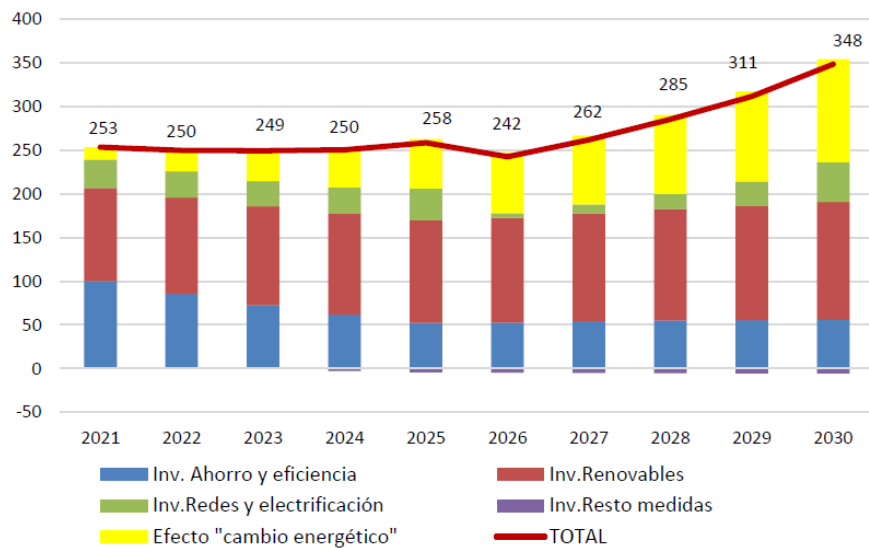


Figura 18 – Impacto en el empleo por tipo de medida (Miles de personas/año)
Fuente: Basque Centre for Climate Change, 2019

- **Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.** Algunas de las palancas fundamentales en la ruta a la descarbonización del sector servicios son la eficiencia energética en la edificación o la introducción de energías renovables. Estas medidas favorecen también la resiliencia del sector frente a posibles contratiempos relacionados con el cambio climático como por ejemplo apagones generados por eventos climatológicos extremos.
- **Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.** Actualmente Madrid, es la ciudad europea con mayor mortalidad asociada al dióxido de nitrógeno. Por lo tanto, un proyecto como este, centrado en la reducción de emisión de GEI propone medidas para hacer de las ciudades españolas, lugares más seguros y saludables.
- **Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.** Actualmente, la humanidad necesitaría 1,7 Tierras para satisfacer el ritmo de producción que lleva. Invertir en recursos renovables y en eficiencia energética nos acerca a un consumo de recursos más acorde lo que la naturaleza proporciona.

- **Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.** La descarbonización es la herramienta número 1 en la lucha por el cambio climático ya que es el CO₂ el culpable del 80 % de emisiones de GEI como quedó indicado en la Tabla 2.

Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bibliografía MITECO, C.D. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, 2020
- [2] Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.es/index.htm>
- [3] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía: <https://www.idae.es/>
- [4] Escenarios para el sector energético en España 2030-2050, 2017, Pedro Linares (Economics for Energy e Instituto de Investigación Tecnológica, U.P. Comillas)
- [5] European Environment Agency: [Progress on energy efficiency in Europe — European Environment Agency \(europa.eu\)](https://www.eea.europa.eu/en/progress-on-energy-efficiency-in-europe)
- [6] La Energía en España, 2018, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
- [7] PyME Energy Check Up: <https://energycheckup.eu/es/inicio/>
- [8] Catálogo Nacional de Hospitales, 2019, Ministerio de Sanidad , Consumo y Bienestar Social
- [9] Consumos de Energía en Hospitales Españoles, 2011, Claudio D. Míguez
- [10] Consumo Energético en el sector del agua, 2010, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio