

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Integración de Prácticas Sostenibles en la Gestión de Activos Físicos: Plan de mejora para la reducción de la Huella de Carbono en las organizaciones

Autora: Marta Cepedello Reyes

Tutor: Vicente González-Prida Díaz

*Dpto. de Organización Industrial y Gestión de
Empresas I*

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de Organización Industrial

Integración de Prácticas Sostenibles en la Gestión de Activos Físicos: Plan de mejora para la reducción de la Huella de Carbono en las organizaciones

Autora:

Marta Cepedello Reyes

Tutor:

Vicente González-Prida Díaz

Profesor Ayudante Doctor

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado: Integración de Prácticas Sostenibles en la Gestión de Activos Físicos: Plan de mejora para la reducción de la Huella de Carbono en las organizaciones

Autora: Marta Cepedello Reyes

Tutor: Vicente González-Prida Díaz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

A mi tutor Vicente, por su ayuda, tiempo y disposición.

A mis padres, mi hermana y mi familia por su apoyo incondicional durante toda mi etapa académica.

A Enrique por su paciencia y comprensión.

Marta Cepedello Reyes

Sevilla, 2024

Resumen

En la actualidad, uno de los principales retos a los que se enfrentan las organizaciones es el cambio climático, por tanto, la implantación de prácticas sostenibles y la reducción de la huella de carbono pasan a ser actividades relevantes de estas compañías.

El concepto de sostenibilidad está estrechamente ligado con la gestión de activos físicos. Una correcta gestión permite obtener una mejora del desempeño económico, ayudar a tomar decisiones sobre inversiones y mantenimiento, disminuir riesgos a corto y largo plazo y aumentar la eficiencia operativa; a su vez, consigue aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y aumentar el ciclo de vida de los activos, estos parámetros contribuyen a reducir el impacto ambiental, además de mejorar la responsabilidad social corporativa de la empresa, que puede traducirse en una ventaja competitiva en el mercado y desde el punto de vista de los accionistas, ambos cada vez más concienciados con el medio ambiente.

Para cuantificar la huella de carbono de una organización existen una serie de metodologías, las más conocidas son: ISO 14064, ISO 14067, GHG Protocol y PAS 2050.

Para calcular el coste total durante el ciclo de vida de un activo, se añade a la formulación típica del coste del ciclo de vida, donde se incluyen los costes de adquisición, operación, mantenimiento y finalización, los costes asociados a las emisiones de carbono durante su vida útil.

El principal objetivo de obtener datos acerca de la huella de carbono de las organizaciones es desarrollar un plan de mejora con una serie de medidas correctivas para reducir su impacto en el medio ambiente. Estos resultados serán analizados para estudiar la eficacia de las medidas, tomando la mejora continua como base.

Abstract

Currently, one of the main challenges facing organizations is climate change, therefore, the implementation of sustainable practices and the reduction of the carbon footprint become the relevant activities of these companies.

The concept of sustainability is closely linked to the management of physical assets. Proper management leads to improved economic performance, helps make decisions about investments and maintenance, reduces short and long-term risks and increases operational efficiency; in turn, it increases efficiency in the use of resources and increases the life cycle of assets. These parameters contribute to reducing the environmental impact, in addition to improving the company's corporate social responsibility, which can translate into a competitive advantage in the market and from the point of view of shareholders, both of whom are becoming increasingly aware of the environment.

To quantify the carbon footprint of an organization there are a series of methodologies, the best known are: ISO 14064, ISO 14067, GHG Protocol and PAS 2050.

To calculate the total life-cycle cost of an asset, the costs associated with carbon emissions during its useful life are added to the typical formulation of the life cycle cost, where acquisition, operation, maintenance and end-of-life costs are included.

The main objective of obtaining data about the carbon footprint of organizations is to develop an improvement plan with a series of corrective measures to reduce their impact on the environment. These results will be analyzed to study the effectiveness of the measures, taking continuous improvement as a basis.

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
Índice	14
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras	17
1. Introducción	1
1.1 Contextualización	1
1.2 Objetivo del proyecto	2
1.3 Justificación	3
2. Sostenibilidad y gestión de activos físicos	4
2.1. Definición de gestión de activos y su importancia en las organizaciones	4
2.1.1. Principios de la gestión de activos	4
2.1.2. Beneficios de la gestión de activos	5
2.1.3 Sistema de gestión de activos	5
2.2. Responsabilidad social en las organizaciones	6
2.2.1 Principios de la responsabilidad social	7
2.2.2 Beneficios de la responsabilidad social para una organización	7
2.3. Definición y principios de sostenibilidad	8
2.3.1 Relación entre responsabilidad social y sostenibilidad	9
2.4. Importancia de la sostenibilidad en la gestión de activos físicos	9
3. Huella de carbono y su medición	11
3.1. Concepto de cambio climático	11
3.1.1 Concepto de gases de efecto invernadero	11
3.1.2 Concepto de Eutrofización	13
3.1.3 Concepto de Acidificación	13
3.1.4 Concepto de Ozono Fotoquímico	14
3.1.5 Concepto de Agotamiento del Ozono	15
3.2. Método de medición y evaluación de la Huella de Carbono	15
3.2.2 ISO 14067	18
3.2.3 ISO 14040 y 14044	19
3.2.4 GHG Protocol	19
3.2.5 PAS 2025	20
3.3 Incorporación del coste de la huella de carbono al coste del ciclo de vida de un activo físico	20
3.3.1 Coste del ciclo de vida de un activo	20
3.4 Importancia de la reducción de la huella de carbono en las organizaciones	25
3.5 Huella de carbono en la digitalización	25
4. Empresas sostenibles: estrategias, objetivos y logros ambientales de empresas líderes	29
4.1 Contexto del cambio climático en el ámbito empresarial	30
4.1 Transporte y Logística	32

4.2 Tecnología	36
4.3 Aeroespacial	38
4.4 Gestión de Activos Físicos	41
4.5 Alimentación y Bebida	44
4.6 Energía y Recursos Naturales	46
5 Plan de mejora	50
5.1 Primera etapa: Evaluación Inicial y Diagnóstico	50
5.2 Segunda etapa: Identificación de necesidades y oportunidades de mejora	51
5.3 Tercera etapa: Desarrollo de un plan de acción	51
5.4 Cuarta etapa: Evaluación Económica y Financiera	52
5.5 Quinta etapa: Implementación de un plan de mejora	53
5.6 Sexta etapa: Revisión periódica y mejora continua	55
5.6.1 Propuesta de una metodología para el cálculo de las desviaciones de la huella de carbono	55
5.6.2 Revisión y ajuste del Plan	57
6.Conclusión	58
BIBLIOGRAFÍA	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Emisiones de CO ₂ producidas por las nuevas tecnologías.	27
Tabla 2. Mayores emisiones de CO ₂ por empresas.	31
Tabla 3. CO ₂ evitado por distintas áreas.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Encuesta motivos para la descarbonización.	2
Figura 2. Encuesta cambios significativos	2
Figura 3. Encuesta estrategia y objetivos	2
Figura 4. : CBS. (Cost breakdown structure)	21
Figura 5. Comparación de emisiones de CO ₂ durante los últimos años.	33
Figura 6. Comparación uso de combustible alternativo durante los últimos años.	33
Figura 7. Comparación uso de transporte sostenible durante los últimos años	33
Figura 8. Objetivo de reducción de emisiones para el año 2025.	34
Figura 9. Objetivo de uso de energía eléctrica para el año 2025.	34
Figura 10. Objetivo de consumo de combustible alternativo para el año 2025.	35
Figura 11. Comparación del uso de energía renovable en los últimos años.	36
Figura 12. Comparación tCO ₂ eq en los últimos años.	39
Figura 13. Comparación tCO ₂ emitidas con respecto al objetivo.	40
Figura 14. Comparación kilotoneladas de CO ₂ emitidos en los últimos años.	41
Figura 15. Comparación GigaWattios/hora (GWh) consumidos en los últimos años.	42
Figura 16. Comparación miles de metros cúbicos de agua consumidos en los últimos años.	42
Figura 17. Comparación emisiones de carbono emitidas por distintas compañías en Europa.	46
Figura 18. Comparación toneladas de CO ₂ emitidas en los últimos años.	47
Figura 19. Comparación formas de producción la electricidad.	48

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contextualización

El cambio climático representa una de las mayores amenazas social, ambiental y económica del planeta. La temperatura media del planeta ha aumentado 0,76°C desde 1850 y la mayor parte de este calentamiento ha sido en los últimos 50 años, fruto de las actividades llevadas a cabo por los seres humanos. Si se mantienen las tendencias, la temperatura de la tierra superará los 2°C, provocando importantes impactos sociales y medioambientales^[1]

El cambio climático es el gran desafío al que nos enfrentamos en el siglo XXI. Aparte de ser un reto económico para las organizaciones, puede convertirse también en una oportunidad para modernizar sus formas de producir y consumir, garantizando un futuro sostenible, a la vez que consiguen hacerse más competitivas. En los próximos años, será necesaria una transformación tecnológica que fomente el ahorro y la eficiencia, busque tecnologías más limpias y tenga como objetivo crear una sociedad sin emisiones de efecto invernadero^[1].

En la actualidad, los responsables de las áreas de sostenibilidad de las organizaciones se enfrentan a un gran reto debido a la necesidad de desarrollar unas prácticas empresariales sostenibles que permitan la descarbonización a la vez que las empresas sigan cumpliendo sus objetivos operacionales, manteniéndose rentables y atractivas en el mercado. Esta nueva visión no siempre es bien recibida por otras áreas ya que siguen viendo la inversión en sostenibilidad como un coste o una obligación con poco beneficio a largo plazo^[2].

En un informe de sostenibilidad de Deloitte desarrollado en 2023 (Deloitte 2023 CxO Sustainability Report.); señalan que el 75% de los responsables de organizaciones habían incrementado significativamente sus inversiones en sostenibilidad en el último año, sin embargo, existe todavía mucho escepticismo sobre los compromisos que las empresas están haciendo referentes al cambio climático; solo el 29% de los encuestados piensan que el sector privado está comprometido y solo el 28% creen que los gobiernos de los diferentes países lo estén^[2].

Steven Goldbach, uno de los principales líderes del área de sostenibilidad de Deloitte, afirma que las empresas que mejor se adapten a esta nueva era sostenible y de cero emisiones serán las que se posicionarán mejor en el mercado y consigan mantenerse en él. Para hacer esto posible, es imprescindible que la sostenibilidad sea tratada como un factor crucial en la misión y visión de la organización e interactúe con otras áreas como operaciones y finanzas para así poder complementarse, ya que pueden identificar el potencial de crecimiento de las posibles nuevas ofertas relacionadas con la sostenibilidad^[2].

La consultora KMPG realizó una encuesta a diferentes CEOs de organizaciones sobre las estrategias y objetivos en relación con la sostenibilidad y la descarbonización con los siguientes resultados^[3]:

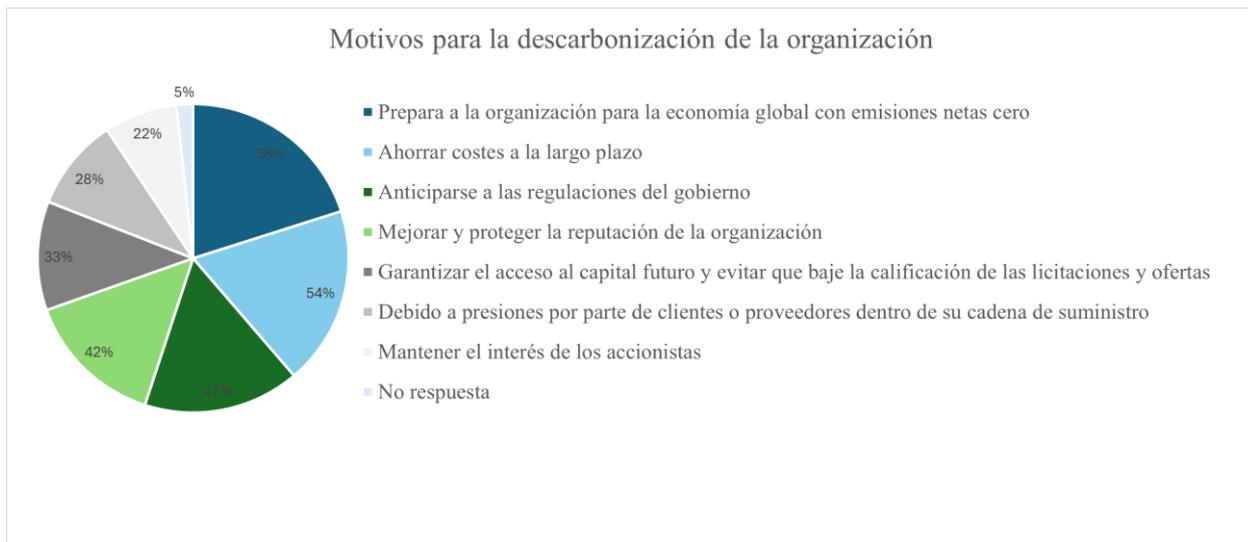


Figura 1. Encuesta motivos para la descarbonización.

Elaboración propia. Fuente: KPMG (2021). Climate change and corporate value.

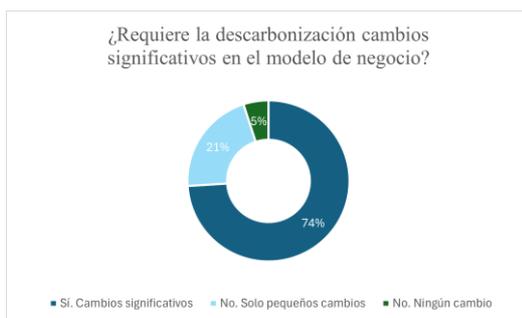


Figura 2. Encuesta cambios significativos

Elaboración propia. Fuente: KPMG (2021).

Climate change and corporate value.



Figura 3. Encuesta estrategia y objetivos

Elaboración propia. Fuente: KPMG (2021).

Climate change and corporate value.

Con esta encuesta se muestra la creciente importancia que las empresas atribuyen a la necesidad y preocupación de tomar acciones para adaptarse a esta nueva era integrando en su estrategia la descarbonización y el objetivo de la sostenibilidad. Las principales razones son preparar a la organización para esta nueva situación, debido a la presión de la competencia, partes interesadas y regulaciones y ahorrar costes a largo plazo.

En este contexto, la gestión de activos físicos se presenta como un componente fundamental para la sostenibilidad empresarial. Los activos físicos representan una parte importante de los recursos de una organización, pero también tienen un impacto directo en su huella ambiental y en su capacidad para operar de manera eficiente y responsable, por lo que una correcta gestión permitirá el cumplimiento de los objetivos operacionales y estratégicos mientras que se alcanzan los objetivos de sostenibilidad. Una correcta gestión implica un mantenimiento de los activos adecuados para poder maximizar su ciclo de vida, reducir costes operativos y aumentar su productividad.

1.2 Objetivo del proyecto

El objetivo principal del proyecto es comprender la relevancia que tiene el cambio climático en la actualidad, estudiando varios factores que lo provocan, poniendo el foco en la huella de carbono y, como resultado, proponer

un plan de mejora que las empresas puedan implantar para reducir su impacto ambiental. Este contiene tanto buenas prácticas a llevar a cabo, como una metodología para poder calcular en términos de costes la desviación de la huella de carbono con respecto a lo planificado por la empresa.

Para obtener este plan de mejora, se parte de los siguientes objetivos particulares:

- Se estudiará la importancia de la gestión de activos físicos en el contexto organizacional al permitir alcanzar las metas establecidas y mantener la rentabilidad a largo plazo de las organizaciones. Este concepto se va a relacionar con el principio de sostenibilidad, muy ligado a la gestión de activos físicos, ya que una correcta gestión con actividades como el mantenimiento, permitirá el aumento de su ciclo de vida, reduciendo costes y siendo más sostenibles.

Como contexto se profundizará en un marco normativo de las normas ISO relacionadas con la sostenibilidad y la gestión de activos físicos con los objetivos de:

- Comprender y aplicar los principios sobre gestión de activos, además de estudiar requisitos, indicaciones y beneficios de implantar sistemas de gestión de activos en las organizaciones siguiendo la norma ISO 55002-2018 y ISO 55001-2014.
- Comprender y aplicar los principios de sostenibilidad, medio ambiente y Responsabilidad Social Corporativa a partir de la norma 26000-2010 (Guía de Responsabilidad Social) y la norma ISO 14001-2015(Sistemas de Gestión Ambiental).
- Comprender y aplicar los principios de la Huella de Carbono en las organizaciones según la norma ISO 14064-2018, distintos métodos de cuantificación y propuesta de formulación del coste que supone la huella de carbono en el ciclo de vida.
- Para ilustrar la aplicación práctica de este trabajo, se presentarán una serie de casos de estudios de empresas líderes divididas por diferentes sectores que han implementado con éxito prácticas sostenibles y proyectos ambientales. Se estudiarán los objetivos y logros en materia de responsabilidad social corporativa y medio ambiente para ilustrar su progreso e implicación con la causa.

1.3 Justificación

La motivación para realizar este trabajo se basa en la preocupación e importancia del problema climático actual y la búsqueda de soluciones que pueden implementar las compañías para reducir su impacto. Los distintos conceptos de este proyecto están relacionados directamente con asignaturas del grado como son:

Gestión de la calidad: Se aplican conocimientos de esta materia en cuanto al estudio de las distintas normas ISO relacionadas con el medio ambiente y la responsabilidad social, además del concepto de sistema de gestión ambiental y el ciclo de mejora continua, propuesto como plan de mejora para promover buenas prácticas sostenibles y reducir la huella de carbono.

Sistemas de Gestión del Mantenimiento: Los conceptos referidos a la gestión de activos, el cálculo del ciclo de vida de estos, la importancia de actividades como el mantenimiento para prolongar su vida útil y parámetros como fiabilidad y fallos han sido utilizados para estudiar la importancia de una correcta gestión de activos en las compañías y la relación que tienen con la sostenibilidad.

Fiabilidad y estadística: Asignaturas donde se han estudiado diferentes formulaciones estadísticas, la mayor parte enfocadas en activos durante su vida útil. Para la propuesta de metodologías que presentan una formulación se han utilizado de referencia.

2. SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS

2.1. Definición de gestión de activos y su importancia en las organizaciones

La Norma ISO 55000-2014 es un estándar internacional que explica aspectos generales, principios, términos y beneficios que se esperan al implementar un sistema de gestión de activos ^[4].

Según esta norma: *“Un activo es algo que posee un valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero”* ^[4].

Desde un punto de vista financiero, un activo para una empresa son los recursos, bienes, derechos y valores que poseen valor económico y cuya misión es proporcionar un beneficio en el futuro. Se pueden incluir como activos: maquinaria, terrenos, edificios, vehículos, inversiones financieras, derechos de cobro con los clientes y demás, pero los activos no son solo una lista de bienes y propiedades que posee la empresa, son un reflejo de la situación económica actual y el potencial de ésta, por ello, es necesario contar con una correcta gestión.

Las organizaciones deben supervisar y controlar de forma eficaz los activos para poder alcanzar así su máximo valor a través de la gestión de riesgos y oportunidades con el fin de alcanzar un equilibrio entre coste, riesgo y rendimiento ^[4]. Desde la década de 1990, la gestión de activos ha sido reconocida como una disciplina que abarca conceptos y técnicas de una variedad de campos, como finanzas, tecnología y operaciones, entre otros. Se enfoca en la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del activo físico, optimizando diferentes aspectos en cada situación, pero con una visión integral que abarca todo el ciclo de vida ^[5].

La gestión de activos convierte los objetivos de una organización en decisiones, planes y actividades utilizando como enfoque el riesgo ^[4].

El IAM (Instituto de Gestión de Activos) define la gestión de activos como *“el arte y la ciencia de tomar las decisiones correctas y optimizar los procesos de selección, mantenimiento, inspección y renovación de los activos”* ^[5].

El objetivo de la gestión de activos es administrar y optimizar los diferentes activos de una organización a lo largo de su ciclo de vida con la finalidad de maximizar su valor, desde su conceptualización, pasando por su diseño, fabricación, adquisición, operación, mantenimiento y su correcta disposición hasta el fin del ciclo de vida del activo que puede consistir en su desmantelamiento o desinstalación.

2.1.1. Principios de la gestión de activos

La gestión de activos se basa en una serie de principios:

- **Valor:** Los activos crean valor para la organización y sus partes interesadas. La gestión de activos se enfoca en el valor que un activo puede proporcionar a una empresa y es la organización quien lo determina.
Esto incluye: una declaración clara de cómo los objetivos de gestión de activos se alinean con los objetivos organizacionales; utilizar un enfoque de gestión del ciclo de vida para obtener el valor de los activos y establecer procesos de toma de decisiones que reflejen las necesidades de las partes interesadas y definan el valor ^[4].
- **Alineación:** La gestión de activos ayuda a convertir los objetivos organizacionales en actividades, planes y decisiones. Estas decisiones contribuyen de manera conjunta al logro de los objetivos de la organización. Esto incluye: la implementación de técnicas y actividades de planificación y toma de decisiones basadas en riesgo e información que transformen los objetivos organizacionales en planes de gestión de activos, la integración de los procesos de gestión de activos con los procesos de gestión funcional de la organización y la especificación, diseño e implementación de un sistema de gestión de

activos de apoyo ^[4].

- Liderazgo: El liderazgo y la cultura del trabajo son fundamentales para la obtención de valor. Para establecer, implementar y perfeccionar la gestión de activos dentro de la empresa es necesario el liderazgo y el compromiso de todos los niveles gerenciales. Esto implica: establecer roles, responsabilidades y autoridad de manera clara y definida, garantizar que los empleados sean competentes, conscientes y empoderados y consultar a los empleados y partes interesadas sobre la gestión de activos ^[4].
- Aseguramiento: La gestión de activos garantiza que los activos cumplirán con su función prevista. Esto incluye: crear e implementar procedimientos que conecten los objetivos requeridos y el desempeño de los activos con los objetivos organizacionales, llevar a cabo procedimientos para garantizar la capacidad en todas las etapas del ciclo de vida, llevar a cabo procedimientos de seguimiento y mejora continua y proporcionar los recursos y el personal necesarios para demostrar el aseguramiento a través de actividades de gestión de activos y el sistema de gestión de activos ^[4].

Los objetivos de las organizaciones se establecen en la planificación a nivel estratégico y son el punto de partida para establecer los objetivos de la gestión de activos ^[4].

2.1.2. Beneficios de la gestión de activos

La gestión de activos es fundamental para las organizaciones por numerosas razones:

- Permite la mejora del desempeño económico, mientras que se maximiza el valor de los activos puede alcanzarse una mejora del retorno sobre la inversión (ROI, Return On Investment) y la reducción de costes sin sacrificar el cumplimiento de los objetivos organizacionales ^[4].
- Ayuda a tomar decisiones de inversión basadas en información ya que el sistema proporciona información muy útil sobre el rendimiento y necesidades de los activos, facilitando la toma de decisiones sobre inversiones, mantenimiento, renovaciones, etc ^[4].
- Mejora la eficiencia operativa debido a que permite una mejor planificación, programación y ejecución de las actividades relacionadas con los activos, esto reduce los tiempos de inactividad y los costes asociados ^[4].
- Mejora de la eficacia y eficiencia debido a la constante revisión y mejora de los procesos, garantizando su disponibilidad cuando sea necesario, que funcionen de manera óptima y tengan un mantenimiento adecuado ^[4].
- Mejora de la sostenibilidad y responsabilidad social, ya que la optimización de los diferentes activos y su gestión eficaz permiten minimizar el impacto ambiental reduciendo emisiones, conservando los recursos y cumplir con las expectativas de las partes interesadas como clientes y empleados en términos de responsabilidad corporativa aumentando la satisfacción del cliente y su confianza en la organización ^[4].
- La gestión de activos ayuda al cumplimiento de normativas y estándares vigentes, esto evita posibles sanciones y problemas legales, además se puede considerar como un valor añadido desde el punto de vista del cliente ya que el hecho de que los procesos de la empresa se regulen de una forma estándar y debidamente auditada hará que aumente la confianza en la compañía ^[4].
- Permite la reducción de riesgos al identificar y mitigar los riesgos asociados con los activos, esto reduce la posibilidad de fallos o interrupciones en las operaciones ^[4].

2.1.3 Sistema de gestión de activos

Un sistema de gestión de activos es un conjunto de elementos dentro de la organización que se encuentran interconectados y que interactúan entre sí; tienen como propósito establecer la política, los objetivos y los procedimientos de gestión de activos ^[4].

La implementación de la Norma ISO 55000 permitirá a la empresa lograr sus metas mediante el manejo eficiente y efectivo de sus activos. La implementación de un sistema de gestión de activos garantiza que el logro de esos objetivos sea estable y duradero ^[5].

La organización utiliza un sistema de gestión de activos para supervisar, coordinar y controlar las tareas de los diferentes activos. El sistema de gestión de activos incluye: la política de gestión de activos, los objetivos, el plan estratégico, las actividades de apoyo, la planificación y control operacional, la evaluación del desempeño, actividades de mejora y cómo se relacionaría o interactúa con otras políticas y procesos pertinentes y sistemas de gestión^[4].

Los objetivos de implementar un sistema de gestión de activos son los siguientes:

- La generación de sistema de gestión de activos proporciona beneficios por sí misma, los beneficios inmediatos, como la reducción de riesgos, la identificación de oportunidades o la mejora de procesos, pueden detectarse de forma temprana durante la implementación del sistema de gestión de activos y pueden ser aprovechados para demostrar rendimientos y obtener un mayor respaldo de las partes interesadas^[4].
- Un sistema de gestión de activos puede mejorar la comprensión del desempeño de los activos, los riesgos asociados con su gestión, las necesidades de inversión y el valor de los activos, lo que contribuye a la toma de decisiones y la planificación estratégica organizacional. También respalda un enfoque sostenible y a largo plazo en la toma de decisiones apoyando la gestión energética y ambiental^[4].
- La situación financiera progresa por la mejora de datos, permitiendo el equilibrio entre las decisiones financieras a largo y corto plazo^[4].

El sistema de gestión de activos, la gestión de activos, y los activos tienen que alinearse con el propósito de la organización y apoyar el cumplimiento de los objetivos y el plan organizacional^[4].

2.2. Responsabilidad social en las organizaciones

El concepto de responsabilidad social se empezó a usar en la década de los 70, debido a que diferentes tipos de organizaciones, no solo las de ámbito empresarial, reconocieron que eran responsables de las consecuencias que su actividad provocaba directa e indirectamente en la sociedad y que podían contribuir al desarrollo sostenible^[6].

Existe una Norma Internacional denominada ISO 26000 que aporta directrices sobre los principios de la responsabilidad social, su reconocimiento, los asuntos que la conforman y sobre métodos para incorporar un comportamiento socialmente responsable dentro de una organización. A diferencia de otras normas ISO, esta no es certificable ni tiene requerimientos formales^[6].

A nivel global, tanto las empresas como sus partes interesadas son cada vez más conscientes de la importancia y los beneficios que supone adoptar un comportamiento socialmente responsable. El propósito de la responsabilidad social es contribuir al desarrollo sostenible^[6].

Keebe (2021) define el desarrollo sostenible como *“el proceso para satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos de las próximas generaciones^[7]”*.

La evaluación del desempeño de una organización en relación con el impacto que provoca en el medio ambiente se ha vuelto fundamental para medir su rendimiento integral y su capacidad para seguir operando de forma efectiva. Las diferentes compañías se enfrentan a una creciente inspección llevada a cabo por sus partes interesadas las cuales tienen una percepción de cómo una organización se desempeña en materia de responsabilidad social. Esta percepción y su desempeño real puede tener un impacto en diversos aspectos como^[6]:

- Su ventaja competitiva.
- Su reputación.
- Su capacidad para atraer y retener a trabajadores.
- Mantener la motivación, compromiso y productividad de las partes interesadas.
- Mejorar la percepción de los inversionistas y de la comunidad financiera.
- Mejorar sus relaciones con empresas, medios de comunicación, proveedores, clientes, etc.

2.2.1 Principios de la responsabilidad social

La Norma ISO 26000 proporciona información sobre los siete principios de la responsabilidad social que se enumeran a continuación ^[6]:

1. Rendición de cuentas: Una organización debe rendir cuentas por los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad, economía y el medio ambiente. Esto implica que la compañía debe responder ante las autoridades competentes en cumplimiento de leyes y regulaciones ^[6].
2. Transparencia: Es fundamental que una organización sea transparente en sus decisiones y actividades que tienen un impacto en la sociedad y el medio ambiente. Esta información debería presentarse de forma clara, precisa y completa y estar fácilmente disponible y accesible. Este tratamiento de la información promueve la confianza de las partes interesadas y permite una mayor comprensión de las acciones de la organización y sus implicaciones ^[6].
3. Comportamiento ético: Una organización debería adoptar un comportamiento ético, que debe fundamentarse en valores como la honestidad, la equidad y la integridad. La compañía debería impulsar un comportamiento ético mediante la definición y declaración de valores y principios básicos, además de establecer y utilizar estructuras de gobernanza que fomenten el comportamiento ético en el funcionamiento interno de la organización ^[6].
4. Respeto a los intereses de las partes interesadas: Una organización debe reconocer, considerar y atender los intereses y preocupaciones de sus partes interesadas. Para ello, en primer lugar, debería identificar a sus partes interesadas y demostrar un respeto hacia sus intereses y derechos legales. Es fundamental considerar las perspectivas de aquellas partes interesadas cuyos intereses puedan verse afectados por una decisión o actividad ^[6].
5. Respeto al principio de legalidad: Una organización debe aceptar que el respeto a la legalidad es un requisito fundamental e ineludible. Esto implica que una organización cumple con todas las leyes y regulaciones que se le aplican. Para llevarlo a cabo, es necesario que la organización tome las medidas pertinentes para familiarizarse con las leyes y regulaciones pertinentes y comunicar a sus miembros la importancia de cumplir e implementar dichas medidas ^[6].
6. Respeto a la normativa internacional de comportamiento: Una organización debe seguir las normativas internacionales del conocimiento, a la vez que cumple con el principio de legalidad ^[6].
7. Respeto a los derechos humanos: Una organización debe respetar los derechos humanos y comprender su relevancia y su universalidad. Respetar, y siempre que sea posible, fomentar los derechos establecidos en la Carta Universal de los Derechos Humanos ^[6].

2.2.2 Beneficios de la responsabilidad social para una organización

Por diversos motivos, la conciencia sobre la responsabilidad social de las empresas está aumentando considerablemente ^[6].

La globalización, junto con la mayor movilidad y accesibilidad, además del fácil acceso a la comunicación instantánea, han ampliado el alcance de las partes interesadas para conocer las acciones y decisiones de otras organizaciones, esto implica que estas están sujetas a una mayor inspección por parte de una gran variedad de grupos de personas ^[6].

Esta situación puede ser tratada, por parte de las organizaciones, como una oportunidad de demostrar a las partes interesadas el hecho de que la compañía está llevando a cabo prácticas sostenibles y está generando un impacto positivo en la sociedad.

Otros beneficios de incorporar medidas que promuevan la responsabilidad social en las empresas son los siguientes ^[6]:

- La toma de decisiones está mejor fundamentada ya que se apoya en una mejor comprensión de las expectativas de la sociedad.
- Se mejoran las prácticas de gestión del riesgo en la organización.
- Se mejora la reputación y se promueve una mayor confianza pública.
- Se genera innovación como resultado de las políticas adaptadas para facilitar el desarrollo sostenible.

- Mejora la competitividad de la organización, siendo más atractiva para las partes interesadas responsables de la financiación.
- Aumenta el compromiso, la participación y moral de los empleados de la compañía.
- Se obtienen ahorros debido al aumento de la productividad y eficiencia de los recursos.

2.3. Definición y principios de sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad ha sido definido de diversas formas según distintos autores, algunos ejemplos son:

Brundtland Report define la sostenibilidad como *“el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras”*^[8].

Elkington añade a la siguiente definición que *“el desarrollo sostenible como objetivo es el balance para llegar al equilibrio entre los objetivos sociales, económicos y medioambientales considerándolos como pilares de la sostenibilidad”*^[8].

Por tanto, una empresa que tiene unas prácticas empresariales responsables y sostenibles es la que consigue maximizar su valor satisfaciendo las necesidades de sus clientes y las demás partes interesadas, además de cumplir con sus objetivos económicos y estratégicos a corto y largo plazo sin comprometer los objetivos medioambientales^[8].

En la actualidad, los resultados medioambientales son de vital importancia para las empresas y suelen ser unos de los aspectos más importantes a la hora de la toma de decisiones operacionales y la gestión de las inversiones de sus activos.

El éxito de una organización en materia de sostenibilidad se mide siguiendo unos parámetros como la reducción de emisiones de carbono, la eficiencia energética, la gestión de residuos y el consumo responsable de recursos, entre otros^[8].

El objetivo de las organizaciones en estos últimos años ha sido el constante desarrollo tecnológico. Este es el fruto de cubrir las necesidades de las personas a lo largo de los años y ha provocado un crecimiento económico y social. El desafío actual de las empresas es seguir desarrollándose tecnológicamente y económicamente sin comprometer la sostenibilidad, llevando a cabo un desarrollo sostenible.

Existe una Norma Internacional que proporciona a las organizaciones un marco de referencia para preservar el medio ambiente y adaptarse a los cambios medioambientales considerando las necesidades socioeconómicas^[9].

Esta norma, ISO 14001-2015, propone los requisitos que permiten que una compañía logre tener un enfoque sistemático mediante la implementación de sistemas de gestión ambiental y logre cumplir con sus resultados previstos en materia de sostenibilidad^[9].

Este enfoque proporciona información a la alta dirección para cumplir con los objetivos a largo plazo y tener la posibilidad de contribuir al desarrollo sostenible mediante^[9]:

- La protección del medio ambiente al prevenir o reducir los impactos ambientales negativos.
- La mitigación de efectos adversos que las condiciones ambientales puedan tener sobre la organización.
- La ayuda a la organización a cumplir con las regulaciones legales y otros requisitos.
- La mejora del desempeño ambiental.
- La obtención de beneficios financieros y operativos derivados de la implementación de prácticas respetuosas con el medio ambiente que fortalezcan la posición de la organización en el mercado.
- Mejora la comunicación en materia de sostenibilidad a las partes interesadas pertinentes.

El éxito de un sistema de gestión ambiental se basa en el compromiso de todos los niveles de la organización^[9].

Las empresas tienen la posibilidad de aprovechar las oportunidades para prevenir o reducir los efectos negativos en el medio ambiente y aumentar los impactos positivos, especialmente aquellos que tienen implicaciones estratégicas y competitivas. La alta dirección puede gestionar eficazmente los riesgos y las oportunidades al integrar la gestión ambiental en los procesos de negocio, dirección y toma de decisiones^[9].

La integración del sistema de gestión ambiental se está intentando llevar a cabo en las organizaciones en todas las áreas, un ejemplo de ello es en el área de Supply Chain. Este campo es muy crítico en la actualidad debido a

su importancia al producir un incremento notable de la productividad, también aumenta la ventaja competitiva debido a qué cuánto más eficaz sea la gestión de la cadena de suministro de una organización, mayor será la posibilidad de reducir los costes y aumentar los beneficios a la vez que satisfacen mejor las necesidades de sus clientes.

La gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management) consiste en gestionar una serie de eslabones cuyo objetivo es garantizar la llegada de bienes y servicios al cliente final cumpliendo todas las expectativas de calidad de todas las partes interesadas ^[10]. La importancia de la sostenibilidad en este proceso ha ido creciendo en los últimos años hasta ser de vital importancia.

El principal objetivo de la cadena de suministro es el crecimiento económico, permitiendo con su correcta implantación y posteriores mejoras, aumentar los beneficios y reducir las pérdidas. Podemos definir una cadena de suministro sostenible como la que puede suministrar bienes y servicios al cliente sin comprometer el medio ambiente, siendo posible el alcance de beneficios económicos a largo plazo.

Este nuevo enfoque para la estrategia de las organizaciones se llama enfoque triple ^[10]:

- Rendimiento económico: El objetivo de las empresas que gestionan cadenas de suministro es aumentar el beneficio económico a la vez que crecen en el mercado del sector al que pertenecen.
- Responsabilidad social: Hace referencia a la dimensión social, las organizaciones deben tener en cuenta la Responsabilidad Social Corporativa que proyectan a la sociedad y a todas las partes interesadas como clientes, empleados y proveedores. El enfoque sostenible cada vez es más relevante debido al aumento de la consciencia sobre el cuidado del medio ambiente.
- Cuidado del medio ambiente, se refiere principalmente a la preservación del medio ambiente; las organizaciones deben prevenir la contaminación, optimizar los recursos disponibles y utilizar productos reutilizables o biodegradables.

2.3.1 Relación entre responsabilidad social y sostenibilidad

El concepto de desarrollo sostenible implica el cumplimiento de las demandas sociales dentro de los límites ambientales del planeta, garantizando que las generaciones futuras también puedan cubrir sus necesidades. Este enfoque abarca tres dimensiones: económica, social y ambiental ^[6].

Desde 1987, la relevancia de estos objetivos ha sido reafirmada en diversos encuentros, como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en 1992 y la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en 2002 ^[6].

La responsabilidad social hace referencia a las responsabilidades que una organización tiene hacia la sociedad y el medio ambiente, colocándola en el centro de atención. La responsabilidad social está estrechamente relacionada con la sostenibilidad y el desarrollo sostenible ^[6].

El principal objetivo de una organización comprometida socialmente debería ser el desarrollo sostenible. El propósito del desarrollo sostenible es lograr la sostenibilidad tanto de la sociedad en su totalidad como del planeta ^[6].

2.4. Importancia de la sostenibilidad en la gestión de activos físicos

La necesidad de la sostenibilidad en la gestión de activos es una realidad para las organizaciones en la actualidad debido a la constante aparición de regulaciones por parte de la Unión Europea y otras instituciones internacionales para garantizar el cumplimiento de las normas medioambientales vigentes.

Los factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG, Environment Social Governance) son considerados como riesgos ya que pueden tener consecuencias negativas para la organización en su reputación, situación financiera, debido a diferentes sanciones medioambientales, o de su situación patrimonial referente a los activos con los que cuenta ^[11].

En esta nueva situación a la que se enfrentan las empresas que llevan mucho tiempo presentes en el mercado y

que están obligadas a cambiar algunos ámbitos de sus procesos habituales, pueden encontrar a la vez nuevas oportunidades de mejora y crecimiento.

El rendimiento operativo, parámetro muy importante para conocer la situación de la empresa, se refiere a la capacidad de la organización para reducir costes, cumplir con las fechas de entrega, mejorar la eficiencia, la optimización de recursos y cumplir con las expectativas del cliente, está estrechamente relacionado con la sostenibilidad [12].

Siendo más concreto para la gestión de activos, una de las mejores formas para alcanzar la sostenibilidad es el mantenimiento, debido a que, si se implementan de una forma correcta las distintas acciones, estas mejoran la fiabilidad de los activos y con ello se mitigan pérdidas económicas relacionadas con la necesidad de renovación de nuevos activos. De igual forma, si se realiza un plan óptimo de actividades de mantenimiento sobre los activos se incrementará la eficiencia operativa, esto significa que los activos funcionan de manera más efectiva, consumen menos recursos y producen menos residuos, lo que aumenta la productividad real [8].

Franciosi define el mantenimiento sostenible como “*un conjunto de procesos interconectados que tienen que asegurar la funcionalidad de los activos durante el proceso productivo asegurando su disponibilidad sin comprometer el medio ambiente y reduciendo su impacto ambiental*” [8]. Así mismo, este proceso tiene que estar ligado con los objetivos económicos y empresariales, siendo efectivo para limitar los fallos de los activos, aumentando así su rendimiento a la vez que se limitan los impactos ambientales y económicos generados durante las propias actividades de mantenimiento [8].

Hay una forma clásica de clasificar las tareas de mantenimiento [8].

- **Mantenimiento correctivo:** Estas actividades son llevadas a cabo cuando ya ha aparecido el fallo por lo que aparecen de forma impredecible.
- **Mantenimiento preventivo:** Estas actividades son llevadas a cabo antes de que aparezca el fallo, se hacen de manera sistemática y bajo ciertos criterios o información disponible sobre el estado del sistema que pueden determinarse mediante la supervisión, inspecciones y pruebas. El objetivo principal es mejorar el estado o condición del sistema y aumentar su vida útil o el tiempo hasta el fallo.

Por tanto, la gestión de activos y la sostenibilidad están relacionadas entre sí por el concepto de mantenimiento de la siguiente forma:

- Por un lado, con un mantenimiento preventivo y regular es posible aumentar la vida útil de los activos; desde el punto de vista de la sostenibilidad, al aumentar esta vida útil se reduce la necesidad de incorporar nuevas materias primas y la generación de residuos provocada por el reemplazamiento de activos.
- Con un mantenimiento adecuado, los activos operarán de manera más eficiente consumiendo menos cantidad de energía, esto está estrechamente ligado con la sostenibilidad ya que al aumentar la eficiencia se reducen las emisiones.
- Un mantenimiento preventivo permite identificar y corregir con antelación los distintos fallos que pueden aparecer en los activos, al evitarlos también se minimizan los riesgos que pueden tener un gran impacto ambiental.

Además, ayuda también en el ahorro de energía, reduce el tiempo de servicio, al evitar paradas no planificadas y mejora la seguridad general de las instalaciones al mantener los equipos en óptimas condiciones disminuyendo el riesgo de accidente laboral.

Aunque a veces sea tratado como un coste desde el punto de vista financiero, no hay que olvidar que el mantenimiento es una inversión y un aliado estratégico para la organización. Según informes de empresas como McKinsey y PWC hasta un 75% de las empresas industriales considera que un correcto mantenimiento preventivo es la clave de su éxito operacional, además se revela que la inversión en mantenimiento puede generar hasta un 30% de ROI [13]. Otra encuesta indicó que más de un 80% de empresas planea aumentar sus gastos en mantenimiento preventivo [13].

3. HUELLA DE CARBONO Y SU MEDICIÓN

3.1. Concepto de cambio climático

El cambio climático es un fenómeno que se caracteriza por la modificación de los patrones climáticos y cambios de temperatura con respecto a tendencias históricas. Estos cambios pueden ser naturales, pero en los últimos años la actividad humana ha sido el principal causante de este fenómeno, los científicos coinciden que la principal causa del cambio climático es la emisión de gases de efecto invernadero ^[14].

La huella de carbono es una medida específica, medida en CO₂ equivalentes, que incluye las emisiones de todos los gases de efecto invernadero (GEI) relevantes, no solo los de CO₂, esta herramienta se utiliza para estandarizar la cuantificación de las emisiones para así poder compararlas y mitigarlas.

La realidad del cambio climático se puede observar diariamente con una tendencia creciente al emitirse este tipo de gases a una gran velocidad que no permiten a la naturaleza regenerarse ^[14].

El cambio climático no solo se refiere a la subida de las temperaturas, lo cual se conoce como calentamiento global, sino que engloba consecuencias como ^[14]:

- Aumento de olas de calor y eventos climáticos extremos: Cada vez son más frecuentes las elevadas temperaturas a lo largo del verano y el alargamiento de esta estación en la mayor parte de España, dejando cada vez un clima más extremo tanto en verano como en invierno. A su vez, se están dando con más frecuencia eventos extremos como lluvias torrenciales, inundaciones, sequías, etc.
- La disminución de los caudales, en algunos casos menos que el 20% que en las últimas décadas. Esto unido a la situación de sequía está provocando una situación cada vez más preocupante.
- La expansión del clima de tipo semiárido, con más de 30.000Km² de superficie desértica en España en las últimas décadas.
- El aumento de incendios forestales que provocan una disminución de la calidad del aire, una degradación del suelo, e impactos negativos sobre las vidas humanas y la economía.

El cambio climático puede ser un peligro para los sistemas naturales al provocarse una pérdida de biodiversidad ya que se están destruyendo los hábitats naturales y afectando a los ecosistemas. A su vez, también es perjudicial para los seres humanos debido a la proliferación de nuevas enfermedades, los problemas con la producción agrícola y la seguridad alimentaria que puede provocar alteraciones en el suministro de alimentos y las consecuencias que las olas de calor puedan provocar en las personas ^[14].

3.1.1 Concepto de gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos gases presentes en la atmósfera que pueden retener y emitir parte de la radiación infrarroja. Esto es fundamental para la vida en la Tierra ya que la mantiene en una temperatura habitable para los seres humanos y todas las demás especies. Sin embargo, las acciones de los seres humanos han incrementado considerablemente la cantidad de estos gases en la atmósfera, dando lugar al fenómeno de efecto invernadero y contribuyendo al calentamiento global ^[15].

Los principales gases de efecto invernadero son:

- Dióxido de Carbono (CO₂): es el responsable de tres cuartas partes de los gases de efecto invernadero. Las emisiones proceden principalmente de la quema de materiales orgánicos ^[15].
- Metano (CH₄): Representa al menos un 16% de los gases de efecto invernadero. Se libera en vertederos, industrias del petróleo y gas natural y en la agricultura ^[15].
- Óxido Nitroso (N₂O): Representa un 6% de los gases de efecto invernadero. Las mayores fuentes de emisión son: la agricultura, ganadería con el uso de fertilizantes, estiércol y la quema de residuos agrícolas ^[15].

- Gases industriales: Los gases fluorados como los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos, los clorofluorocarbonos, el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃) representan el 2% de los gases de efecto invernadero y permanecen en la atmósfera más de cien años ^[14]. Se suelen utilizar como refrigerantes y disolventes ^[15].

En enero de 2023, los niveles de dióxido de carbono alcanzaron las 419 partes por millón de media mensual, la cuarta lectura más alta desde 1958 según los datos de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos ^[14]. Estos niveles de dióxido de carbono no dejan de crecer ^[14].

Un estudio publicado en la revista Nature el 21 de febrero de 2023 afirmaba que *"muchos países, especialmente en Europa, han llegado a su pico de emisiones de CO₂ y empezado a reducirlas"*. Este estudio consideraba que estas emisiones eran una consecuencia directa de las diversas crisis entre 2019 y 2023 como el COVID, la crisis económica actual y la Guerra de Ucrania ^[15].

Debido a que todas las empresas, independientemente del sector al que pertenezcan, provocan gases de efecto invernadero y las consecuencias cada vez eran más notables, en 2015 todos los países se pusieron de acuerdo para firmar un acuerdo llamado Acuerdo de París sobre el Clima en el que se comprometían a reducir las emisiones; de esos países únicamente 20 representan más de un 75% de las emisiones de efecto invernadero, siendo los principales: China, EE. UU. e India ^[15].

3.1.1.1 Concepto de huella de carbono

El concepto de Huella de Carbono se refiere a un dato que representa la cantidad de CO₂ y gases de efecto invernadero que una cierta actividad desarrollada por el ser humano emite a la atmósfera de forma directa e indirecta. Es una de las principales causas del cambio climático y agotamiento de los recursos naturales .

Los distintos tipos de emisiones se pueden clasificar:

- Emisiones emitidas de forma directa: Son aquellas que proceden directamente de las actividades llevadas a cabo por la compañía. Este tipo de emisiones pueden ser controladas con la implementación de procesos más sostenibles que reduzcan las emisiones de efecto invernadero.
- Emisiones emitidas de forma indirecta: Este tipo de emisiones están fuera de control de la empresa, se trata de las emisiones que se producen de forma indirecta, fuera de la actividad principal de la compañía. Pueden ser las emisiones generadas por los productos y servicios que compra la empresa para realizar su actividad, las producidas por los productos vendidos después de su actividad productiva o las asignadas a las pérdidas por transporte y distribución.
- Emisiones emitidas debido al uso de la electricidad: Cada compañía, independientemente del sector, utiliza electricidad. La forma en la que se obtiene está fuera del control de la empresa, pero esta sigue siendo responsable de las emisiones emitidas ^[17].

El objetivo de las organizaciones, de acuerdo con el informe de 2022 de IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en materia de Huella de Carbono, es llegar al objetivo Cero-Neto ^[16], esto se refiere a alcanzar un equilibrio entre los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera y los que son retirados o compensados dando lugar a un resultado nulo o neto. Para alcanzar este objetivo es necesario el uso de complejas metodologías para su medición y el desarrollo de tecnologías más limpias y sostenibles, lo que supone un gran reto tanto para empresas públicas como privadas ^[17].

Por tanto, el objetivo de Cero-Neto de la huella de carbono implica un enfoque integral que combina la reducción de emisiones, su compensación y la colaboración entre todas las partes de la organización para abordar el desafío del cambio climático de manera efectiva ^[17].

Siendo el problema del cambio climático producido principalmente por los gases de efecto invernadero, cuya cuantificación se lleva a cabo mediante la huella de carbono, conceptos en los que se va a enfocar este trabajo, existen otras causas que también son responsables como la eutrofización, acidificación, ozono fotoquímico y el agotamiento del ozono que están explicadas a continuación, donde se exponen distintas causas y consecuencias y posibles formas de reducir los efectos negativos que producen.

3.1.2 Concepto de Eutrofización

La eutrofización se conoce como un enriquecimiento excesivo de la concentración de los nutrientes del agua, especialmente de nitrógeno y fósforo^[18].

Este fenómeno se produce debido a una serie de causas^[19]:

- Por la contaminación urbana, debido a la mala gestión de los residuos orgánicos e inorgánicos.
- Por la contaminación atmosférica, debido a la reacción entre óxidos de azufre y nitrógeno con el agua atmosférica, esto hace que se generen iones sulfato e iones nitrato.
- Por la contaminación forestal, producido por el mal uso de los residuos forestales.
- Por la actividad industrial, ya que ciertas organizaciones son responsables de vertidos.

Se pueden numerar una serie de efectos adversos que la eutrofización provoca en el medio ambiente^[18]:

- Proliferación descontrolada de organismos, alterando el equilibrio ambiental de manera que se obstaculiza la penetración de la luz a niveles más bajos.
- Disminución de oxígeno disuelto, debido a la escasez de luz en las zonas más profundas, se detiene la generación de oxígeno, lo que hace imposible la supervivencia de la mayoría de los seres vivos que vivían habitaban allí.
- Pérdida de la calidad del agua.
- Aparición de sustancias tóxicas generadas por algunos tipos de algas.

Además, este fenómeno también puede desarrollar varias consecuencias desfavorables del tipo socioeconómico, como^[18]:

- Aumento del coste que requiere el proceso de purificación de agua.
- Impedimento a la navegación.
- Aumento de fallecimiento de peces.
- Malos olores.

Este fenómeno se da en varios puntos de España, algunos ejemplos son en el Mar Menor (Murcia); en la Albufera de Valencia; en el Lago de Sanabria (Zamora) y en el Lago Enol (en los Picos de Europa)^[20].

Para hacer frente a este problema, se pueden plantear una serie de soluciones como^[20]:

- Reducción de fertilizantes, principalmente los que son a base de fosfatos y nitratos.
- Disminución del uso de detergentes.
- Mejorar la gestión de los residuos agrícolas, ganaderos y urbanos.

3.1.3 Concepto de Acidificación

La acidificación del agua es un fenómeno que aparece cuando el agua absorbe CO₂ mediante un conjunto de reacciones químicas^[21].

La principal causa parte del CO₂ liberado a la atmósfera. Desde la Revolución Industrial el aumento de esta sustancia ha aumentado considerablemente, llegando en la actualidad a ser un gran problema. Los niveles de CO₂ han pasado de 250 ppm (partes por millón) a 400 ppm, y esto ha provocado que el pH del agua haya decrecido un 0,1; convirtiéndola en más ácida^[21].

La acidificación del agua tiene unas consecuencias desfavorables tanto para la vida humana como para la vida marina^[21]:

-Para la vida marina^[21]: Se produce una disminución de iones carbonatados en el agua, este elemento es necesario para la formación de esqueletos y conchas de ciertos elementos marinos. Esto puede poner en peligro ciertas poblaciones como los cangrejos, langostas, almejas, ostras, etc.

-Para la vida humana ^[21]: Los peces y los crustáceos son una de las principales fuentes de proteína para los seres humanos, por lo que su disminución provocará una posible falta de alimento para las generaciones futuras.

Para frenar este fenómeno existen una serie de soluciones ^[21]:

- Reducir las emisiones de CO₂, ya que es la causa principal de la acidificación del agua.
- Llevar a cabo procesos que favorezcan la transición energética y la descarbonización, al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y alcanzar la neutralidad del carbono. Estas cuestiones fueron firmadas por varios países en el Acuerdo de París.
- Cambiar las fuentes de energía procedentes de combustibles por fuentes de energías renovables.
- Adaptar las zonas de pesca, esto mejorará la biodiversidad en los ecosistemas marinos a la vez que ayuda a detectar áreas que necesitan mayor conservación y cuidado.

3.1.4 Concepto de Ozono Fotoquímico

El ozono fotoquímico, también conocido como smog fotoquímico, es un tipo de contaminación atmosférica. Se produce cuando los fotones de la luz solar interactúan con ciertos contaminantes de la atmósfera. Cuando la luz solar incide sobre estos contaminantes se producen reacciones químicas, convirtiéndolos en productos químicos nocivos ^[22].

Los componentes principales del smog fotoquímico son los óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y ozono troposférico. El ozono troposférico es el componente más dañino del smog y puede provocar efectos adversos en la salud humana cuando se encuentra con una gran concentración ^[22].

Las principales causas que generan este fenómeno son las siguientes ^[23]:

- La actividad industrial ya que provoca la emisión de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes.
- Las emisiones debido al uso de vehículos que funcionan mediante combustibles fósiles.
- La mala gestión de los residuos urbanos y rurales.

La presencia del smog fotoquímico produce una serie de impactos negativos en la salud humana ^[23] ^[24]:

- Inflamación de las vías respiratorias.
- Tos, dificultad para respirar, opresión en el pecho.
- Aparición y empeoramiento de enfermedades cardíacas.
- Aumento de las temperaturas y alteraciones en las precipitaciones.
- Impacto en el paisaje.
- Si se prolonga en el tiempo, puede provocar estrés, malestar, pérdida de calidad de vida, aparición de enfermedades como el cáncer e incluso la muerte prematura.

Se pueden llevar a cabo una serie de medidas para solucionar y prevenir la aparición de este fenómeno, pero al tratarse de un problema a gran escala, son los gobiernos y las grandes corporaciones las que deberían llevar a cabo propuestas y medidas para su solución, algunas son ^[24]:

- Hacer más competitivo el transporte público para promoverlo entre la ciudadanía y aumentar las zonas verdes en las ciudades.
- Fomentar la movilidad eléctrica disponiendo de bicicletas, patinetes, motos y autobuses con motores que usen tecnologías poco contaminantes como el hidrógeno.
- Llevar a cabo medidas para disminuir el uso del vehículo privado, como el pago de peajes, o el aumento de tarifas e impuestos para los vehículos más contaminantes.
- Fomentar el uso de energías renovables, con medidas como la subvenciones para la instalación de placas solares.
- Promover el uso de asfaltos especiales que absorban la contaminación en las obras futuras.

3.1.5 Concepto de Agotamiento del Ozono

El ozono es una ligera capa que protege a la Tierra y se encuentra en la estratosfera, esta absorbe la radiación ultravioleta haciendo posible la vida en la Tierra ^[25].

El agotamiento del ozono se ha vuelto un gran problema y su principal causa es la emisión de sustancias químicas como los clorofluorocarbonos (CFC). Estas sustancias, cuando están en contacto con la atmósfera se descomponen debido a la luz solar y liberan átomos de cloro que reaccionan con el oxígeno del ozono, rompiendo la molécula y dando lugar a monóxido de cloro. Otros elementos como el bromo y óxidos de nitrógeno también son catalizadores de la reducción del ozono provocando agujeros en la capa de ozono ^[25].

Por tanto, las causas que provocan este fenómeno son las que favorecen las emisiones de este tipo de sustancias como el uso de aerosoles, refrigerantes, disolventes, fertilizantes, etc.

La destrucción de la capa de ozono provoca las siguientes consecuencias para los seres humanos ^[25]:

- Cáncer de piel: Al disminuir la concentración de ozono, la radiación ultravioleta penetra con más facilidad en la Tierra siendo uno de los principales factores que causan este tipo de enfermedad.
- Afección al sistema inmunológico: El aumento de la radiación ultravioleta modifica la molécula del ADN provocando la supresión del sistema inmunológico.
- Alteración de la visión: Cataratas, vista cansada, etc.
- Problemas respiratorios, como el asma.

Para frenar y regenerar la capa de ozono, se pueden seguir una serie de medidas ^[25]:

- Protocolos Internacionales: Para llegar a un pacto entre países para reducir, en la medida de lo posible, las causas que provocan este fenómeno, un ejemplo es el Acuerdo de Montreal.
- Evitar el uso de aerosoles que contengan CFC, extintores que contengan halógenos, fertilizantes que contengan bromuro de metilo.

3.2. Método de medición y evaluación de la Huella de Carbono

El cálculo de la huella de carbono consiste en recopilar información sobre los consumos directos e indirectos de materiales y energía de una organización y traducirlos en emisiones de CO₂ equivalentes (CO₂ eq) con el objetivo de realizar un inventario de emisiones lo más completo posible ^[1]. La CO₂ eq es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno de esos GEI (Gases de Efecto Invernadero), expresado en términos del PCG de una unidad de CO₂ ^[26]. Es decir, la unidad de CO₂ eq se utiliza para expresar las emisiones de gases de efecto invernadero en relación a qué cantidad de CO₂ tendría el mismo impacto climático durante un tiempo específico.

Actualmente, hay dos enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono ^[26]:

- Huella de carbono de una organización: Se refiere al conjunto de emisiones de efecto invernadero (GEI) provenientes de la actividad de dicha organización.
- Huella de carbono de un producto: Este concepto mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta la etapa final de su vida útil.

Según el Protocolo de Kioto, los gases de efecto invernadero son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O), los hidrofluorocarbonatos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃). Las emisiones de GEI se miden en función del dióxido de carbono ya que es el que más influye en el calentamiento global ^[26].

Idealmente, este parámetro se debería utilizar para la toma de decisiones y como ayuda para cumplir con los objetivos basándose en un enfoque científico.

El fin de medir y evaluar la huella de carbono tiene como objetivo la reducción de las emisiones y la utilización de la energía de una forma más consciente ^[17].

Existen diferentes metodologías para llevar a cabo esta cuantificación, las más relevantes son las siguientes:

- ISO 14064
- ISO 14067
- ISO 14040
- ISO 14044
- GHG Protocol
- PAS 2025

A continuación, se explicarán en detalle cada una de estas normas y estándares, subrayando sus particularidades y aplicaciones. Sin embargo, es importante destacar que, aunque estas normas proporcionan directrices específicas, no existe una formulación única y exacta para cada una de ellas. Se emplea un enfoque más genérico, que se explicará a continuación.

Realizando un primer análisis la medición de la huella de carbono se lleva a cabo con la siguiente fórmula ^[26]:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Dato de Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Donde ^[26]:

- El dato de actividad, es el parámetro que representa el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (kWh_{PCS} de gas natural). La unidad de medida sería en la unidad específica en la que se evalúa.
- El factor de emisión indica la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro dato de actividad. Por ejemplo, el factor de emisión para 2022 sería 0.183 kg CO₂ eq/kWh_{PCS} de gas natural. Se expresa en unidades de emisiones de dióxido de carbono equivalente por unidad del dato de actividad (CO₂ eq/ud dato).

Con esta fórmula se obtiene una cantidad determinada de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

3.2.1 Norma ISO 14064

La Norma ISO14064 es un estándar internacional que se utiliza como metodología para calcular, reportar y verificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la absorción de carbono en proyectos, organizaciones y eventos. Diseñada para ayudar a las organizaciones a gestionar sus impactos ambientales relacionados con el cambio climático debido a que establece un marco de referencia para la gestión de GEI, mide el impacto de la huella de carbono y proporciona objetivos para reducir estas emisiones ^[27].

El cálculo de la Huella de Carbono en una organización se utiliza como un indicador del impacto ambiental que mide la incidencia a lo largo de su ciclo de vida sobre el cambio climático ^[27].

Esta norma se compone de tres partes interrelacionadas que abarcan distintos aspectos del manejo de GEI.

- ❖ ISO 14064-1: En la primera parte se presentan los principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel de la organización. Incluye requisitos para el diseño, desarrollo, gestión, informe y/o valoración del inventario de GEI de una organización. Este enfoque permite a las organizaciones evaluar su desempeño ambiental y establecer objetivos de reducción de emisiones de manera efectiva^[27].
- ❖ ISO 14064-2 : En la segunda parte se proporcionan recomendaciones a nivel de proyecto para la medición, seguimiento y el informe de actividades destinadas a reducir las emisiones de gases del efecto invernadero. Se incluyen requisitos para la planificación de un proyecto de GEI, identificación y selección de fuentes y sumideros, el seguimiento, la cuantificación, la documentación y e informe del desempeño del proyecto ^[28].
- ❖ ISO 14064-3: En la tercera parte se especifican principios y requisitos y se presentan orientaciones para la verificación y validación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero. Esta parte de la norma proporciona un marco para garantizar que los proyectos de reducción de emisiones cumplan con una serie de criterios específicos, lo que permite a las organizaciones asegurar la integridad de sus actividades^[29].

- Método de cuantificación ISO 14064

El primer paso sería la identificación por parte de la organización de todas las fuentes y sumideros de GEI, se

deben identificar según las categorías descritas en la norma, que son ^[27]:

- a) *Emisiones y sumideros directos de GEI*
- b) *Emisiones indirectas de GEI por energía importada*
- c) *Emisiones indirectas de GEI por transporte*
- d) *Emisiones indirectas de GEI por productos utilizados por la organización*
- e) *Emisiones indirectas de GEI asociados con el uso de productos de la organización*
- f) *Emisiones indirectas de GEI por otras fuentes*

El siguiente paso sería elegir el enfoque de cuantificación a utilizar; esto es el proceso de obtener datos y determinar las emisiones de una fuente o sumidero. Las emisiones de GEI se pueden obtener mediante medición o modelado.

Se deben usar metodologías de cuantificación que minimicen la incertidumbre y den resultados exactos, coherentes y reproducibles y que tengan en cuenta la factibilidad técnica y el costo ^[27].

La organización debe explicar y justificar la elección del enfoque de cuantificación que va a utilizar considerando las siguientes características ^[27]:

- a) *Cómo el modelo representa con exactitud las emisiones*
- b) *Sus límites de aplicación*
- c) *Su incertidumbre y rigor*
- d) *La reproducibilidad de los resultados*
- e) *La aceptabilidad del modelo*
- f) *El origen y el nivel de reconocimiento del modelo*
- g) *La coherencia con el uso previsto*

Los datos se pueden clasificar en primarios o secundarios, y en específicos del sitio y no específicos del sitio.

Los datos primarios son los que proceden directamente de las fuentes relevantes, como mediciones de una instalación industrial, datos de producción, etc. Son datos más confiables y precisos. Los datos secundarios no se recolectan directamente de una fuente, sino que proceden de fuentes secundarias como informes gubernamentales, bases de datos públicas, etc.

Los tipos de datos que se suelen utilizar como elementos de entrada son ^[27]:

- a) Datos de actividad: masa, volumen, energía
- b) Valores caloríficos
- c) Factor de emisión (tCO₂e/cantidad de datos de actividad)
- d) Factores de oxidación
- e) Factores de conversión
- f) Emisiones, normalmente de la masa durante un período de referencia
- g) Valores monetarios, normalmente de las cantidades gastadas en ciertos productos, materiales o servicios.

La organización debe convertir la cantidad de cada tipo de GEI a toneladas de CO₂ utilizando los PCG (Potenciales de Calentamiento Global) adecuados.

La medida en la que un gas contribuye al calentamiento global se mide en CO₂ eq y se define como su Potencial de Calentamiento Global. Esta medida compara la capacidad de retención de calor de un gas determinado con la de dióxido de carbono (CO₂) durante un período de tiempo en específico. Por lo tanto el PCG del CO₂ se establece en 1 como referencia. El del metano CH₄ es 28 y el del óxido nitroso N₂O 265, lo que equivale a que una tonelada métrica de metano o de óxido nitroso son equivalentes a las emisiones de 28 y 265 toneladas métricas de dióxido de carbono, respectivamente.

El cálculo de emisiones de GIE es el paso de unir los datos y modelos de forma apropiada y realizar cálculos utilizando factores de emisión adecuados; estos factores se basan en la cantidad de gases emitidos por unidad de actividad o consumo de recursos. Entre los modelos de cuantificación para emisiones directas se pueden incluir: balance de masa, mediciones de emisiones intermitentes, estimaciones ^[27].

3.2.2 ISO 14067

La ISO 14067 se centra en la medición y comunicación de la huella de carbono de productos (HCP), lo que significa evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a lo largo de su ciclo de vida incluyendo adquisición de la materia prima, el diseño, la producción, el transporte, uso y tratamiento al final de su vida útil ^[30].

Para realizar la medición de la Huella de Carbono de un Producto (HCP) según esta norma, se deben desarrollar, en primer lugar, las cuatro fases de ACV (Análisis del Ciclo de Vida) que son: La definición de objetivo y alcance, AICV (Análisis del inventario del ciclo de vida), EICV (evaluación del impacto del ciclo de vida) e interpretación del ciclo de vida ^[30].

Las emisiones de GEI del ciclo de vida del producto deben asignarse a la etapa del ciclo de vida en las que se producen.

- **Objetivo y alcance**

El objetivo principal de llevar a cabo un análisis de la huella de carbono de productos es medir la contribución de un producto en el calentamiento global, expresada en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Este proceso implica medir todas las emisiones y eliminaciones importantes de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida del producto. El alcance del estudio debe estar en sintonía con el objetivo ^[30].

- **Análisis del inventario del ciclo de vida**

Después de establecer los objetivos y el alcance del estudio, es necesario realizar una evaluación del inventario del ciclo de vida. En esta fase se recopilan y se cuantifican las entradas y salidas para un producto a lo largo de su ciclo de vida siguiendo los siguientes pasos ^[30]:

- Recopilación de datos: Se deben recopilar todos los datos, ya sean medidos, calculados o estimados. Estos datos se utilizan para cuantificar las entradas y salidas.
- Validación de datos: Durante la recopilación de datos es necesario llevar a cabo un proceso de seguimiento y control de validez que debería incluir el establecimiento de balances de masas, balances energéticos y/o análisis comparativos de factores de emisión.
- Relación de los datos con el proceso unitario y la unidad funcional: Es necesario establecer un flujo adecuado para cada proceso unitario. Se deben calcular los datos cuantitativos de entrada y salida en relación con este flujo determinado.
- Ajuste del límite del sistema: La decisión de excluir o incluir los datos se basan en un análisis de sensibilidad que determina su importancia, este ajuste del sistema puede dar como resultado:
 - Exclusión de las etapas del ciclo de vida si se demuestra que son insignificantes.
 - Exclusión de entradas y salidas que carezcan de importancia
 - La inclusión de nuevos procesos que resulten significativos
- Asignación: Las entradas y salidas se deben asignar a los diferentes productos de acuerdo con el procedimiento de asignación. La suma de las entradas y salidas asignadas de un producto unitario debe ser igual que antes de la asignación.

- **Evaluación del impacto de la HCP**

En la fase AICV (Análisis del impacto del ciclo de vida), el impacto potencial del cambio climático de cada GEI emitido y eliminado se debe calcular multiplicando la masa de GEI liberada o eliminada por el PCG (Potencial de calentamiento global) a 100 años proporcionado por el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) en unidades de kg CO₂eq por kg de emisión ^[30].

- **Interpretación de la HCP**

Esta fase debe contener las siguientes etapas ^[30]:

- Identificación de las cuestiones importantes sobre la base de resultados
- Una evaluación que considera la integridad, la coherencia y el análisis de sensibilidad

- c) Formulación de conclusiones, limitaciones y recomendaciones

La interpretación debe incluir ^[30]:

- a) Evaluación de la incertidumbre
- b) Identificar y documentar los procedimientos de asignación
- c) Identificar las limitaciones del estudio

3.2.3 ISO 14040 y 14044

Son normas que se centran en la gestión ambiental, específicamente durante el ciclo de vida de un producto. La norma ISO 14040 proporciona los principios y marco de referencia para realizar una evaluación del ciclo de vida y la 14044 complementa y especifica los requisitos y las directrices para cada una de las fases del ciclo de vida, detalladas en la 14040 ^[31]^[32].

Este ACV (Análisis del Ciclo de Vida) trata los aspectos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición, hasta su disposición final.

Hay cuatro fases en el estudio de ACV:

1. Definición del objetivo y alcance

El objetivo de un ACV debe especificar las razones por las cuales se lleva a cabo el estudio, identificar a las personas a las cual va dirigido y describir el uso que tendrán los resultados.

El alcance de un ACV tiene que estar bien definido para garantizar que el nivel de detalle es adecuado para poder llegar al objetivo definido, incluye los límites del sistema, la unidad funcional, la descripción de los sistemas, los requisitos de la calidad de los datos, suposiciones y limitaciones ^[31].

2. Análisis del inventario

Se trata de una recopilación de los datos de entrada y de salida necesarios para cumplir con los objetivos definidos ^[31]. Estos datos se consiguen realizando balances de materia y energía.

3. Evaluación del impacto ambiental

El objetivo de esta fase es proporcionar información para ayudar a evaluar los resultados del sistema ^[31]. La norma aconseja un proceso iterativo, se debe examinar si se han conseguido los objetivos y el alcance, y modificarlos si se prevé que no van a poder llegar a ser alcanzados.

4. Interpretación de resultados

En esta última fase, el objetivo es resumir los resultados y discutir sobre ellos para llegar a conclusiones y dar lugar a decisiones ^[31].

3.2.4 GHG Protocol

Desarrollado por *World Resources Institute* (Instituto de Recursos Mundiales) y *World Business Council for Sustainable Development* (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), es una de las metodologías más utilizadas internacionalmente por las organizaciones para inventariar sus emisiones de GEI, calcular la huella de carbono y elaborar informes voluntarios. Se publicó por primera vez en 2001 y ha sentado las bases de otros métodos e iniciativas. Su principal objetivo es ayudar a las organizaciones a comprender y gestionar su impacto en el medio ambiente a través de la medición, reporte y verificación de emisiones, mediante el uso de una metodología estandarizada y transparente ^[33]. Este protocolo se divide en 3 niveles de alcance:

- Alcance 1: Se incluyen emisiones directas que provienen de la propia organización, las cuales están controladas por la propia organización.
- Alcance 2: Comprende las emisiones indirectas que están relacionadas con la generación de la electricidad. Estas emisiones se originan fuera del control de la organización.
- Alcance 3: Incluye las emisiones indirectas que son generadas a lo largo de la cadena de valor de la organización, incluyendo las producidas por los proveedores, el transporte, la producción ^[33].

Los requisitos para llevar a cabo esta metodología son:

- Identificación y clasificación: Según los alcances mencionados anteriormente, las organizaciones deben identificar y clasificar las fuentes de emisiones.
- Medición y cálculo de las emisiones: Se utilizan factores de emisión estandarizados.
- Reporte de emisiones: Recopilar y reportar la información, tanto para comunicación interna como externa.
- Verificación de emisiones: Se recomienda incluir un paso de verificación externa para así aumentar la credibilidad y la transparencia en el proceso ^[33].

El uso del Protocolo de GHG permite a la organización una comprensión más clara de su huella de carbono, que puede apoyar a identificar oportunidades para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética ^[33].

3.2.5 PAS 2025

La norma PAS 2050 es un estándar desarrollado por el *British Standards Institution* (BSI) que proporciona un marco para evaluar la huella de carbono de los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida completo, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final ^[34].

Distingue entre dos categorías de ciclos de vida:

- Business to Business (B2B): El ciclo de vida termina cuando el producto se entrega a otra organización, que lo utilizará para desarrollar otro producto.
- Business to Customer (B2C): Se evalúa el ciclo de vida completo, incluyendo las actividades que ocurren después de la entrega del producto al cliente o usuario final ^[34].

El objetivo principal del PAS 2050 es permitir una comparación equitativa y transparente entre diferentes productos y servicios en términos de su impacto ambiental, particularmente en lo que respecta a las emisiones de carbono.

3.3 Incorporación del coste de la huella de carbono al coste del ciclo de vida de un activo físico

3.3.1 Coste del ciclo de vida de un activo

El coste de vida de un activo representa los gastos asociados durante toda la vida útil de este, incluyendo las fases iniciales como el diseño hasta el coste de eliminación del activo. El total del coste de vida de un activo se puede descomponer en distintos grupos, conocida como CBS (Cost breakdown structure); donde se presentan los costes asociados a las distintas fases de la vida del activo como son: Investigación y desarrollo, producción y construcción, operación y mantenimiento y, por último, retirada y disposición ^[5].

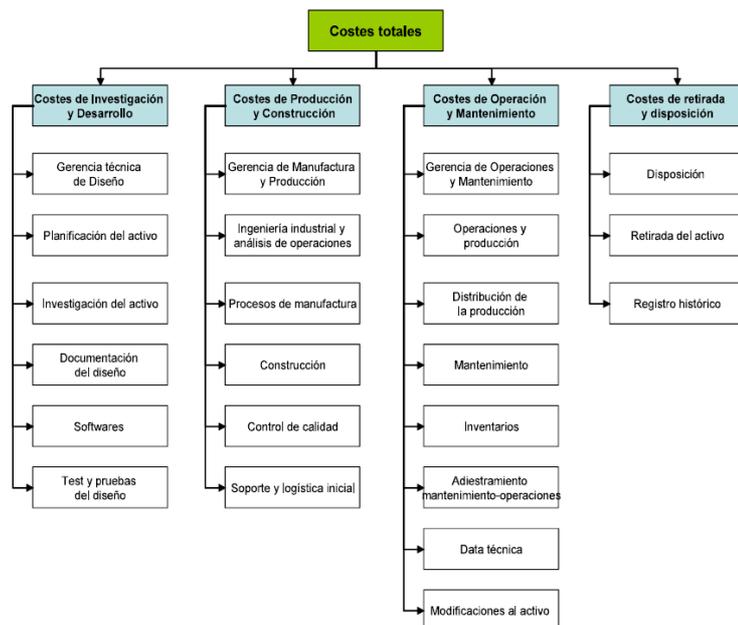


Figura 4. : CBS. (Cost breakdown structure)

Fuente: Parra C. & Crespo A. (2015). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Desarrollo y Aplicación de un Modelo de Gestión del Mantenimiento.

❖ Costes de investigación y desarrollo inicial

Son los costes asociados con las fases iniciales como el diseño, la visualización del proyecto y la ingeniería básica. Los resultados alcanzados en la etapa inicial de análisis de costes alcanzan su máxima eficacia durante esta fase. Dos tercios del coste de vida total del ciclo de vida de un activo se establecen durante las fases conceptuales y de diseño preliminar. Por tanto, esta fase inicial es muy importante, no solo para establecer una base sólida, sino que también para influir en el coste general del proyecto. Es en esta fase donde las decisiones estratégicas y las elecciones de diseño pueden tener un impacto duradero en la viabilidad económica y la rentabilidad futura del activo. Por tanto, es fundamental dedicar tiempo y recursos para estas fases de planificación con el objetivo de optimizar el rendimiento a largo plazo [5].

❖ Costes de producción y construcción

Los costes de esta fase están asociados a actividades como la fabricación, operaciones de producción, control de calidad, logística. El objetivo principal es establecer las secuencias y los procesos más eficientes posibles para poder llevar a cabo el diseño previamente desarrollado. Existen diferentes métodos que comparan distintas opciones de diseño de manufactura y estiman los costes de producción del método que menores costes genera [5].

❖ Costes de operación y mantenimiento

Los costes de esta fase incluyen costes de operación, energía, materia prima, mantenimiento preventivo, y cualquier otro coste que se genere durante el ciclo de vida del activo. Son los más relevantes y a la vez, los más complicados de predecir [5].

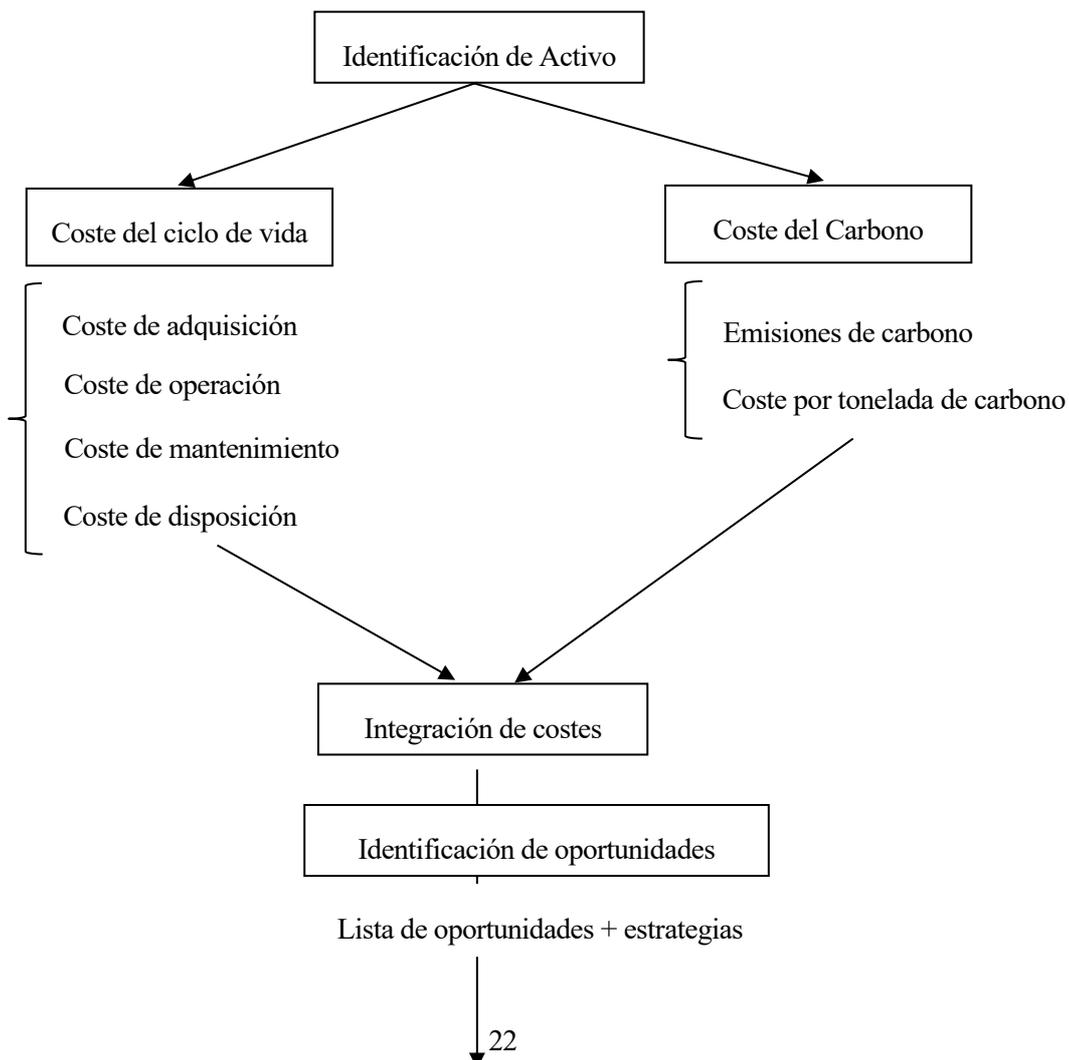
❖ Costes de retirada y disposición

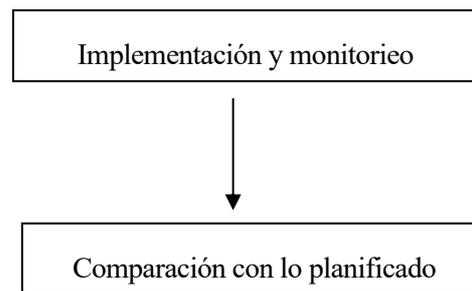
Esta etapa está muy ligada al impacto que generan las organizaciones en el medio ambiente ya que dependiendo de cómo realicen este tipo de actividades se generarán elevadas emisiones de gases de efecto invernadero, o por el contrario, ayudarán al desarrollo de la sostenibilidad con acciones como el reciclaje de los activos. Los costes para reciclar, reutilizar y desincorporar, representan una parte muy importante dentro del análisis de los costes del ciclo de vida de un activo [5].

3.3.1.1 Incorporación del coste de la huella de carbono

Se pueden establecer una serie de pasos para gestionar los activos de forma sostenible, para hacer más fácil la identificación de su ciclo de vida e incorporar el coste que tiene en este la huella de carbono.

1. **Identificación del Activo:** En primer lugar, identificando las entradas (datos de inventario, dados por el fabricante, informes de condición del activo), y las salidas (lista completa de los activos sobre los que se va a realizar el análisis y las necesidades de mantenimiento de cada activo que se han identificado).
2. **Cálculo del Coste del Ciclo de Vida:** Para realizar este cálculo se toman como entradas las fases que forman el ciclo de vida del activo y se calcula su coste (coste de adquisición, de operación, de mantenimiento, de disposición); como salida se obtiene el valor del coste del ciclo de vida total y de forma desglosada por fases.
3. **Cálculo del coste del Carbono:** Como entrada, se necesitan los datos de emisión de carbono en cada etapa del ciclo de vida, para obtener como resultado el coste total de carbono en CO₂ eq.
4. **Integración de los costes:** A partir del coste del ciclo de vida y del coste de la huella de carbono, se puede obtener como resultado el coste total del activo durante su ciclo de vida teniendo en cuenta el coste de sus emisiones.
5. **Identificación de oportunidades:** A partir de los resultados obtenidos se pueden llevar a cabo estrategias para reducir las emisiones de los activos y así, reducir también los costes.
6. **Implementación y monitoreo:** Una vez elegidas las actividades que se van a realizar para reducir las emisiones, es fundamental llevar un control sobre las consecuencias para saber si se están cumpliendo los objetivos propuestos.
7. **Comparación con lo planificado:** Toma de decisiones sobre sostenibilidad en base a los resultados obtenidos.





El cálculo del coste de vida de un activo se realiza mediante una serie de estimaciones cualitativas y cuantitativas, pero también se usan metodologías muy complejas. Esta estimación debería ser utilizada como punto de partida en la toma de decisiones estratégicas en una organización.

La falta de precisión en esta etapa inicial puede provocar consecuencias financieras negativas durante el desarrollo de la vida de un activo ya que, si los costes se estiman por debajo de los reales, el presupuesto para recursos como la mano de obra, materiales y equipos se vuelven inalcanzables; por otro lado, si los costes estimados son superiores a los reales, la organización esperaría un incremento del beneficio del proyecto en el que se encuentran estos activos, esto rara vez pasa, de manera contraria, lo que ocurre es que el dinero disponible es igual al dinero que la organización acaba gastando [5].

Woodhouse (1991) propone que para poder diseñar un sistema eficiente y productivo, es imprescindible evaluar y cuantificar el impacto económico que deriva del factor fiabilidad a lo largo de la vida del activo.

Si en el proceso de producción comienzan a darse una gran variedad de fallos imprevistos (baja fiabilidad), los costes irán aumentando, afectando de esta forma la rentabilidad del proceso de producción. Esto sucede, en gran parte, por la falta de previsión de los posibles fallos que pueden ir ocurriendo [5].

El modelo de ACCV de Woodward presenta la siguiente formulación para añadir el impacto de los costes de fallos en el ciclo de vida de un activo industrial [5].

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + CTPF + CMM$$

T: Período de vida útil esperado

CTCV: Costes totales del ciclo de vida

CI: Coste inicial de adquisición e instalación

CO: Costes operacionales

CMP: Costes de mantenimiento preventivo

CTPF: Costes totales por fiabilidad (incluidos los costes de penalización y los costes por mantenimiento correctivo)

CMM: Costes de mantenimiento mayor

También se puede añadir el parámetro de valor residual o el coste de disposición como una disminución del coste del ciclo de vida ya que se refiere al valor estimado que tiene el activo al final de la vida útil por lo que es posible su posterior venta (coste de disposición) [35]:

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + CTPF + CMM - VR$$

VR: Valor residual/coste de disposición

Para incorporar el coste de la huella de carbono en el ciclo de vida de un activo, se parte de que las variables de las que dependen el coste de la huella de carbono, las emisiones y el precio de estas, son parámetros que se van modificando con el tiempo, por tanto, su cálculo se hará mediante una integral comprendida en el ciclo de vida útil T del activo.

El coste de la huella de carbono depende las emisiones de carbono y del precio que tengan, por tanto, una posible formulación podría ser:

$$\text{Coste de la Huella de Carbono} = \int_0^T E(t) \cdot P(t) \cdot dt$$

T: Fin de la vida útil del activo

E(t): Emisiones producidas durante la vida útil T del activo. Para identificarlas se realiza un inventario de todas las emisiones de efecto invernadero producidas durante el ciclo de vida del activo, se pueden cuantificar correctamente con las metodologías anteriormente propuestas medidas en tCO₂ eq.

P(t): Precio variable de las emisiones durante la vida útil T del activo, este precio puede depender del mercado, las regulaciones o la política interna de la empresa. Se pueden obtener de las siguientes fuentes:

- Mercados de carbono
- Agencias Gubernamentales
- Instituciones Financieras
- Organizaciones Internacionales
- Bases de Datos de Organizaciones No Gubernamentales
- Publicaciones Académicas

Las emisiones durante la vida útil del activo se pueden calcular de la siguiente forma:

$$E(t) = EC(t) \cdot \text{Factor Emisión}$$

$$\text{Coste de la Huella de Carbono} = \int_0^T EC(t) \cdot \text{Factor Emisión} \cdot P(t) \cdot dt$$

EC (t): Consumición de energía del activo durante su ciclo de vida. Se mide en unidades de energía como kWh.

Factor de emisión: Cantidad de CO₂ equivalente emitido por unidad de energía consumida, este valor depende de la fuente de energía de donde procedan las emisiones y se puede obtener de bases de datos o inventarios nacionales. Su unidad es CO₂ eq/ u.d (kWh).

Los valores del coste de la huella de carbono son valores anualizados, siendo su medida €/u.t, normalmente año, debido a que E(t) se mide en [CO₂eq/u.t] y el precio P(t) en [€/CO₂eq]

La incorporación del coste de la huella de carbono al coste del ciclo de vida queda de la siguiente forma:

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + TCPf + CMM - VR + \int_0^T E(t) \cdot P(t) \cdot dt$$

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + TCPf + CMM - VR + \int_0^T EC(t) \cdot \text{Factor Emisión} \cdot P(t) \cdot dt$$

El cálculo del coste de la huella de carbono también se podría representar a lo largo del tiempo de la vida útil del activo, desde t=1 a t=T [35]:

$$CTCV = \sum_{t=1}^{t=T} [CI + CO + CMP + TCPf + CMM - VR + E(t) \cdot P(t)]$$

3.4 Importancia de la reducción de la huella de carbono en las organizaciones

El cálculo de la huella de carbono de una organización es una herramienta que, por un lado, permite identificar las emisiones de carbono, llevando a cabo acciones para reducirlas y como consecuencia, reducir los costes además de generar una mayor concienciación ambiental [26].

Además de contribuir con el cambio climático, la reducción de la huella de carbono tiene las siguientes ventajas:

- Identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI que se traducirán en ahorros económicos.
- Pertenecer a esquemas voluntarios nacionales.
- Mejorar la reputación corporativa y el posicionamiento en el mercado de la organización.
- Atraer inversionistas y clientes sensibilizados con el medio ambiente y por tanto, aumentar nuevas oportunidades de negocio [26].

3.5 Huella de carbono en la digitalización

❖ Huella de Carbono debido a la Inteligencia Artificial

Es una realidad que la IA supone la mayor revolución social y económica de los últimos años y que ha transformado la forma de trabajar de multitud de sectores, aunque tiene infinidad de ventajas, también presenta una serie de inconvenientes relacionados con discusiones éticas con respecto a su uso y el impacto que genera en el medio ambiente [36].

En la actualidad, se está poniendo el foco en la cantidad de recursos que consumen como agua y energía, la contaminación que produce la fabricación de los equipos y en la basura electrónica que genera al final de su vida útil [36].

El consumo de agua está muy relacionado con el consumo de energía, ya que, si el consumo de electricidad sube, se genera más calor y es necesario aumentar la refrigeración. Según un análisis llevado a cabo por las universidades Colorado Riverside y Texas Arlington durante el año 2021, empresas como Google consumieron una gran cantidad de agua en estos procesos provocando un consumo de 12.700 millones de litros de agua; otro ejemplo es Microsoft que aumentó en un 34% su consumo de agua durante los años 2021 y 2022. Según el Informe Ambiental de las Naciones Unidas, se estima que aumente el consumo de agua para la IA hasta la cifra de 6.600 millones de metros cúbicos [36].

También hay que tener en cuenta que para la fabricación de la tecnología necesaria que componen los equipos es necesaria la extracción de materiales como silicio y fósforo. Esta actividad tiene un notable impacto en el medio ambiente y contribuye a la contaminación del agua [36].

Con respecto al consumo eléctrico, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el 2% de la demanda actual mundial de electricidad se utiliza para los centros de datos y este porcentaje está previsto que aumente en los próximos años. Todas las infraestructuras relacionadas con la IA y las criptomonedas requirieron en el año 2022, 460 teravatios/hora (TWh) y está previsto que esta cifra llegue hasta los 1.050 en los próximos dos años [36].

Por todo esto, la Unión Europea ha sido la primera en el mundo en desarrollar una ley sobre la huella de carbono provocada por la Inteligencia Artificial (IA); con 523 síes en el Parlamento Europeo, se ha aprobado para entrar en vigor en el año 2026. Esta ley establece requisitos, permisos y prohibiciones sobre el uso de la tecnología de la Inteligencia Artificial [36].

La Comisión Europea está llevando a cabo iniciativas para disminuir la huella de carbono y promover prácticas sostenibles con ayuda de la IA; por ejemplo, en la ley se establecen unos requisitos mínimos de eficiencia para los servidores y ordenadores, también se tienen en cuenta la ubicación de los nuevos centros de datos para que

sea posible reutilizar el calor residual para reducir las necesidades de energía y agua para el proceso de refrigeración. La Inteligencia Artificial también se está utilizando para la preservación del medio ambiente en la conservación de la biodiversidad o la gestión de recursos [36].

También gracias a la IA se está permitiendo optimizar el uso del agua ya que permite planificar la demanda, identificar las fugas y optimizar la distribución contribuyendo a una gestión más eficiente [36].

En conclusión, la IA tiene muchas ventajas que, siendo utilizada de manera adecuada respecto a comportamientos éticos y el medio ambiente, provocará una revolución y hará más fácil y óptimos los distintos problemas actuales [36].

❖ Huella de Carbono debido a las criptomonedas

El Bitcoin, creado en el año 2009, representa una innovadora forma de pago digital y se trata del pionero de las criptomonedas. Su objetivo principal fue crear un sistema monetario descentralizado y digital, liberado del control de gobiernos, bancos centrales y entidades financieras [37].

Se basa en la tecnología blockchain, una red de registros públicos distribuidos entre pares, garantizando transacciones seguras sin intermediarios [38]. Además, el Bitcoin permite transferencias rápidas y de bajo coste, lo que ha disparado su popularidad y desafiado a los modelos centralizados tradicionales dando lugar al inicio de una nueva era económica [37].

El incremento y generalización de su uso también ha aumentado la preocupación por el impacto que tiene en el medio ambiente [37].

La obtención de bitcoins se hace mediante un mecanismo conocido como “minería de bitcoins” en el cual unos “mineros” reciben problemas matemáticos a resolver. Quien logre resolverlos primero, obtiene las nuevas monedas que se ponen en circulación [38]. Este proceso es cada vez más complicado ya que los problemas son más complejos por lo que para su resolución se necesitan ordenadores más potentes y, por tanto, de un mayor consumo eléctrico [39].

Según el informe “The Carbon Footprint of Bitcoin” publicado en la revista científica Joule, la producción de Bitcoins genera entre 22 y 23 millones de toneladas de dióxido de carbono al año [55]. Según el New York Times (2021), la electricidad para minar 1 criptomoneda es igual al consumo eléctrico típico de una casa durante 13 años y la red de bitcoins consume más de 7 veces la electricidad que usan todas las oficinas de Google a nivel mundial [39].

Se estima que durante el año 2024 este consumo podría aumentar a 297 teravatios/hora, lo que significa una emisión de 130 millones de toneladas métricas de carbono. Es por estas razones, que algunos países como China y Mongolia han prohibido el minado de bitcoin en su territorio [38].

La razón por la que se producen tantas emisiones de dióxido de carbono es porque los ordenadores que crean las nuevas monedas y validan las transacciones de criptomonedas compiten entre sí para resolver las ecuaciones matemáticas complejas y esto hace necesario enormes cantidades de electricidad que suelen proceder de fuentes de energía no renovables, además debido a la constante actividad de procesamiento se genera una gran cantidad de calor. Para evitar el sobrecalentamiento y garantizar un rendimiento óptimo, se necesitan sistemas de refrigeración, los cuales consumen una cantidad extra de energía, contribuyendo aún más a la huella de carbono [37].

Existen una serie de soluciones sostenibles que se pueden llevar a cabo para reducir el impacto ambiental como, por ejemplo, sustituir las fuentes de energía no renovables por fuentes limpias y sostenibles. Existe una empresa española llamada Green Data Chain que está desarrollando equipamientos de energía renovable para utilizarlos en proyectos de bitcoin [39].

Por tanto, la utilización del Bitcoin supone una revolución financiera, pero debe de ir de la mano de un compromiso con la sostenibilidad para garantizar un nuevo sistema financiero más justo y sostenible.

❖ Consecuencias de las nuevas tecnologías en el medio ambiente

El desarrollo de las nuevas tecnologías han permitido un gran avance para la sociedad, pero también hay que tener en cuenta las consecuencias que tiene en el medio ambiente [40].

- Consumo de recursos naturales: El desarrollo constante de la tecnología y la aparición de nuevos productos requiere de una gran cantidad de recursos naturales; mediante la extracción de minerales,

combustibles fósiles, etc; esto provoca la emisión de gases de efecto invernadero.

- Generación de residuos: Debido al consumo excesivo de nuevos productos; además la mayoría contiene sustancias tóxicas lo que provoca un gran impacto ambiental y para la salud de las personas.
- Generación de energía: Durante la producción, alimentación de servidores, centros de datos, etc; esto provoca emisiones de gases de efecto invernadero.

Un estudio de McCarter señala que smartphones, solo en su proceso de producción acumula entre un 85% y un 90% de su huella de carbono; el hecho de fabricar un teléfono nuevo provoca las mismas emisiones que mantener uno por diez años [41]. El investigador Mike Berners-Lee, de la Universidad de Lancaster, estimó en una investigación que el uso del teléfono móvil durante 1 hora diaria provoca 1,25 toneladas de CO₂ al año.

Diversos estudios señalan los siguientes datos [41]:

Acción	Emisiones de CO ₂
Visualización de vídeos online	300 millones/año
Visualización Netflix 4K	0,5Kg/hora
Cada búsqueda en internet	1,45 gramos
Escribir un tuit	0,2 gramos
64 millones de correos únicamente con un “gracias” (enviados diariamente en Reino Unido)	16.000 toneladas (Equivalente a más de 81 vuelos Londres-Madrid)

Tabla 1. Emisiones de CO₂ producidas por las nuevas tecnologías.

Elaboración Propia. Fuente: BBVA. (2021).

Algunas acciones que se pueden llevar a cabo para reducir las emisiones debido a la tecnología son:

- Prolongar la vida útil de los dispositivos y mantenerlos correctamente.
- Evitar mensajes/correos innecesarios.
- Cancelar listas de suscripciones de correo que no interesan.
- Utilizar documentos en la nube.
- Apagar los dispositivos cuando no se estén utilizando.

❖ Uso de inteligencia artificial para la reducción de la huella de carbono

La Inteligencia Artificial es un recurso cada vez más utilizado para reducir la huella de carbono y el impacto en el medio ambiente. Grandes empresas tecnológicas están dedicando mucho tiempo y recursos para desarrollar esta nueva herramienta que tienen grandes beneficios.

La empresa DeepMind, comprada en el año 2014 por Google, está desarrollando una serie de proyectos para optimizar la energía en las centrales eléctricas. A través de colaboraciones con Google Cloud, se están implementando herramientas de IA para predecir la producción de energía eólica, lo que ayuda a optimizar la operación de parques eólicos y a promover la adopción de energías renovables [42].

La tecnología de DeepMind se basa en redes neuronales, que son sistemas informáticos que se basan en el comportamiento del cerebro humano. Google ha conseguido que estas redes puedan anticipar las oscilaciones de la generación eólica y las del precio en el mercado eléctrico. Google también utiliza la tecnología DeepMind para supervisar directamente los sistemas de refrigeración de sus centros de datos, con el objetivo de reducir las emisiones y el consumo de energía. En 2016, Google anunció que gracias a la combinación de inteligencia artificial y la formación de su personal, lograron reducir el consumo de energía en sus centros de datos en un 40% [43].

Con el objetivo de ayudar a otras empresas en la implementación de inteligencia artificial y aprendizaje automático para cumplir sus metas de sostenibilidad, el año pasado Google lanzó un desafío de impacto de 25 millones de dólares. Este desafío brinda la oportunidad a organizaciones de distintos tamaños para proponer ideas sobre cómo la inteligencia artificial puede ser empleada para mitigar y resolver los desafíos sociales y ambientales más relevantes que enfrentan ^[43].

Otro ejemplo práctico es Climate Action, una empresa de Bayer que ha llevado a cabo una plataforma de agricultura de precisión que utiliza inteligencia artificial para optimizar el uso de recursos en la agricultura ^[44].

A través del uso de herramientas de análisis, FieldView proporciona a los agricultores una plataforma para consolidar datos de todas las unidades de su maquinaria agrícola de precisión, como tractores, sembradoras, pulverizadores y cosechadoras. Los agricultores pueden acceder a estos datos y obtener información relevante desde cualquier ubicación utilizando cualquier dispositivo. Esta plataforma analiza datos satelitales, meteorológicos y de suelo para dar recomendaciones personalizadas a los agricultores sobre la cantidad adecuada de agua, fertilizantes y pesticidas a aplicar en cada área de cultivo, lo que reduce el uso excesivo de fertilizantes y las emisiones que estos provocan ^[44].

4. EMPRESAS SOSTENIBLES: ESTRATEGIAS, OBJETIVOS Y LOGROS AMBIENTALES DE EMPRESAS LÍDERES

En la actualidad, cada vez más empresas a nivel global están tomando medidas para reducir la huella de carbono y así promover la sostenibilidad; con estas acciones, las organizaciones, no solo contribuyen a la mitigación del cambio climático sino que también pueden obtener beneficios económicos.

Existe una correlación positiva entre la implantación de prácticas sostenibles y la reducción de la huella de carbono. Para comprobarlo, se pueden utilizar fórmulas estadísticas como el coeficiente de correlación y el nivel de significancia.

El coeficiente de correlación es una medida que expresa la intensidad lineal entre dos variables. Este coeficiente se suele denominar r . La fórmula del coeficiente de correlación de Pearson compara cómo cada punto de datos se aleja de la media de las variables y utiliza esta comparación para evaluar en qué medida la relación entre las variables se puede representar mediante una línea imaginaria trazada entre los datos. Este coeficiente se expresa en valores entre -1 y 1 sin unidades; cuanto más cerca esté r de 0, más débil es la correlación que une a ambas variables; si existe una correlación positiva significa que ambas variables se incrementan de manera conjunta, y si por el contrario existe un valor de r negativo, las dos variables incrementan de manera inversa ^[45].

La fórmula es la siguiente:

$$r = \frac{\sum[(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Donde X e Y representa las dos variables de las cuales se quiere medir su correlación; en este estudio; una variable X, la implantación de prácticas sostenibles y la variable Y la reducción de la huella de carbono.

Para ilustrar de forma sencilla que existe una correlación positiva entre ambas variables, se muestra con un ejemplo:

EMPRESA	X: % Uso de energías renovables	Y: % Reducción de emisiones GEI
Empresa A	25%	10%
Empresa B	40%	15%
Empresa C	30%	12%

Como variable X de prácticas sostenibles se ha utilizado el porcentaje de uso de energías renovables en la compañía y como variable de Y el porcentaje de reducción de emisiones.

El cálculo del numerador: Ambas variables menos su media ($\bar{X} = 31,67$ e $\bar{Y} = 12,33$)

$$(25 - 31,67)(10 - 12,33) + (40 - 31,67)(15 - 12,33) + (30 - 31,67)(12 - 12,33) \approx 38,32$$

El denominador es el siguiente:

$$\sqrt{116,66 \times 12,66} \approx 38,43$$

Siendo $r = \frac{38,32}{38,43} \approx 0,997$

Por lo que queda demostrado, que existe una correlación positiva entre estas variables.

Esta medida suele ir acompañada del nivel de significancia p que consiste en realizar una prueba de hipótesis

para determinar el umbral de probabilidad en el que se considera que un resultado es estadísticamente significativo. Es decir, establece el límite a partir del cual se rechaza la hipótesis nula (que normalmente representa que no hay relación) en favor de la hipótesis alternativa (que sostiene que hay un efecto o relación) [45].

Este límite llamado, nivel de significación suele ser $\alpha=0,05$.

La hipótesis sería la siguiente:

Hipótesis nula H_0 : No hay correlación entre X e Y ($r=0$)

Hipótesis alternativa H_1 : Hay una correlación entre X e Y ($r\neq 0$)

Elección del Nivel de Significancia: $\alpha=0,05$.

Cálculo del Valor p : Se tienen que utilizar software estadísticos o fórmulas más complejas para calcular el valor p asociado al valor de r . Se puede utilizar la fórmula de distribución t-Student [46].

La formulación es la siguiente:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Siendo r , el coeficiente de correlación y n el número de pares de datos.

$$t = \frac{0,997\sqrt{3-2}}{\sqrt{1-0,997^2}} \approx 12,88$$

Para obtener el valor de p se utilizan las tablas de distribución t-Student; para ello es necesario conocer el grado de libertad: $gd=n-1=3-1=2$.

Comparación y Decisión:

- Si el valor $p < 0.05$, rechazas H_0 y se concluye que existe una correlación significativa entre las variables X e Y.
- Si el valor $p \geq 0.05$, no rechazas H_0 y concluyes que no hay evidencia suficiente para afirmar una correlación significativa entre X e Y.

Para un valor tan grande de t , para conocer el resultado de p sería necesario el uso de un software estadístico. Al ser tan grande, p es un valor muy pequeño y no aparece en los valores de las tablas, este valor tan pequeño significa una fuerte evidencia de que es correcto el rechazo a la hipótesis nula.

Quedando demostrado la correlación positiva que existe entre la implantación de prácticas sostenibles y la reducción de la huella de carbono; en este apartado se ilustran una serie de buenas prácticas en materia de sostenibilidad llevadas a cabo por empresas multinacionales líderes de distintos sectores. Se presentan sus objetivos, logros ambientales y proyectos reales que están llevando a cabo. A través de estos ejemplos prácticos, se pretende demostrar que es posible lograr una reducción significativa de la huella de carbono mediante el uso de tecnologías limpias e implementando objetivos ambientales dentro de la política estratégica operacional. Estos ejemplos pueden servir como modelo para las distintas empresas que persigan el mismo objetivo y quieran adoptar un plan de mejora, ya que ofrece ideas concretas y demostraciones objetivas de cómo es posible alcanzar las metas ambientales y reducir el impacto ambiental.

4.1 Contexto del cambio climático en el ámbito empresarial

De acuerdo con el informe de 2022 de IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), los gases de efecto invernadero tienen que estabilizarse antes de 2025, ser reducidos en un 43% en el 2030 y llegar al objetivo cero emisiones para el año 2050. Llevar a cabo acciones para frenar el cambio climático es fundamental para poder llegar a estos objetivos. Estas acciones deben de ser propuestas y llevadas a cabo tanto por los sectores públicos como privados [16].

En el año 2015, 195 países firmaron el Acuerdo de París en el que se comprometían a reducir las emisiones de

carbono. Mientras que los países están realizando acciones para poder hacer esto posible, aún existe desinformación sobre cómo las organizaciones pueden trasladar estos objetivos sobre la descarbonización a sus objetivos operacionales ^[16].

Solo 100 empresas en el mundo son las responsables del 71% de las emisiones de efecto invernadero causantes del cambio climático, de acuerdo con un informe publicado en el Carbon Disclosure Project (CDP) ^[47].

Los inversores de estas empresas se enfrentan a un gran reto, ya que existe un riesgo, no solo moral, debido al impacto sobre el cambio climático, sino también económico, debido a que las empresas están utilizando tecnologías y fuentes de energía más limpias, por lo que las que no adopten estos cambios serán menos atractivas para el mercado y los inversores ^[47]. Es un hecho que los inversores buscan cada vez más activos sostenibles. Los fondos destinados a ellos, fueron de al menos 31 billones de dólares en 2018, un 34% más que en 2016 ^[3].

Un informe publicado en el CDP(Carbon Disclosure Project), afirma que existe una tensión en poder alcanzar el equilibrio entre ser rentable a corto plazo y la necesidad urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ^[47].

Son estas grandes empresas las que tienen la capacidad de realizar profundos cambios en sus procesos productivos y usar tecnologías respetuosas con el medio ambiente, ya que cuentan con una importante fuente de inversión para poder llevar a cabo esta transición a tecnologías más verdes, y poder así, representar un estándar de sostenibilidad que pueda ser reproducido por otras organizaciones ^[16]. Frenar el cambio climático, no solo va a ser beneficioso para el medio ambiente, también lo va a ser para las organizaciones, ya que se ahorrarán costes y se generará valor a largo plazo ^[3].

Las 10 empresas que más emisiones a la atmósfera generan son las siguientes ^[47]:

ORGANIZACIÓN	% emisiones de CO2
China Coal	14,3%
Saudi Aramco	4,5%
Gazprom OAO	3,9%
National Iranian Oil	2,3%
ExxonMobil Corp	2,0%
Coal India	1,9%
Petróleos Mexicanos	1,9%
Russia Coal	1,9%
Royal Dutch Shell PLC	1,7%
China National Petroleum Corp	1,6%

Tabla 2. Mayores emisiones de CO₂ por empresas.

Elaboración Propia. Fuente: The Guardian. (2017). Guardian sustainable business

Sin embargo, hay otra serie de empresas incluidas Apple, Facebook, Google e Ikea que están llevando a cabo acciones para reducir el impacto sobre el medio ambiente ^[47].

Una de las áreas donde más cambios se van a desarrollar es en el Supply Chain. Las organizaciones se enfrentan a una realidad con respecto a su cadena de suministro: existe una presión debido a la concienciación con el cambio climático y el desarrollo sostenible por el cual sus clientes exigen la implantación de soluciones que permitan la descarbonización a lo largo de estas etapas ^[3].

El 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero de las organizaciones se emiten durante las fases de

transporte y cadenas de suministro, por lo tanto, resulta evidente que la descarbonización y la gestión sostenible del Supply Chain de las empresas jugarán un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático y la reducción de su impacto ambiental.

La eficiencia en la gestión de la cadena de suministro no solo implica la reducción de emisiones, sino también la optimización de recursos, la minimización de residuos y la promoción de prácticas éticas en toda la cadena. Invertir en la descarbonización de las cadenas de suministro y logística de las empresas, en la mayoría de los casos tiene mayor impacto en el medio ambiente, que el centrarse en disminuir las emisiones de las operaciones propias de la organización (emisiones directas). Por ejemplo, empresas dedicadas al consumo como Nestlé; solo un 5% de sus emisiones son emitidas de forma directa, es decir, durante sus operaciones propiamente dichas, durante la cadena de suministro estas emisiones son 10 veces mayores^[48].

En la actualidad, varias organizaciones están exigiendo la descarbonización de todos sus proveedores como parte de su estrategia propia de descarbonización. Esto implica^[3]:

- La obligación de que todos los proveedores y participantes en la cadena de suministro midan e informen sobre su huella de carbono. En ocasiones, exigen auditorías externas para comprobarlo.
- En las ofertas y licitaciones, será un factor importante a la hora de adjudicar los contratos el hecho de acreditar los niveles de carbono de la organización.

Las empresas líderes no solo se esfuerzan por alcanzar metas y objetivos, sino que también se comprometen con la implementación de proyectos sostenibles y en alcanzar una serie de objetivos en materia de medio ambiente.

A parte del área de Supply Chain, existen una serie de sectores, como el de la energía, aeroespacial, tecnología, etc, donde la descarbonización y reducción de su impacto ambiental es fundamental en la actualidad.

En este apartado se presentan los logros ambientales que han llevado a cabo, los objetivos relacionados con la sostenibilidad que han integrado en su estrategia empresarial y proyectos que han realizado para producir un impacto positivo en la sociedad, divididas por estos sectores más representativos.

4.1 Transporte y Logística



UPS (United Parcel Service)

Se trata de una de las empresas líderes en el sector de la logística y el transporte a nivel global. Fue fundada en 1907 en Seattle, Washinton por Claude Ryan Y Jim Casey y actualmente es considerada un referente por su eficiencia operativa y su compromiso con la sostenibilidad. Ofrece una gran variedad de servicios: entrega de paquetes, transporte de carga, gestión de la cadena de suministro y servicios de tecnología. Con una presencia mundial, UPS destaca por su capacidad para ofrecer soluciones logísticas integrales y adaptadas a las necesidades de sus clientes^[49].

LOGROS AMBIENTALES

En la actualidad, según los últimos reportes corporativos de sostenibilidad de la organización, han alcanzado los siguientes logros en materia de sostenibilidad:

- UPS es la empresa con mayor inversión en gas natural renovable de la historia de EEUU, lo que ha llevado a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en más de 1 millón de toneladas^[50].
- Han incorporado más de 6.000 vehículos de gas natural comprimidos a su flota^[50].
- Más de 1 millón de kilómetros recorridos cada día laborable con combustible alternativo^[50].
- En estos últimos años, se han evitado más de 1 millón de toneladas métricas de emisiones de CO₂ a la atmósfera gracias al compromiso de comprar energía de fuentes renovables^[50].
- Se han instalado 40.000 ubicaciones de puntos de recogida de UPS para ayudar a reducir las emisiones debidas a las entregas fallidas^[50].

Con respecto al último año, 2023 los logros han sido los siguientes:

- Reducción de 30.622 toneladas métricas de emisiones directas e indirectas de CO₂^[51].

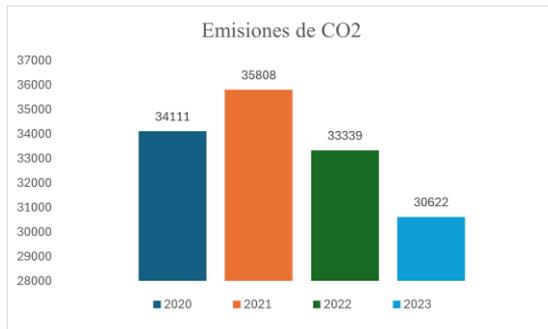


Figura 5. Comparación de emisiones de CO₂ durante los últimos años.

Elaboración propia. Fuente: UPS 2023 Sustainability Social Impact Highlights Brochure.

- Han utilizado un 28,8% de combustible alternativo durante sus operaciones ^[51].

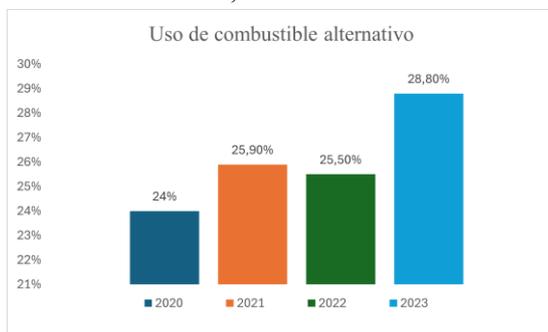


Figura 6. Comparación uso de combustible alternativo durante los últimos años.

Elaboración propia. Fuente: UPS 2023 Sustainability Social Impact Highlights Brochure.

- Más de 18.300 vehículos propulsados con energía renovable y limpia por día ^[51].



Figura 7. Comparación uso de transporte sostenible durante los últimos años

Elaboración propia. Fuente: UPS 2023 Sustainability Social Impact Highlights

❖ Como UPS implanta la economía circular en su modelo de negocio



Soluciones circulares para los clientes → Facilitan la devolución a empresas y particulares con más de 150.00 puntos de entrega y recogida, evitando así la emisión de CO₂ a la atmósfera ^[50].



Principios de la economía circular a lo largo de todas las operaciones → UPS recicla los productos que va a desechar, cuando estos se están descomponiendo liberan metano el cual puede aprovecharse transformándolo en gas natural renovable que es utilizado como combustible para propulsar sus vehículos ^[50].



Iniciativas en acción → Actualmente colabora con Nespresso al ofrecer a los consumidores bolsas de reciclaje para devolver las cápsulas usadas depositándolas en cualquier establecimiento de UPS o punto de recogida. Las cápsulas se envían para reciclar y se reutiliza el aluminio y los posos de café se transforman en compost para la jardinería ^[50].

OBJETIVOS AMBIENTALES

En los informes anuales de sostenibilidad, se establecen una serie de objetivos medioambientales como parte fundamental de la estrategia empresarial.

La empresa se compromete a ayudar a sus clientes en la reducción de su huella de carbono a lo largo de toda la cadena de suministro. Esto implica llevar a cabo medidas y soluciones que promuevan prácticas más sostenibles, como la optimización de rutas de transporte, la elección de proveedores con criterios ambientales, y el fomento de tecnologías más eficientes en el uso de los recursos ^[50].

Colaboran con organizaciones que investigan y desarrollan alternativas de combustibles con menores emisiones en el sector aeroespacial, para implementarlas en su flota de transporte por aire ^[50].

Los objetivos anuales establecidos por la organización son los siguientes:

Para 2025:

- Su principal objetivo consiste en llegar a cero emisiones de carbono e incrementar de forma significativa el uso de energía renovable durante todas sus operaciones ^[50].
- Reducir en un 12% las emisiones absolutas de efecto invernadero en las operaciones de transporte por carretera en todo el mundo ^[50].

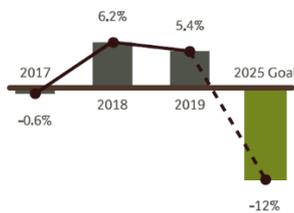


Figura 8. Objetivo de reducción de emisiones para el año 2025.

Fuente: UPS 2019 Sustainability Progress Report

- Utilizar más de un 25% de energía eléctrica ^[50].

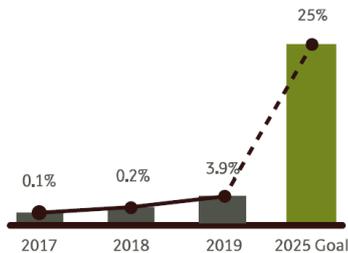


Figura 9. Objetivo de uso de energía eléctrica para el año 2025.

Fuente: UPS 2019 Sustainability Progress Report

- Utilizar más de un 40% de combustible alternativo para su flota de vehículos por tierra, mar y aire ^[50].

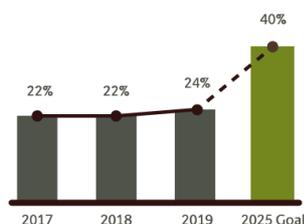


Figura 10. Objetivo de consumo de combustible alternativo para el año 2025.

Fuente: UPS 2019 Sustainability Progress Report

Para 2035:

- Que un 30 % del combustible de la flota de aviones que utilizan para el transporte de la logística sea de origen renovable ^[51].
- Reducir en un 50% las emisiones de CO₂ en el transporte y entrega de paquetes ^[51].
- Todas las instalaciones de la empresa que utilicen 100% de energía renovable ^[51].

PROYECTOS EMPRESARIALES SOSTENIBLES: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

❖ Localizaciones sostenibles

Para poder gestionar más volumen de paquetes que nunca se necesita un consumo de energía mayor, por tanto, UPS está invirtiendo en proyectos de energía solar para garantizar que el constante crecimiento de la compañía siga unos principios sostenibles ^[50].

Están evaluando todos los proyectos de nueva construcción para llevar a cabo un sistema de calificación de edificios ecológicos. Recientemente, 18 localizaciones de UPS han recibido la certificación de edificios sostenibles ^[50]. Varios ejemplos son:

Camden, UK → En esta localización de UPS, la tecnología de red inteligente permite la carga simultánea de toda una flota de camiones de reparto eléctricos. También están desarrollando e investigando sobre utilizar baterías usadas para almacenar la electricidad in situ ^[50].

Visalia, US → Gracias a una red de paneles solares y baterías, este centro se ha convertido en una localización con emisiones de carbono cercanas a cero ^[50].

❖ Colaboración con Nespresso

Las cápsulas de Nespresso están hechas de aluminio. UPS facilita el reciclado de las cápsulas de la siguiente manera:

Nespresso facilita a sus clientes bolsas recicladas para depositar las cápsulas y poder reciclarlas; éstas se pueden depositar en cualquiera de las más de 88.000 puntos de recogida de UPS o 500 puntos de recogida de Nespresso ^[50].

Las cápsulas son enviadas a reciclar donde se separa los pozos del café del aluminio; el aluminio es utilizado como materia prima en otros productos y los pozos de café se utilizan como compost para jardinería ^[50].

Jessica Padula, vicepresidenta del departamento de Marketing y Sostenibilidad de Nespresso, afirma que gracias a la relación con UPS Nespresso permite a sus clientes reciclar e impulsar los principios de la economía circular ^[50].

❖ Colaboración con Optoro

UPS está colaborando con Optoro, una empresa de tecnología dedicada a la logística inversa que trabaja con minoristas y marcas para mejorar la gestión, el procedimiento y las futuras ventas del inventario devuelto ^[50].

Mediante el análisis de datos y el marketing, Optoro utiliza una plataforma que determina la mejor ruta para cada artículo, pudiendo ser: devolución a existencias, reventas en mercados secundarios, donación o reciclaje. Esto ayuda a los minoristas a maximizar el valor de su inventario devuelto y a reducir los residuos ^[50].

4.2 Tecnología



Google es una empresa multinacional que ofrece una amplia gama de servicios y productos tecnológicos como su motor de búsqueda, Gmail, Google Maps, Youtube, etc. Google es conocida por su enfoque en la innovación y su constante desarrollo tecnológico.

Se trata de una empresa con un compromiso sólido con la sostenibilidad con proyectos dirigidos a la reducción de la huella de carbono y a la promoción de prácticas empresariales sostenibles ^[52].

LOGROS AMBIENTALES

Según el Reporte de Sostenibilidad de Google de 2023 han alcanzado los siguientes logros ambientales:

- Desde el año 2011 hasta el 2022, la compra de energía renovable ha permitido el ahorro de 30 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que equivale a eliminar 6 millones de coches de la carretera en un año ^[53].

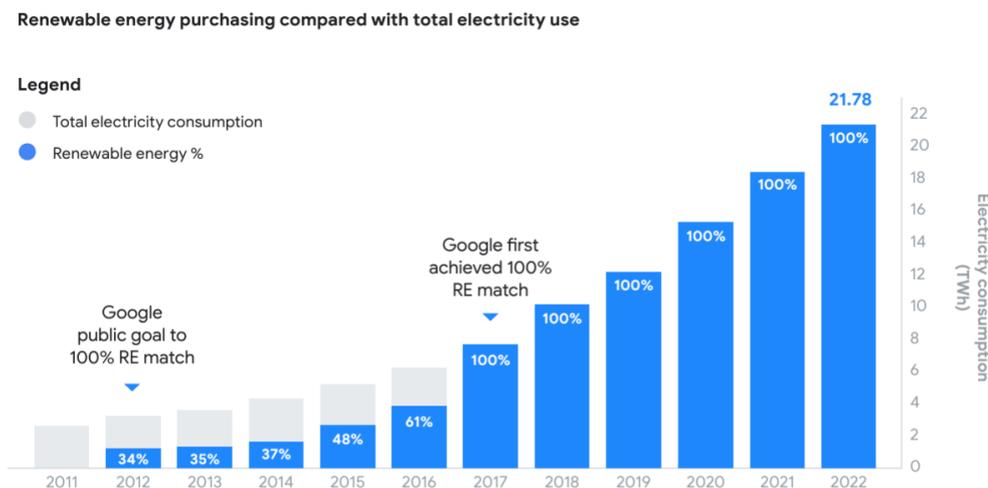


Figura 11. Comparación del uso de energía renovable en los últimos años.

Fuente: Google Environmental Report 2023

- En el año 2022, los centros de datos y las oficinas fueron abastecidos con al menos un 64% de energía renovable ^[53].
- En el año 2022, el 41% del plástico utilizado en sus embalajes era reciclado ^[53].
- En el año 2022, el 96% los envases de los nuevos productos de Google lanzados y fabricados estaban libres de plástico ^[53].
- Gracias a las rutas ecológicas que Google Maps ofrece en relación al consumo de combustible, midiendo factores como el tráfico y la inclinación de la carretera, han reducido en 1,2 millones de toneladas métricas las emisiones de carbono, lo que equivale a que 250.000 coches funcionen con

combustible durante un año ^[53].

- Con el uso de los termostatos inteligentes Nest han producido un ahorro de 113.000 millones de kWh entre los años 2011 y 2022, que supone un ahorro de 36 millones de toneladas de CO₂ equivalentes ^[53].
- La herramienta de Google Flights incluye estimaciones de las emisiones de carbono del 99% de los vuelos comerciales, esto ayuda a los usuarios ha elegir la opción más responsable con el medio ambiente ^[53].
- Diseñan sus productos basándose en el concepto de economía circular, llevando a cabo estrategias para prolongar la vida útil de sus productos y permitiendo que estos puedan ser utilizados en el futuro ^[53].

OBJETIVOS AMBIENTALES

En el Reporte de Sostenibilidad del año 2023 se plantean los siguientes objetivos:

Para el año 2025:

- Hacer todos los productos de embalaje 100% sin plástico ^[53].
- Utilizar material reciclado o renovable en al menos un 50% de la cartera de sus productos ^[53].

Para el año 2030:

- Reducir las emisiones de carbono en un 50% ^[53].
- Reponer en un 120% el agua que consumen de media en las oficinas y en los centros de datos ^[53].
- Utilizar energía renovable durante todas sus operaciones y cadena de suministro ^[53].
- Llevar a cabo proyectos para tratar las emisiones residuales con la eliminación del carbono ^[53].

PROYECTOS EMPRESARIALES SOSTENIBLES: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

❖ Green Light

Se trata de una herramienta de Google basada en la IA que ayuda a optimizar el tiempo que el semáforo debería de cambiar de estado. Se ha llevado a cabo una prueba en la ciudad de Hanburg, en Alemania, y se ha demostrado que, si seguían las indicaciones de la herramienta, los coches han realizado un 25% de paradas menos lo que supone un 10% menos de emisiones ^[53].

❖ EIE (Environmental Insights Explorer)

Es una herramienta desarrollada por Google que proporciona datos procesables sobre el clima y la sostenibilidad a líderes de las ciudades y regiones de todo el mundo. Ayuda a estudiar las fuentes de emisión, analizar datos e identificar estrategias para reducir las emisiones. EIE pone estos datos sobre el clima a disposición de más de 40.000 ciudades y regiones. Por ejemplo, en Dublín lo han usado para estudiar el uso de las bicicletas en la ciudad y a partir de esa información, llevar a cabo políticas de transporte sostenible que estén adaptadas a las necesidades de los usuarios. Otro ejemplo de uso de esta herramienta es en la ciudad de Austin, en Texas; en la que se ha utilizado para analizar las zonas más necesitadas para llevar a cabo una plantación de árboles ^[53].

❖ Google Cloud

Gracias a productos como Carbon Footprint y Active Assist y herramientas como Cloud Region Picker, los usuarios de Google Cloud pueden medir y reducir las emisiones de carbono relacionadas con el uso de la nube; ayudan a desarrolladores de empresas como L’Oreal o SAP a tomar decisiones relacionadas con la arquitectura de su nube para obtener bajas emisiones y proporcionarles mejores prácticas sostenibles ^[53].

Google también ha desarrollado una herramienta en colaboración con sus clientes que proporciona datos mensuales sobre la huella de carbono divididos por servicio, productos y región; esta herramienta puede utilizarse en colaboración con las herramientas conocidas para la medición del carbono. Con esta herramienta Google ha ayudado a las empresas a integrar los datos climáticos en la estrategia empresarial y la gestión de riesgos ^[53].

El aumento de la demanda de las materias primas hace que aumente la deforestación, lo que contribuye al

aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Con la ayuda de la IA, Google Cloud y el análisis geoespacial, Google está ayudando a las empresas a conocer de primera mano el origen de las materias primas que utilizan en sus productos al obtener información fiable y en tiempo real de sus proveedores^[53].

Respecto a la logística por mar, varias empresas de este sector se ayudan en las herramientas de Google Cloud y la IA para obtener rutas de transporte con la menor emisión de carbono posible; también están colaborando con aerolíneas como Lufthansa Group para desarrollar herramientas que permitan una mejor gestión y planificación de los vuelos diarios^[53].

Otro ejemplo de empresas que utilizan estas herramientas es Engie, empresa multinacional de sector de la energía sostenible, que ha logrado optimizar su cartera eólica a corto plazo ya que ha sido capaz de predecir la producción de energía eólica 36 horas antes de la generación real, dándole ventaja competitiva con respecto a sus competidores^[53].

4.3 Aeroespacial

AIRBUS AIRBUS

Airbus es una empresa multinacional líder en la industria aeroespacial y de defensa fundada en 1970 y con sede en Toulouse, Francia. Es conocida por diseñar, fabricar y vender una amplia cartera de productos y servicios como aviones militares y de transporte, sistemas espaciales y sistemas de telecomunicaciones. Se trata de una empresa pionera en el sector aeroespacial sostenible ya que invierte e investiga en tecnologías más eficientes relacionadas con combustibles más limpios para reducir las emisiones de carbono. También está comprometida con la fabricación responsable, donde su objetivo es reducir el impacto ambiental durante sus operaciones^[54].

La estrategia de sostenibilidad de la empresa sigue con los 4 objetivos de la ODS, que son^[55]:

- Liderar el camino hacia una industria aeroespacial limpia.
- Construir un modelo de negocio en base a la seguridad y la calidad.
- Respetar los derechos humanos.
- Fomentar la inclusión y ser ejemplo de integridad empresarial.

LOGROS AMBIENTALES

En enero de 2023 se llevaron a cabo los siguientes logros en materia de sostenibilidad.

- El equipo de proyecto ZEROe, una iniciativa de Airbus cuyo objetivo es desarrollar aviones comerciales con tecnologías de propulsión de cero emisiones, consiguió utilizar pilas de combustible de hidrógeno para alimentar los sistemas de propulsión^[55].
- En EEUU, el Blue Condor realizó el primer vuelo 100% propulsado por hidrógeno^[55].
- En noviembre, EcoPulse, un proyecto de Airbus, de desarrollo de tecnologías para diseñar aviones con mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental, despegó su primer vuelo con un sistema funcional de propulsión híbrida; las baterías fueron diseñadas por Airbus y alimentaron los motores durante 20 minutos^[55].
- Airbus aumentó en más de un 10% la cuota de combustible sostenible de aviones y helicópteros^[55].
- Llevaron a cabo una importante renovación de la flota de aviones y helicópteros más sostenibles^[56].
- Desarrollaron una mejora de los procesos operacionales con el objetivo de disminuir las emisiones y promover la sostenibilidad^[47].
- Realizaron una inversión en el Clean H2 Infra fund de Hy24, este se trata de un fondo de inversión dedicado a financiar proyectos que utilicen hidrógeno como fuente de energía alternativa y sostenible^[56].

- Llegaron a un acuerdo con el Grupo Renault de Investigación y Desarrollo (I+D) relacionado con el desarrollo de soluciones de electrificación en el transporte aéreo. Este acuerdo implica la colaboración en la investigación de tecnologías como la propulsión eléctrica y la gestión de la energía para los aviones y helicópteros ^[56].
- Mejoraron el acuerdo con el fabricante de SAF Neste (Sustainable Aviation Fuel) para desarrollar en conjunto una producción de aeronaves y adoptar combustibles sostenibles ^[56].
- En octubre de 2023, Airbus encargó a Louis Dreyfus Armateurs la construcción de buques que transportan aviones con propulsión asistida por viento. Esta nueva flota que estará en servicio en 2026, reducirá las emisiones medias anuales de CO₂ de 68.000 toneladas a 33.000 toneladas en 2030 ^[55].

OBJETIVOS AMBIENTALES

Su objetivo principal es seguir siendo pionero en la industria aeronáutica sostenible. Airbus contribuye a los Objetivos de Desarrollo de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU.

Su estrategia empresarial está estrechamente ligada con los objetivos medioambientales y con el objetivo de reducir las emisiones de carbono. Como parte de esta estrategia y de la constante investigación ^[56]:

- Airbus está continuamente mejorando la eficiencia de los combustibles.
- Reducen su impacto medioambiental en sus instalaciones y operaciones.
- Se enfrentan al problema del cambio climático gracias con la información de sus satélites.

Sus objetivos ambientales para los próximos años son:

- Aumentar a un 30% su cuota de combustible sostenible para aviones y helicópteros ^[55].
- Para el año 2050 llegar al objetivo de emisiones cero ^[57].
- Utilizar un combustible con menos carbono, la proporción irá subiendo hasta alcanzar al menos el 30% para 2030 ^[55].
- Eliminar el 100% de sus emisiones anuales residuales para 2030, que representa unas 400.000 toneladas de CO₂ en 2030 ^[55].
- Para el año 2030, reducir 8.551 toneladas de CO₂ equivalentes, siendo esto una reducción del 63% con respecto al año 2015 ^[57].

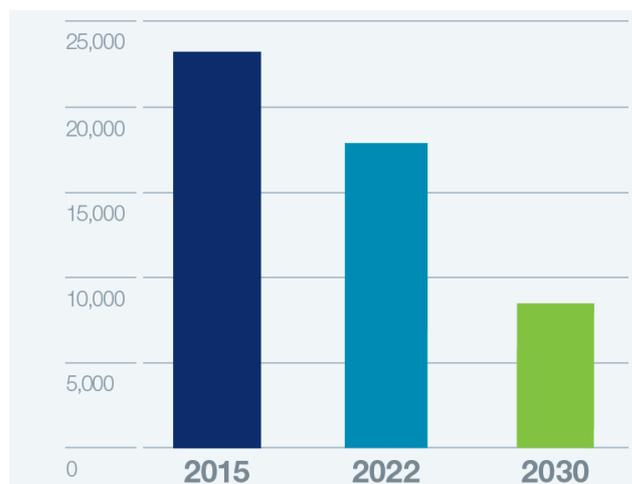


Figura 12. Comparación tCO₂ eq en los últimos años.

Fuente: Airbus 2022 Carbon Reduction Plan

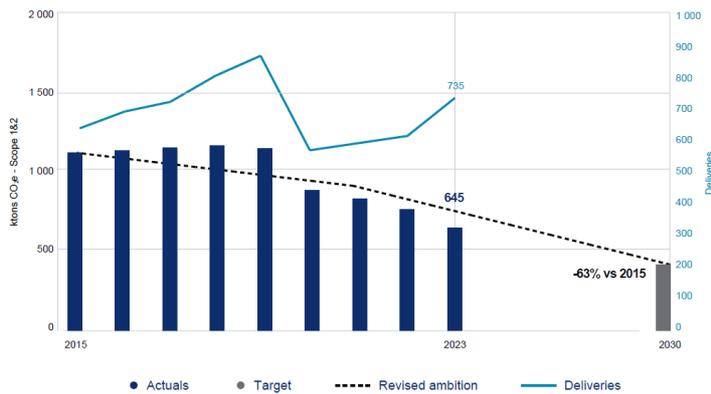


Figura 13. Comparación tCO₂ emitidas con respecto al objetivo.

Fuente: Airbus Annual Report 2023 Plan

PROYECTOS EMPRESARIALES SOSTENIBLES: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

❖ Proyecto ZEROe

El objetivo de este proyecto llevado a cabo por Airbus es desarrollar el primer vuelo comercial propulsado por hidrógeno para el año 2035. Usan principalmente dos tecnologías de forma complementaria, por un lado la combustión de hidrógeno, donde el funcionamiento es similar al de como funcionan los aviones en la actualidad, solo que modificando los sistemas de combustible; otra tecnología utilizada son las pilas de combustible de hidrógeno que generan energía eléctrica para alimentar motores eléctricos que hacen girar una hélice o un ventilador, se tratan de sistemas totalmente eléctricos que reducen a cero las emisiones durante su uso ^[58].

Para hacer posible esta realidad, Airbus está colaborando con productores y distribuidores de hidrógeno, aeropuertos y aerolíneas para dotar de infraestructuras de hidrógeno a los aeropuertos para construir un ecosistema adecuado para operar un avión propulsado por hidrógeno ^[58].

❖ Programa Clean Sky

Se trata de un programa en el cual participa Airbus, donde se desarrollan tecnologías limpias para reducir las emisiones y el ruido de las aeronaves, uno de sus objetivos es aumentar la eficiencia de los combustibles de los aviones para reducir las emisiones de CO₂ entre un 20 y 30% en comparación con los aviones actuales ^[59].

Otro de sus objetivos principales es desarrollar una industria aeronáutica con una cadena de suministro más competitiva en Europa a escala mundial ^[59].

❖ Proyecto HENON

Se trata de un proyecto europeo liderado por Airbus de tres años de duración, formado por 25 socios de 10 países en los que se encuentran todo el ecosistema de la aviación: aerolíneas, aeropuertos, proveedores, etc ^[60].

HERON (Highly Efficient Green Operations) tiene como objetivo principal reducir la huella de carbono en el todo el sector aerospacial, desde desarrollar operaciones más eficientes hasta optimizar el tráfico aéreo durante los vuelos, alcanzando el objetivo de cero emisiones netas de carbono en el año 2050 ^[60].

En la gestión de operaciones de las aeronaves en tierra para ahorrar combustible han implantando que el rodaje de las aeronaves sea sin uso de los motores de impulso. Para evitar los tiempos de espera innecesarios en los aeropuertos y optimizar los movimientos de los aviones cuando están en ellos utilizan sensores de inteligencia artificial para manejar de forma más predecible y eficiente la localización de los aviones ^[60].

En las operaciones aéreas, un proyecto en el que están trabajando es la mejora de la gestión del control del tráfico aéreo de las trayectorias ^[60].

El liderazgo de Airbus en este programa resalta su compromiso de aplicar la innovación y la tecnología para

reducir el impacto del sector aerospacial en el medio ambiente ^[60].

4.4 Gestión de Activos Físicos



SAP Enterprise Asset Management (EAM):

SAP es una compañía multinacional líder en software de aplicaciones empresariales que ayuda a empresas a operar de forma más eficiente creando y redefiniendo su ERP (Enterprise Resource Planing, Planificación de Recursos Empresariales), esto les permite automatizar procesos, mejorar la eficiencia, la visibilidad y la toma de decisiones. Con respecto a la gestión de activos físicos, SAP permite controlar, monitorear y optimizar los activos durante todo su ciclo de vida, mejorando su eficiencia operativa, reduciendo costes y maximizando el retorno de la inversión ^[61].

LOGROS AMBIENTALES

Según el último reporte de sostenibilidad del año 2023:

- Han alcanzado su compromiso de neutralidad de carbono con la reducción a 0 kilotoneladas de emisiones netas de CO₂ en este último año ^[62].

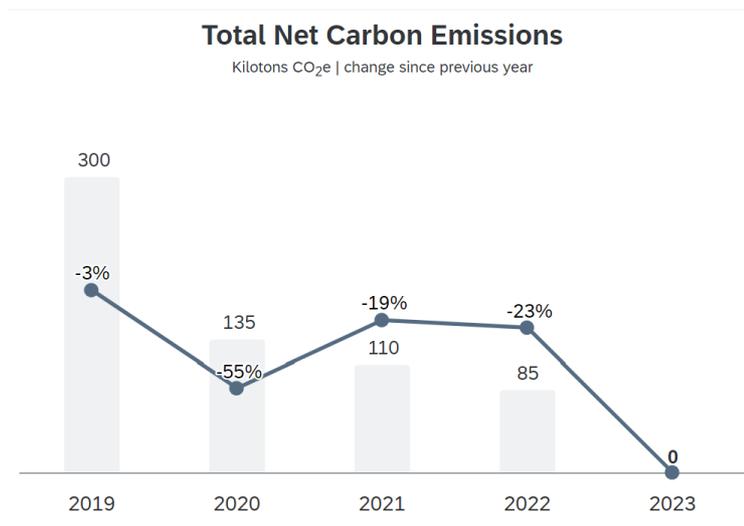


Figura 14. Comparación kilotoneladas de CO₂ emitidos en los últimos años.

Fuente: SAP Integrated Report 2023

- Reducción del consumo de energía y sustitución de las fuentes de energía por fuentes sostenibles; desde 2014 todas las fuentes son renovables ^[62].

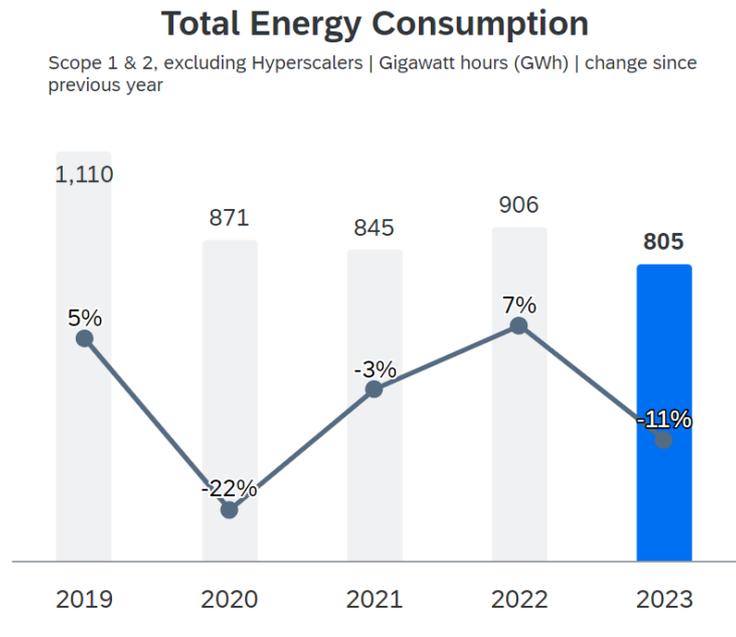


Figura 15. Comparación GigaWattios/hora (GWh) consumidos en los últimos años.

Fuente: SAP Integrated Report 2023

- Al final de su vida útil, el 93% de los productos fueron reciclado o reutilizados ^[62].
- Disminución del 19% del consumo de agua con respecto a 2022 ^[62].

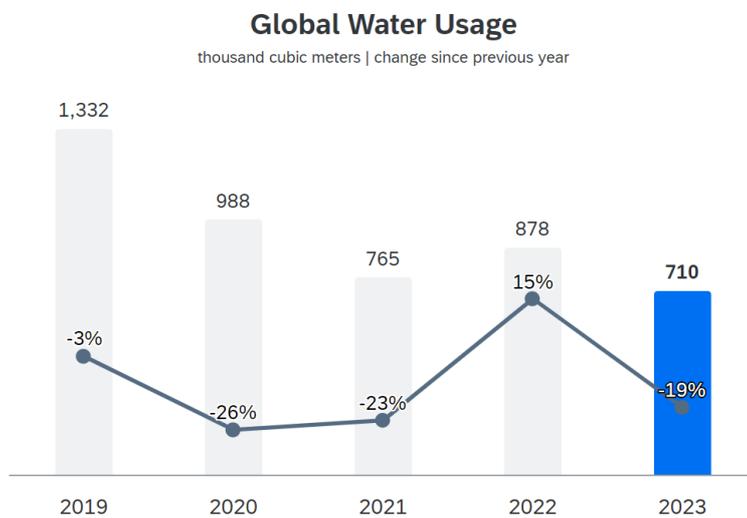


Figura 16. Comparación miles de metros cúbicos de agua consumidos en los últimos años.

Fuente: SAP Integrated Report 2023

- El sistema de gestión medioambiental (SGM) de SAP está implantado en más de 45 centros de 26 países de todo el mundo y está certificado por la norma ISO 14001:2015, reconocida internacionalmente ^[62].

OBJETIVOS AMBIENTALES

La gran mayoría de las emisiones de carbono se derivan del uso del software. Para permitir que sus clientes sean más sostenibles han marcado unos objetivos dentro de la estrategia empresarial; de acuerdo al Reporte de

Sostenibilidad del año 2023, los objetivos en materia de sostenibilidad y medio ambiente son:

- Conseguir la cifra de cero emisiones netas, no solo en sus operaciones si no en toda la cadena de valor para el año 2030, en línea con los objetivos del Acuerdo de París para reducir 1,5°C la temperatura en el año 2050 ^[62].
- Llevar a cabo un compromiso con toda la cadena de suministro asociándose con proveedores que sean medioambientalmente responsables ^[62].
- Participar en proyectos de reforestación, con el objetivo de plantar 21 millones de árboles en el año 2025 ^[62].
- Ampliar el uso de los contratos de compra de paneles solares para conseguir ser autosuficientes y abastecerse de energía renovable ^[62].
- Aumentar el alcance del Sistema de Gestión Ambiental implantado, al 100% de los principales sitios propiedad de SAP para 2025 ^[62].

PROYECTOS EMPRESARIALES SOSTENIBLES: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

❖ HENKEL, compromiso con el diseño y la producción responsables para reducir el impacto ambiental

Henkel es una compañía líder en productos químicos y de consumo, con sede en Alemania. Para vender sus productos en España y Reino Unido, la empresa tiene que cumplir una legislación sobre plásticos y facilitar a sus clientes la información sobre el impacto medioambiental de elegir comprar sus productos. Para ello, la empresa diseñó junto con SAP un proyecto de diseño y producción responsable ^[63].

Como resultado de implantar este proyecto con SAP, Henkel obtuvo los siguientes resultados:

- Aumentó la precisión y la fiabilidad de los datos de sostenibilidad mediante el procesamiento inteligente y la integración con SAP ERP.
- Obtuvo información sobre el diseño y la producción de productos y envases para aumentar la eficiencia y el valor.
- Mejoró la colaboración, los análisis, las previsiones y las simulaciones sobre los envases sostenibles.

Gracias a esto, han disminuido considerablemente la cantidad de plástico en los embalajes y sus clientes tienen el conocimiento del impacto ambiental de sus productos ^[63].

❖ COLDPLAY, el camino a la sostenibilidad

La banda Coldplay junto con SAP creó la aplicación Coldplay Music of the Spheres World Tour para abordar las emisiones de carbono de su gira Music of the Spheres World Tour. Coldplay descubrió que los viajes del público de sus conciertos provocaban la mayor parte de las emisiones de carbono de la gira; con esta aplicación es posible conocer el impacto ambiental de sus viajes, de los conciertos y de las posibilidades de elección a una más sostenible ^[64].

La app está dividida en cuatro secciones y utiliza la herramienta SAP Analytics Cloud para analizar el impacto ambiental de cada concierto, país y continente, permitiendo a la banda compensar las emisiones de carbono a lo largo de la gira. La plataforma SAP Business Technology facilita la actualización de detalles sobre la gira y las ubicaciones. La app también aprovecha SAP Cloud for Sustainable Enterprise para calcular la huella de carbono del público y promover opciones de viaje más ecológicas en tiempo real ^[64].

En la sección de viajes, las personas pueden calcular el impacto ambiental de sus viajes desde su lugar de origen hasta el concierto pudiendo elegir entre siete modos de transporte; las personas que elijan las opciones con menor emisiones de carbono, la aplicación les recompensará con códigos descuentos utilizables en la tienda online de Coldplay ^[64].

❖ Zamora Company, reduciendo el plástico con la ayuda de SAP

Se trata de una empresa familiar española dedicada al mundo de los viñedos y bodegas con marcas conocidas como Martin Miller's y Ramón Bilbao. Esta empresa tiene como objetivo social promover prácticas empresariales sostenibles y fomentar la economía circular aumentando el uso de materiales de envasado reciclados. Con la implementación de la solución SAP Responsible Design and Production han creado una fuente

de información sobre la sostenibilidad para tomar decisiones en su día a día. Esta solución permite a los fabricantes y minoristas calcular sus obligaciones financieras y gestionar los impuestos sobre el plástico; además le ayuda a cumplir con sus compromisos corporativos al elegir los materiales adecuados y tomar decisiones de diseño más sostenibles teniendo en cuenta costes e impacto ambiental. Al conocer mejor la composición de sus productos y envases, incluyendo la cantidad de plástico reciclado y no reciclado es posible llevar a cabo una estrategia a largo plazo para evaluar y adoptar materiales alternativos [65].

Con la implantación de SAP Responsible Design and Production, Zamora Company cuenta con unos procesos de aprovisionamiento más eficientes y una disminución en la carga de trabajo, gracias a la automatización de la recopilación de datos de sostenibilidad que reemplaza las entradas manuales, permitiendo una gestión más fluida de la cadena de suministro [65].

4.5 Alimentación y Bebida



UNILEVER

Es una compañía multinacional dedicada a los bienes de consumo, algunas de sus marcas más conocidas son: Dove, Knorr, Mimosin, Vaseline y un largo etcétera. Es reconocida por su compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa teniendo como objetivo impactar positivamente en el mundo a través de prácticas comerciales éticas y productos sostenibles [66].

LOGROS AMBIENTALES

En este último año Unilever ha conseguido los siguientes logros en materia de sostenibilidad:

- Reducción del 74% de las emisiones de efecto invernadero en todas sus operaciones desde el año 2015 [67].
- Ha conseguido contar con una cadena de suministro libre de deforestación para finales de 2023 en los sectores del aceite de palma, soja, papel, cartón y cacao [68].
- La compañía también trabaja para ayudar a los pequeños agricultores para que utilicen prácticas agrícolas regenerativas que mejoren la calidad del suelo y aumenten el rendimiento siguiendo el Código de Agricultura Sostenible [68].
- La empresa colabora con sus proveedores para ofrecerles orientación práctica y acceso a recursos y herramientas para ayudarles a reducir, medir y notificar sus emisiones. La empresa tiene unos 54.000 proveedores; de los cuales ha identificado cuales son los que sus materiales tienen mayor impacto sobre el clima y a través del “Programa Climático Unilever” [68].
- A parte de colaborar con sus propios proveedores y procesos internos, Unilever es miembro de 1.5 degree Supply Chain Leaders Exponential Roadmap Initiative and the Transform to Net Zero Initiative (Iniciativa de Hoja de Ruta Exponencial de Líderes de la Cadena de Suministro de 1,5 grados y de la Iniciativa Transform to Net Zero), donde colabora con otras empresas para desarrollar y compartir las buenas prácticas con el objetivo de reducir las emisiones y evitar el cambio climático [68].

OBJETIVOS AMBIENTALES

La compañía tiene los siguientes objetivos en materia de sostenibilidad integrados en su estrategia empresarial, según el último reporte de sostenibilidad publicado:

- El principal objetivo es convertirse en 100% sostenible [68].
- Para el año 2025 utilizar un 25% de plástico reciclado en sus envases [68].
- Reducir todas las emisiones procedentes de sus operaciones en un 100% para el año 2030 [68].

- Sustituir el carbono derivado de combustibles fósiles por carbono renovable o reciclado, en todos sus productos de limpieza y lavandería de aquí a 2030. Una forma sería, utilizar el uso de fuentes de carbono ya existentes en el suelo o en la superficie, en lugar de extraerlo de fuentes subterráneas.
- Que el 95% del volumen de los principales cultivos que utiliza para sus productos sean de origen sostenible para el año 2030 ^[67].
- En el año 2030 poder implantar prácticas de agricultura regenerativas en 1 millón de hectáreas ^[67].
- Implementar programas de agua en más de 100 lugares con escasez de agua en el año 2030 ^[67].
- Para el año 2030 que todos los envases de plástico rígidos sean reutilizables o reciclables y en 2035 que lo sean todos los envases flexibles ^[67].
- Para el año 2039 conseguir cero emisiones netas en toda su cadena de valor ^[67].
- Mantener el objetivo de no deforestación para obtener sus principales materias primas ^[67].

PROYECTOS EMPRESARIALES SOSTENIBLES: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

❖ Proyecto para poner fin a la deforestación en su cadena de suministro con la colaboración de Google Cloud

Unilever está colaborando con Google Cloud para monitorear los bosques y la biodiversidad que participan en su cadena de suministro. Con esta herramienta podrán almacenar los datos y analizarlos con el objetivo de identificar áreas de riesgo y tomar medidas para detener la deforestación ^[69].

Inicialmente, se va a enfocar solo en el aceite de palma, pero el objetivo es poder ampliarlo a todos los productos básicos que utilizan en para producir sus materias primas ^[69].

Ambas compañías tienen la intención de compartir sus hallazgos y fomentar activamente prácticas empresariales sostenibles para concienciar del problema de la deforestación a nivel mundial ^[69].

❖ La marca Magnum presenta nuevos envases hechos con plásticos reciclados

La marca Magnum se ha convertido en la primera marca de helados en utilizar plástico reciclado en sus envases y tapas, estos están fabricados con plástico de polipropileno reciclado. Utilizaron un proceso de reciclado muy novedoso que permitía transformar los residuos plásticos en una resina con las mismas características que una resina virgen, siendo posible que se puedan reprocesar de manera infinita, ya que el método de reciclaje mantiene la calidad del material ^[70].

Magnum se ha comprometido que para el año 2025 todos sus envases estén hechos de plástico reciclado. La medida forma parte del compromiso global de Unilever para promover una economía circular reduciendo a la mitad el uso de plástico virgen en más de 100.000 toneladas y acelerar el uso de plástico reciclado ^[70].

❖ Proyecto para disminuir las emisiones de carbono del transporte marítimo

Unilever ha establecido un Plan de Acción para la Transición Climática con el objetivo de reducir significativamente las emisiones de carbono de sus productos y llegar al objetivo propuesto de emisiones netas cero en toda su cadena de valor para el año 2039. El transporte marítimo contribuye de forma considerable al cambio climático y por eso que la compañía ha centrado sus esfuerzos en hacerlo más sostenible ^[71].

Para reducir las emisiones, Unilever está implementando medidas prácticas como mejorar la eficiencia y explorar nuevas tecnologías y combustibles. La empresa también está utilizando su influencia para impulsar un cambio más amplio en la industria del transporte marítimo, colaborando con iniciativas y grupos de trabajo, como Cargo Owners for Zero Emission Vessels (coZEV), una red de transportistas comprometidos con adquirir servicios de transporte marítimos alimentados con combustible con cero emisiones de carbono, para promover políticas y prácticas más sostenibles. En resumen, Unilever está comprometido con la descarbonización de su cadena de suministro y está tomando medidas concretas para lograr sus objetivos climáticos ^[71].

4.6 Energía y Recursos Naturales



El Grupo Iberdrola es un líder del sector energético en todo el mundo. Su compromiso con la sostenibilidad es uno de los pilares fundamentales de su actividad empresarial, siendo una de las empresas pioneras de la transición energética hacia un modelo más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Aparte de su actividad promoviendo y desarrollando las energías renovables, Iberdrola también ha implementado iniciativas para promover la eficiencia energética, la movilidad eléctrica y la innovación tecnológica en el sector energético [72].

Es una de las compañías que menos emisiones de carbono producen en Europa [73].

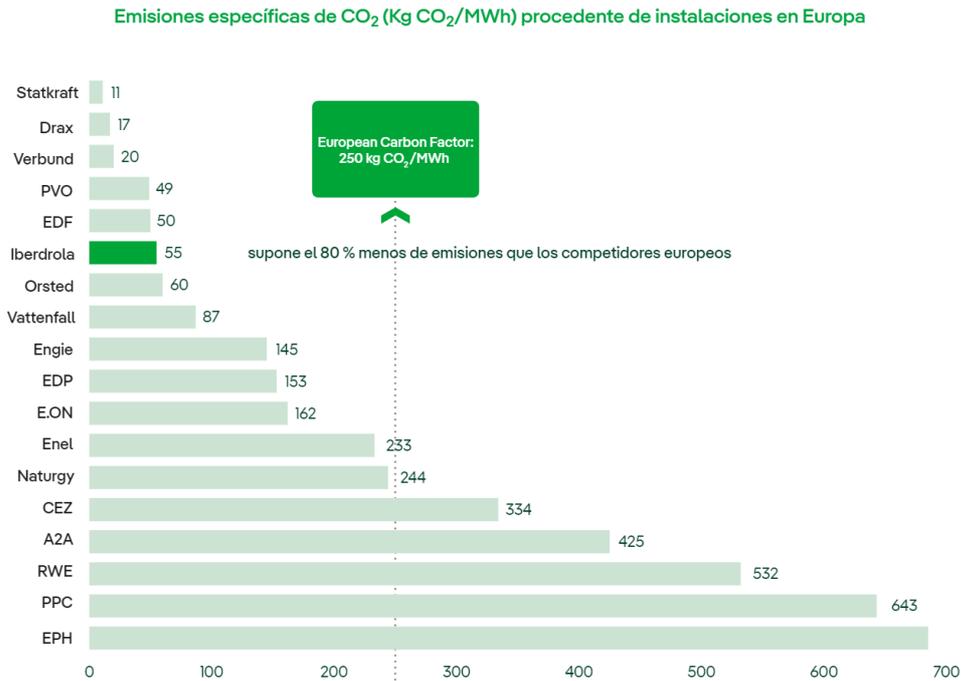


Figura 17. Comparación emisiones de carbono emitidas por distintas compañías en Europa.

Fuente: Informe integrado anual e información ESG 2023

LOGROS AMBIENTALES

Según el informe anual presentado en el último año 2023, los logros en materia de sostenibilidad han sido los siguientes:

- En enero de 2023 firmó una alianza con Norges Bank Investment Management para avanzar hacia el objetivo de la descarbonización en España convirtiendo 1.265MW de capacidad en renovable, tanto eólica como fotovoltaica [73].
- En enero de 2023 a través de su programa PERSEO, implanta la primera planta de reciclaje de palas eólicas de Europa [73].
- En febrero, con la colaboración de BP, invirtieron 1.000 millones de euros en distribuir una red de 11.700 puntos de recarga eléctrica em España y Portugal para promover la movilidad sostenible con el uso del transporte eléctrico [73].
- Reducción en las emisiones de CO₂ [73].

Emisiones propias específicas de CO₂ (t / GWh)

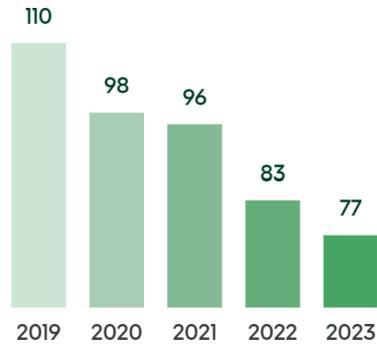


Figura 18. Comparación toneladas de CO₂ emitidas en los últimos años.

Fuente: Informe integrado anual e información ESG 2023

- Iberdrola México junto con México Infraestructuras Partner (MIP), han invertido 6.000 millones de dólares en la implantación de parques eólicos y plantas de generación que incluyen ciclos combinados [73].
- En junio de 2023 junto con el Grupo Banco Mundial han concedido préstamos de 150 millones de dólares para objetivos sostenibles a países emergentes para impulsar la transición ecológica [73].
- En agosto lanzaron el programa Carbon2Nature con el objetivo de llevar a cabo proyectos sostenibles que reduzcan la huella de carbono y el impacto ambiental [73].
- En noviembre junto con Masdar invirtieron 1.600 millones de euros en el sector eólico marino [73].
- 15.500 millones de euros invertidos para energías renovables [72].
- El 81% de la capacidad instalada está libre de emisiones, siendo esta 42.187 MW [73].

Producción de electricidad



Figura 19. Comparación formas de producción la electricidad.

Fuente: Informe integrado anual e información ESG 2023

- 26,7 millones de toneladas de CO2 evitadas en este último año 2023 ^[72].

ÁREAS	ACCIONES	CO ₂ (t) EVITADO EN 2023
Renovables	Ahorro en energía primaria por producción de energía renovable.	17.507.041
Cogeneración	Ahorro por suministro de energía térmica.	367.640
Eficiencia en red	Ahorro por eficiencia en redes de distribución.	44.507
Comercial	Ahorro por productos y servicios sostenibles.	8.754.122
TOTAL		26.673.310

Tabla 3. CO2 evitado por distintas áreas.

Fuente: Informe integrado anual e información ESG 2023 IBERDROLA

OBJETIVOS AMBIENTALES

El plan estratégico de la empresa se centra en cuatro prioridades: protección de la naturaleza, favorecer una cadena de valor sostenible, el fortalecimiento del capital humano y social y promover una cultura ética y de buen gobierno ^[73].

Los objetivos ambientales reflejados en su Plan de Acción Climática para los próximos años son:

Para el año 2030:

- Alcanzar la neutralidad de las emisiones directas e indirectas ^[73].
- Conseguir que toda la energía utilizada por Iberdrola sea 100% libre de emisiones ^[73].
- Construir redes eléctricas más robustas y que estén 100% digitalizadas para impulsar el desarrollo sostenible con la ayuda de la tecnología ^[73].
- Se ha comprometido a lograr un impacto neto positivo en la biodiversidad, basado en el principio de la jerarquía de conservación durante todo el ciclo de vida de sus instalaciones; para alcanzarlo, han llevado a cabo acciones para que en el año 2025 sea posible el objetivo de no deforestación neta ^[73].
- Implantar un modelo de economía circular que permita la reducción del 50% de materias primas ^[73].

Para el año 2040:

- Alcanzar la neutralidad de todas sus emisiones, incluyendo las emisiones debidas a su cadena de valor ^[73].
- Que todas las compras a partir de sus proveedores sean verdes y con origen sostenible ^[73].
- Promover la sostenibilidad con la incorporación de ofertas de productos verdes y soluciones sostenibles como la electrificación y el uso del hidrógeno verde ^[73].

PROYECTOS EMPRESARIALES SOSTENIBLES: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

❖ Iberdrola España proveerá energía verde a los teatros más emblemáticos de Madrid

Iberdrola ha puesto en marcha durante el año 2024 un programa llamado “Teatros Verdes Iberdrola” por el cual se suministrará energía sostenible a los teatros más importantes de la capital con el objetivo de conectar su compromiso con la sostenibilidad ambiental y la descarbonización con el fomento de la cultura. De esta forma, los espectadores, cada vez más concienciados con el cambio climático, podrán tener la oportunidad de disfrutar de un ocio más sostenible y respetuoso con el medio ambiente^[74].

Los teatros donde se ha llevado a cabo este programa son entre otros: La Latina, Príncipe Gran Vía, Reina Victoria, Bellas Artes y el Teatro Arlequín^[74].

❖ Acuerdo de compra de 159MW de energía renovable con Amazon procedente del segundo parque eólico más grande del mundo.

Iberdrola y Amazon han ampliado su alianza global para promover la descarbonización mediante la firma de un acuerdo de compra de 159 MW de East Anglia, el segundo mayor parque eólico del mundo; este contrato se suma a otros y en total Amazon ha contratado 54.000 GWh de energía renovable de Iberdrola^[75].

Este acuerdo ayuda a Amazon en su compromiso de abastecerse únicamente de energía renovable para el año 2025. Ambas empresas han lanzado un programa llamado Global Journey to Cloud por el cual se permitirá que Iberdrola aproveche los servicios de computación de alto rendimiento de Amazon Web Services (AWS) por el cual maximizará la eficiencia de los activos de energía renovable^[75].

❖ Iberdrola construye la electrolinera más potente de España

Iberdrola ha comenzado a construir la electrolinera más potente de España, la cual va a disponer de 47 puntos de recarga con una amplia variedad de potencias, los cuales se abastecerán 100% de energía verde, procedente de energías renovables convirtiéndose en la red más extensa de España. Este proyecto está vinculado con el desarrollo de la movilidad sostenible impulsado por Iberdrola^[76].

Está financiado por la Unión Europea con los fondos de NextGenerationUE en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia^[76].

5 PLAN DE MEJORA

El principal objetivo de medir la huella de carbono de una organización es, además del conocimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero de las que la organización es responsable, la posibilidad de poder actuar sobre estas.

Como ya se ha explicado anteriormente, mediante el cálculo de la huella de carbono se identifican todas las fuentes de GEI (Gases de Efecto Invernadero), por tanto, es más fácil realizar un análisis y llevar a cabo medidas más efectivas de reducción de gases de efecto invernadero.

Al igual que el cálculo de la huella de carbono, para el plan de mejora también se debe tomar un año base de referencia para poder así computar las reducciones realizadas en referencia a dicho año.

Cabe mencionar, que las organizaciones tienen la posibilidad de compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero con actividades y proyectos que fomenten los sumideros y disminuyan las emisiones ^[26].

En este capítulo se presenta una propuesta de plan de mejora para que las organizaciones puedan reducir su huella de carbono y aumentar la eficiencia, para poder llevar a cabo un plan que se base en la mejora continua es necesario adoptar un enfoque que se basa en el concepto Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) ^[9].

❖ Modelo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA)

El modelo PHVA es un proceso iterativo empleado por las compañías para alcanzar la mejora continua en la gestión de proyectos y procesos ^[9]. Se utiliza para asegurar que las actividades se realizan de manera adecuada y eficiente ^[77].

Este modelo, muy utilizado por diversas compañías, presenta una serie de beneficios ^[77]:

- Sienta las bases del proceso de mejora continua.
- Implementa soluciones de manera rápida.
- Optimiza y simplifica tareas repetitivas.
- Permite realizar cambios y estudiar sus resultados de forma inmediata.
- Optimiza los resultados y reduce la cantidad de errores.

Está formado por 4 procesos iterativos: planificar, hacer, verificar y actuar ^[9]; en el contexto de un plan de mejora para reducir las emisiones de carbono sería de la siguiente forma:

- Planificar: Definir los objetivos ambientales y los procedimientos requeridos para generar y entregar resultados en sintonía con la política medioambiental de la compañía.
- Hacer: Llevar a cabo los procedimientos según lo planificado.
- Verificar: Hacer el seguimiento y evaluar la implementación de los procedimientos conforme a la política ambiental, incluyendo sus compromisos, objetivos ambientales y criterios operativos, además de comunicar los resultados obtenidos.
- Actuar: Llevar a cabo acciones para conseguir la mejora continua.

Los pasos a seguir son los explicados a continuación.

5.1 Primera etapa: Evaluación Inicial y Diagnóstico

La descripción inicial del entorno se puede realizar mediante un formulario basado en una serie de cuestiones para aclarar el punto de partida, los objetivos y el alcance del plan por parte de la organización.

1. ¿De qué cantidad de GEI soy responsable?

En primer lugar la empresa debe preguntarse cuál es su impacto ambiental en relación a las emisiones de efecto invernadero de las que es responsable. Para ello, este plan de mejora se enfoca principalmente en los

activos físicos por lo que se deberán medir las emisiones durante el ciclo de vida de estos para tener un mejor análisis del impacto ambiental.

- **Análisis de Ciclo de Vida (ACV):** Evaluando el ciclo de vida de los activos físicos se consigue identificar qué etapas son las que tienen mayor impacto ambiental y costes.
- **Inventario de Emisiones:** El primer paso para la medición de la huella de carbono es realizar un inventario de emisiones para evaluar y documentar las fuentes responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para su cuantificación se pueden usar las metodologías anteriormente explicadas como las ISO 14064, GHG Protocol o PAS 2050.

2. ¿Cómo puedo reducir mis emisiones de GEI?

Un punto muy importante es conocer qué medidas puede realizar la empresa para disminuir su impacto ambiental. Definirlas y materializarlas es un punto de partida importante para después llevar a cabo el plan de mejora conociendo las limitaciones que existen.

3. ¿Cuánto voy a reducir?

Antes de cualquier plan de mejora, hay que definir unos objetivos claros sobre la reducción de la huella de carbono y estos deben estar alineados con la estrategia empresarial de la empresa ^[26].

5.2 Segunda etapa: Identificación de necesidades y oportunidades de mejora

Una vez que ya está descrito el entorno y los objetivos a los que se quiere llegar con el plan de mejora, es necesario identificar las necesidades para poder obtener los resultados planificados y cumplir con los objetivos en materia de reducción de huella de carbono. Para ello, es fundamental contar con los recursos necesarios para cumplir con estos objetivos, esto incluye recursos financieros, tecnológicos y humanos.

Por otro lado, es importante estar atento a las oportunidades de mejora tanto con respecto a la propia organización como con la competencia.

- **Benchmarking:** Se trata de un proceso en el cual se comparan procesos y prácticas que realizan las empresas líderes para identificar áreas de mejora y adoptar mejores prácticas.
- **Análisis de Datos:** Con el uso de herramientas de análisis es posible identificar áreas de mejora dentro de la organización.

5.3 Tercera etapa: Desarrollo de un plan de acción

La empresa debe planificar y definir acciones, realizando un calendario y estableciendo a los responsables de cada actividad en las que se implantan cada una de las medidas.

El primer paso para desarrollar planes de mitigación y acciones de mejora en materia de gestión ambiental es establecer los objetivos concretos ambientales que se quieren conseguir, teniendo en cuenta los requisitos legales, y considerando riesgos y oportunidades ^[9].

Los objetivos ambientales tienen que ser:

- Coherentes con la política ambiental
- Medibles y cuantificables
- Sujetos a seguimiento
- Comunicados con las partes interesadas
- Posibles de actualizar

La compañía debe mantener la información documentada acerca de los objetivos medioambientales.

Al planificar los objetivos ambientales, debe determinar una serie de cuestiones como:

- Las acciones que se van a llevar a cabo
- Los recursos que van a ser necesarios
- El responsable que será asignado

- El cronograma en el que se llevarán a cabo las acciones
- El plazo de finalización

Para desarrollar planes de mejora en relación con la sostenibilidad y la gestión de activos físicos, como ya se ha comentado, se puede aplicar un Análisis del Coste de Ciclo de Vida de estos activos. Con este análisis se puede conocer en profundidad el impacto ambiental durante las fases del ciclo de vida de los activos.

Existe una norma internacional, UNE-EN-60300-3-3, que establece los objetivos de aplicar este método ^[78]:

- Se consiguen productos más fiables, lo que provoca una disminución en su impacto ambiental.
- Estos activos desempeñan sus funciones de forma más segura, sin excesivo impacto en el medioambiente.
- Son fáciles de mantener durante su vida útil, disminuyendo emisiones de carbono referentes a las etapas de adquisición y disposición.

❖ LCC (Life Cycle Cost)

El coste del ciclo de vida se puede calcular como el coste de adquisición más el coste de propiedad, que incluye el coste de operación y mantenimiento, más el coste de eliminación del activo ^[78].

Este procedimiento sirve para optimizar el enfoque básico del diseño del activo, si se realiza en la fase inicial del diseño; y para identificar áreas de riesgo e incertidumbres, si se realiza en etapas posteriores ^[78].

Los beneficios de aplicar un cálculo del coste del ciclo de vida son los siguientes ^[78]:

- Se obtiene viabilidad económica, al aumentar la disponibilidad de los activos.
- Se identifican los elementos contribuyentes al coste, esto hace posible el desarrollo de estrategias para disminuirlos.
- Con la evaluación del coste, se permite realizar una comparación entre diferentes activos y llevar a cabo estrategias alternativas.
- Es más fácil asignar recursos disponibles ya que se tiene un mayor control sobre ellos.
- Facilita la planificación de los activos, ya que compensa la financiación a largo plazo.

❖ Relación entre la fiabilidad y LCC (Life Cycle Cost)

La fiabilidad se calcula como la disponibilidad del activo más sus factores de influencia, estos son: fiabilidad, mantenimiento y la logística de mantenimiento ^[78].

Si se realiza un coste inicial adecuado en la adquisición de los activos esto provocará que la fiabilidad y la disponibilidad aumenten, bajando los costes de operación y mantenimiento durante su ciclo de vida reduciendo su impacto ambiental ^[78].

5.4 Cuarta etapa: Evaluación Económica y Financiera

Una vez desarrollado el plan y las acciones concretas para alcanzar los objetivos deseados, es necesario estudiar su viabilidad económica y financiera.

- ❖ Coste del Ciclo de Vida (LCC): Para evaluar si las medidas específicas para reducir la huella de carbono durante las fases del ciclo de vida del activo van a reducir el coste de este; se incorporan los costes de la huella de carbono en el análisis del ciclo de vida. Como ya ha sido explicado en el capítulo de cuantificación de la huella de carbono, el coste debido a la huella de carbono se puede calcular de la siguiente forma:

$$\text{Coste de la Huella de Carbono} = \int_0^T E(t) \cdot P(t) \cdot dt$$

T: Fin de la vida útil del activo

E(t): Emisiones producidas durante la vida útil T del activo. Para identificarlas se realiza un inventario de todas las emisiones de efecto invernadero producidas durante el ciclo de vida del activo, se pueden cuantificar correctamente con las metodologías anteriormente propuestas medidas en tCO₂ eq.

P(t): Precio variable de las emisiones durante la vida útil T del activo, este precio puede depender del mercado, las regulaciones o la política interna de la empresa. Se pueden obtener de las siguientes fuentes:

- Mercados de carbono
- Agencias Gubernamentales
- Instituciones Financieras
- Organizaciones Internacionales
- Bases de Datos de Organizaciones No Gubernamentales
- Publicaciones Académicas

Las emisiones durante la vida útil del activo se pueden calcular de la siguiente forma:

$$E(t) = EC(t) \cdot \text{Factor Emisión}$$

$$\text{Coste de la Huella de Carbono} = \int_0^T EC(t) \cdot \text{Factor Emisión} \cdot P(t) \cdot dt$$

EC (t): Consumición de energía del activo durante su ciclo de vida. Se mide en unidades de energía como kWh.

Factor de emisión: Cantidad de CO₂ equivalente emitido por unidad de energía consumida, este valor depende de la fuente de energía de donde procedan las emisiones y se puede obtener de bases de datos o inventarios nacionales. Su unidad es CO₂ eq/ u.d (kWh).

Los valores del coste de la huella de carbono son valores anualizados, siendo su medida €/u.t, normalmente año, debido a que E(t) se mide en [CO₂eq/u.t] y el precio P(t) en [€/CO₂eq]

La incorporación del coste de la huella de carbono al coste del ciclo de vida queda de la siguiente forma:

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + TCPf + CMM - VR + \int_0^T E(t) \cdot P(t) \cdot dt$$

$$CTCV = \sum_{T=1}^T CI + CO + CMP + TCPf + CMM - VR + \int_0^T EC(t) \cdot \text{Factor Emisión} \cdot P(t) \cdot dt$$

❖ Análisis de Retorno de Inversión (ROI): Una vez conocido el coste del ciclo de vida incluyendo las emisiones de carbono de los activos, se tiene un conocimiento más concreto sobre la situación económica y se pueden tomar decisiones más fundamentadas sobre inversiones en materia de sostenibilidad.

El Retorno de la Inversión de los activos se calcula con esta fórmula ^[79]:

$$\% ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100$$

Si el valor del ROI>0 indica que la inversión ha generado una ganancia, si es del 0% significa que no ha generado ni pérdidas ni ganancias y si es ROI<0 significa que la inversión ha generado pérdidas.

5.5 Quinta etapa: Implementación de un plan de mejora

Para implementar el plan de acción anteriormente desarrollado, en primer lugar, es necesario la aprobación por parte de la dirección y el conocimiento de este por las partes interesadas.

La comunicación interna y la capacitación es muy importante para involucrar a los empleados y formarlos en materia de sostenibilidad. También es fundamental que los clientes y otros grupos de interés conozcan estas acciones ya que las valorarán positivamente.

Una vez aprobado el plan, se deben llevar a cabo las acciones y medidas propuestas dentro del plazo, con los recursos y responsables ya definidos.

Se deben llevar a cabo estrategias específicas para reducir las emisiones durante las etapas del ciclo de vida de los activos:

- Etapa de adquisición: Adoptar una adquisición sostenible; una compañía debería de tener en cuenta varios aspectos en relación a las materias primas que está comprando, como su desempeño ambiental, su posible impacto ambiental, su eficiencia energética, apostar por materiales sostenibles, su proximidad, etc^[6].
- Etapa de operación y mantenimiento: Llevar a cabo una producción más limpia y eficiente con estrategias para satisfacer las necesidades de la sociedad a la vez que se usen los recursos de forma más óptima. Dentro de estas prácticas se pueden incluir: mejorar las acciones de mantenimiento preventivo, optimizar los procesos de reparación, reducir el uso de materiales y energía, usar energías renovables, racionalizar el consumo de agua, etc^[6].
- Etapa de disposición: Gestionar de forma adecuada los residuos, fomentar el reciclaje de los materiales, tener un enfoque de economía circular, etc.

❖ Otras medidas para reducir las emisiones:

Algunas medidas que se pueden llevar a cabo aparecen en las Guías Técnicas de Eficiencia Energética del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). Estas medidas, a parte de reducir las emisiones también conseguirán reducir los costes asociados al consumo energético.

Algunas de estas medidas son las siguientes ^[26]:

Medidas genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento adecuado de las instalaciones • Incorporación de buenas prácticas entre los empleados
Mejora de la envolvente	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de cortinas de aires en puertas exteriores • Reducción de infiltraciones a través de puertas y ventanas • Sustitución de marcos y cristales
Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de la luz natural • Uso de fluorescentes de bajo consumo • Zonificación de la iluminación
Climatización	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de paneles solares térmicos • Regulación de la temperatura de climatización • Optimización del rendimiento de las calderas y asegurar su correcto funcionamiento • Regulación del aire acondicionado a 26°C en invierno y 21°C en verano
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Apagado de los aparatos eléctricos cuando no se usan • Uso de motores alta eficiencia • Instalación de paneles solares térmicos • Programación de revisiones periódicas de los equipos
Generación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de sistemas de cogeneración • Instalación de paneles solares fotovoltaicos
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Compra de equipos eficientes energéticamente • Control de las pérdidas de refrigerante • Evitar la proximidad a fuentes de calor a los equipos de refrigeración
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de rutas • Fomentos de modos de transporte más respetuosos

❖ Importancia del enfoque de la economía circular

La economía circular es un concepto que se relaciona estrechamente con la sostenibilidad y con el mantenimiento de activos físicos. Se busca minimizar el desperdicio y maximizar la eficiencia en el uso de recursos.

Es un enfoque que se fundamenta en los ciclos de la naturaleza. Implica la gestión sostenible de los recursos, considerando que son limitados ^[80].

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, la economía circular tiene como objetivo disminuir la contaminación ambiental y minimizar el uso de recursos naturales, entre otros. En relación con el mantenimiento de activos físicos, la economía circular promueve procesos que aumentan la vida útil de los activos, aumentando su disponibilidad y retrasando su reemplazo.

Por tanto, para lograr una economía circular, es necesario, entre otras acciones, aumentar la vida útil de los activos. Este aumento no puede depender únicamente de factores económicos, sino que debe tener en cuenta conceptos como la sostenibilidad y la tecnología ^[7].

Bildge presenta una metodología conocida como 6Rs que son: Reducir, reutilizar, reciclar, recuperar, rediseñar y remanufacturar ^[7]. Esta metodología promueve los ciclos cerrados en los ciclos de vida, en los que el objetivo a largo plazo es conservar el medio ambiente protegiendo los recursos y garantizando la prosperidad económica, a la vez que se tienen en cuenta problemas sociales.

Los seis principios explicados brevemente son ^[80]:

- Reducir: Se basa en utilizar de forma consciente los recursos que disponemos, apostando por aumentar su vida útil, esto implica adquirir y reducir menos.
- Reusar: Implica volver a usar el producto una vez finalizado su primer ciclo de vida.
- Reciclar: Consiste en transformar productos ya utilizados para convertirlos en otros nuevos.
- Recuperar: Se basa en utilizar productos que se encuentran al final de su vida útil y darle un nuevo uso.
- Rediseñar: Para alcanzar una economía circular, se debe optar por un diseño sostenible, esto implica, utilizar materiales más respetuosos con el medio ambiente, y que sean más fáciles de reciclar.
- Remanufacturar: Se trata de un proceso industrial por el cual se permite reprocesar un producto nuevo a partir de otros ya utilizados sin perder su funcionalidad.

5.6 Sexta etapa: Revisión periódica y mejora continua

Se deben de revisar periódicamente las acciones llevadas a cabo para reducir las emisiones de carbono con el fin de corregir posibles desviaciones, la mejora continua es la mejor opción para conseguir una reducción de emisiones de GEI y garantizar el mínimo consumo energético.

La organización debe realizar un seguimiento continuo, medir, analizar y evaluar su desempeño ambiental para garantizar la mejora continua. Esto implica determinar qué aspectos necesitan tener un seguimiento, los métodos a utilizar para asegurar resultados válidos, los criterios de evaluación, y los momentos para llevar a cabo estos procesos ^[9].

La organización también debe evaluar su cumplimiento con los requisitos legales, además debe realizar auditorías internas periódicas para evaluar la conformidad y eficacia de su sistema de gestión ambiental, según los criterios establecidos y documentar los resultados obtenidos.

La alta dirección debe revisar el sistema de gestión ambiental de manera periódica, considerando diferentes aspectos como cambios internos y externos, desempeño ambiental, oportunidades de mejora, entre otros ^[9].

5.6.1 Propuesta de una metodología para el cálculo de las desviaciones de la huella de carbono

Para llegar al objetivo ambiental la cuantificación de la huella de carbono no es suficiente. Una vez que se han implementado medidas correctivas es fundamental realizar un seguimiento y análisis de los resultados obtenidos. Una parte fundamental de este proceso es el análisis de las desviaciones entre el resultado real y lo planificado, esto proporciona información sobre la efectividad de las acciones que se han llevado a cabo y muestra las áreas de mejora y posibles desafíos impulsando la innovación y la mejora continua hacia prácticas más sostenibles.

La formulación propuesta se basa en las fórmulas típicas de estadística de la desviación estándar y el coeficiente

de variación modificando las variables en el contexto de la cuantificación de la huella de carbono.

El concepto de la desviación estándar representa la variación de los datos individuales con respecto a la media de un conjunto de datos; es decir, representa la variabilidad de los datos con respecto a la media ^[81].

La formulación es la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Siendo:

X_i : Variable

\bar{X} : Media de la variable

N: Número de observaciones

Para el caso de la cuantificación de la huella de carbono las variables serían las siguientes, calculando la desviación con respecto a lo planificado :

E_i : Emisiones de carbono reales en el período i .

P_i : Emisiones de carbono planificadas en el período i .

N: Número de períodos donde se estudia la desviación, en este caso puede ser cada mes, por tanto, $N=12$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (E_i - P_i)^2}{N}}$$

El resultado de la siguiente formulación indicará cuánto se desvían las emisiones de carbono reales cada mes de lo planificado por la empresa; si el resultado es un valor alto significa que hay una gran variabilidad entre lo planificado y lo real, por el contrario, si es un valor bajo cercano a cero, las previsiones en relación a las emisiones de carbono se han cumplido y por ello, los objetivos ambientales.

Otra forma de medir la variabilidad de los datos es con el coeficiente de variación, que estudia la dispersión relativa de un conjunto de datos expresada con un porcentaje. La fórmula típica es la siguiente ^[82]:

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}}\right) \times 100\%$$

σ : Desviación estándar

\bar{X} : Media de la variable real

En el contexto de la medición de la desviación de la huella de carbono las variables pueden ser las siguientes:

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{E}_t}\right) \times 100\%$$

Siendo:

σ : Desviación estándar del resultado real de la huella de carbono con respecto a lo planificado en el período de tiempo N.

\bar{E}_t : Media de las emisiones de carbono reales que se han producido en el período de tiempo N.

Esta formulación permite conocer en términos de porcentaje la dispersión de los datos de emisiones reales obtenidos con respecto a la media de los planificados; si el porcentaje es alto, significa que las emisiones reales se diferencian mucho con la media, por tanto, la compañía no ha cumplido sus objetivos; por otro lado, si el porcentaje es bajo, las emisiones están alineadas con la media planificada y por tanto, más cerca de los objetivos planificados.

Esta formulación puede ser utilizada por las compañías para concluir su sistema de gestión ambiental una vez

obtengan datos cuantificables de su huella de carbono y lleven a cabo medidas para reducirlas. Con el cálculo de las desviaciones con respecto a lo planificado podrán percibir la efectividad de las acciones correctivas propuestas y sentar las bases para su próxima estrategia ambiental basada en la mejora continua.

5.6.2 Revisión y ajuste del Plan

Es necesario realizar una revisión periódica del plan para asegurar que sigue estando alineado con los objetivos ambientales de la organización. Esta revisión permite detectar y corregir desviaciones y asegurar si se están cumpliendo los objetivos planificados.

Para ello, es necesario el monitoreo regular comparando los objetivos con los resultados. Es necesario tener en cuenta que pueden aparecer cambios en los objetivos, debido a una nueva estrategia corporativa o a nuevas regulaciones. Revisar el plan asegura que se ajuste a estas nuevas realidades.

La revisión permite identificar nuevas oportunidades para mejorar el desempeño ambiental.

Hay que determinar la frecuencia de las revisiones, que puede ser trimestral, semestral o anual, dependiendo de la naturaleza de las actividades y los objetivos de la organización.

Métodos de Revisión:

- **Indicadores de Desempeño:** para medir el progreso hacia los objetivos ambientales comparándolos con los objetivos que se habían planificado. Estos pueden ser:
 - Consumo de materias primas utilizadas
 - Consumo de energía
 - Consumo de agua
 - % Uso de energía renovable
 - Generación de residuos
 - Implantación de normas ISO referentes al medio ambiente como la ISO 14001
- **Auditorías Internas:** Realizar auditorías internas para evaluar la implementación del plan y su efectividad.
- **Revisión por la Dirección:** La alta dirección debe revisar y aprobar los informes de progreso, asegurando la alineación estratégica.

Si las acciones de mejora no están llevando a los resultados deseados, se deben identificar las causas y modificar las estrategias e para implementar otras que sean más efectivas para alcanzar los objetivos.

Asegurar que el personal esté informado y capacitado sobre cualquier cambio en el plan de mejora manteniendo una comunicación clara y continua sobre las modificaciones y los motivos detrás de ellas para asegurar el compromiso de todos los involucrados.

Beneficios de la Revisión y Adaptación

- **Optimización de Recursos:** Asegurar que los recursos se utilicen de manera óptima para alcanzar los objetivos ambientales.
- **Cumplimiento Normativo:** Mantenerse al día con las regulaciones ambientales, evitando sanciones y mejorando la reputación de la organización.

6.CONCLUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo consiste en la elaboración de un plan de mejora que ayude a las organizaciones a ser conscientes de su impacto ambiental debido a los gases de efecto invernadero de los cuales son responsables durante la gestión de sus activos y llevar a cabo medidas y acciones para reducirlo.

Para llegar a este objetivo, durante los primeros capítulos, se ha estudiado la importancia que tiene la gestión de activos en el ámbito operacional relacionando los conceptos de eficiencia, sostenibilidad y responsabilidad social corporativa. El estudio de las diferentes normas ISO referentes a la gestión de activos como la ISO 55002-2018 y la ISO 55001-2014 y la Guía de Responsabilidad Social 26000-2020 han establecido las bases de este estudio quedando reflejados los principios y beneficios de implantar un sistema de gestión de activos y la importancia de la responsabilidad social en las organizaciones.

Otro punto imprescindible para desarrollar este plan de mejora, es evaluar de forma precisa y cuantitativa el impacto ambiental que tienen las organizaciones. Esto se ha realizando mediante la medición de la Huella de Carbono siguiendo diferentes metodologías conocidas de cuatificación como la ISO 14064, GHG Protocol, PAS 2050, etc.

Para evaluar de forma completa el coste que tiene un activo durante toda su vida útil y así hacer la toma de decisiones sobre inversiones más objetiva, se ha introducido una propuesta para el cálculo de la huella de carbono en términos de coste durante el ciclo de vida del activo.

Por último, y como última parte antes del plan de mejora propiamente dicho, se han presentado una serie de buenas prácticas en relación a la sostenibilidad de empresas líderes de diversos sectores donde se han explicado sus últimos logros en materia de sostenibilidad y reducción de la huella de carbono, cómo han establecido objetivos ambientales integrados con los objetivos operacionales y se han ilustrado una serie de ejemplos de proyectos sostenibles en los que se encuentran trabajando actualmente. Esto puede servir como referencia para las empresas que quieran adoptar este cambio.

En el plan de mejora se han establecido las etapas necesarias, siendo la primera el estudio de la situación inicial de la empresa con cuestiones sobre cantidad de GEI de la que es responsable y que objetivos y acciones están dentro de los límites posibles; el siguiente paso es tener en cuenta las oportunidades de mejora y las necesidades de la organización; en tercer paso el desarrollo del plan estableciendo los objetivos y las acciones que se van a llevar a cabo. Como cuarto paso, se ha propuesto el estudio de la viabilidad económica y financiera de estas acciones; una vez aprobado por la dirección, el quinto paso sería la implantación del plan, poniendo el foco en soluciones para reducir las emisiones durante las fases del ciclo de vida del activo; como último paso y más importante se ha propuesto una metodología de revisión del plan, con unos indicadores que miden la desviación con respecto a lo planificado. Es un paso fundamental ya que el plan de mejora está sujeto a diversos cambios y las acciones llevadas a cabo pueden dejar de ser efectivas.

Aunque en la actualidad es evidente que el desarrollo sostenible y la responsabilidad social son imprescindibles para el éxito de una organización, estas se enfrentan a un contexto lleno de desafíos e incertidumbre.

Algunos de los retos en materia de sostenibilidad son ^[83]:

- Falta de conciencia y comprensión de la sostenibilidad: Muchas empresas carecen del conocimiento interno necesario sobre prácticas sostenibles y cómo implementarlas. La capacitación de las partes interesadas de la empresa puede ser costosa y prolongarse en el tiempo. Es imprescindible que las organizaciones inviertan en formación en materia de sostenibilidad para todos sus empleados. De esta forma, podrán desarrollar una mejor comprensión de las ventajas y los pasos necesarios para incorporar prácticas sostenibles en sus actividades ^[83].
- Resistencia al cambio: Muchas veces las personas se encuentran cómodas con los métodos y prácticas actuales y muestran cierta resistencia a modificar sus hábitos o formas de trabajar, también se puede dar este hecho por que tengan la percepción de que el cambio puede afectar negativamente a la productividad de la compañía ^[83].
- Falta de compromiso de la alta dirección: Esta falta de compromiso puede deberse por las dos causas anteriores (falta de capacitación y/o resistencia al cambio), pero también puede darse por razones de

competitividad al encontrarse en el mercado con empresas que no adoptan prácticas sostenibles, esto puede hacerles parecer que invertir en sostenibilidad no es atractivo ya que puede influir negativamente en la presencia en el mercado. Es esencial que la alta dirección se comprometa y de ejemplo en la implementación de prácticas sostenibles, esto promoverá la implicación de todos los empleados y se facilitará el proceso de transformación ^[83].

- Costes iniciales elevados: Para llevar a cabo la implementación de prácticas sostenibles, a menudo, es necesario invertir de forma significativa en tecnología, equipos y formación del personal, lo que puede ser un obstáculo para algunas organizaciones, principalmente para las que tienen recursos financieros limitados ^[83].
- Barreras financieras y económicas: Puede darse el caso, de que las empresas perciban que no hay suficientes incentivos financieros, pero hay que tener en cuenta que, a largo plazo, las prácticas sostenibles pueden producir ahorros y mejoras en la eficiencia que equilibren la inversión inicial. Además, hay programas de apoyo financiero que pueden ayudar a las empresas en la financiación del cambio hacia la sostenibilidad ^[83].
- Complejidad en la cadena de suministro: La sostenibilidad no solo abarca las actividades internas de una empresa, sino que también incluye toda su red de proveedores. Implementar prácticas sostenibles en toda la cadena de suministro puede resultar desafiante debido a la complejidad y diversidad de proveedores implicados. Es fundamental establecer estándares de sostenibilidad también para los proveedores y colaborar con ellos para asegurar el cumplimiento de estos criterios, esto puede traducirse como auditorías internas y la capacitación de los proveedores en prácticas sostenibles ^[83].

La concienciación y la formación en materia de sostenibilidad es el eje principal de la solución a estos desafíos. Las empresas pueden llevar a cabo estrategias para incrementar la implantación de prácticas sostenibles como por ejemplo:

- Tener una comunicación clara y transparente con todas las partes interesadas de la empresa y hacer a los empleados partícipes de la política ambiental llevada a cabo, presentando objetivos y logros.
- Implantar programas de capacitación para que todos los empleados de la empresa conozcan los beneficios de implantar soluciones respetuosas con el medio ambiente y sean menos resistentes al cambio.

Para los desafíos económicos, la planificación correcta y el estudio de la viabilidad económica usando el cálculo del ROI y del costes de vida de las inversiones es fundamental. Es importante estar atento a las posibles subvenciones y oportunidades de financiación referentes a la sostenibilidad y sería interesante crear un fondo para llevar a cabo prácticas sostenibles.

Este trabajo está sujeto a mejoras y ampliaciones; la hoja de ruta para la ampliación de esta investigación podría basarse en:

- La profundización de los casos de estudio añadiendo la evaluación del impacto económico y ambiental que las prácticas sostenibles tienen a corto y largo plazo. Para ello, habría que incorporar hipótesis y escenarios de estudio.
- Revisar la literatura de forma periódica con los últimos estudios recientes y relevantes sobre la sostenibilidad y gestión de activos físicos; para que así siempre se parta de un contexto actualizado.
- Incluir feedback de expertos mediante la elaboración de entrevistas y encuestas para obtener perspectivas y validar la aceptación del plan de mejora propuesto.

En conclusión, aunque las empresas se enfrentan a desafíos importantes en su camino hacia el desarrollo sostenible, cada vez es más evidente que adoptar prácticas empresariales sostenibles no solo es una opción moral, sino también una estrategia inteligente a largo plazo. Las empresas no solo pueden abordar los problemas ambientales y sociales al comprometerse con la sostenibilidad, sino que también pueden mejorar su situación, reduciendo riesgos y generando valor a largo plazo para todas las partes interesadas. La sostenibilidad no solo es una solución a los problemas actuales, sino que también es fundamental para crear un futuro más sostenible y equitativo para las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono.
- [2] Tammy Whitehouse. (2024). Deloitte. Making the Business Case for Sustainability: A closer alliance between sustainability and finance leaders can help organizations identify and realize returns on investments. <https://deloitte.wsj.com/sustainable-business/making-the-business-case-for-sustainability-996c8c19>
- [3] KPMG. (2021). Climate change and corporate value. What companies really think. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/03/climate-change-and-corporate-value.pdf>
- [4] Organización Internacional de Normalización. (2014). ISO 55000:2014 Asset management - Overview, principles and terminology (No. ISO 5500:2014). ISO.
- [5] Parra C. & Crespo A. (2015). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Desarrollo y Aplicación de un Modelo de Gestión del Mantenimiento. Edición: 2. ISBN: 978-84-95499-67-7
- [6] Organización Internacional de Normalización. (2010). ISO 26000:2010. Guidance on social responsibility.
- [7] De Almeida Pais, J.E., Raposo, H.D.N., Farinha, J.T., Cardosos, A.J. & Marques, P.A. (2021). Optimizing the Life Cycle of Physical Assets through an Integrated Life Cycle Assessment Method, 14, 6128.
- [8] Mageed Ghaled, Sharareh Taghipour. (2022). Reliability Engineering and System Safety Assessing the impact of maintenance practices on asset's sustainability, 1-2.
- [9] Organización Internacional de Normalización. (2015). ISO 14001-2015. Sistemas de gestión ambiental.
- [10] Piya Ghosh, Ajay Jha & RRK Sharma. (2020), Managing carbon footprint for a sustainable supply chain: a systematic literature review, 123.
- [11] KPMG. (2021). El futuro verde de la gestión de activos: hacia una reconfiguración de la inversión disponibles. <https://www.tendencias.kpmg.es/2021/10/futuro-verde-gestion-activos-reconfiguracion-inversion-sostenible/>
- [12] Damjan Maletic, Matjaz Maletic, Basim Al-Najjar & Bostjan Gomiscek. (2020). An analysis of Physical Asset Management Core Practices and Their Influence on Operational Performance.
- [13] Interempresas. (2024). El mantenimiento industria, clave a la hora de mejorar la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad empresarial. <https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/538237-mantenimiento-industrial-clave->

[hora-mejorar-competitividad-eficiencia-sostenibilidad.html](#)

- [14] Ministerio para la transformación ecológica y el reto demográfico. (2024). Cambio climático. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico.html>
- [15] Christina Nunez.(2023).¿Qué son los gases de efecto invernadero y cuáles son sus efectos?. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>
- [16] Victor Steenbergen & Abhishek Saurav. World Bank Group.The Effect Of Multinational Enterprise on Climate Change: Supply Chain Emission, Green Technology Transfers, and Corporate Commitments.
- [17]Rashmeet Kaur, John Patsavellas, Yousef Haddad & Konstantinos Salonitis. (2022). Carbon accounting management in complex manufacturing supply chains: A structured framework approach.
- [18] Ministerio para la transformación ecológica y el reto demográfico. (2024). Impacto en la eutrofización en el uso y la calidad de las aguas.
- [19] Carlas Borrás. Ecología Verde. (2022). Qué es la eutrofización: definición y características. <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-eutrofizacion-definicion-y-caracteristicas-34.html>
- [20]Mediterranean Algae. (2022). Eutrofización ¿por qué se produce la eutrofización y qué soluciones tiene? <https://es.linkedin.com/pulse/eutrofizaci%C3%B3n-por-qu%C3%A9-se-produce-la-y-soluciones-tiene-#:~:text=Posibles%20soluciones%20a%20la%20eutrofizaci%C3%B3n,estas%20medidas%20no%20son%20suficientes>
- [21]Iberdrola. Acidificación de los océanos. La acidificación de los océanos, ¿por qué se produce y cuáles son sus consecuencias?. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/acidificacion-oceanos>
- [22] Climántica.(2024).Smog fotoquímico. <http://unidades.climantica.org/es/unidades/02/consecuencias-dos-combustibles-fosiles/a-choiva-acida-e-o-smog-fotoquimico/2>
- [23]Induanalisis. (2019). Laboratorio ambiental. https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/smog_fotoquimico_40
- [24] GreenTeach.(2024). Plataforma de educación y noticias del medio ambiente. <https://www.greenteach.es/smog-que-es/>
- [25]Alba Santa Sánchez. (2019). Ecología Verde. Destrucción de la capa de ozono: definición, causas y consecuencias. <https://www.ecologiaverde.com/destruccion-de-la-capa-de-ozono-definicion-causas-y-consecuencias-1916.html>
- [26]Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización.
- [27] Organización Internacional de Normalización. (2018) UNE-EN ISO 14064-1 Sistema de Gestión de la Huella de Carbono.
- [28]Organización Internacional de Normalización.(2019). UNE-EN ISO 14064-2. Gases de efecto invernadero. Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero.
- [29]Organización Internacional de Normalización.(2019). UNE-EN ISO 14064-3. Gases de efecto invernadero. Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero.
- [30]Organización Internacional de Normalización.(2019). UNE-EN ISO 14067. Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación.
- [31]Organización Internacional de Normalización. (2006). UNE-EN ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- [32] Organización Internacional de Normalización. (2006). UNE-EN ISO 14044. Gestión ambiental.

- Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- [33] Burear Veritas (2024). GHG Protocol. Medioambiente y sostenibilidad. <https://www.bureauveritas.es/certificacion/medioambiente-y-sostenibilidad/ghg-protocol>
- [34] Asociación Española para la Calidad. Norma PAS 2050. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2050>
- [35] González-Prida, V., Sánchez-Herguedas, A., Mena-Nieto, A. & Parra-Márquez, C. Exploring the Carbon Footprint's Effect on Life Cycle Cost with Digitalization's Support.
- [36] Inés Oria. (2024). El Economista. Energía: Europa controlará por ley la huella ecológica de la Inteligencia Artificial. <https://www.eleconomista.es/energia/noticias/12750189/04/24/europa-controlara-por-ley-la-huella-ecologica-de-la-inteligencia-artificial.html>
- [37] Miguel Merino Roo. (2022). El Economista: ¿Cuál es la huella de carbono de las criptomonedas? <https://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/11785769/05/22/Cual-es-la-huella-de-carbono-de-las-criptomonedas-.html>
- [38] Héctor Rodríguez. (2022). National Geographic. Criptomonedas, la huella de carbono del dinero digital. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/criptomonedas-huella-carbono-dinero-digital_16761
- [39] Neo Consulting-Consultora de Estrategia Digital. (2023). LinkedIn. Blockchain y Criptomonedas: Cómo reducir su impacto ambiental en el uso de nuevas tecnologías. <https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-y-criptomonedas-c%C3%B3mo-reducir-su-impacto-ambiental/>
- [40] Telefónica. (2023). ¿Cómo afecta la tecnología al medioambiente? <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/afecta-tecnologia-medioambiente/>
- [41] BBVA. (2021). Tecnologías digitales, el impacto climático del que casi nadie habla <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/impacto-climatico-tecnologias-digitales/>
- [42] Google. DeepMind <https://deepmind.google/impact/digital-transformation-with-google-cloud/>
- [43] José A. Roca. (2019). El periódico de la energía. Google usa inteligencia artificial para aumentar la eficiencia de la energía eólica <https://elperiodicodelaenergia.com/google-usa-inteligencia-artificial-para-aumentar-la-eficiencia-de-la-energia-eolica/>
- [44] AgriBusinessGlobal. Bayer(2021). La plataforma de agricultura digital Climate FieldView se lanza en Sudáfrica <https://www.agribusinessglobal.com/es/agtech/lanzamiento-de-la-plataforma-de-agricultura-digital-clima-fieldview-en-sudafrica/>
- [45] JMP. (2024). STATISTICAL DISCOVERY. Portal de Formación Estadística. Coeficiente de Correlación. https://www.jmp.com/es_es/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient.html
- [46] Conexionismo.(2012).Prueba de t Student https://www.conexionismo.com/leer_articulo.php?ref=prueba_t_de_student_para_dos_muestras_relacionadas-902ybsd7
- [47] Tess Riley. The Guardian (2017).Guardian sustainable business. Just 100 companies responsible for 71% of global emissions. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/jul/10/100-fossil-fuel-companies-investors-responsible-71-global-emissions-cdp-study-climate-change>
- [48] World Economic Forum & Boston Consulting Group (BCG). (2021). Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Challenge_The_Supply_Chain_Opportunity_2021.pdf
- [49] UPS. <https://investors.ups.com/>
- [50] UPS. (2019) Accelerating Sustainable Solutions: UPS 2019 Sustainability Progress Report <https://about.ups.com/content/dam/upsstories/assets/reporting/2019-UPS-Corporate-Sustainability->

[Progress-Report.pdf](#)

- [51]UPS.(2023)2023 Sustainability Social Impact Highlights Brochure.
<https://about.ups.com/content/dam/upsstories/images/our-impact/ups-sustainability-and-social-impact-report/2023-Sustainability-Report-03-20-2024.1.pdf>
- [52]GOOGLE. <https://about.google/>
- [53]GOOGLE (2023). Environmental Report 2023
<https://kstatic.googleusercontent.com/files/2e64bb921e7a99bd13ca30d2a8529d9c6a702d31de7906d8db489c691c49f789a3569e3f0e09edaca73b85024cfb670f20ed0276ebd38fea80e17dbc11ee121f>
- [54]AIRBUS. What we do. <https://www.airbus.com/en/what-we-do>
- [55]AIRBUS (2023). Airbus Annual Report 2023.
<https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2024-03/Airbus-Annual-Report-2023.pdf>
- [56]AIRBUS. Sustainability : Respecting the planet, valuing people, and enabling prosperity.
<https://sustainability-approach.airbus.com/>
- [57]AIRBUS. Airbus Defence and Space Ltd: 2022 Carbon Reduction Plan.
<https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2023-07/Airbus%20Defence%20and%20Space%20Ltd%202022%20-%20Carbon%20Reduction%20Plan.pdf.pdf>
- [58]AIRBUS. ZEROe: Towards the world's first hydrogen-powered commercial aircraft.
<https://www.airbus.com/en/innovation/low-carbon-aviation/hydrogen/zeroe>
- [59]CLEAN AVIATION. Clean Sky 2. <https://www.clean-aviation.eu/clean-sky-2>
- [60]AIRBUS. (2023). Sustainability : HERON project to increase fuel efficiency in aviation takes flight
https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2023-03-heron-project-to-increase-fuel-efficiency-in-aviation-takes-flight?cid=affil_company_eu-en_co_flipbook_sustainabilitybrochuredigital_TF_-&utm_source=flipbook&utm_medium=affil&utm_campaign=company_eu-en_co_sustainabilitybrochuredigital_TF&utm_content=
- [61]SAP. Información de la empresa. <https://www.sap.com/spain/about/company.html>
- [62]SAP. (2023). SAP Integrated Report 2023. <https://www.sap.com/integrated-reports/2023/en/environmental-performance.html?pdf>
- [63]SAP. Henkel: Engaging in Responsible Design and Production to Ease Tax Compliance and Green Impact <https://www.sap.com/spain/documents/2023/03/6e06c630-667e-0010-bca6-c68f7e60039b.html>
- [64]SAP. COLDPLAY. El camino de Coldplay hacia la sostenibilidad con SAP
<https://www.sap.com/spain/about/customer-stories/coldplay.html>
- [65]SAP. Zamora Company: Building a conscious company and reducing plastic use with centralized sustainability data. <https://www.sap.com/spain/asset/dynamic/2024/02/64f938cb-ab7e-0010-bca6-c68f7e60039b.html>
- [66]UNILEVER. <https://www.unilever.es/our-company/>
- [67]UNILEVER. Our sustainability goals. <https://www.unilever.com/files/our-sustainability-goals.pdf>
- [68]World Economic Forum. (2022). Climate action: How 4 leading companies are tackling supply chain emissions.<https://www.weforum.org/agenda/2022/11/scope3-supply-chain-emissions-cop27-ikea-philips-zf-unilever/>
- [69]UNILEVER. (2020). Como Google ayudará a poner fin a la deforestación en nuestra cadena de suministro, <https://www.unilever.es/news/2020/como-google-ayudara-a-poner-fin-a-la-deforestacion-en-nuestra-cadena-de-suministro/>
- [70]UNILEVER. (2020). Magnum lanza nuevos envases hechos con plástico reciclado.

- <https://www.unilever.es/news/2020/magnum-launches-new-tubs-made-with-recycled-plastic/>
- [71] UNILEVER. (2023). Cómo ayudamos a cambiar el rumbo de las emisiones del transporte marítimo. <https://www.unilever.es/news/2023/como-ayudamos-a-cambiar-el-rumbo-de-las-emisiones-del-transporte-maritimo/>
- [72] IBERDROLA. Conócenos. <https://www.iberdrola.com/conocenos>
- [73] IBERDROLA. Informe integrado anual e información ESG 2023. <https://www.iberdrola.com/accionistas-inversores/informacion-operativa-financiera/informes-anales/informe-integrado-esg/>
- [74] IBERDROLA. (2024). Iberdrola España suministrará energía verde a 16 teatros principales de la capital española. <https://www.iberdrolaespana.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/240507-iberdrola-espana-suministrara-energia-verde-a-16-teatros-principales-de-la-capital-espanola>
- [75] IBERDROLA. (2024). Firmamos un nuevo acuerdo con Amazon, que adquiere 159 MW de energía renovable de East Anglia Three, el segundo mayor parque eólico del mundo. <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/firmamos-un-nuevo-acuerdo-con-amazon-que-adquiere-159-mw-de-energia-renovable-de-east-anglia-three-el-segundo-mayor-parque-eolico-del-mundo>
- [76] IBERDROLA. (2024). Iberdrola comienza la construcción de la electrolinera más potente de España. <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-comienza-la-construccion-de-la-electrolinera-mas-potente-de-espana>
- [77] Logo ESG Innova Group. (2022). ISO 9001 y el ciclo PHVA. <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2022/07/ciclo-phva-en-iso-9001/>
- [78] Organización Internacional de Normalización. (2009). UNE-EN 60300-3-3. Gestión de la confiabilidad: Cálculo del coste del ciclo vida
- [79] Marta Estaún. IEBS. (2022). Qué es y cómo se calcula el ROI o Retorno de Inversión. <https://www.iebschool.com/blog/que-es-como-calcula-roi-marketing-estrategico/>
- [80] Greentology. The green side of business. (2023). ¿Cuáles son las 6Rs? <https://greentology.life/2023/02/13/cuales-son-las-6rs/>
- [81] José Francisco López. (2024). Economipedia: Desviación estándar o típica: Qué es, usos y ejemplos. <https://economipedia.com/definiciones/desviacion-tipica.html>
- [82] Francisco Javier Marco Sanjuán. (2024). Economipedia: Coeficiente de variación: Qué es, usos y ejemplos. <https://economipedia.com/definiciones/coeficiente-de-variacion.html>
- [83] Actualidad Crowdlending. (2023). Desafíos en la implementación de prácticas sostenibles en las empresas. <https://actualidadcrowdlending.es/desafios-en-la-implementacion-de-practicas-sostenibles-en-empresas/#desafios-comunes-en-la-implementacion-de-practicas-sostenibles>