



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Cálculo de la Huella de Carbono en Empresas de Servicios

Autor: Miriam Portillo Quesada

Director: Laura Gismera Tierno

MADRID | ABRIL 2024

RESUMEN

El mundo está siendo testigo de un alarmante incremento en las temperaturas globales, donde cada grado adicional ejerce un impacto considerable en los ecosistemas. Para prevenir esta situación, las organizaciones mundiales en el Acuerdo de París fijaron unos objetivos, cada vez más exigentes y ambiciosos, para impulsar la lucha contra el cambio climático y sus repercusiones a corto, medio y largo plazo.

Este Trabajo de Fin de Grado se centra en la cuantificación y análisis de las emisiones de dióxido de carbono equivalente de una empresa de servicios denominada 'Ticketera S.A'. Se hará una distinción de las emisiones generadas en diferentes Alcances, destacando las de Alcance 2, que están relacionadas con el consumo de electricidad, y las de Alcance 3, que abarcan las emisiones indirectas producidas a lo largo de la cadena de valor de la empresa.

El propósito principal de este estudio es establecer un marco teórico detallado sobre cómo se deben medir las diferentes emisiones producidas por una empresa de servicios. Este marco busca ser un referente aplicable en otras industrias y facilitar a las empresas, especialmente similares al caso de estudio, el análisis de su huella de carbono y la implementación de medidas de mejora. Estas medidas de mejora no solo contribuyen a la lucha contra el cambio climático, sino que también tiene implicaciones financieras en la cuenta de resultados de la empresa, las cuales serán cuantificadas y evaluadas en este trabajo. Este análisis permite a las empresas no solo cumplir con regulaciones ambientales, sino también avanzar hacia una mayor sostenibilidad operacional, promoviendo una economía más limpia y responsable con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: emisiones, CO₂, consumo, ahorro, impacto, sostenibilidad, eficiencia.

ABSTRACT

The world is witnessing an alarming increase in global temperatures, where each additional degree has a considerable impact on ecosystems. To prevent this situation, global organizations in the Paris Agreement have set increasingly demanding and ambitious goals to boost the fight against climate change and its repercussions in the short, medium, and long term.

This Final Degree Project focuses on the quantification and analysis of equivalent carbon dioxide emissions from a service company named 'Tiketera S.A.'. A distinction will be made between emissions generated at different Scopes, highlighting those of Scope 2, which are related to electricity consumption, and those of Scope 3, which include the indirect emissions produced along the company's value chain.

The main purpose of this study is to establish a detailed theoretical framework on how to measure the different emissions produced by a service company. This framework aims to be a reference applicable in other industries and to facilitate companies, especially those similar to the case study, in analysing their carbon footprint and implementing improvement measures. These improvement measures not only contribute to the fight against climate change but also have financial implications on the company's bottom line, which will be quantified and evaluated in this work. This analysis allows companies not only to comply with environmental regulations but also to advance towards greater operational sustainability, promoting a cleaner and more environmentally responsible economy.

KEY WORDS: emissions, CO₂, consumption, savings, impact, sustainability, efficiency.

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE ACRÓNIMOS	8
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivos	10
1.2 Metodología	10
1.3 Justificación del tema.....	11
1.4 Contextualización del tema.....	12
1.5 Estructura	20
2. OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE CO₂ A MEDIO Y LARGO PLAZO	21
3.1 Origen de las Políticas Regulatorias	21
3.2 Contexto Regulatorio Europeo	22
3.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	25
3. DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	28
3.1 Descripción General	28
4. ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO	29
4.1 Definición de límites e identificación de fuentes de emisión	29
4.2 Cálculo Emisiones de Alcance 2	30
4.2.1 Recopilación de datos de consumo	30
4.2.3 Perfil de consumos y costes mensuales de electricidad	31
4.2.3 Consumo Iluminación	32
4.2.4 Consumo Ofimática.....	35
4.2.5 Consumo Climatización	36
4.2.6 Resultados Emisiones Alcance 2.....	36
4.3 Cálculo Emisiones de Alcance 3	37
4.3.1 Recopilación de datos de desplazamientos	37
4.3.2 Desplazamiento a las oficinas	37
4.3.3 Desplazamiento comercial	39
5. PLAN DE ACCIÓN PARA AHORRO DE EMISIONES Y SU IMPACTO EN LA HUELLA DE CARBONO	41
5.1 Escenario 1: Ahorro energético	41
5.2 Escenario 2: Consumo de electricidad 100% renovable	42
5.3 Escenario 3: Teletrabajo y Zonificación oficina.....	42

5.4	Escenario 4: Nuevas políticas de viajes comerciales.....	43
6.	IMPACTO FINANCIERO DE LAS ACCIONES DE MEJORA SOBRE LA CUENTA DE RESULTADOS.....	45
6.1	Eficiencia energética.....	45
6.2	Mercado de las CAEs	45
6.3	Otros impactos financieros	47
7.	CONCLUSION	49
8.	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	51
9.	DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN TRABAJOS FIN DE GRADOS.....	52
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de las emisiones de CO ₂ 1963-2022.....	15
Figura 2: Variación de las emisiones de CO ₂ 2015-2022.....	16
Figura 3: Evolución de emisiones de CO ₂ de los 5 mayores emisores en la UE 1961- 2022	17
Figura 4: Mapa de emisiones de CO ₂ por habitante 2022	18
Figura 5: Esquema de los consumos eléctricos	30
Figura 6: Consumos mensuales energía activa.....	31
Figura 7: Coste Mensual de Electricidad (€).....	32
Figura 8: Potencia Instalada por tecnología	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ranking de países emisores de CO ₂	14
Tabla 2: Comparativa de objetivos entre el PNIEC 2020 y el borrador	25
Tabla 3: Consumos mensuales energía eléctrica 2022-2023	31
Tabla 4: Inventario Iluminación	33
Tabla 5: Hipótesis horas iluminación por espacio	34
Tabla 6: Consumo Total por Zona y Tipo Luminaria.....	35
Tabla 7: Inventario de equipos informáticos	35
Tabla 8: Balance energético y emisiones CO ₂	37
Tabla 9: Emisiones diarias por desplazamientos a la oficina	38
Tabla 10: Emisiones CO ₂ trayectos en avión.....	39
Tabla 11: Emisiones CO ₂ trayecto tren.....	40
Tabla 12: Propuesta de cambios de la iluminación	41
Tabla 13: Resultados Escenario 1	42
Tabla 14: Resultados Escenario 4.....	44
Tabla 15: Presupuesto Medidas Ahorro Energético	45

LISTA DE ACRÓNIMOS

ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
CAE	Certificado de Ahorro Energético
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
NOAA	Centro Nacional de Información Ambiental
GEI	Gases de Efecto Invernadero
CO₂	Dióxido de Carbono
INE	Instituto Nacional de Estadística
GWP	Potencial de Calentamiento Global
CH₄	Metano
OH	Radicales hidroxilo
NH₃	Óxido Nitroso
H₂O	Vapor de Agua
UNFCCC	La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
OMM	Organización Meteorológica Mundial
COP	Conferencia de las Partes
CEOE	Industria, Energía, Medio Ambiente y Clima
UE	Unión Europea
PNIEC	Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
PRTR	Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia
SaaS	Software como Servicio
CPD	Centro de Proceso de Datos
VRV	Volumen de Aire Variable
ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional
EAC	Certificados de Atributos Energéticos
SENOEE	Sistema Nacional de Obligaciones de Eficiencia Energética

FNEE

Fondo Nacional de Eficiencia Energética

ESG

Ambientales, Sociales y de Gobernanza

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El presente Trabajo de fin de Grado pretende abordar un conjunto de objetivos específicos que se enfocan en la evaluación y mejora de las emisiones dentro del sector de servicios. Para ello, se proponen cinco objetivos, que pretenden no sólo medir y comprender las emisiones en profundidad, sino desarrollar estrategias específicas para reducir el impacto y evaluar sus implicaciones financieras como su alineación con los marcos globales y regionales de sostenibilidad.

Los objetivos específicos de este trabajo se pueden dividir en los siguientes cinco apartados:

1. Se pretenderá la alineación del Sector de Servicios con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) e integrar estos principios en la práctica.
2. Se buscará adaptar las estrategias del sector para alcanzar los objetivos a medio y largo plazo de Europa, asegurando la comprensión y el cumplimiento de los estándares de sostenibilidad y desarrollo.
3. Se elaborarán unas estimaciones detalladas para evaluar las emisiones generadas en nuestro caso de estudio.
4. Se desarrollará un plan estratégico detallado que estime el impacto directo de estas acciones en la reducción de emisiones.
5. Se examinarán las consecuencias financieras de la implementación del plan, en los ámbitos de ahorro de energía, mercado de Certificados de Ahorro Energético (CAEs) y otros posibles impactos financieros.

1.2 Metodología

Este trabajo consistirá en la revisión de la literatura, proporcionando la base teórica, contextual y metodológicas necesarias para la estimación de la huella de carbono en una empresa de servicios. A través de la revisión de la literatura, se examinarán las definiciones, metodologías y métricas utilizadas para cuantificar la huella de carbono y la evaluación de su impacto ambiental y financiero. Asimismo, se explorará la naturaleza de las empresas de servicios, identificando sus principales fuentes de emisiones de carbono y los desafíos que enfrentan en las reducción de estas emisiones.

Además, este trabajo proporcionará un marco que esboza las estimaciones básicas requeridas por cualquier empresa, lo que permite su aplicación en una variedad de contextos y sectores. El cálculo de la huella de carbono se desarrollará utilizando Microsoft Excel como la plataforma principal. Se crearán hojas de cálculo personalizadas que permitan la entrada de los datos relevantes y el cálculo de emisiones correspondientes. Además, se emplearán otras herramientas complementarias, como Tableau, para la visualización de datos.

1.3 Justificación del tema

El mundo está siendo testigo de un alarmante aumento de las temperaturas. Hasta ahora, se han registrado 86 días con temperaturas superiores a 1.5°C por encima de los niveles preindustriales en este año (UNEP, 2023). Septiembre fue el mes más caluroso registrado, superando el récord anterior en un 0.5°C. Estos registros vienen acompañados de eventos extremos devastadores, y el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) advierte que las temperaturas se están acercando al límite de 1.5°C establecido en el Acuerdo de París (2023).

La situación actual resalta la urgencia de tomar medidas concretas para evitar alcanzar los niveles críticos, ya que cada grado adicional de calentamiento tiene un impacto notorio en el panorama global. En un informe especial del IPCC publicado en 2018, se destacó las notables diferencias entre un aumento de temperaturas de 1.5°C a 2°C. Estas diferencias implicaban una pérdida de especies animales y vegetales, un incremento en las olas de calor, una reducción en la producción agrícola y pesquera, y la probable desaparición de la gran mayoría de los arrecifes de coral. Además, según los expertos, si la temperatura global aumenta en 2°C, se anticipa un deterioro generalizado del ecosistema, la manifestación de eventos climáticos catastróficos y un impacto significativo en sistemas naturales como en la sociedad humana (IPCC, 2018).

Durante décadas, la comunidad científica ha investigado meticulosamente la causa primordial de este incremento en la temperatura. Se llegó a la conclusión de que el aumento de las temperaturas coincide con el inicio del consumo de combustibles fósiles de manera masiva para abastecer de energía a la sociedad (NOAA, 2022). Este inicio se remonta en la Revolución Industrial, momento a partir del cual las concentraciones de CO₂ han experimentado un aumento del más del 40%. En 2023, las emisiones de CO₂

alcanzaron un récord a nivel mundial con 36.800 millones de toneladas, suponiendo un 1,1% más que el año anterior (Global Carbon Project, 2023)

Por ello, las nuevas políticas energéticas y de acción climática están fijando objetivos de emisiones cada vez más exigentes y ambiciosos para impulsar la lucha contra el cambio climático y sus repercusiones a corto, medio y largo plazo. Tanto las empresas privadas, como el sector público tendrán que adaptarse a estas nuevas regulaciones.

1.4 Contextualización del tema

Gases Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un efecto físico que atrapa el calor dentro de la atmósfera y lo sitúa muy cerca de la superficie de la Tierra debido a la presencia de gases de efecto invernadero (GEI) (Espinosa, 2023). Estos gases ocurren naturalmente y son parte de nuestra atmósfera, manteniendo el clima de la Tierra habitable para los seres humanos y otras especies (Nunez, 2023). Este efecto es consecuencia directa de la reflexión del 35% de la energía solar que incide sobre la Tierra y que vuelve de nuevo a la superficie debido al bloqueo producido por los GEI (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007). Este calor emitido regresa como luz infrarroja invisible, es absorbido por los GEI y regresa a la Tierra provocando un aumento en la temperatura (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007). Sin embargo, durante el último siglo, estos gases están desequilibrados y amenazan con cambiar radicalmente qué organismos pueden sobrevivir a las nuevas condiciones.

Los GEI que más inciden en el efecto invernadero son:

- Dióxido de Carbono (CO₂)

El CO₂ es el principal GEI debido a su volumen de emisiones, representando aproximadamente el 80% del total de las emisiones (INE, 2023). Este gas se considera fundamental para el efecto invernadero natural, que hace que la Tierra sea habitable al mantener ciertas concentraciones. Sin embargo, niveles excesivos de CO₂ impiden la liberación de calor al espacio, provocando un calentamiento global desmedido. Además, el CO₂ proviene tanto de fuentes naturales como antropogénicas, siendo principalmente emitido por la quema de combustibles fósiles y leña para generar energía (Benavides & León, 2007). Este gas puede persistir en la atmósfera durante miles de años, lo que

subraya la importancia de controlar sus emisiones para mitigar el cambio climático (Nunez, 2023).

El CO₂ es uno de los GEI más significativos y comunes, actuando como referente para comparar el impacto relativo de los distintos GEI en el calentamiento global. Para ello, se utiliza una métrica conocida como Potencial de Calentamiento Global (GWP) que permite medir el efecto de una cantidad específica de un GEI, comparado con la misma cantidad de CO₂ durante un periodo de 100 años (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014).

- Metano (CH₄)

Este GEI constituye aproximadamente el 13% del total de las emisiones (INE, 2023) y es eliminado de la atmósfera mediante la reacción con radicales hidroxilo (OH), transformándose finalmente en CO₂ (Benavides & León, 2007). El metano tiene una duración más corta en la atmósfera en comparación al CO₂, sin embargo, su GWP es de 28, lo que significa que su impacto en el calentamiento global es 28 veces mayor que el dióxido de carbono (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014).

Este gas es el principal componente del gas natural y sus emisiones proceden principalmente de la agricultura, la silvicultura y pesca (Parlamento Europeo, 2023). Sin embargo, el 60% de las emisiones son atribuibles a actividades humanas, aunque también se originan de fuentes naturales, como la descomposición de residuos orgánicos (Benavides & León, 2007).

- Óxido Nitroso (N₂O)

Según el IPCC en 2018, el N₂O representa una proporción relativamente pequeña de las emisiones globales (6%), pero en 100 años es 265 veces más potente que el CO₂ y permanece en la atmósfera más de un siglo (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014). Las fuentes del óxido nitroso pueden ser de carácter natural o antropogénico, destacando como principales los océanos, la agricultura y la quema de combustibles fósiles y biomasa (Benavides & León, 2007).

- Gases fluorados

Los gases fluorados son una familia de gases que no existen de forma natural en la atmósfera (Benavides & León, 2007). Estos gases surgieron en la Revolución Industrial ante la necesidad de refrigerantes, disolventes y de la propia fabricación (Nunez, 2023). Representan aproximadamente el 2% de todas las emisiones y según sus componentes específicos, su impacto en el calentamiento global puede variar entre 2 y 16,100 veces el efecto del CO₂ (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014).

- Vapor de agua (H₂O)

El H₂O está directamente relacionado con el clima, al ser el mayor contribuyente al efecto invernadero natural. Se debe a la evaporación producida por la temperatura de la superficie, por lo tanto, está menos controlado por la actividad humana (Benavides & León, 2007). Este gas es esencial para la existencia de las nubes y lluvia, y se encuentra de forma natural en la atmósfera.

Emisiones mundiales

Los cinco principales emisores globales son China, India, Unión Europea, Federación Rusa y Estados Unidos representando más del 65% de las emisiones globales en 2022 en base territorial junto con el transporte internacional (UNEP, 2023). Por el contrario, los países menos desarrollados aportan un 3,8% de las emisiones globales y los pequeños estados insulares en desarrollo representan menos de 1% (UNEP, 2023). Se aprecia que las emisiones globales se han desplazado de los países con ingresos altos a los de ingresos medios y bajos en las dos últimas décadas.

Tabla 1: Ranking de países emisores de CO₂

<i>Puesto</i>	<i>País</i>	<i>BTon CO2</i>	<i>Porcentaje</i>
1	China	11,4	30,30%
2	EEUU	5,1	13,59%
3	India	2,9	7,62%
4	EU	2,8	7,43%
5	Rusia	1,92	5,10%
...	Resto de países	15,4	41,86%

Fuente: Elaboración propia basada en el informe de Global Carbon Project en 2023.

China y Estados Unidos son los dos mayores emisores de CO₂ del mundo, siendo las emisiones de China más del doble que las de Estados Unidos. Sin embargo, históricamente Estados Unidos ha emitido más que cualquier otro país del mundo. Fue en 2006 cuando China superó a Estados Unidos como mayor emisor mundial.

Las emisiones de CO₂ de China comenzaron a aumentar en la década de los 2000 a medida que el país se desarrollaba rápidamente. Los países desarrollados como Estados Unidos y muchos en Europa, se habían industrializado y en el proceso han liberado gases durante unos 200 años. Según el informe de Carbon Brief, China ha emitido 284.000 millones de toneladas de CO₂ desde 1850, mientras que Estados Unidos ha liberado 509.000 millones de toneladas de CO₂, es decir, el doble (Evans, 2021).

Además, en la figura 1 se aprecia que, en el año 2019, el último año antes de la pandemia, las emisiones de China fueron casi 2,5 veces las de Estados Unidos y más que todas las naciones desarrolladas juntas. En este año, las emisiones de China fueron de 14.100 millones de toneladas, siendo más de una cuarta parte de las emisiones del mundo.

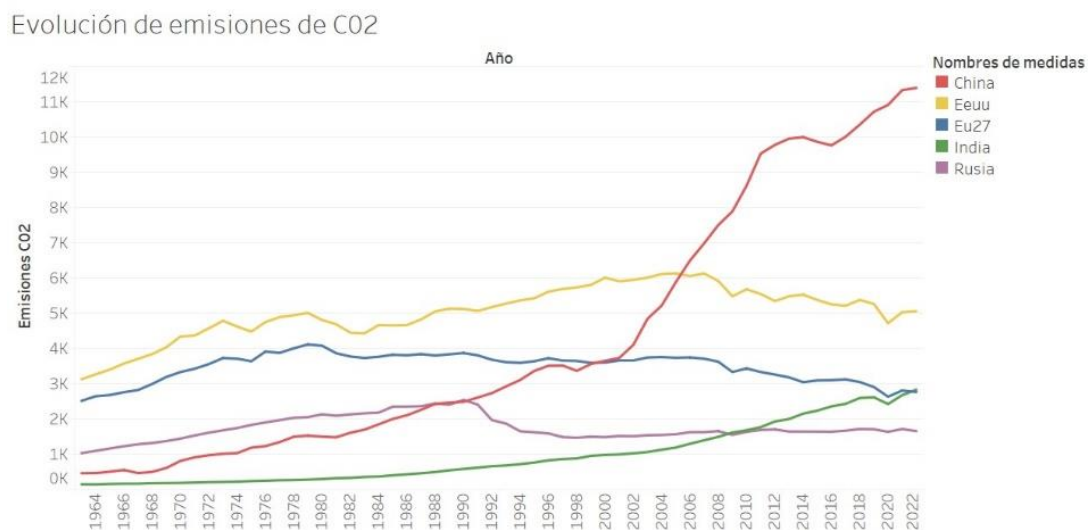


Figura 1: Evolución de las emisiones de CO₂ 1963-2022

Fuente: Elaboración propia basada en los datos de Global Carbon Atlas en 2023

En 2015, surge el Acuerdo de París el que actualmente cuenta con 193 países y la Unión Europea. El acuerdo requiere que sus integrantes tomen medidas, reconociendo al mismo tiempo sus diferentes situaciones y circunstancias (UNFCCC, 2015). Bajo este acuerdo, los países son responsables de abordar tanto la reducción de emisiones como la adaptación

al cambio climático (UNFCCC, 2015). Deben presentar sus estrategias climáticas nacionales que buscan impactar positivamente en la proyección del aumento de la temperatura global. Tras ello, se establece la obligación para evaluar y revisar periódicamente su progreso respecto al plan propuesto (UNFCCC, 2015).

Sin embargo, el 42% de todos los participantes del acuerdo, entre ellos China e India, incumplieron el plazo para presentar sus objetivos para reducir la huella de carbono en 2021. Además, existe la evidencia de que los cinco mayores emisores del mundo desde 2015 a 2022, únicamente han reducido sus emisiones La Unión Europea (-10%) y Estados Unidos (-6%), al contrario que China (+16%), India (+27%) y Rusia (+1%).

Cabe destacar el año de la pandemia (2020), estos cinco países redujeron sus emisiones por la falta de actividad, excepto China que continuo con su aumento en emisiones de CO₂. Posteriormente, con el inicio de la actividad existe un aumento de las emisiones, siendo únicamente China e India los que aumentan más que su reducción en 2020. Por último, en 2022 Rusia y la Unión Europea tuvieron una reducción de emisiones. Esto demuestra que algunos países integrantes están teniendo mejoras notables en los objetivos contra el cambio climático, frente a otros que siguen sin mejoras apreciables.

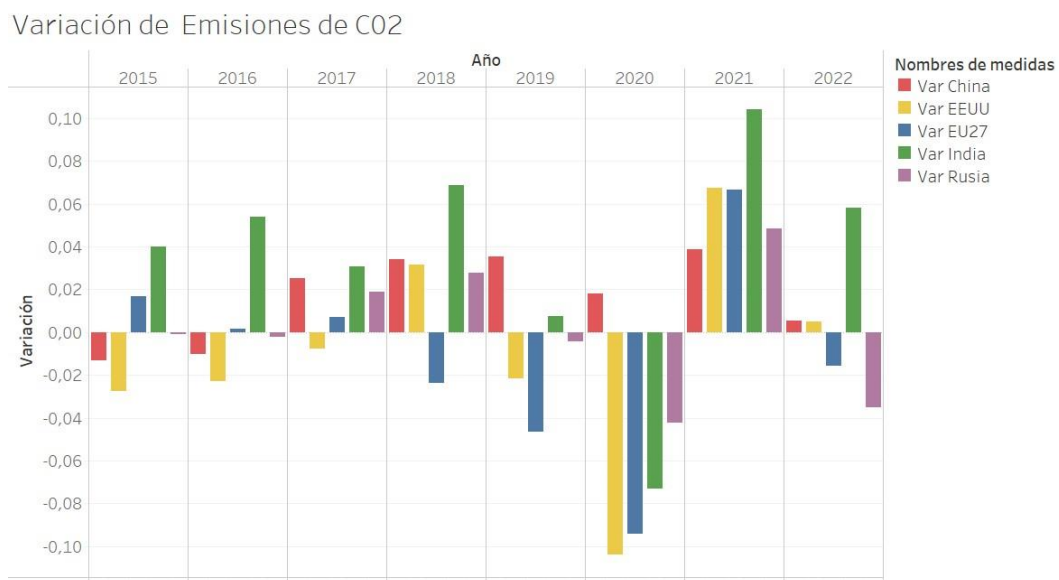


Figura 2: Variación de las emisiones de CO₂ 2015-2022

Fuente: Elaboración propia basada en los datos de Global Carbon Atlas en 2023

La Unión Europea ha conseguido reducir sus emisiones de CO₂ durante estos años, pero todavía le queda un largo camino para llegar al objetivo de cero emisiones netas para 2050. Sin embargo, desde el 2009 ya se muestra una tendencia decreciente en los cinco mayores emisores en la Unión Europea (Alemania, Francia, Italia, Polonia y España).

Alemania es con diferencia el mayor emisor de CO₂ en la Unión Europea, entrando en el ranking de los 10 mayores emisores a nivel mundial. Sin embargo, es el país con mayor reducción de emisiones desde el 2015 a la actualidad. Por el contrario, Italia, Francia, Polonia y España actualmente cuentan con niveles de emisión similares.

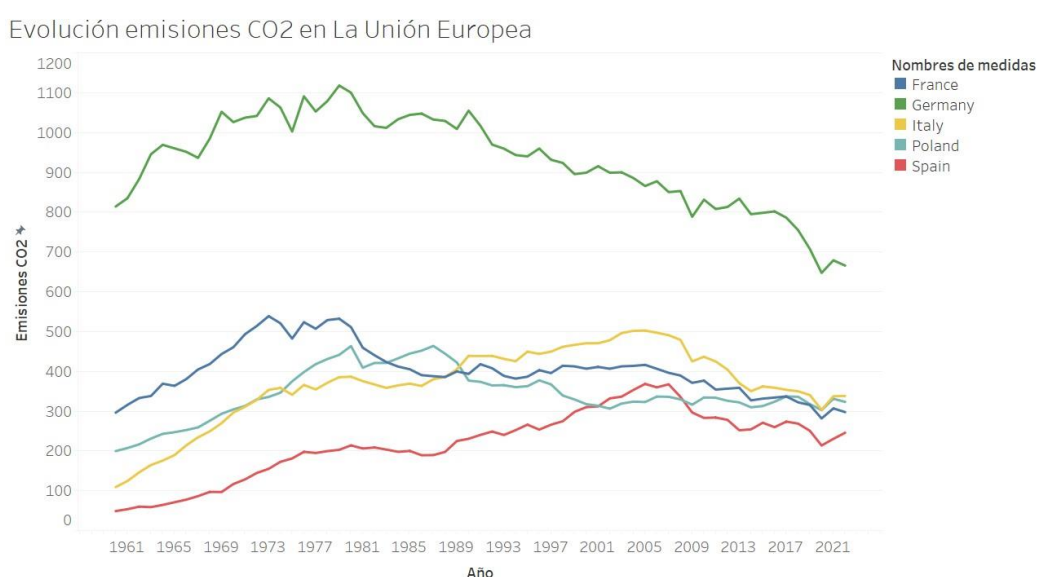


Figura 3: Evolución de emisiones de CO₂ de los 5 mayores emisores en la UE 1961-2022

Fuente: Elaboración propia basada en los datos de Global Carbon Atlas en 2023

Más allá de analizar las emisiones totales de CO₂ también es importante considerar las tendencias en toneladas per cápita, ya que comparar países con diferencias significativas en población puede resultar irrelevante.

En la figura a continuación, nos brinda una imagen global de cómo le va realmente a cada país en comparación con otros. Los países con mayores emisiones per cápita son Qatar, Emiratos árabes, Bahreín, Kuwait y Brunéi. Además, de los cinco mayores emisores mencionados anteriormente, el orden cambia siendo Estados Unidos (14t), Rusia (11,4t), China (8,0t) y La Unión Europea (6,0t).

Emisiones de CO₂ por habitante 2022

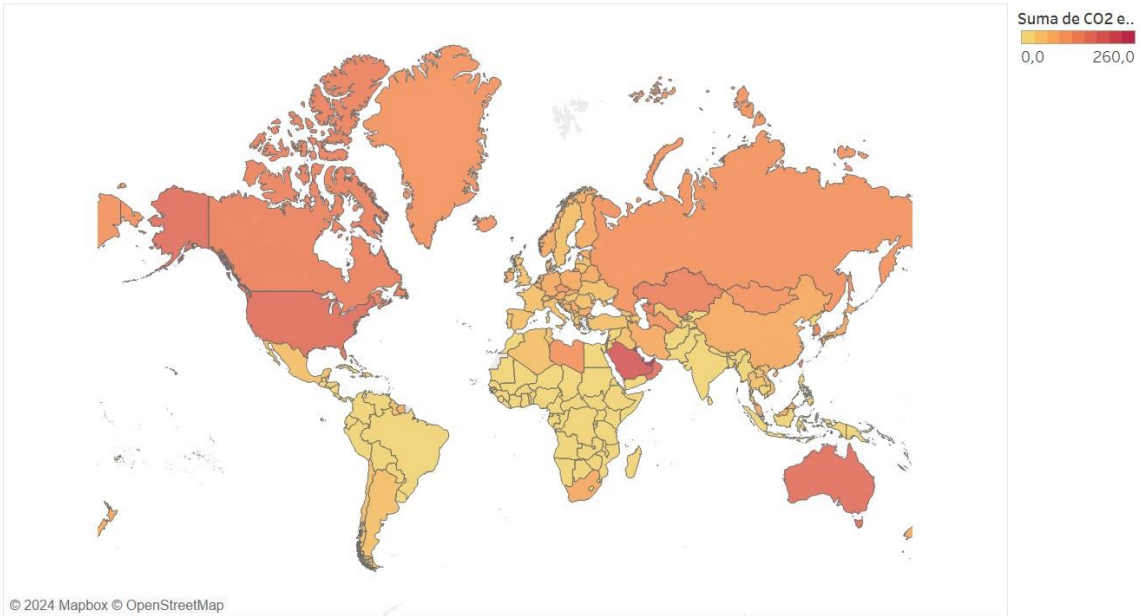


Figura 4: Mapa de emisiones de CO₂ por habitante 2022

Fuente: Elaboración propia basada en los datos de Global Carbon Atlas en 2023

Fuentes de Emisión de GEI

Como se ha mencionado previamente, los gases de efecto invernadero se producen de manera natural y no representan un problema en condiciones normales. Sin embargo, el aumento de las concentraciones de estos gases debido a actividades humanas ha provocado un desequilibrio significativo. Este incremento ha alterado las temperaturas globales y otras variables climáticas, generando cambios adversos en el clima. A continuación, se explorará las principales fuentes de emisiones GEI que contribuyen al fenómeno.

- Energía estacionaria

La industria energética es una de las principales causantes del calentamiento global, dado que se apoya en fuentes contaminantes como el petróleo, el carbón, y el gas natural. Cerca de 90 empresas son responsables de aproximadamente 2/3 de las emisiones a nivel mundial, y de estas, 20 están únicamente centradas en la producción de combustibles fósiles, contribuyendo con el 35% de las emisiones globales (Clark, 2022). Además, un 6,4% de los GEI en esta categoría se deben al funcionamiento de los edificios, por el uso

de la calefacción, el cocinado de alimentos, gestión de residuos y fugas en el sistema de refrigeración (Espinosa, 2023).

En el contexto español, las principales compañías eléctricas continúan generando una parte significativa de su electricidad a partir de fuentes no renovables. En 2022, el 15% de los GEI fueron producidos por esta fuente, por ello, la eficiencia energética y el ahorro de energía son unos principios que deben ponerse en práctica (MITECO, 2023).

- Agricultura y otras actividades en el terreno

Las emisiones del sector de la agricultura y otros usos del suelo surgen de diversas fuentes, como la ganadería, cambios en el uso del suelo y la utilización de fertilizantes (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2014). Esta fuente representa un 15% de las emisiones globales, y esta tasa seguirá aumentando debido al incremento de la demanda mundial cada vez mayor (IAEA, s.f.). Además, los principales GEI emitidos por este sector son el metano y el óxido nitroso, ambos reconocidos por su significativa contribución al cambio climático y al calentamiento global.

- Transporte

Es la principal fuente de emisiones en España, con alrededor de un 30% debido a la quema de combustibles para impulsar el sistema de transporte nacional (MITECO, 2024). A nivel global, representa un 15% de las emisiones globales.

En este sector, se introdujeron nuevas políticas en las últimas décadas que han reducido un porcentaje de las emisiones procedentes del transporte en la Unión Europea. Esta reducción fue principalmente en el transporte por carretera, mientras que las emisiones por transporte marítimo y aéreo existió un aumento en el 2022 (European Environment Agency, 2023). Además, en 2020 hubo una drástica reducción a nivel global de las emisiones procedentes del transporte debida a la pandemia, teniendo un impacto de corta duración. En 2021, ya se observaba un repunte de la contaminación a medida que se recuperaba el volumen de tráfico.

- Procesos Industriales

Los procesos industriales son una fuente significativa de GEI, pudiendo variar dependiendo del tipo de industria. Por ejemplo, la producción de cemento, acero,

aluminio y productos químicos liberan grandes cantidades de GEI debido a la combustión de combustibles fósiles y a procesos específicos. Estas emisiones son las que se originan en los procesos de fabricación, producción y transformación industrial, aunque la electricidad y el calor son a menudo necesarios para realizar las operaciones. En España representan el 19% de las emisiones (MITECO, 2024) y a nivel global un 10%.

- Otras fuentes

En este apartado se incluyen las emisiones relacionadas con el resto de las actividades sin mencionar previamente, como refino, residuos, usos de disolventes, F-gases y otros sectores.

1.5 Estructura

La estructura de este trabajo se organiza en varias secciones. Inicialmente, se contextualizará el origen y el actual marco de las políticas regulatorias a nivel mundial, europeo y nacional. Seguidamente, se examinará la alineación de este estudio con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El enfoque principal del trabajo se centra en el análisis de las emisiones de CO₂ generadas por una empresa de servicios. Para ello, se detallará el caso de estudio empleado que incluye la cuantificación de las emisiones generadas en el periodo 2022-2023, diferenciadas por los Alcances 1, 2 y 3. Posteriormente, se diseñarán medidas de mejora y se evaluarán sus impactos en la reducción de la huella de carbono. La última sección de este análisis abordará cómo la implementación de estas medidas de acción no sólo contribuye a estar alineados con los ODS, sino que, generada un impacto positivo en la cuenta de resultados de la empresa mediante la mejora energética, la participación en el mercado de las CAEs y otros factores relevantes.

Finalmente, el trabajo se concluirá presentando los hallazgos obtenidos y proponiendo recomendaciones para futuros proyectos que podrían continuar y expandir la investigación presentada.

2. OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE CO₂ A MEDIO Y LARGO PLAZO

3.1 Origen de las Políticas Regulatorias

En el año 1979, surge la primera Conferencia Mundial sobre el Clima, organizada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en Ginebra, que marcó un hito en el reconocimiento global sobre el cambio climático como un problema urgente y serio para el ser humano y los ecosistemas terrestres. A través de su declaración final, hizo un llamamiento a los gobiernos para incrementar la investigación y el monitoreo climático, lo que eventualmente condujo a un gran número de conferencias internacionales para tratar el tema (OMM, 1979).

En 1988, se creó el IPCC apoyado por la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, para reunir científicos y expertos de todo el mundo, recoger datos, desarrollar modelos y ofrecer una perspectiva objetiva sobre el cambio climático. Además, se aprobó la Resolución 43/53 por la Asamblea General de las Naciones Unidas en la que se destaca la necesidad de proteger el clima para las generaciones actuales y futuras.

El IPCC publicó en 1990 su primer informe de evaluación sobre el estado del clima global, consolidando evidencias científicas sobre el calentamiento global y sus impactos futuros. El informe confirmó la existencia de un efecto invernadero natural que provoca un aumento de las temperaturas, el impacto de las emisiones causadas por la actividad humana y la necesidad de implementar estrategias para reducir emisiones GEI, para estabilizar las concentraciones atmosféricas (IPCC, 1990). Las conclusiones obtenidas de este informe sentaron las bases para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) siendo una de las tres convenciones que se crearon tras la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (1992).

Posteriormente, surgió la Conferencia de las Partes (COP) siendo compuesta por los integrantes miembros de la UNFCCC (197 países y la Unión Europea). La COP se estableció con el objetivo de que todos los países miembros se reunieran regularmente y discutieran las medidas y acciones relacionadas con el cambio climático. Hasta la fecha actual, se han realizado 28 conferencias destacando las siguientes:

- **COP3 (Kioto, 1997):** se estableció el primer acuerdo vinculante que determinó los objetivos de reducción de GEI para los países industrializados mediante la adopción del Protocolo Kioto (Naciones Unidas, 1998)
- **COP21 (París, 2015):** resultó en la adopción del Acuerdo de París, un acuerdo en el que 193 países y la Unión Europea se comprometieron a tomar medidas para limitar el calentamiento global a 1,5°C por encima de los niveles preindustriales. Bajo este acuerdo, se establece la obligación de presentar y evaluar sus estrategias climáticas nacionales, y revisar periódicamente su progreso respecto al plan propuesto (UNFCCC, 2015).
- **COP26 (Glasgow, 2021):** abordó la urgencia del cambio climático y los desafíos cada vez más apremiantes que enfrenta el planeta, siendo considerada una de las más importantes hasta el momento. Durante la conferencia, se discutieron temas como el aumento de ambición climática, el financiamiento destinado a los países en desarrollo, la preservación de la biodiversidad y la transición hacia una economía con bajas emisiones de CO₂ (Naciones Unidas, 2022)
- **COP28 (Dubái, 2023):** se marcó el inicio de la transición hacia el fin de los combustibles fósiles. Además, se realizó el primer balance mundial del Acuerdo de París, remarcando que se necesitan unas mayores medidas para limitar el aumento de las temperaturas a 1,5°C. Se firmó el Acuerdo de Dubái, en el que se abordaron puntos clave respecto al abandono de los combustibles fósiles, así como revertir la deforestación de los bosques, reducir la escasez de agua, reforzar los incentivos, normas y condiciones de las empresas, entre otros (CEOE, 2023).

3.2 Contexto Regulatorio Europeo

La Unión Europea (UE) es el referente en la lucha contra el cambio climático, el cual tomó liderazgo tras la desvinculación de los Estados Unidos del Acuerdo de París durante la presidencia de Donal Trump en 2017 (Alonso González, 2020). Pese a que, en 2021 Joe Biden firmó una orden ejecutiva para reincorporar Estados Unidos al Acuerdo de París, la UE sigue siendo pionera en adoptar una serie de políticas y medidas ambiciosas para reducir las emisiones de GEI y promover una transición hacia la neutralidad climática.

La UE con la ratificación del Acuerdo de París, desarrolló una ambiciosa hoja de ruta presentada por la Comisión Europea en diciembre de 2019. Esta hoja ruta es conocida

como el Pacto Verde Europeo, teniendo como objetivo ser el primer continente climáticamente neutro para 2050 y promover la transición a una economía más limpia y circular (Erbach, 2019). Para ello, la UE tiene objetivos climáticos jurídicamente vinculantes mediante la promulgación de la Ley Europea del Clima con el propósito de reducir las emisiones en al menos un 55% para 2030 con respecto a los niveles preindustriales. Esta ley aplica en todos los sectores relevantes de la economía, destacando las siguientes medidas:

- **Reglamento de la Unión Europea 2023/851 sobre Emisiones de CO₂ en vehículos nuevos:** establece que todos los turismos y furgonetas que se matriculen en la UE deberán ser de emisiones cero. Además, se deberán reducir las emisiones en un 55% y 50% en este tipo de vehículos para 2030.
- **Tarifificación del carbono** en el sector de la aviación y marítimo con el fin de impulsar los combustibles sostenibles, renovables e hipocarbónicos. A partir del 2027, el transporte por carretera también estará sujeto a un tipo impositivo sobre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera (Comisión Europea, s.f).
- **Plan Industrial:** define cuatro pilares en la innovación industrial y la tecnología limpia, centrándose en definir un marco regulador, facilitar el acceso a financiación, mejorar las capacidades y ofrecer un comercio abierto y justo para las cadenas de suministro (Comisión Europea, s.f).
- **Ley sobre la Industria de cero emisiones netas:** se centra en aumentar la fabricación de tecnologías limpias, asegurar la transición, crear empleos verdes, mejorar las condiciones y atraer inversores (Comisión Europea, 2023).
- **Plan REPowerEU:** se implementa una normativa más rigurosa para incrementar la capacidad de energías renovables a un mínimo del 42.5% para el 2030. Además, se introduce un nuevo objetivo para mejorar la eficiencia energética en un 11,7% para 2030, teniendo que conseguir los Estados miembros un ahorro medio anual del 1,49% entre el 2024 y 2030 (MITECO, 2020).
- **Otras:** mejorar el sistema fiscal para los productos energéticos e incentivos, revisar la Directiva EU respecto a la eficiencia energética, La Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad y la Ley de vigilancia del suelo (Comisión Europea, s.f).

Además, en 2021 la Comisión Europea presentó un conjunto de medidas conocido como ‘Objetivo 55’. Estas medidas tienen como propósito revisar y actualizar la legislación

europea, así como implementar nuevas iniciativas, para garantizar que las políticas estén en línea con los objetivos climáticos de 2030 establecidos por el consejo y el Parlamento Europeo. Sin embargo, estas leyes se fundamentan en el principio de subsidiariedad, lo que implica que los Estados miembros deben incorporar estas normas en su legislación nacional para cumplir con los objetivos establecidos (Alonso González, 2020). En esta perspectiva, La UE aprueba la implementación de acciones compensatorias en caso de no lograr los objetivos de reducción de emisiones GEI.

A nivel nacional, la Ley 7/2021, de 20 de mayo, establece el marco legal para garantizar que España cumpla con los objetivos del Acuerdo de París, facilite la transición hacia una economía libre de carbono y fomente un modelo de desarrollo sostenible (MITECO, 2020). Este modelo de desarrollo sostenible es el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) presentado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en 2020 para el periodo 2021-2030.

Sin embargo, el año 2020 fue testigo de una pandemia global que desencadenó una crisis. En respuesta a esta crisis, la UE lanzó el Fondo Next Generation EU, con una dotación de 750.000 millones de euros para el periodo comprendido entre 2021 y 2026 (MITECO, 2023). En España, estos fondos se están implementando a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) para revitalizar la economía verde y digital, mientras promueve la cohesión social y la igualdad (Gobierno de España, 2021). Además, en mayo de 2022, se aprobó el Plan REPowerEU en respuesta a las disrupciones en el mercado energético mundial originadas por la invasión de Ucrania por parte de Rusia. Estos factores han incentivado una revisión del PNIEC, dando como resultado un borrador actualizado del PNIEC 2023-2030.

A continuación, se hace una comparativa entre el PNIEC para el periodo 2021-2030 y el borrador propuesto:

Tabla 2: Comparativa de objetivos entre el PNIEC 2020 y el borrador

		PNIEC 2020	PNIEC 2023	Variación
<i>General</i>	Reducción emisiones GEI respecto 1990	23%	32%	9pts
	% de renovables en la generación eléctrica	74%	81%	7pts
	% renovables sobre la energía final	42%	48%	6pts
<i>Transporte</i>	Eficiencia energética	41,7%	44%	3,3pts
	Dependencia energética	61%	51%	-10pts
	Reducción de emisiones	-	16,6%	16pts
<i>Edificación, calefacción y refrigeración</i>	Energía procedente de renovables	25%	74%	49pts
	Aumento anual de renovables (2021-2025)	0,83%	1,27%	0,44pts
	Aumento anual de renovables (2026-2030)	1,19%	2,07%	0,88pts

Fuente: Elaboración propia basada en el documento de MITECO en 2023.

Las políticas y medidas establecidas en la revisión del PNIEC 2023-2030 representan un aumento significativo de la ambición con respecto a la versión anterior en todos sus aspectos. Estos objetivos están en línea con las tendencias europeas y las nuevas iniciativas presentadas en los paquetes ‘Objetivo 55’, el Plan REPowerEU y el Fondo Next Generation EU siendo los impulsores que han elevado estos objetivos y resultados.

El PNIEC ofrece una gran oportunidad para el crecimiento económico y la creación de empleo en España, al proponer una transición hacia energías más limpias con una inversión prevista de 241.412 millones de euros desde el 2021 hasta el 2030 (Espinosa, 2023). En el último informe se prevé un crecimiento económico de 34.700 millones de euros y un aumento en empleo de 522.000 en 2030 (MITECO, 2023).

3.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En septiembre de 2015, la Asamblea General de Naciones Unidas adoptó los ODS como parte de la Agenda de 2030. Son un conjunto de 17 objetivos globales y se establecieron para abordar una serie de desafíos mundiales, desde la erradicación de la pobreza hasta la lucha contra el cambio climático (Fernández Barberis, García Centeno, & Escribano

Ródenas, 2022). Los ODS se fundamentan en la premisa de que el progreso económico, social y ambiental deben ser sostenibles y equitativos para las generaciones presentes y futuras. En este trabajo nos vamos a centrar en abordar los ODS 9,11 y 13.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

El ODS número 9 busca fomentar el desarrollo de infraestructuras resilientes, impulsar la innovación, promover la industrialización sostenible y mejorar la conectividad (Naciones Unidas, s.f). Dentro de este marco, el trabajo se centrará en promover una infraestructura sostenible, donde se establezca el marco teórico para la estimación de la huella de carbono y que pueda ser aplicable en otros modelos de negocio al ser la parte básica de la empresa. Además, se identificarán áreas de mejora en la eficiencia energética, contribuyendo así al logro de los objetivos de desarrollo sostenible y al impulso de una economía más verde y resiliente.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

El ODS número 11 tiene como propósito asegurar que las ciudades y asentamientos sean inclusivos, seguros y sostenibles (Naciones Unidas, s.f). Esto se debe al fenómeno de la rápida urbanización, que ha generado un aumento en los asentamientos informales, la infraestructura y los servicios, contribuyendo a la contaminación del aire y un crecimiento urbano desordenado. Las ciudades y áreas metropolitanas representan el 70% de las emisiones de carbono a nivel mundial, y solo la mitad de la población tiene acceso adecuado al transporte público (Naciones Unidas, s.f). En referencia a este ODS, nos centraremos de forma secundaria en la meta de establecer políticas dentro de la empresa para proporcionar un transporte seguro, sostenible y accesible para reducir las emisiones de CO₂.

ODS 13: Acción por el Clima

El ODS número 13 está estrechamente vinculado al Acuerdo de París al abordar directamente los desafíos del cambio climático a nivel mundial (Fernández Barberis, García Centeno, & Escribano Ródenas, 2022). Sus metas incluyen la adopción de medidas urgentes para combatir el calentamiento global y sus efectos, así como fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación ante eventos climáticos extremos. El enfoque principal estará en el ODS 13, ya que se busca cuantificar el porcentaje de CO₂ generado

en nuestro caso de estudio y que sea aplicable a otras situaciones. Esta base permitirá la integración más fluida de herramientas de medición de carbono, lo que ayudará a identificar áreas específicas de mejora para reducir las emisiones totales de manera efectiva.

Cabe destacar que, en los últimos años, el MITECO ha desarrollado una herramienta que facilita el cálculo de la huella de carbono, además de estimar las absorciones de CO₂ de los proyectos de captura de dióxido de carbono. Esta herramienta es de acceso público y su uso es completamente voluntario e independiente a los compromisos de disminución de la huella de carbono o a las políticas de cambio climático adoptados por las empresas. Sin embargo, esta herramienta está centrada en las emisiones de Alcance 1 y 2, mientras que nuestro caso de estudio explorará un análisis más detallado de cómo calcular las emisiones de Alcance 2 y 3.

3. DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

3.1 Descripción General

El caso de estudio es una empresa de servicios especializada en ofrecer un Software como Servicio (Saas) para la venta de entradas, ofreciendo acceso a una plataforma de forma remota que centraliza y distribuye la disponibilidad del aforo de espectáculo en múltiples canales de venta. Su modelo principalmente es B2B, centrado en promover la tecnología necesaria para facilitar y eficientizar el proceso de venta de entradas, actuando como intermediario tecnológico entre los organizadores y los puntos de venta.

La empresa cuenta con un total de 60 empleados, de los cuales únicamente el 20% realizan viajes por motivos comerciales. Todos estos desplazamientos se llevan a cabo dentro de España, ya que es el único país donde la empresa tiene presencia actualmente. Además, todos los empleados deben asistir presencialmente a la oficina, teniendo un horario flexible de 7:00 a 21:30 horas de lunes a jueves, y de 7:00 a 19:00 horas los viernes. Sin embargo, como excepción la oficina cuenta con jornada intensiva en el mes agosto de 7:00 a 17:30.

Respecto a la oficina, está situada en Madrid teniendo superficie construida según el catastro de 2.335 m² y se encuentra en una parcela de 19.902 m². La oficina corresponde a una segunda planta y está operativa todos los días hábiles del año. Dado que es un espacio en alquiler, la administración de las áreas comunes, ubicadas en el centro de la planta, corresponde al propietario del edificio. Los consumos relacionados al uso de la oficina se atribuyen exclusivamente a las actividades propias de este espacio que son las siguientes: oficina abierta, despachos, salas de reuniones, recepción, CPD, almacén y sala de reuniones.

Este **caso de estudio es ficticio y se ha creado con fines académicos**, Sin embargo, el análisis de emisiones procedentes de la propia actividad del edificio está basado en datos reales de una empresa, la cual, por motivos de confidencialidad, no será mencionada directamente y en adelante se denominará 'Ticketera S.A'. Por otro lado, los datos referentes a los empleados y las emisiones indirectas asociadas a su actividad se basan en hipótesis y cálculos estimativos.

4. ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

4.1 Definición de límites e identificación de fuentes de emisión

Las empresas deben establecer los límites operativos, identificando las emisiones y clasificándolas por alcances. La clasificación por alcances surge en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero ante la necesidad de estándares internacionales coherentes y confiables para la contabilidad y el reporte de emisiones GEI. Desde el lanzamiento, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero se ha convertido en el estándar más utilizado a nivel mundial para el cálculo de las emisiones por gobiernos, empresas y otras organizaciones ofreciendo una amplia gama de herramientas y guías específicas para diferentes sectores y tipos de emisiones. Este estándar proporciona un marco estructurado a través de la clasificación de las emisiones en tres tipos de alcances:

Las emisiones de **Alcance 1** son emisiones directas producidas por la propia actividad de la organización (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2013). Incluyen todas las emisiones que son responsabilidad de la empresa, como la quema de combustibles (calderas, hornos, vehículos, etc.) y las fugas no intencionadas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2013). En el análisis presentado en nuestro caso de estudio, se excluyen las emisiones pertenecientes a este ámbito debido a la ausencia de vehículos, calderas y hornos propiedad de la empresa. Asimismo, se parte del supuesto de que no se producen fugas en los sistemas de refrigeración y climatización.

Las emisiones de **Alcance 2** son emisiones indirectas debidas a la compra y consumo de electricidad, vapor, calor o refrigeración (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2013). Estas emisiones se originan en las instalaciones de generación de energía del proveedor, variando según la combinación de tecnologías energéticas que la entidad emplee. En el caso de estudio, el inmueble cuenta con un contrato de suministro energético con la empresa comercializadora Naturgy, siendo su distribuidora Unión Fenosa Distribución. Además, la totalidad del consumo energético de la oficina es eléctrico distribuido en los siguientes apartados:

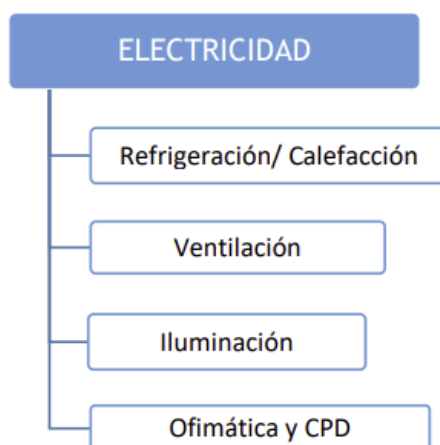


Figura 5: Esquema de los consumos eléctricos

Fuente: Elaboración propia

Por último, las emisiones de **Alcance 3** corresponden al resto de las emisiones indirectas, que son el resultado de las operaciones de la empresa, pero pertenecen y son gestionadas por un tercero independiente del usuario del servicio (Procolo de Gases Efecto Invernadero, 2013). Se producen a lo largo de la cadena de valor de la compañía, desde la extracción y producción de materiales hasta el reciclado de sus operaciones. En este caso, las emisiones de alcance 3 serán las relacionadas con el transporte de los empleados a la oficina y a cliente. Este alcance tiene especial relevancia en el sector de servicios, por su peso en la huella de carbono y su obligatoriedad de ser reportado en empresas de gran tamaño, según la Ley 7/2021, de 20 de mayo.

4.2 Cálculo Emisiones de Alcance 2

4.2.1 Recopilación de datos de consumo

Los datos de consumo energético se han obtenido a través de la facturación de la compañía. Además, los datos en referencia a los equipos consumidores e iluminación se han recopilado a través de los datos proporcionados por Ticketera S.A y por la toma de datos que se realizaron en las instalaciones. En la tabla a continuación se muestran los consumos mensuales de energía eléctrica para el periodo 2022-2023:

Tabla 3: Consumos mensuales energía eléctrica 2022-2023

Periodo	ENERGIA ACTIVA (kWh)	COSTE	
	TOTAL	€	(€/MWh)
nov-22	28.616	5.419,30	189,38
dic-22	33.295	7.160,76	215,07
ene-23	34.013	4.741,21	139,39
feb-23	32.415	6.403,92	197,56
mar-23	27.786	4.428,41	159,38
abr-23	26.667	3.121,34	117,05
may-23	32.934	3.723,67	113,06
jun-23	42.389	5.812,88	137,13
jul-23	42.877	7.405,51	172,72
ago-23	30.468	4.185,49	137,37
sep-23	34.339	5.019,97	146,19
oct-23	31.478	4.848,03	154,02
TOTAL	397.277	62.270	
MEDIA	33.106	5.189	156,5
REPARTO	100,0%		

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Perfil de consumos y costes mensuales de electricidad

En las gráficas siguientes se recogen los datos de consumo y coste mensual de energía eléctrica del último año de noviembre del 2022 a octubre de 2023.

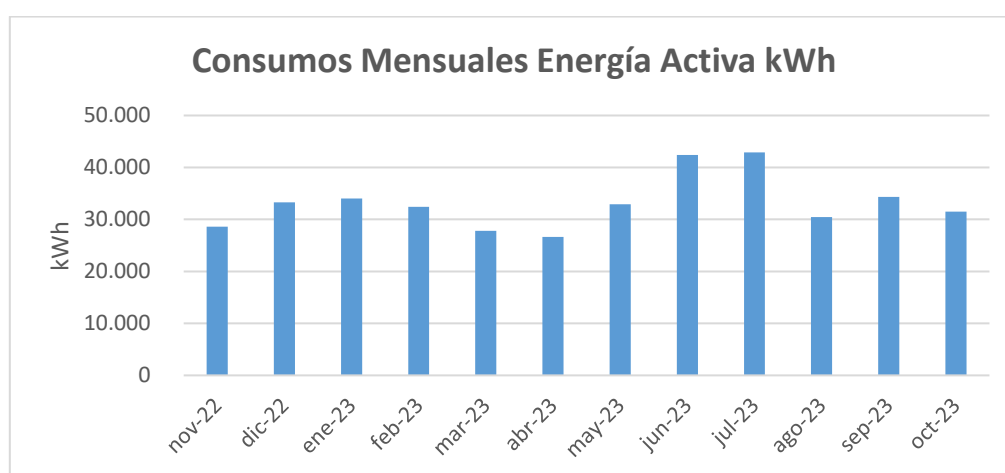


Figura 6: Consumos mensuales energía activa

Fuente: Elaboración propia

El mayor consumo se produce en los meses de junio y julio debido a la mayor demanda de refrigeración. Se observa que en los meses de invierno el consumo tiende a aumentar, llegando a un pico en el mes de enero y posteriormente se reduce.

Se puede observar que el mes de agosto, el consumo es más reducido debido a la jornada intensiva, siendo consumos anómalos que no representan el patrón regular de consumo de la empresa. Además, no se dispone de los consumos de otros años con el fin de analizar la evolución con periodos anteriores.

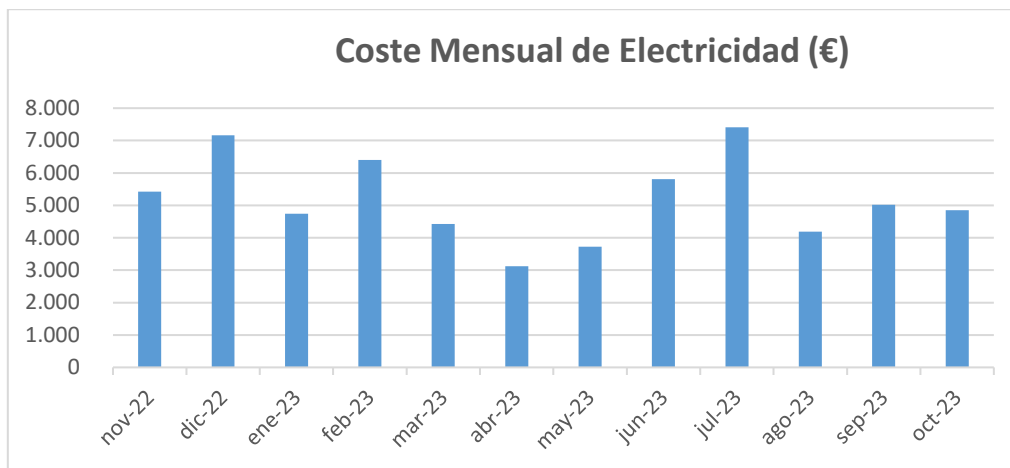


Figura 7: Coste Mensual de Electricidad (€)

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica anterior, se muestra una correlación entre el consumo eléctrico y su costo mensual, destacando la variabilidad del precio de la electricidad a lo largo del año. Se observa que en meses con un mayor ratio €/kWh, como diciembre, noviembre y julio, el incremento del coste en comparación con el consumo es más pronunciado.

4.2.3 Consumo Iluminación

Para determinar el consumo eléctrico, se realizó un detallado inventario en las diversas áreas de la planta Ticketera S.A. Este proceso incluyó la identificación del número de luminarias presentes en cada zona, así como la clasificación de sus tipos y las potencias correspondientes. En la siguiente tabla se muestra un resumen del inventario de la oficina:

Tabla 4: Inventario Iluminación

TIPO LUMINARIA	TIPO	Pot W	ZONA RECEPCIÓN		SALA CPD		ZONA 1 DIRECCIÓN		ZONA 2 SALAS REUNIONES		ZONA 3 OFICINAS		ZONA 4 OFICINAS		TOTAL Nº	POTENCIA TOTAL W
			Nº	Potencia W	Nº	Potencia W	Nº	Potencia W	Nº	Potencia W	Nº	Potencia W	Nº	Potencia W		
Luminaria empotrada BC 2x36W	BAJO CONSUMO	80	0	0	3	240	1	80	43	3.440	141	11.280	148	11.840	336	26.880
Downlight BC cuadrado 2x26W	BAJO CONSUMO	57,2	0	0	0	0	0	0	6	343	49	2.803	44	2.517	99	5.663
Downlight BC redondo 2x26W	BAJO CONSUMO	57,2	4	229	0	0	33	1.888	0	0	0	0	0	0	37	2.116
Downlight BC redondo 2x13W	BAJO CONSUMO	28,6	10	286	3	86	4	114	0	0	0	0	0	0	17	486
Luminaria empotrada fluorescente 2x55W	FLUOR	121	0	0	0	0	24	2.904	0	0	0	0	0	0	24	2.904
Bombilla incandescente E27 60W	INCANDESCENCIA	60	0	0	0	0	2	120	0	0	0	0	0	0	2	120
Lámpara halógena 50W	HALÓGENA	60	0	0	0	0	52	3.120	0	0	0	0	0	0	52	3.120
TOTAL			14	515	6	326	116	8.226	49	3.783	190	14.083	192	14.357	567	41.289
% BAJO CONSUMO																85,1%
% FLUORESCENCIA																7,0%
% HALÓGENO																7,6%
% INCANDESCENCIA																0,3%

Fuente: Elaboración propia

La iluminación de la oficina está mayormente basada en la tecnología denominada fluorescencia compacta o lámparas de bajo consumo (85,1%). Las principales luminarias son del tipo downlight de 2 tubos PLC y luminarias dobles de 1 tubo PLS. En algunas zonas, hay halógenas (7,6%) como en los despachos o salas de reuniones.

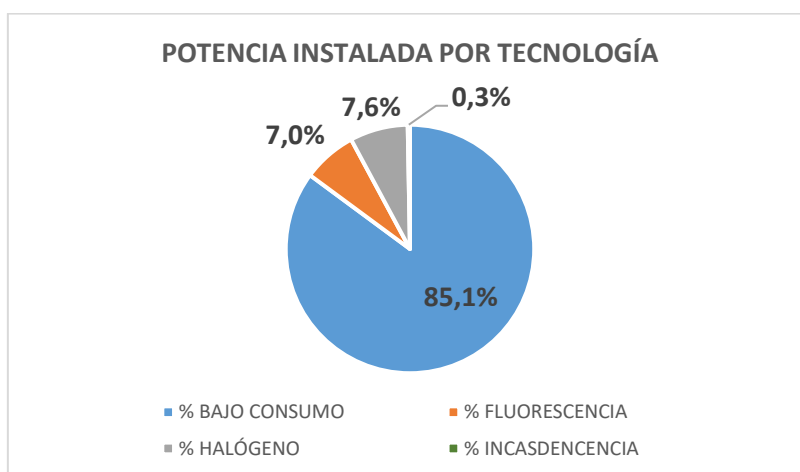


Figura 8: Potencia Instalada por tecnología

Fuente: Elaboración propia

Además, la oficina carecía de un sistema de control para la gestión de la iluminación, siendo responsabilidad del propietario el encendido y apagado de las luces según los horarios de las empresas arrendatarias. En consecuencia, las luces se encienden a las 7:00h y se apagan a las 21:30h de lunes a jueves, los viernes el apagado se adelanta a las 19:00h, mientras que, en agosto, se apaga a las 17:30h debido a la jornada intensiva. A

partir de esta programación, se elaboraron estimaciones sobre la cantidad de horas que las luminarias permanecen encendidas en las diferentes áreas de la oficina.

En primer lugar, se realizaron cálculos para determinar el total de horas anuales durante las cuales la oficina permanece abierta, diferenciando entre días laborables, viernes y el mes de agosto. En el año 2022-2023, existieron 177 días laborables, 48 viernes y 22 días pertenecientes al mes de agosto. En consecuencia, las horas totales de apertura de la oficina son las siguientes:

$$\text{Horas Totales} = 177 \times 14,5h + 48 \times 12h + 22 \times 8,5h = 3329,5h$$

Las horas totales de funcionamiento de la empresa corresponderán a las horas de uso de la iluminación en la recepción, los pasillos y las oficinas, dado que en estas áreas las luces permanecen siempre encendidas. Para las demás zonas, se han establecido supuestos sobre el tiempo medio diario durante el cual las luces están activas, lo que ha resultado en las siguientes estimaciones:

Tabla 5: Hipótesis horas iluminación por espacio

ESPACIOS	HORAS DIARIAS	HORAS ANUALES
<i>Despachos-Dirección</i>	8h	1976h
<i>Salas de reuniones</i>	4h	988h
<i>Archivo</i>	1h	247h
<i>Baños</i>	1h	247h

Fuente: Elaboración propia

Estas estimaciones resultan en unas horas determinadas de iluminación en cada zona de la oficina en función de las combinaciones de las luces utilizadas en esos espacios. Los cálculos por zonas y tipo de luminaria se detallan a continuación, proporcionando una visión clara del consumo total de energía según la configuración de la iluminación.

Tabla 6: Consumo Total por Zona y Tipo Luminaria

TIPO LUMINARIA	ZONA DE RECEPCIÓN			SALA CPD			ZONA 1 DIRECCIÓN			ZONA 2 SALAS DE REUNIONES			ZONA 3 OFICINAS			ZONA 4 OFICINAS			CONSUMO TOTAL kWh
	Potencia W	Horas	Consumo kWh	Potencia W	Horas	Consumo kWh	Potencia W	Horas	Consumo kWh	Potencia W	Horas	Consumo kWh	Potencia W	Horas	Consumo kWh	Potencia W	Horas	Consumo kWh	
Luminaria empotrada BC 2x36W	0	0	0	240	247	59	80	247	20	3.440	988	3.399	11.280	3.330	37.557	11.840	3.330	39.421	80.456
Downlight BC cuadrado 2x26W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	343	247	85	2.803	3.330	9.332	2.517	3.330	8.380	17.796
Downlight BC redondo 2x26W	229	3.330	762	0	0	0	1.888	1.729	3.264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.025
Downlight BC redondo 2x13W	286	3.330	952	86	247	21	114	494	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.030
Luminaria empotrada fluorescente 2x55W	0	0	0	0	0	0	2.904	618	1.795	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.795
Bombilla incandescente E27 60W	0	0	0	0	0	0	120	247	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Lámpara halógena 50W	0	0	0	0	0	0	3.120	988	3.083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.083
TOTAL	515		1.714	326		80	8.226		8.247	3.783		3.483	14.083		46.889	14.357		47.801	108.214

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la potencia instalada en iluminación es de 41,3 kW y el consumo energético es de 108.214 kWh/año.

4.2.4 Consumo Ofimática

La empresa dispone de una amplia gama de equipos informáticos que permanecen operativos a lo largo de la jornada laboral. Estos equipos informáticos incluyen ordenadores de sobremesa, portátiles, impresoras y monitores. Adicionalmente, la sala del centro de proceso de datos (CPD) alberga una variedad de equipamiento electrónico, como servidores, sistemas de almacenamiento de datos, equipos de comunicaciones y sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI). A continuación, se presenta una tabla que detalla los tipos y la cantidad de equipos informáticos presentes en la oficina:

Tabla 7: Inventario de equipos informáticos

TIPO EQUIPO	UNIDADES	POTENCIA UNITARIA (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)
Pantallas +40"	5	0,9	4,5
Monitores	75	0,2	15
Portátiles	69	0,36	24,84
Ordenadores sobremesa	11	0,2	2,2
Impresoras multifunción	2	1,5	3
Impresoras departamentales	3	0,7	2,1
Impresoras personales	4	0,3	1,2
Rack de comunicaciones	4	1,2	4,8
TOTAL			58

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el consumo total kWh producidos por la ofimática, hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad. Este factor es utilizado en la estimación del uso real de los equipos y sistemas que no operan continuamente o al máximo de su capacidad todo el tiempo. En una empresa de servicios, un coeficiente de simultaneidad lógico oscila entre 0.6 y 0.8, ajustándose a 0.65 en el caso de estudio debido a la naturaleza de la

empresa y la forma en que se distribuyen y utilizan los equipos durante las horas laborables, que son 8 horas diarias según la legislación española. En consecuencia, el consumo total de kWh producidos por la ofimática durante el 2022-2023 ascendió a 74.032,81 kWh:

$$\text{Consumo kWh ofimática} = 57,64kW \times 0,65 \times 1976h = 74.032,81kWh$$

4.2.5 Consumo Climatización

La oficina cuenta con un sistema de producción centralizado de expansión directa, basado en bombas de calor con volumen de aire variable (VRV) situadas en la azotea del edificio, con recuperación de calor. Las bombas de calor son gestionadas por la propiedad y dispone de equipos autónomos de climatización como apoyo para diferentes zonas.

El edificio cuenta con un total de 36 unidades interiores y 18 exteriores, de las cuales 6 pertenecen a Ticketera S.A. Se estima que la potencia eléctrica total instalada asciende a 70kW. Además, el horario de funcionamiento de estas unidades se establece según lo previamente mencionado y se controlan mediante termostatos manuales configurados a 24°C. Esta configuración supera el rango de temperatura de 21°C a 23°C exigido por el Real Decreto 178/2021 del 23 de marzo. Específicamente, la temperatura excede en 1°C el límite superior en la zona 3 de oficinas y en 2°C en la zona 4.

Finalmente, dada la complejidad de calcular con precisión el consumo total generado por los sistemas de climatización, se asume que este corresponde a la diferencia entre el consumo total de la oficina y las estimaciones previas del consumo de iluminación y ofimática.

$$\begin{aligned} \text{Consumo kWh Climatización} &= 397.277 - 108.214 - 74.032,81 \\ &= 215.030,82kWh \end{aligned}$$

4.2.6 Resultados Emisiones Alcance 2

Desde noviembre de 2022 hasta octubre de 2023, la empresa Ticketera S.A registró un consumo total de 397.277 kWh. De esta cantidad, el 52,7% correspondió a la climatización, el 27,2% a la iluminación y el 20,1% al uso de equipos informáticos.

Para calcular las emisiones de CO₂ generadas a partir de este consumo, se empleará la intensidad del mix energético de la empresa Naturgy, que se encuentra detallada en el documento ‘Factores de emisión. Registro de Huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono’ publicado por el MITECO en 2023.’

$$\text{TonCO}_2 = 397.277\text{kWh} \times 0,271 \times 10^{-3} = 107,66 \text{ TonCO}_2$$

En resumen, las emisiones de Alcance 2 generadas por Ticketera S.A quedan desglosadas en la siguiente tabla:

Tabla 8: Balance energético y emisiones CO₂

Consumidores	Consumo kWh	Emisiones TonCO ₂
Iluminación	108.214	29,33
Ofimática	74.033	20,06
Climatización	215.031	58,27
TOTAL	397.277	107,66

Fuente: Elaboración propia

4.3 Cálculo Emisiones de Alcance 3

4.3.1 Recopilación de datos de desplazamientos

Como se ha mencionado anteriormente, no se disponen de datos reales sobre los desplazamientos de los empleados desde sus hogares hasta la oficina ni sobre los viajes comerciales. Por esta razón, se basará el análisis en una serie de hipótesis y se seleccionarán los datos más apropiados disponibles. Para realizar esta estimación, se ha utilizado información de varios vehículos personales, considerando sus respectivas métricas, así como diversos trayectos realizados a lo largo de España y las correspondientes emisiones de CO₂ asociadas a cada uno.

4.3.2 Desplazamiento a las oficinas

La oficina, ubicada en el distrito de Chamartín en Madrid, cuenta con 60 empleados. La elección del medio de transporte que utilizan estos empleados para llegar al trabajo refleja tanto la accesibilidad como las opciones de movilidad disponibles en la zona. Un 60% de los empleados opta por el transporte público, un 30% se desplaza en moto y el 10% restante viaja en coche. Estas hipótesis sobre el medio de transporte se deben en gran

medida a la conveniente localización de la empresa en la capital, pero con difícil acceso a los coches si no disponen de un estacionamiento privado.

Para calcular las emisiones, se ha realizado un registro del medio de transporte utilizado por cada empleado, incluyendo el modelo del vehículo privado, su consumo medio de combustible y la distancia desde sus hogares a la oficina. La base de datos resultante se basa en las distintas categorías de coches y motos registrados en España, según la Dirección General de tráfico en 2023. Además, se han seleccionado aleatoriamente los modelos de los vehículos privados dentro de esas categorías, junto con las distancias que recorren los empleados desde sus hogares a la oficina.

La siguiente tabla muestra exclusivamente los empleados que utilizan vehículo privado para sus desplazamientos, excluyendo a aquellos que optan por el transporte público, bajo la premisa de que sus emisiones son nulas. Además, se ha aplicado un factor de conversión específico para cada tipo de vehículo, ya sea diésel, gasolina o eléctrico, para calcular las emisiones diarias generadas por estos empleados.

Tabla 9: Emisiones diarias por desplazamientos a la oficina

EMPLEADO	TRANSPORTE	TIPO	MODELO	CONSUMO (L/KM)	KM RECORRIDOS	CONSUMO TOTAL (L)	TONCO2/L	TONCO2/diario
1	Moto	Gasolina	Yamaha YZF-R1	0,071	20	1,42	0,00225	0,00639
2	Moto	Gasolina	Honda CBR1000RR	0,0657	15	0,9855	0,00225	0,00443475
3	Moto	Gasolina	Suzuki GSX-R1000	0,059	28	1,652	0,00225	0,007434
4	Moto	Gasolina	Kawasaki Z900	0,065	5	0,325	0,00225	0,0014625
5	Moto	Gasolina	Honda PCX 125	0,0213	17	0,3621	0,00225	0,00162945
6	Moto	Gasolina	Yamaha NMAX 155	0,0253	19	0,4807	0,00225	0,00216315
7	Moto	Gasolina	Suzuki Burgman 200	0,032	31	0,992	0,00225	0,004464
8	Moto	Gasolina	Kymco Agility 125	0,0238	10	0,238	0,00225	0,001071
9	Moto	Gasolina	BMW R1250GS	0,0489	12	0,5868	0,00225	0,0026406
10	Moto	Gasolina	Ducati Monster 821	0,0556	24	1,3344	0,00225	0,0060048
11	Moto	Gasolina	Harley-Davidson Road Glide	0,0667	25	1,6675	0,00225	0,00750375
12	Moto	Gasolina	Piaggio Liberty 125	0,0233	3	0,0699	0,00225	0,00031455
13	Moto	Gasolina	Suzuki Address 110	0,02	9	0,18	0,00225	0,00081
14	Moto	Gasolina	SYM Symphony 125	0,025	26	0,65	0,00225	0,002925
15	Moto	Gasolina	Honda SH125i	0,0213	16	0,3408	0,00225	0,0015336
16	Moto	Eléctrico	Zero SR/F	0	2	0	0	0
17	Moto	Eléctrico	Harley-Davidson LiveWire	0	4	0	0	0
18	Moto	Eléctrico	Energica Ego	0	2	0	0	0
19	Coche	Gasolina	Volkswagen Golf 1.5 TSI	0,055	23	1,265	0,00225	0,0056925
20	Coche	Gasolina	Ford Fiesta 1.0 EcoBoost	0,049	26	1,274	0,00225	0,005733
21	Coche	Diesel	Peugeot 308 1.5 BlueHDi	0,037	19	0,703	0,002519	0,003541714
22	Coche	Diesel	Mercedes-Benz Clase C 220d	0,042	30	1,26	0,002519	0,00634788
23	Coche	Diesel	Audi A3 2.0 TDI	0,045	21	0,945	0,002519	0,00476091
24	Coche	Eléctrico	Tesla Model 3	0	33	0	0	0
TOTAL								0,076857154

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones diarias de CO₂ generadas por los desplazamientos de los empleados a la oficina y su regreso a casa ascienden a 0,08 toneladas. Para obtener las emisiones totales

indirectas generadas por los empleados a lo largo del año, se multiplica las emisiones diarias por el número de días laborables, que en este caso son 247 días menos 22 días de vacaciones.

$$\text{Emisiones desplazamiento oficina} = 0,08x (247 - 22) = 17,30 \text{ tonCo}_2/\text{año}$$

4.3.3 Desplazamiento comercial

Ticketera S.A, en su estrategia de captar nuevos clientes, dispone de un equipo de 12 comerciales que se desplazan dentro del territorio nacional a lo largo del año, con el objetivo de promocionar y vender su servicio. Para calcular las emisiones de alcance 3 derivadas de estos desplazamientos, se debe diferenciar si los trayectos son realizados en avión o tren.

En el caso de los viajes aéreos, las emisiones se deben estimar teniendo en cuenta aspectos como el tipo de avión, los datos específicos de la ruta, la ocupación y el número de ciclos de aterrizaje y despegue. Para realizar dichas estimaciones, se ha empleado la calculadora de emisiones de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO), un recurso público recomendado para la medición precisa de las emisiones asociadas al transporte aéreo. A continuación, se muestra una tabla con los viajes realizados por la empresa durante el periodo analizado, los cuales han generado un total de 57,91 toneladas de CO₂.

Tabla 10: Emisiones CO₂ trayectos en avión

Trayecto	Nº Viajes	Clase	Nº Pasajeros	Ton CO ₂
Madrid-A Coruña	3	Económica	2	18,03
Madrid-Bilbao	2	Económica	3	9,69
Madrid-Oviedo	2	Económica	1	10,27
Madrid-Tenerife	1	Premium	4	13,35
Madrid-Mallorca	1	Premium	3	6,57
TOTAL	9		13	57,91

Para los viajes realizados en tren, ante la falta de datos específicos sobre el consumo de combustibles y electricidad, se han estimado las emisiones basándose en la distancia entre las ciudades. Además, se ha aplicado un factor de emisión de 0,004 kg de CO₂ equivalente por viajero y kilómetro (MITECO, 2024). Utilizando esta metodología, se ha calculado que los desplazamientos en tren han generado un total de 0,35 toneladas de CO₂.

Tabla 11: Emisiones CO2 trayecto tren

Trayecto	Nº Viajes	Distancia Ida y Vuelta (km)	Nº Pasajeros	Factor de emisión (kgCO2/km.viajero)	Ton CO2
Madrid-Valencia	8	720	4	0,004	0,092
Madrid-Sevilla	6	1.060	3	0,004	0,076
Madrid-Barcelona	9	1.250	4	0,004	0,180
TOTAL	23		11		0,348

Finalmente, se ha determinado que las emisiones totales generadas por los desplazamientos comerciales de los empleados durante el periodo analizado ascienden a 58,26 toneladas de CO₂.

5. PLAN DE ACCIÓN PARA AHORRO DE EMISIONES Y SU IMPACTO EN LA HUELLA DE CARBONO

5.1 Escenario 1: Ahorro energético

La iluminación actual de la oficina se compone principalmente de fluorescentes (85,1%) y halógenas (7,6%). Sin embargo, en la actualidad hay tecnologías más eficientes que ofrecen un mejor rendimiento y mayor durabilidad. Por esta razón, se recomienda reemplazar la iluminación existente por sistemas LED, que presentan las siguientes ventajas:

- Consumen hasta un 50% menos que los fluorescentes.
- Incorporan equipos auxiliares de bajo consumo.
- Los LEDs tienen una vida útil de más de 50.000 horas.
- Generan menos contaminación ambiental al no contener sustancias peligrosas.
- Permiten la sustitución directa, reemplazando las luminarias actuales por equivalentes con lámpara LED.

Tabla 12: Propuesta de cambios de la iluminación

LUMINARIA EXISTENTE	POTENCIA UNITARIA (W)	LUMINARIA PROPUESTA	POTENCIA UNITARIA (W)
Luminaria empotrada BC 2x36W	80	Panel LED 60x60cm 40W 4000lm Microprismático (UGR17)	40
Downlight BC cuadrado 2x26W	57,2	Placa LED 18W Cuadrada SuperSlim Silver	18
Downlight BC redondo 2x26W	57,2	Placa LED 18W Circular SuperSlim Silver	18
Downlight BC redondo 2x13W	28,6	Placa LED 18W Circular SuperSlim Silver	18
Luminaria empotrada fluorescente 2x55W	121	Panel LED 60x60cm 40W 4000lm Microprismático (UGR17)	40
Bombilla incandescente E27 60W	60	Bombilla LED E27 A60 12W	12
Lámpara halógena 50W	60	Bombilla LED GU10 PHILIPS CorePro spotMV 120° 5W + aro	5

Fuente: Elaboración propia

Con la instalación de esta medida de ahorro y eficiencia energética se estima un ahorro energético de 59.615 kWh/año.

Además, la importancia del control de los sistemas de climatización es fundamental para garantizar el confort necesario para los trabajadores y ajustar la demanda de energía a las necesidades concretas de la empresa. Según el IDAE (2020), por cada grado que se incremente la temperatura ambiental, el consumo energético puede aumentar entre un 5% y un 7%. En este contexto, se sugiere reducir las consignas de climatización en 2°C, disminuyendo la temperatura de 24°C a 22°C durante el invierno.

Para evaluar el ahorro y la eficiencia energética de esta medida, se estima que cada grado de aumento en la temperatura de calefacción incrementa el consumo en un 7%. Aplicando esta reducción, se proyecta un ahorro energético anual de aproximadamente de 15.052kWh.

En el escenario 1, con las medidas propuestas, se lograría un ahorro energético anual de 74.667 kWh. Este consumo equivale a una reducción en las emisiones de CO₂ de aproximadamente 20,23 toneladas.

Tabla 13: Resultados Escenario 1

Escenario 1: Ahorro energético	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro en emisiones (t. eq CO ₂ /año)
Sustitución de la iluminación existente por LED	59.615	16,16
Reducción de la temperatura de consigna de la climatización	15.052	4,08
TOTAL	74.667	20,23

Fuente: Elaboración propia

5.2 Escenario 2: Consumo de electricidad 100% renovable

Las emisiones de Alcance 2 son técnicamente más fáciles de mitigar mediante la obtención de Certificados de Atributos Energéticos (EACs) con Garantía de Origen, que aseguran que la electricidad proviene de fuentes 100% renovables. Estos certificados garantizan que toda la energía eléctrica consumida por la empresa ha sido generada a partir de recursos renovables. Aunque esta estrategia efectivamente neutraliza las emisiones de alcance 2, resulta en un coste más alto por kWh debido a la prima asociada con la energía verde certificada.

Finalmente, la adopción de esta medida resultaría en una reducción estimada de **107,66 toneladas de CO₂**, suponiendo que el consumo de energía se mantenga constante en el próximo periodo.

5.3 Escenario 3: Teletrabajo y Zonificación oficina

La implementación de una política de teletrabajo al 50% se presenta como acción de mejora para reducir las emisiones de alcance 3, asociadas con el desplazamiento de los empleados. Al permitir que los empleados trabajen desde casa, esta política disminuye la

cantidad de viajes diarios a la oficina. Para implementar esta medida, los días laborables presenciales se estructuraría de modo que ciertos equipos acudiesen a la oficina lunes y miércoles, mientras que otros lo harían martes y jueves, con ambos grupos alternando su asistencia los viernes. Esta medida reduciría las emisiones producidas por el desplazamiento de los trabajadores en un 50%, resultando en una reducción de 8,65 toneladas de CO₂ anuales.

Además de la política de teletrabajo, se puede implementar la zonificación de la oficina para que los empleados que asistan presencialmente se ubiquen en áreas específicas. Dado que solo se ocuparía el 50% de la oficina en cualquier día, esto permitiría cerrar secciones no utilizadas, reduciendo así el consumo de energía asociada a la iluminación. Esta estrategia no solo optimiza el uso de recursos, sino que también podría llevar a la compañía a reconsiderar la necesidad de contratar más personal debido al espacio adicional disponible, o incluso contemplar la relocalización de sus instalaciones.

En este contexto, la implementación de la medida resulta práctica, especialmente al contar con dos zonas claramente diferenciadas en la oficina. Esto permite dejar inutilizada la zona 4 de oficinas sin complicaciones. Esta acción conllevaría una reducción adicional en el consumo de 47.801 kWh, correspondiendo a 12,95 toneladas de CO₂.

Tabla 14: Resultados Escenario 3

Escenario 3: Teletrabajo y Zonificación	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro en emisiones (t. eq CO ₂ /año)
Implementación de política de teletrabajo 50%	0	8,65
Zonificación de la oficina	47.801	12,95
TOTAL	47.801	21,60

Fuente: Elaboración propia

La implementación de ambas medidas representaría una reducción en las emisiones de la compañía de 21,60 toneladas de CO₂ anuales.

5.4 Escenario 4: Nuevas políticas de viajes comerciales

La última acción de mejora que se propone es priorizar el uso del tren sobre el avión siempre que sea posible. Esto conllevaría una reducción de las emisiones, dado que los viajes en tren generan sustancialmente menos emisiones de CO₂ comparados con los

viajes aéreos. Si durante el periodo anterior, todos los trayectos dentro de la Península se hubieran realizado en tren, se habrían generado únicamente 0,028 toneladas de CO₂, en comparación con las 37,99 toneladas efectivamente emitidas al optar por el medio aéreo.

Tabla 14: Resultados Escenario 4

Trayecto	Nº Viajes	Distancia Ida y Vuelta (km)	Nº Pasajeros	Factor de emisión (kgCO ₂ /km.viajero)	Ton CO ₂
Madrid-A Coruña	3	600	2	0,004	0,014
Madrid-Bilbao	2	400	3	0,004	0,010
Madrid-Oviedo	2	450	1	0,004	0,004
TOTAL	7		6		0,028

Fuente: Elaboración propia

Esta medida hubiese resultado en una reducción del 99% de las emisiones producidas en estos trayectos.

Además, la empresa debe explorar formas de reducir la cantidad de viajes comerciales requeridos. Se deberían implementar políticas que restrinjan las reuniones presenciales y fomenten el uso de tecnologías como Zoom y otras plataformas de videoconferencia. Esta medida no solo ayudaría a evitar desplazamientos físicos innecesarios, sino que contribuiría a una significativa reducción de las emisiones generadas, además de proporcionar ahorros considerables en costes y tiempo de viaje para la empresa.

6. IMPACTO FINANCIERO DE LAS ACCIONES DE MEJORA SOBRE LA CUENTA DE RESULTADOS

6.1 Eficiencia energética

Anteriormente, se propusieron dos acciones específicas destinadas a mejorar la eficiencia energética del edificio. Además de disminuir el consumo de energía en kWh, estas medidas tienen un impacto financiero significativo en la cuenta de resultados de la empresa. Para calcular este impacto financiero, se ha considerado que el precio medio durante el periodo analizado corresponde al valor de los kWh ahorrados.

$$\text{Ahorro} = 74.667 \text{ kWh} \times 0,156\text{€} = 11.648,05 \text{ €}$$

La implementación de las medidas destinadas a mejorar la eficiencia energética podrían generar unos ingresos anuales de 11.648,05 euros. Sin embargo, el cambio de luminaria requeriría una inversión inicial de 18.311 euros, incluyéndose el coste del equipo y la instalación.

Tabla 15: Presupuesto Medidas Ahorro Energético

LUMINARIA PROPUESTA	SUMINISTRO + INSTALACION
Panel LED 60x60cm 40W 4000lm Microprismático (UGR17)	40,00 €
Placa LED 18W Cuadrada SuperSlim Silver	20,00 €
Placa LED 18W Circular SuperSlim Silver	18,00 €
Placa LED 18W Circular SuperSlim Silver	19,00 €
Panel LED 60x60cm 40W 4000lm Microprismático (UGR17)	40,00 €
Bombilla LED E27 A60 12W	3,00 €
Bombilla LED GU10 PHILIPS CorePro spotMV 120° 5W + aro	18,00 €

Fuente: Elaboración propia

En resumen, la implementación de esta medida de ahorro y eficiencia energética resultaría en un ahorro energético de 74.667 kWh/año. Esto representa un ahorro económico de 11.648,05 €/año, recuperándose la inversión en un periodo de 1,57 años.

6.2 Mercado de las CAEs

La Unión Europea mediante la Directiva Europea sobre Eficiencia energética estableció unos objetivos de reducción de consumo de energía, imponiendo a ciertos actores del mercado energético la obligación de cumplir con cuotas determinadas de ahorro energético. En España, para gestionar estas cuotas, se implementó el Sistema Nacional de

Obligaciones de Eficiencia Energética (SNOEE). Según este sistema, las entidades afectadas deben cumplir con objetivos anuales de ahorro y contribuir financieramente al Fondo Nacional de Eficiencia Energética (FNEE). Los recursos de este fondo se destinan a financiar iniciativas y proyectos que fomentan la eficiencia energética en todo el país, ayudando así a alcanzar las metas establecidas (BOE, 2023).

Además, el Sistema de Certificados de Ahorro Energético (CAE) permite a los sujetos obligados la opción de sustituir parte de sus contribuciones monetarias al FNEE por inversiones directas en proyectos de eficiencia energética que generen ahorros energéticos verificables. Esto incluye mejoras en la envolvente del edificio, sistemas de climatización, iluminación y otras áreas, cuya implementación no solo contribuye al ahorro energético, sino que también permite a las empresas obtener CAEs (BOE, 2023).

En el caso de estudio, se implementó una serie de medidas para mejorar la eficiencia energética, consistiendo en el cambio de la luminaria y la regulación de las temperaturas. Estas acciones resultaron en un ahorro energético anual de 74.667 kWh. Debido a esta mejora, la empresa no solo redujo su consumo energético, sino que también se convirtió en candidata para la obtención de CAE. La adquisición de estos certificados tiene un impacto positivo en el balance económico de la empresa, tanto por la disminución directa en los costes de la energía como por la potencial venta de los CAEs obtenidos.

El precio de cada CAE está determinado por la oferta y la demanda, es decir, lo que el mercado esté dispuesto a pagar por cada kWh (MITECO, 2023). Sin embargo, debido a que se trata de un mercado regulado, el Gobierno establece anualmente un precio de referencia. Este precio fija las obligaciones de contribución al FNEE y sirve como máximo precio para la compra de una CAE. En el año 2023, el precio máximo de referencia fue aproximadamente 166 euros por MWh, y se estima que el precio que los usuarios podrían recibir por el ahorro energético generado oscila entre 80 y 100 euros por MWh, lo que equivale a unos 0,08 a 0,10 euros kWh. En este caso, se va a utilizar el límite inferior para estimar el impacto positivo que tiene esta alternativa en el balance de la empresa.

$$INGRESO CAEs = 74.667 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 5.973,36 \text{ €}$$

La empresa generaría un ingreso adicional de 5.973,36 euros por la venta de su ahorro energético en el mercado de los CAEs, como resultado de las mejoras implementadas en su eficiencia energética.

6.3 Otros impactos financieros

En los apartados anteriores, se han explorado los impactos financieros directos de las mejoras de eficiencia energética, existiendo un amplio abanico de beneficios económicos procedentes de las estrategias de reducción de CO₂ y otros GEI. Estas acciones de mejora generan beneficios adicionales como el acceso a venta de créditos de carbono, la obtención de mejores condiciones de financiación y de incentivos fiscales, la atracción de inversores y la mejora de la imagen corporativa.

En primer lugar, el mercado de CO₂ opera bajo conceptos similares que el Sistema de las CAEs, pero sirven para propósitos distintos y funcionan bajo diferentes mecanismos regulatorios y de mercado. En este caso, si la empresa quisiera vender su reducción de emisiones de CO₂ tendría que operar en el mercado voluntario (Iberdrola, s.f). Para ello, se generaría un crédito de carbono que corresponde a la reducción de una tonelada de CO₂ o gases equivalentes, y deberán ser certificados bajo los estándares del mercado. Estos créditos podrán ser adquiridos por cualquier entidad, y ser usados voluntariamente para cumplir los objetivos corporativos de sostenibilidad o compensar emisiones. Sin embargo, las empresas tienden a comprar créditos de carbono que correspondan a grandes proyectos de reducción, en lugar de aquellos generados de forma más residual.

En segundo lugar, la implementación de prácticas sostenibles mejora las condiciones de financiación que ofrecen los bancos y aumenta el acceso a incentivos o subvenciones gubernamentales. La financiación sostenible, que toma en cuenta factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG), está cada vez más presente, con bancos que proporcionan condiciones más favorables a las empresas comprometidas con prácticas sostenibles de largo plazo (Arroyo Pavón, 2023). Además, numerosos gobiernos fomentan estas iniciativas a través de incentivos fiscales, créditos impositivos y deducciones destinadas a empresas que invierten en tecnologías verdes o que adoptan estrategias de reducción de impacto ambiental.

Por último, adoptar prácticas sostenibles no solo mejora la imagen de marca, sino que también eleva la competitividad y solidifica la posición de la empresa como líder hacia

un futuro de bajas emisiones. Esto se debe a que tanto consumidores como inversores valoran cada vez más la responsabilidad ambiental en sus decisiones de compra e inversión (Xu, Liu, & Wang, 2021).

7. CONCLUSION

A lo largo de este Trabajo de Fin de Grado, se ha desarrollado un marco teórico para la cuantificación de la huella de carbono de la parte básica de todo tipo de empresas. Se estudiaron diferentes propuestas para la reducción de la huella de carbono y sus consecuentes repercusiones financieras, obteniendo las siguientes conclusiones:

Emisiones de Alcance 2- Eficiencia Energética

- La iluminación presente en la oficina está compuesta principalmente por fluorescentes (85,1%) y halógenas (7,6%). Sin embargo, la sustitución directa de luminarias por equivalentes con lámpara LED, implicaría un ahorro energético de 59.617 kWh/año. Esta medida resultaría en una reducción de emisiones de CO₂ equivalentes a 16,16 toneladas anuales.
- La reducción de la temperatura de consigna de climatización en 2°C, se estimaría un ahorro energético anual de 15.052 kWh. Este consumo equivale a una reducción de las emisiones de aproximadamente 4,08 toneladas de CO₂.
- La implementación de las dos medidas de mejora conllevaría una reducción en el consumo energético, y por consiguiente un impacto positivo en la cuenta de resultados de la empresa. Una reducción de 74.667 kWh anuales representa un ahorro económico de 11.648,55 euros. Sin embargo, el cambio de luminaria requeriría una inversión inicial de 18.311 euros, recuperándose en 1,57 años.
- La venta de este ahorro energético en el mercado de las CAEs, generaría un ingreso adicional de 5.973,36 euros.

Emisiones de Alcance 2- EAC's con Garantía Origen

- Las emisiones de Alcance 2 son técnicamente más fáciles de mitigar mediante la obtención de Certificados de Atributos Energéticos con Garantía Origen, que aseguran que la electricidad proviene de fuentes 100% renovables. Esta medida de acción neutraliza las emisiones de alcance 2, pero se recomienda implementar las medidas de eficiencia energética, ya que no son excluyentes una de la otra. Además, esta medida conlleva un mayor coste kWh debido a la prima asociada a la energía verde certificada, pudiendo ser compensada con un menor consumo debido a las medidas de eficiencia energética.

Emisiones de Alcance 2 y 3- Teletrabajo y Zonificación

- Las emisiones anuales debidas a los desplazamientos de los empleados a la oficina implican una emisión de 17,30 toneladas de CO₂. La adopción de una política de teletrabajo disminuiría a la mitad estas emisiones, resultando en una reducción de 8,65 toneladas de CO₂ anuales.
- Adicionalmente, se puede implementar la zonificación de la oficina para que los empleados que asistan presencialmente se ubiquen en áreas específicas. Esta estrategia reduciría los consumos de iluminación y climatización de la zona 4 del edificio. Esta medida se estima en una reducción de 12,95 toneladas de CO₂ anuales.

Emisiones de Alcance 3- Viajes comerciales

- Las emisiones totales procedentes de los desplazamientos comerciales ascienden a 58,26 toneladas de CO₂ durante el periodo analizado. Se destaca que los desplazamientos realizados en avión equivalen a un consumo significativamente superior a los realizados en tren. Por ello, la medida de mejora es siempre en la medida de lo posible, realizar los viajes comerciales en tren o realizarlos de manera remota con el uso de tecnologías como Zoom.
- La reducción de viajes comerciales presenciales se reflejaría en un ahorro de tiempo y dinero.

Por último, la implementación de medidas para mitigar las emisiones puede tener otros impactos financieros en la cuenta de resultados de la empresa. Sin embargo, el propósito principal de este estudio es proporcionar un marco teórico que permita a empresas de diversos sectores a reducir su huella de carbono y liderar el camino hacia una economía más limpia y circular.

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Para concluir el Trabajo de Fin de Grado se proponen otras líneas de investigación para futuros proyectos en relación con la sostenibilidad, ODS, finanzas sostenibles y la Agenda del 2030. Estas propuestas se enfocan en ser una continuación del presente trabajo, profundizando y expandiendo en el cálculo de la huella de carbono. Las futuras líneas de investigación son las siguientes:

- Desarrollo e implementación de una herramienta automatizada para el cálculo y gestión de emisiones de Alcance 3 en una empresa.
- Aplicación de tecnologías basadas en el Big Data para la recolección masiva de datos sobre las emisiones generadas.
- Desarrollo de modelos predictivos para estimar futuras emisiones de carbono.
- Impacto de las Inversiones en Tecnologías verdes sobre las emisiones de las empresas de servicios.
- Estudio del impacto de la innovación tecnológica en la reducción de emisiones en el sector del servicio, como la Inteligencia Artificial, Blockchain o Internet de las Cosas.

9. DECLARACIÓN DE USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN TRABAJOS FIN DE GRADOS

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Miriam Portillo Quesada, estudiante de E2+ Analytics de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Cálculo de la Huella de Carbono en una Empresa de Servicios" declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
2. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 22/04/2024

Firma: Miriam Portillo Quesada

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso González, A. (2020). *Base para la cuantificación de la huella de carbono de las repoblaciones forestales desde el enfoque del análisis de ciclo de vida*. Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid.
- Arroyo Pavón, C. (2023). *El impacto del cambio climático en los mercados financieros*. Trabajo de Fin de Grado, Universidad Pontificia de Comillas.
- Benavides, H. O., & León, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases efecto invernadero y el cambio climático*. IDEAM.
- BOE. (2023). *Real Decreto 36/2023*. Boletín Oficial del Estado.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (10 de Octubre de 2007). Efecto Invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, 8(10), págs. 1-12.
- CEOE. (2023). *COP 28. Informe final. Resultados y conclusiones*. CEOE.
- Clark, A. (2022). *Estas 30 empresas emiten casi la mitad del metano del sector energético mundial*. Recuperado el 7 de Enero de 2024, de Bloomberg en línea: <https://www.bloomberglinea.com/2022/11/06/estas-30-empresas-emiten-casi-la-mitad-del-metano-del-sector-energetico-mundial/>
- Comisión Europea. (2023). *COM(2023) 161 - Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act)*. Comisión Europea.
- Comisión Europea. (s.f). *Cumplir el Pacto verde Europeo*. Recuperado el 10 de Marzo de 2024, de Comisión Europea: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_es
- Dirección General de Tráfico. (Noviembre de 2023). *Parque Nacional de vehículos por comunidad autónoma, provincia, tipo de vehículo y tipo de carburante*. Recuperado el 4 de Abril de 2024, de Observatorio del transporte y la logística en España: <https://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=396>

- Erbach, G. (2019). *El Pacto Verde Europeo*. Parlamento Europeo.
- Espinosa, M. (2023). *Análisis de la huella de CO2 de un municipio y propuesta de acciones de descarbonización basadas en la Ingeniería*. Madrid: Trabajo de Fin de Master, Universidad Pontificia de Comillas.
- European Environment Agency. (18 de Diciembre de 2023). *Emissions of Air pollutants from transport in Europe*. Recuperado el 10 de Enero de 2024, de <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/emissions-of-air-pollutants-from>
- Evans, S. (5 de Octubre de 2021). *Analysis: Which countries are historically responsible for climate change?* Recuperado el 3 de Enero de 2024, de Carbon Brief: <https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change/>
- Fernández Barberis, G., García Centeno, M. C., & Escribano Ródenas, M. C. (2022). Europa frente a la Agenda de 2030. *Anales de ASEPUMA*, 30.
- Global Carbon Atlas. (2023). *Carbon emissions*. Recuperado el 6 de January de 2024, de Global Carbon Atlas: <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>
- Global Carbon Project. (2023). Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12). doi:<https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- Gobierno de España. (2021). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Gobierno de España.
- IAEA. (s.f.). *Reducción de los gases efecto Invernadero*. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de Organismo Internacional de Energía Atómica: <https://www.iaea.org/es/temas/reduccion-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Iberdrola. (s.f.). *¿Cómo se regulan los mercados de derechos de emisión y créditos de carbono*. Recuperado el 10 de Abril de 2024, de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/medio-ambiente/gestion-medioambiental/mercados-carbono-derechos-emision-co2>
- IDAE. (2020). *Guía IDAE 023: Contabilización de consumos individuales de calefacción en instalaciones térmicas de edificios*. RALI S.A.

- INE. (2023). *Cuentas medioambientales. Cuenta de emisiones a la atmósfera- Avance año 2022*. INE.
- IPCC. (1990). *Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments*. Canada: IPCC.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emissions pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA,: Cambridge University Press. doi:<https://doi.org/10.1017/9781009157940>
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. Geneva, Switzerland: IPCC. doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- MITECO. (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. Gobierno de España.
- MITECO. (2023). *Borrador de actualización del plan nacional integrado de energía y clima 2023-2030*. Gobierno de España.
- MITECO. (2023). *Factores de emisión. Registro de Huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Gobierno de España.
- MITECO. (2023). *Inventario Nacional de emisiones a la atmósfera. Emisiones de Gases Efecto Invernadero*. MITECO.
- MITECO. (2023). *Sistemas de Certificados de Ahorro Energético (CAE)*. Gobierno de España.
- MITECO. (2024). *Cómo calcular las emisiones de los viajes realizados por los empleados por motivos de trabajo*. Gobierno de España.
- MITECO. (2024). *Informe de Inventario Nacional Gases Efecto Invernadero*. MITECO.
- Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Kioto: UNFCCC.

Naciones Unidas. (2022). Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on this third session, held in Glasgow from 31 October to 13 November 2021. *COP 26*, (págs. 1-7). Glasgow.

Naciones Unidas. (s.f). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. Recuperado el 2 de Enero de 2024, de Objetivos de desarrollo sostenible:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

Naciones Unidas. (s.f). *Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación*. Recuperado el 2 de Enero de 2024, de Objetivos de desarrollo sostenible:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

NOAA. (2022). *April 2022 Global Climate Report*. published online May 2022. Obtenido de <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202204>

Nunez, C. (27 de Noviembre de 2023). *¿Que son los gases de efecto invernadero y cuáles son sus efectos?* (National Geographic) Recuperado el 3 de Enero de 2024, de Medio Ambiente: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>

OMM. (1979). Informe del presidente de la Conferencia. *La conferencial Mundial sobre el Clima*, (págs. 213-226).

OMM. (1979). Informe del Presidente de la Conferencia. *La Conferencia Mundial Sobre el Clima*, (págs. 214-226). Ginebra.

Parlamento Europeo. (3 de Marzo de 2023). *Cambio climático: gases de efecto invernadero que causan calentamiento global*. Recuperado el 30 de Enero de 2024, de Parlamento Europeo:
<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230316STO77629/cambio-climatico-gases-de-efecto-invernadero-que-causan-el-calentamiento-global>

Procolo de Gases Efecto Invernadero. (2013). *Technical Guidance for calculating Scope 3 Emissions*.

- Protocolo de Gases Efecto Invernadero. (2014). *Global Warming Potential Values*. GHG Protocol.
- Protocolo de Gases Efecto Invernadero. (2014). *Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria*. World Resources Institute.
- UNEP. (2023). *Emissions Gap Report 2023: Broken Record- Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)*. Nairobi.
doi:<https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>
- UNFCCC. (2015). Acuerdo de París. *21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, (pág. 18). París.
- Xu, Q., Liu, X., & Wang, Y. (2021). Corporate sustainability practices, brand reputation, and financial performance. *Journal of Cleaner Production*, 315.