

**(03-036) - Enabler for Eco-innovation in Industrial SMEs through Fractal Theory:
Application to a Case Study**

Martin-Gomez, Alejandro Manuel ¹; Avila-Gutierrez, Maria Jesus ¹; Melero-Sanchez,
Ana ¹; Lama-Ruiz, Juan Ramon ¹

¹ Universidad de Sevilla

In response to the challenge of climate change, international, national, regional, and local initiatives are being developed and implemented with the goal of limiting concentrations of greenhouse gases in the atmosphere. As part of this effort, companies are required to calculate their carbon footprint and develop a plan to reduce greenhouse gas emissions, which they must subsequently publish. Although numerous resources are currently being developed for environmental sustainability management in businesses, small and medium-sized enterprises encounter numerous barriers to implementation, particularly related to data collection and information search for carbon footprint calculation. In this work, the development of a facilitator for small and medium-sized industrial enterprises is presented, aiming to drive the implementation of eco-innovation and serve as an interface between the company and the national tool used for carbon footprint calculation. The development is based on a fractal organizational model, seeking to transform a complex process into a more systematic, simple, and manageable one for companies and their employees. Finally, this facilitator is applied in a case study conducted in a plastic industry company.

Keywords: Carbon footprint; Organizational enabler; Fractal theory; Plastic industry; Small and medium-sized enterprise

**Facilitador para la Ecoinnovación en PYMES Industriales mediante la Teoría
Fractal: Aplicación a un Caso de Estudio**

En respuesta al reto del cambio climático, se están desarrollando e implantando iniciativas internacionales, nacionales, regionales y locales con el objetivo de limitar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Como parte de este esfuerzo, las empresas deben calcular su huella de carbono y elaborar un plan de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que posteriormente deben publicar. Actualmente, aunque se están desarrollando numerosos recursos para la gestión de la sostenibilidad ambiental en las empresas, las pequeñas y medianas empresas encuentran numerosas barreras para su implementación, especialmente relacionadas con la recopilación de datos y búsqueda de información para el cálculo de la huella de carbono. En este trabajo, se presenta el desarrollo de un facilitador para las pequeñas y medianas empresas industriales, con el propósito de impulsar la implementación de la ecoinnovación y actuar como interfaz entre la empresa y la herramienta nacional empleada para el cálculo de la huella de carbono. El desarrollo se basa modelo organizacional fractal, buscando convertir un proceso complejo en uno más sistemático, sencillo y manejable para las empresas y sus trabajadores. Finalmente, se aplica este facilitador en un caso de estudio realizado en una empresa del sector del plástico.

Palabras clave: Huella de carbono; Facilitador organizacional; Teoría fractal; Industria del plástico; Pequeña y mediana empresa

Correspondencia: Alejandro M. Martín Gómez. ammartin@us.es



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El uso de la Huella de Carbono como indicador ambiental se extiende a pasos agigantados y los recursos para su cálculo están expandiéndose. Sin embargo, a pesar de la utilidad de las calculadoras de Huella de Carbono, la recopilación de datos por parte de las empresas es complicada. La comprensión de la interfaz y los parámetros de estas herramientas se convierte en una barrera para el cálculo preciso de la Huella de Carbono. Además, su uso requiere que el usuario tenga un conocimiento previo del concepto de Huella de Carbono. Esta problemática se acentúa más en el caso de las PYMES, pues existen muchas que aún no ha calculado su Huella de Carbono. A pesar de ello, más de la mitad está familiarizada con herramientas como la Calculadora del Ministerio y la Norma UNE-EN ISO 14064-1. Muchas de estas empresas no utilizan la herramienta del Ministerio y observan dificultades con su interfaz, sin embargo, reconocen la utilidad de una herramienta que facilite el cálculo, la toma de decisiones y la recopilación de información.

Este trabajo estudia y analiza cómo afecta la ecoinnovación a las empresas, en especial a las PYMES, y cómo ha ido evolucionando este concepto a lo largo de los últimos años. Dentro del ámbito de la ecoinnovación. Además, se profundiza en qué facilitadores o herramientas ecoinnovadoras están al alcance de este tipo de empresas y cómo puede convertirse su uso en una fuente de ventaja competitiva. Esto se desarrolla en una primera parte orientada a la ecoinnovación, las herramientas disponibles y el efecto que puede llegar a producir la implementación de la ecoinnovación en las PYMES. En una segunda parte, se desarrolla un facilitador para las PYMES que impulse la implementación de la ecoinnovación en este tipo de empresas, sin que ello les conlleve un gran esfuerzo. Este facilitador se centrará en el cálculo de la Huella de Carbono. Por último, se obtienen una serie de conclusiones que ayudarán a entender cómo la herramienta desarrollada en el trabajo puede contribuir al desarrollo y crecimiento de las PYMES.

2. Análisis previo

2.1 La ecoinnovación en PYMES españolas

La ecoinnovación es un camino evidente hacia la sostenibilidad para las empresas que la implementen; y en los últimos años, la sostenibilidad se está convirtiendo en un elemento fundamental en el ámbito industrial. En España, el tejido productivo está compuesto en un 99,9% por PYMES (Dirección General de la Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, 2021) por lo que, sin duda, son las grandes protagonistas del marco empresarial español. En relación con el valor añadido bruto (VAB), según estimaciones de la Comisión Europea, el porcentaje generado por las PYMES españolas, sería del 56,3%. Además, generan el 65,01% del empleo empresarial total, por lo que se debería tomar en consideración de forma prioritaria a la PYME.

Aun así, existen barreras que limitan el acceso a la ecoinnovación para este tipo de empresas. A continuación, se enumeran los principales motivos por los que las PYMES encuentran dificultades para implementar la ecoinnovación. Se identifican barreras económicas con relación a la dificultad de acceso a financiación y a la cantidad de costes asociados a la innovación (Guijarro et al., 2009). Esta causa también engloba aquellas experiencias negativas que haya podido vivir la empresa en proyectos de innovación y la percepción de los altos costes que puede conllevar (Iglesias Sánchez et al., 2017). Actualmente, se pueden encontrar numerosas convocatorias y programas de ayudas en ecoinnovación a las que no todas las PYMES españolas tienen un fácil acceso. Otros de los factores a considerar están relacionados con la falta de conocimiento y la inexistencia de procedimientos y mecanismos para conocer el entorno y detectar las oportunidades para innovar, y barreras relacionadas

con el personal y la dirección, principalmente ligado a la cualificación en el ámbito de la gestión ambiental (Iglesias Sánchez et al., 2017). Muchas PYMES no tienen la capacidad de adoptar medidas para la sostenibilidad, ni tampoco el conocimiento previo sobre la sostenibilidad o los impactos negativos que pueden generar sus actividades. A pesar de ello, en estos últimos años, este hecho está cambiando de forma radical y cada vez son más las PYMES que se involucran en el estudio de la sostenibilidad de sus productos y procesos. Sin embargo, una barrera que se mantiene en el tiempo es la percepción de la ecoinnovación. Se desconoce que implica el concepto en sí o el sistema de soporte de I+D que le da el apoyo necesario a la empresa. Tampoco se perciben positivamente los costes asociados y la dificultad de control de los procesos de innovación dado que en este tipo de empresa se priorizan sobre todo los resultados a corto plazo (Demirbas et al., 2011). En general, los principales obstáculos para la implementación de la ecoinnovación son los costes asociados, el difícil acceso a la financiación para este tipo de empresas y el riesgo y desconocimiento por parte de la empresa, sus directivos y trabajadores.

En los últimos años, el objetivo del gobierno español está siendo facilitar la transición de las PYMES hacia la economía sostenible, todo ello en el marco de los planes y estrategias de España y de la Unión Europea que se están llevando a cabo, incluyendo las líneas de actuación relacionadas con: impulsar la información, comunicación y divulgación ambiental, avanzar en la simplificación y aplicación de la regulación medioambiental, facilitar la transformación hacia una economía circular, facilitar la transición hacia una economía baja en carbono.

En base a lo anterior, la transformación digital de las empresas junto a financiación y ayudas para innovación al alcance de las PYMES, podrían colaborar de manera significativa a la implementación óptima de la ecoinnovación y la reducción radical de los impactos negativos de sus actividades sobre el medioambiente.

2.2 Huella de Carbono

El cambio climático es ya una realidad y la sociedad es cada vez más consciente de que hay que encontrar la forma de disminuir sus devastadores efectos lo antes posible. El rápido desarrollo a nivel industrial, tecnológico y social que experimenta la humanidad está teniendo graves consecuencias para el medio ambiente.

A pesar del esfuerzo de la sociedad y el creciente nivel de ecoinnovación, la situación medioambiental no es muy positiva. En 2017, más de 15.000 científicos de 184 países volvieron a publicar una advertencia, afirmando que las actividades humanas siguen provocando graves daños irreversibles para nuestro planeta (Wang et al., 2020). Como consecuencia, en los últimos años se han desarrollado numerosos indicadores que ayudan a entender los impactos negativos de nuestras actividades y buscan diferentes soluciones para reducirlos. La Huella de Carbono es una de las principales herramientas en el cálculo y reducción del impacto ambiental (Núñez et al., 2012).

La Huella de Carbono se puede definir como una metodología para estimar la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI) en masa de CO₂ equivalente de un producto a lo largo de su ciclo de vida, desde la producción de la materia prima utilizada en su fabricación, hasta la eliminación del producto terminado (Wiedmann y Minx, 2008). Este indicador se puede entender como un ACV simplificado, considerando únicamente la categoría de impacto de Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potencial, GWP). Los gases de efecto invernadero (GEI) que se tienen en cuenta para su cálculo son aquellos incluidos en el Protocolo de Kioto: CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HCFs y PFCs (Ceca et al., 2011).

Para facilitar la detección de estas emisiones, se han definido 3 alcances (Marcos Naveira y Hoyuelos, 2020):

- Alcance 1: emisiones directas de GEI (Gases de Efecto Invernadero) de fuentes que son propiedad o están controladas por la organización. De manera simplificada se pueden entender como aquellas emisiones liberadas in situ en el lugar donde se produce la actividad.
- Alcance 2: emisiones indirectas de GEI (asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización).
- Alcance 3: otras emisiones indirectas como la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo a través de medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

La Huella de Carbono y el cálculo de esta se engloban dentro de la ecoinnovación de procesos. Conforme a lo anteriormente descrito, la ecoinnovación de procesos es aquella que incluye mejoras en el proceso de producción y en la cadena de suministro (cambios de equipamiento y de software) y la que conlleva un menor riesgo y un mayor ahorro de costes. Así, el cálculo de la Huella de Carbono y el uso de esta como indicador de sostenibilidad, buscan la optimización del proceso de producción y la reducción de los impactos negativos derivados de las actividades de la organización (en este caso, las emisiones de CO₂ o GEI) (Aldasoro et al., 2014).

2.3 Metodologías existentes y herramientas disponibles

Las calculadoras de carbono son una herramienta que se está extendiendo a gran velocidad, sobre todo a nivel particular, ya que proporcionan de forma rápida y sencilla una idea de la contribución de cada individuo, durante un periodo de tiempo determinado, a las emisiones totales de CO₂. Así, diversas instituciones y empresas han desarrollado su propia calculadora de carbono, que incorporan en sus páginas web, de forma que cualquier particular la pueda emplear (Ceca et al., 2011).

Actualmente, se pueden encontrar al alcance de cualquier individuo numerosas herramientas online con las que se puede calcular la Huella de Carbono del hogar, del consumo propio de electricidad o de los viajes particulares realizados. Estas herramientas son totalmente gratuitas pero su cálculo está restringido a este reducido ámbito. En relación con el ámbito empresarial, existen empresas o gestorías que la calculan y son muy pocas las plataformas completamente gratuitas en las que las empresas puedan realizar este cálculo.

Cada vez es más habitual encontrar organizaciones e instituciones que están desarrollando herramientas de cálculo de emisiones para facilitar el mismo a su usuario. Un ejemplo de ello sería la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía, que proporciona datos sobre la Huella de Carbono de los municipios andaluces (Aplicación: Huella de Carbono de los municipios andaluces - Cambio Climático). También se puede encontrar una calculadora de consumo y emisiones de acceso a asociados de la FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias).

Cuando se habla del cálculo de la Huella de Carbono enfocado al ámbito empresarial, por el contrario, este tipo de herramienta no está tan expandida en plataformas en línea ni se pueden encontrar tantas aplicaciones totalmente gratuitas; casi todos los softwares o herramientas que se encuentran en línea pertenecen a empresas privadas que ofrecen un servicio de asesoramiento especializado además del uso de esta. A pesar de ello, se pueden encontrar ciertos recursos de fácil acceso con los que cualquier empresa u organización podría calcular su Huella de Carbono. A continuación, se describen dos de los más relevantes actualmente.

A nivel nacional, existe una herramienta para el cálculo de la Huella de Carbono desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Esta herramienta es una iniciativa puesta en marcha en 2014, que proporciona una calculadora para fomentar la lucha contra el cambio climático y la reducción de la huella de las actividades

de las organizaciones españolas, siendo indicada para PYMES. La calculadora consiste en una hoja de cálculo de Excel en la que se introducen los datos y genera un resultado a partir del cual se realizará un plan de reducción de emisiones. La hoja de cálculo está dividida en 9 pestañas distintas (Marcos Naveira y Hoyuelos, 2020). Por otro lado, Ihobe (Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco) ha desarrollado su propia calculadora de huella de carbono que permite la contabilización de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de las organizaciones en línea con la norma UNE-EN ISO 14064:2012.

3. Facilitador para la ecoinnovación en PYMES industriales

Como ya se ha explicado en apartados anteriores, la ecoinnovación organizativa es la introducción de métodos organizativos y sistemas de gestión que abordan las cuestiones medioambientales en la producción y en los productos (Aldasoro et al., 2014). La herramienta de este trabajo como tal, estaría incluida dentro de la ecoinnovación de procesos ya que implica un cambio en el software de la empresa. Para definir el modelo organizacional que dé soporte al correcto uso de la herramienta, se empleará la Teoría de los Fractales. El origen de la Teoría de los Fractales se remonta al siglo XIX, con las ideas de Henri Poincaré, quien inició el estudio formal de los sistemas dinámicos (Rodríguez Miranda, 1995). Extrapolando este nuevo concepto al trabajo, cualquier empresa puede ser estructurada definiendo una unidad organizativa autosimilar que se repita y se adapte a todos sus ámbitos, permitiendo la interacción entre ellas y su aplicación a cualquier escala. Esta unidad es empleada para la recopilación de datos, la toma de decisiones y la optimización de recursos en la herramienta desarrollada. Para ello, se hace uso de dos herramientas: la OBS (Organization Breakdown Structure) y la WBS (Work Breakdown Structure). La herramienta basa su funcionamiento en la definición de una unidad fractal autosimilar (sin importar el número de trabajadores de la PYME, la cantidad de departamentos y de líneas de productos o el tamaño de la fábrica). Una vez definida la unidad fractal, el responsable asignado será el encargado de incluir en la herramienta los datos que le corresponden a su puesto de trabajo o tarea.

Una vez definida la idea y las bases de la herramienta, el siguiente paso es reflejarlo todo en una herramienta software. Tras valorar numerosos recursos con los que crear la herramienta del proyecto (lenguaje de programación Python, hojas de cálculo de Microsoft Excel, recursos webs, etc) se opta finalmente por el uso de Microsoft Excel. Esta decisión se basa en que Microsoft Excel es una herramienta muy solicitada y requerida en la actualidad y un recurso muy versátil que utilizan la mayoría de las empresas u organizaciones. Por lo tanto, cualquier empresa estará familiarizada con el entorno, la interfaz y las distintas funciones que ofrece.

El objetivo del trabajo es facilitar un recurso para la recopilación de datos, su análisis y la generación de reportes anuales de las emisiones directas e indirectas de la organización. Para ello, dentro de todas las funciones que ofrece la hoja de cálculo, se ha descartado el uso de Microsoft VBA (lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic) y se ha optado por el uso de tablas dinámicas.

La idea base para la herramienta se resume en los siguientes cuatro puntos:

- a) Se creará una hoja de cálculo en la que el usuario introduzca una serie de datos de entrada de forma fácil y sencilla y sin necesidad de formación previa. En ella, todo debe de estar explicado, ser intuitivo y fácil de recordar (términos, iconos, colores...).
- b) La herramienta recopilará y analizará automáticamente estos datos de entrada para que el usuario no tenga que preocuparse de transformar datos manualmente.
- c) La herramienta devolverá una serie de datos de salida muy visuales, interactivos. Estos datos variarán de formato según sus características (dato numérico, instrucciones, dato importante, mensaje de error...).

d) Los datos de salida serán de utilidad tanto para el cálculo de la Huella de Carbono como para el estudio de la sostenibilidad ambiental de la empresa.

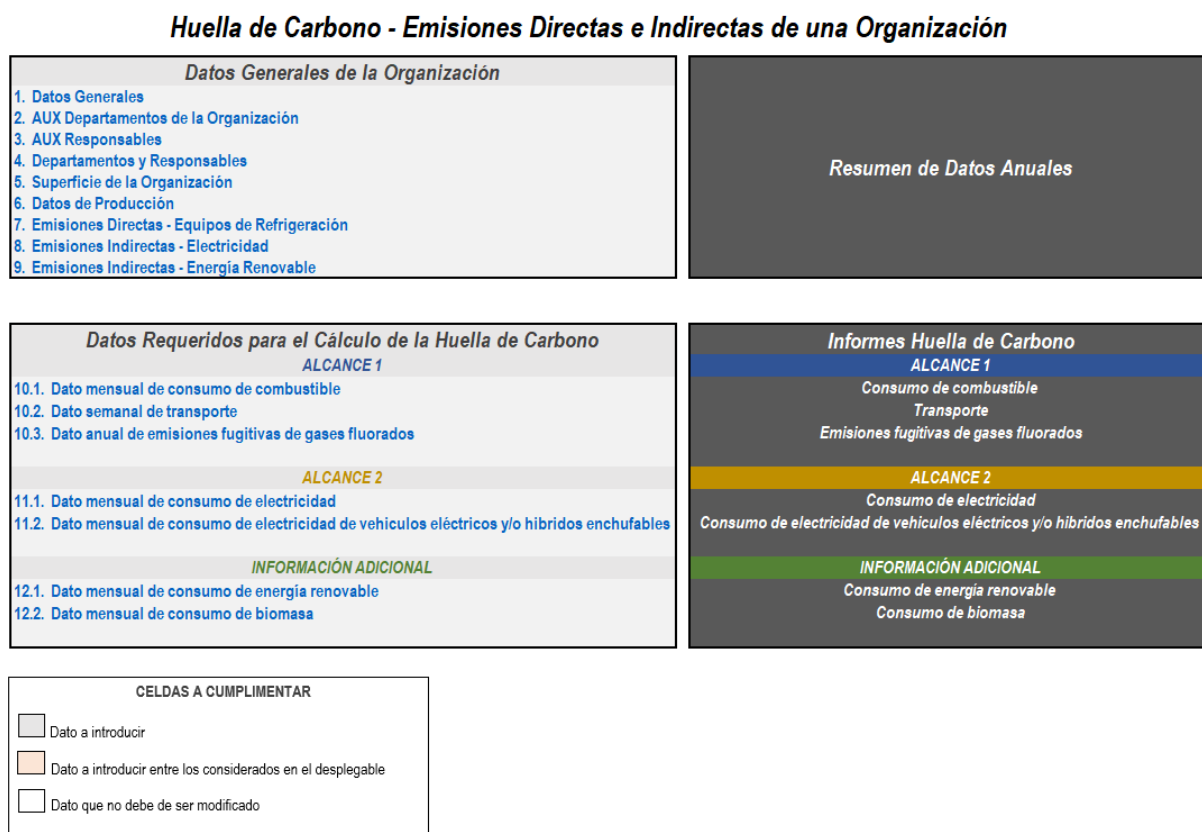
3.1 Diseño y desarrollo de la herramienta. Aplicación a un caso de estudio

En esta sección se presenta el desarrollo de la herramienta y su aplicación a un caso de estudio de una PYME industrial del sector del plástico. Para la creación del contenido de la herramienta, se han tenido en cuenta los resultados obtenidos en las checklists elaborados conforme a la norma UNE-EN ISO 9241-11:2018 Ergonomía de la interacción hombre-sistema, Parte 11: Usabilidad, con el objetivo de paliar los problemas detectados en la usabilidad o comprensión de las herramientas analizadas. Esto también se ha tenido en cuenta para el diseño de la interfaz.

La herramienta consiste en una serie de tablas en las que el usuario recopilará los datos necesarios para el cálculo de la Huella de Carbono. También incluye un resumen de datos anuales e informes que aportarán información sobre consumos y emisiones de la empresa u organización. Esta herramienta se ajusta a las características de las empresas del sector sin importar el tipo de producto que fabrique, su tamaño o el número de departamentos.

Con el objetivo de facilitar a los trabajadores la comprensión de la hoja de cálculo, se le dará una apariencia de página web para evitar que el usuario tenga que ir buscando la hoja correspondiente o se pierda entre tablas. Esto proporciona un orden que hará que el usuario simplemente tenga que seguir unos pasos. La herramienta está dividida en 4 bloques y tiene un menú de inicio al que el usuario deberá volver según vaya avanzando en la introducción de datos para familiarizarse con el proceso y la interfaz.

Figura 1: Menú de inicio



Menú de Inicio: será el punto de partida y la hoja base de todo el archivo. En él (ver Figura 1), se muestran los 4 bloques o cuadrantes y sus distintos apartados. El objetivo es convertirlo en el elemento principal al que el usuario tiene que volver cada vez que termine una tarea.

Bloque 1: Datos Generales de la Organización. Este primer bloque está formado por una serie de hojas que contienen tablas a rellenar con datos generales de la organización (datos de producción, departamentos y sus respectivos responsables...) El objetivo de este primer bloque es definir las principales características y enumerar los recursos de la empresa haciendo uso de la unidad fractal. En él, la empresa u organización podrá generar listas que se transformarán en desplegables en los siguientes bloques. Todas estas tablas podrán modificarse en cualquier momento del proceso. Se muestra a continuación algunas listas desplegables (ver Figura 2 y Figura 3).

Figura 2: Lista desplegable, Superficie de la organización

5. Superficie de la Organización		
Edificio/Sede	Nombre	Superficie por Edificio/Sede
1	Oficinas	950
2	Zona Producción	1200
3	Almacén	950

Figura 3: Lista desplegable, Emisiones Indirectas

9. Emisiones Indirectas - Energía Renovable	
Energía Renovable	Energía Renovable: Biomasa
Tipo de energía renovable consumida	Tipo de biomasa consumida
Solar	Pélet
Eólica	

Bloque 2: Datos Requeridos para el Cálculo de la Huella de Carbono. Este segundo bloque estará destinado a la introducción de datos relacionados con la Huella de Carbono. El usuario deberá introducir los datos en las distintas tablas creadas siguiendo el orden establecido en la herramienta, ver Figura 4.

Figura 4: Lista desplegable, Dato mensual de consumo de combustible

10.1. Dato mensual de consumo de combustible							
Fecha	Empleado	Edificio/Sede	Departamento	Tipo de combustible	Dato	Unidad	
01/01/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	gas butano	1555	kWh	
05/02/2022	Laura Martínez	Almacén	Administración	gas butano	822	kWh	
20/05/2022	Laura Martínez	Almacén	Administración	diesel	2500	l	
21/06/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	gas butano	100	kWh	
22/03/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	gas butano	200	kWh	
23/04/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	gas butano	300	kWh	
24/08/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Recursos Humanos	gas butano	400	kWh	
25/07/2022	María Fernández	Oficinas	Administración	gas butano	500	kWh	
26/09/2022	Laura Martínez	Almacén	Comercial	gas butano	600	kWh	
27/11/2022	Laura Martínez	Almacén	Calidad	gas butano	700	kWh	
28/12/2022	Laura Martínez	Almacén	Marketing	gas butano	800	kWh	
28/12/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Administración	gas butano	800	kWh	
28/12/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	gas butano	800	kWh	
29/10/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	diesel	1200	l	
29/10/2022	Francisco Sánchez	Zona Producción	Producción	diesel	1500	l	

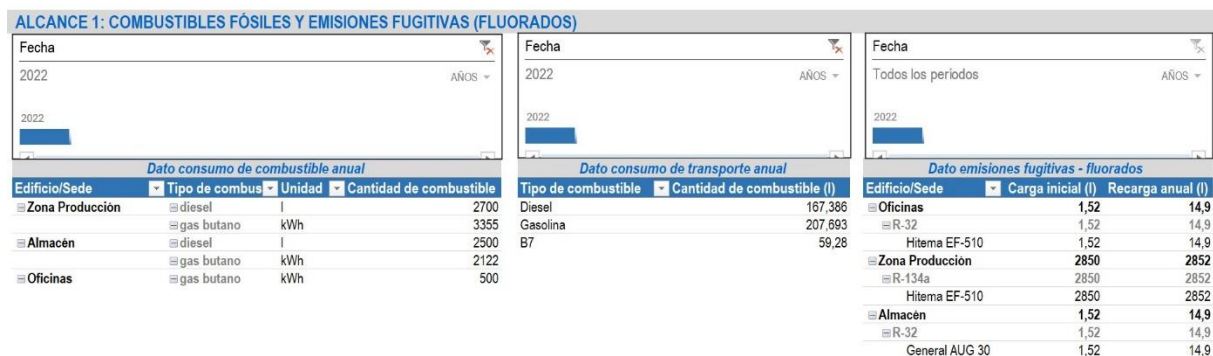
Bloque 3: Resumen de Datos Anuales. Este bloque está compuesto por una sola hoja. Esta hoja reflejará y resumirá los datos anuales obtenidos de la información introducida previamente en el Bloque 2. El objetivo de esta hoja es proporcionar al usuario un resumen sencillo y gráfico de todos los datos que debe de incluir en las calculadoras de Huella de

Carbono. Por ello, este bloque guardará estrecha relación con las calculadoras de Huella de Carbono y el registro y certificación de esta.

En el resumen anual del Alcance 1 (ver Figura 5), se encuentra lo siguiente:

- El dato de consumo de combustible es la sumatoria anual por tipo de combustible incluyendo la unidad asociada.
- El dato de transporte anual es la sumatoria anual de cantidad consumida (en litros) por tipo de combustible.
- El dato de fluorados anual muestra la carga inicial (en litros) y la recarga anual de fluorados (en litros) por edificio o sede.

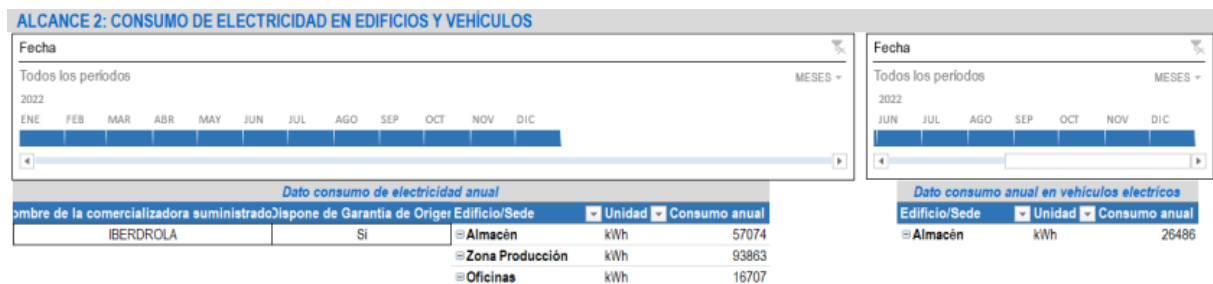
Figura 5: Alcance 1



En el resumen anual del Alcance 2 (ver Figura 6), se encuentra lo siguiente:

- La suministradora de la electricidad y la disponibilidad de garantía de origen, ambos datos provenientes de Datos Generales.
- Los datos de consumo de electricidad anual en kWh por edificio o sede.
- Los datos de consumo electricidad anual en vehículos eléctricos, en kWh por edificio o sede.

Figura 6: Alcance 2



En el resumen anual de Información Adicional (ver Figura 7), se encuentra lo siguiente:

- Los datos de consumo anual de energía renovable (incluyendo el de biomasa en una segunda tabla). Estas tablas contienen el tipo de energía, el edificio o la sede y el sumatorio anual.

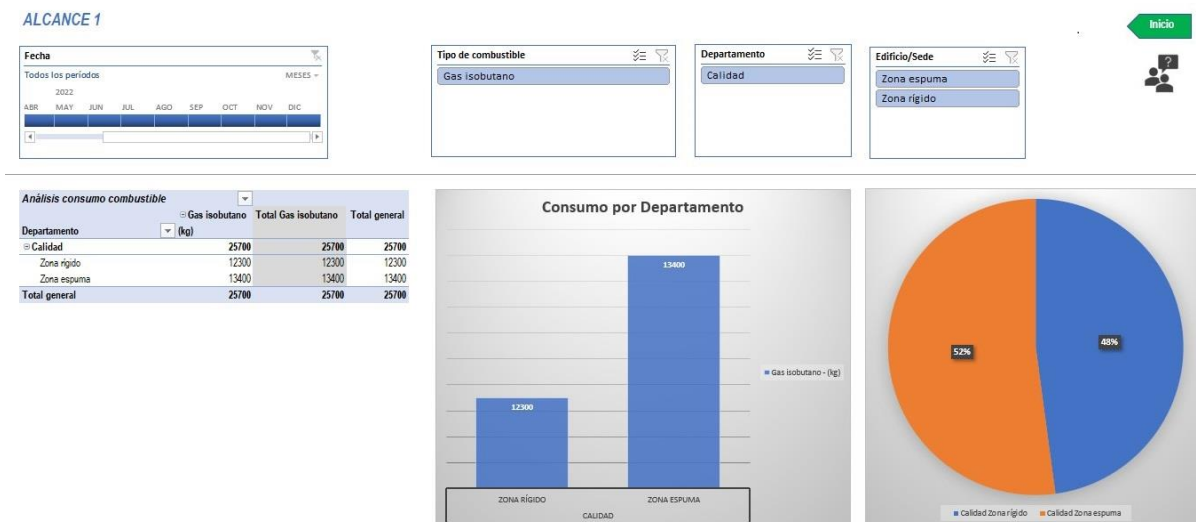
Figura 7: Información adicional



Bloque 4: Informes Huella de Carbono. El último bloque consta de 7 hojas con las que la organización puede estudiar sus datos de emisiones y conocer la gestión de sus recursos. Estos informes ofrecen la posibilidad de disminuir los impactos medioambientales que generan las actividades de la organización. Con relación a la introducción de datos, el usuario deberá añadir, junto a cada dato, la fecha de la operación y la unidad fractal definida (mediante el responsable asignado y el departamento) para mantener un seguimiento de la recopilación de datos y mantener la trazabilidad durante todo el archivo.

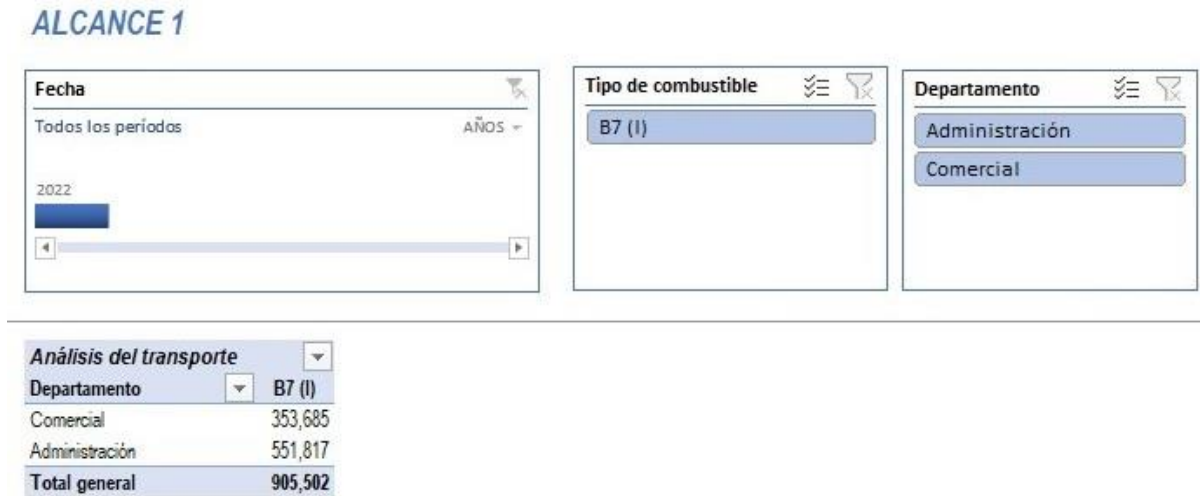
Este último bloque ha resultado de gran interés para la empresa, pues ha podido conocer e identificar sus impactos ambientales. El objetivo de estas hojas es que la empresa u organización esté al tanto de los datos de consumo, pueda utilizar estos datos para reducción de costes, estudio de su impacto ambiental y optimización de recursos. En el análisis de consumo de combustible, han detectado que la zona de producción de bandejas de espuma consume más gas isobutano (ver Figura 8).

Figura 8: Interfaz Informe Alcance 1



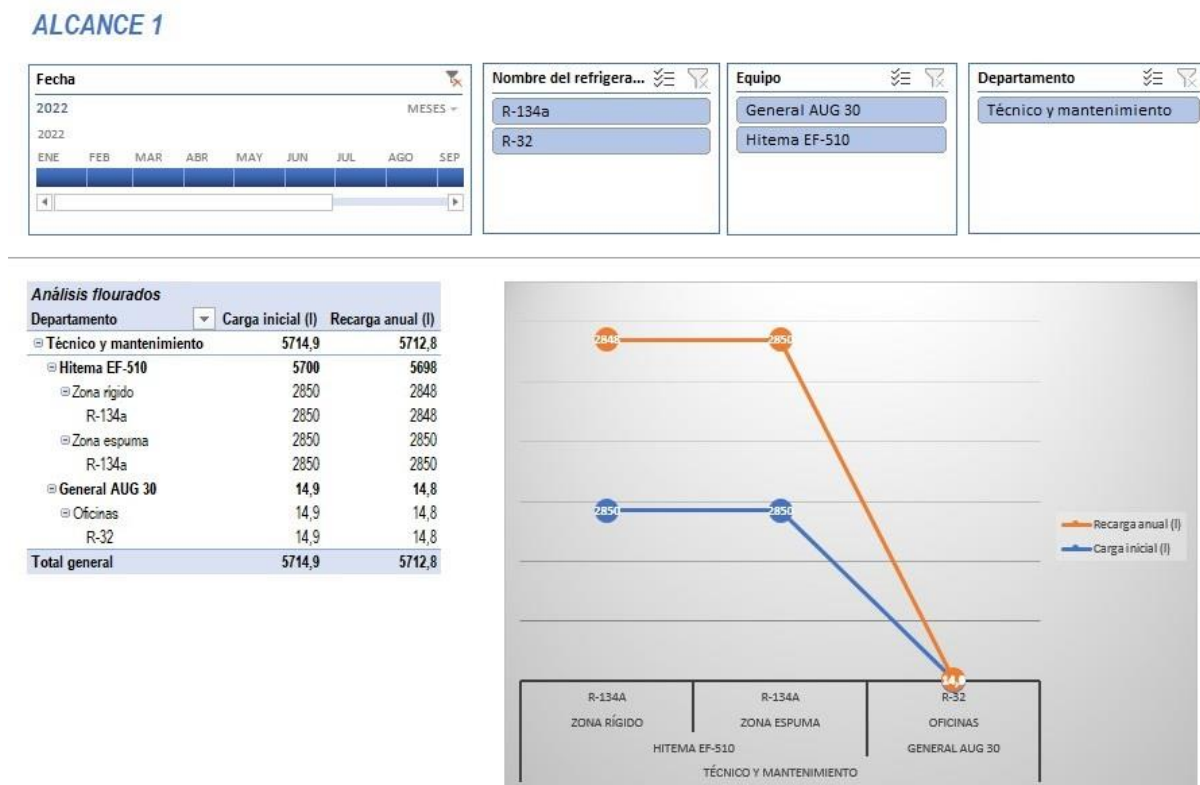
Con relación al transporte, en el último trimestre se ha consumido un total de 905.502 litros de diésel B7 y el departamento que más desplazamientos ha realizado ha sido el departamento comercial (ver Figura 9).

Figura 9: Interfaz Informe Alcance 1 Transporte



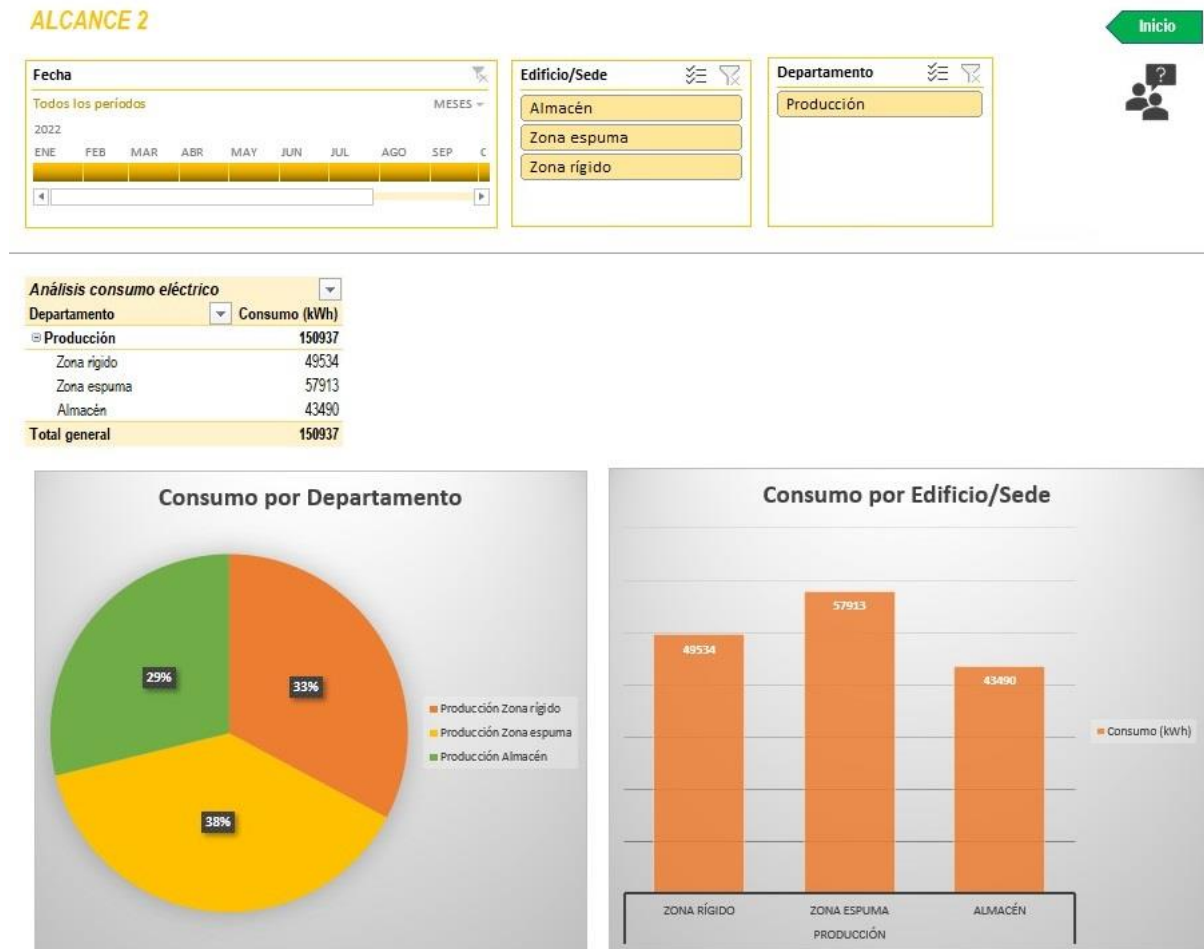
Para el análisis de fluorados, la empresa puede detectar en qué equipos se producen fugas y qué departamento para evitar impactos ambientales futuros (ver Figura 10).

Figura 10: Interfaz Informe Alcance 1 Fluorados



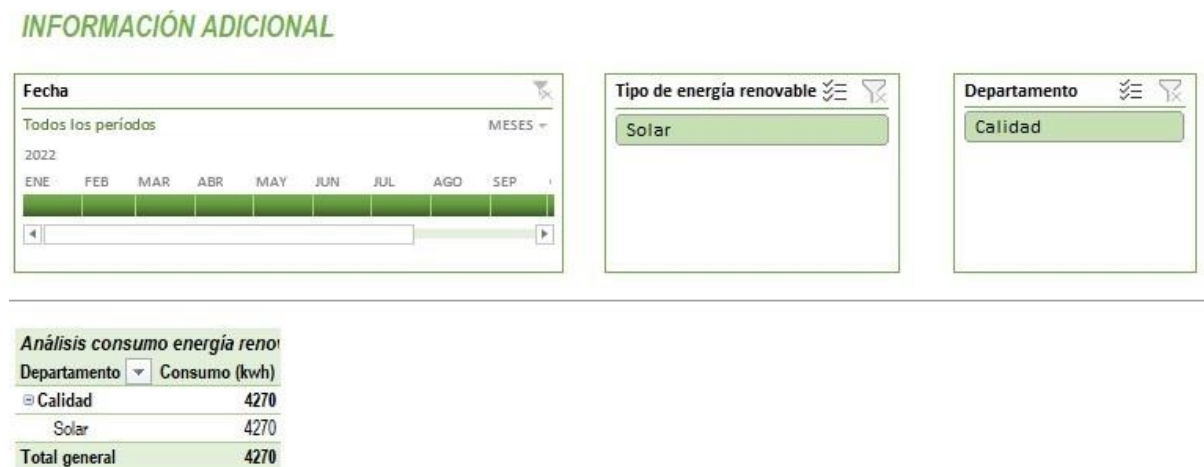
El consumo de electricidad a lo largo del trimestre ha estado bastante repartido entre las zonas de producción y las zonas de almacén, obteniendo un total de 150.937 kWh consumidos (ver Figura 11).

Figura 11: Interfaz Informe Alcance 2 Electricidad



Por último, la empresa ha obtenido información relativa a la producción de energía solar, energía que pretenden usar para su autoconsumo a partir del 2023 (ver Figura 12).

Figura 12: Interfaz Informe Energía Solar



4. Análisis de la herramienta

Tras el desarrollo de la herramienta y su aplicación a un caso de estudio en una PYME del sector del plástico, se realiza un análisis DAFO.

Entre las ventajas de la herramienta se encuentran:

- Digitalización de la empresa. La utilización de esta herramienta, ya sea para el seguimiento de tareas o el cálculo de la Huella de Carbono, permitirá a la empresa digitalizar todos estos procesos y mantener una trazabilidad exhaustiva de los mismos.
- Optimización de recursos. Esta herramienta permitirá optimizar tiempo, recursos y procesos de la empresa pues en los informes anuales y en los datos de consumo se podrá apreciar que se ha de mejorar o modificar.
- Mejora de la gestión de la sostenibilidad ambiental. La herramienta permite a la empresa mejorar la gestión de sus impactos ambientales y tener un archivo de seguimiento que promueva acciones relacionadas con la sostenibilidad ambiental. Además, esta herramienta facilita y automatiza la gestión y el proceso de recopilación de datos, ya sea para estudio de consumos o de impacto ambiental.
- Medición de resultados y procesos. Gracias a este archivo, la empresa podrá ejercer un control periódico de sus resultados y procesos con el que detectar posibles fallos o mejoras futuras.
- Ventaja competitiva y mejora de la imagen corporativa. El uso de esta herramienta puede aportar cierta ventaja competitiva respecto a otras empresas del sector pues genera un valor medioambiental que mejorará su imagen, ya que cada vez son más los clientes que se fijan en este tipo de valores.
- Facilidad para el registro de la Huella de Carbono. No hay que olvidar, que esta herramienta ayudará a la empresa a calcular su Huella de Carbono y al consiguiente registro de esta.
- Reducción de la Huella de Carbono de la empresa. Por último y tras todo lo expuesto con anterioridad, la herramienta desarrollada en este proyecto ayudará a disminuir la Huella de Carbono que genere la empresa.

Tras estudiar los resultados de la validación y estudiar con más profundidad el cálculo de la Huella de Carbono, se observan las siguientes limitaciones:

- La herramienta no permite el cálculo del Alcance 3, aquellas emisiones que provienen de la cadena de valor de la empresa u organización y no están bajo el control de esta. En la actualidad, su cálculo no es obligatorio, pero resultaría muy interesante para la mejora de la sostenibilidad de la empresa.
- La herramienta desarrollada en el proyecto se adapta a la actual versión de la calculadora del Ministerio, pero no se puede asegurar que para próximas versiones se pueda ajustar con total facilidad.
- Se necesitan nociones básicas de Excel ya que, a pesar de que la herramienta sea muy intuitiva, si no se tiene un mínimo conocimiento previo puede resultar más compleja de utilizar.
- No existe un mensaje de error claro que lleve al usuario a corregir errores de redacción y de uso de unidades.

A continuación, se presenta un análisis DAFO de la herramienta desarrollado y su implementación (ver Figura 13).

Figura 13: Análisis DAFO

	+	-
Situación interna	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digitalización de la empresa - Optimización de recursos y mejora de procesos - Mejora de la gestión ambiental - Mejora de la imagen corporativa - Facilidad para el cálculo y registro de la Huella de Carbono - Reducción de la HdC de la empresa 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sin capacidad para el cálculo del Alcance 3 - Mensaje de error no específico - Sin capacidad de adaptación a nuevas versiones de la calculadora del Ministerio
	<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de ser transformada en aplicación - Apenas competencia en este tipo de ecoinnovación - Herramienta de fácil acceso y gratuita - Existe alto volumen de búsquedas de este tipo de herramientas 	<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemas de compatibilidad de Excel - Nuevas versiones de la calculadora del Ministerio
Situación externa		

5. Conclusiones

La herramienta desarrollada en el proyecto ofrece diversas ventajas para las empresas, como la digitalización de procesos, la optimización de recursos, la mejora en la gestión de la sostenibilidad ambiental, la medición de resultados y procesos, la ventaja competitiva y mejora de la imagen corporativa, la facilidad para el registro de la Huella de Carbono y la reducción de esta última. Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones, como la incapacidad de calcular el Alcance 3 de emisiones, la posible dificultad para adaptarse a futuras versiones de calculadoras, la necesidad de nociones básicas de Excel para su uso y la falta de mensajes de error claros.

Para mejorar la herramienta, se propone transformarla en una aplicación o base de datos, permitir el cálculo del Alcance 3, adaptarse a nuevas versiones de calculadoras, recopilar y calcular más datos de consumo, ofrecer recursos interactivos de aprendizaje y añadir mensajes de error para corregir errores ortográficos o de unidad.

Finalmente, la herramienta creada satisface las necesidades reales de las PYMES, mejorando su estudio ambiental, trazabilidad y facilitando el cálculo y registro de la Huella de Carbono.

6. Referencias

- Aldasoro, J. C., Campos, J. A., Zabala, K., ... & Zubiaurre, A. (2014). Estudio Temático de Casos Innobasque, "Ecoinnovación".
- Ceca, M. J. B., Cebolla, R. V., López, J. T., Iacono-Ferreira, V. L., & Rizo, S. C. (2011). *¿es la huella de carbono el mejor indicador ambiental, o simplemente el más sencillo?* XII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos, Huesca, España.
- Demirbas, D., Hussain, J. G., & Matlay, H. (2011). Owner-managers' perceptions of barriers to innovation: Empirical evidence from Turkish SMEs. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 18(4), 764–780.
- Dirección General de Industria y De la Pequeña y Mediana Empresa. (2022). Marco Estratégico en Política de PYME 2030. Informe de Seguimiento Anual 2021.

- Guijarro, A. M., García, D., & Van Auken, H. (2009). Barriers to Innovation among Spanish Manufacturing SMEs. *Journal Of Small Business Management*, 47(4), 465-488. <https://doi.org/10.1111/j.1540-627x.2009.00279.x>
- Iglesias Sánchez, P. P., Maldonado, C. J., De, C., & Pedrosa, H. (2017). La innovación en la Pyme: Barreras y facilitadores Innovation in Smes: Barriers and facilitators. *Revista de estudios regionales*, (110), 99-131.
- Marcos Naveira, L. A., Hoyuelos, F. J. (2020). *Cálculo huella carbono industria alimentaria: interés, realidad y retos*. CONORAMA. 8–11.
- Núñez, J., Ramón, B., & Palacios, A. N. (2012). *Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero*. Actas-IV Congreso Internacional Latina de Comunicación Social-IV CILCS-Universidad de La Laguna, diciembre 2012. 2-5.
- Rodríguez Miranda, R. (1995). *La teoría de fractales: Aplicación experimental e implicaciones en la metodología de la ciencia*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Wang, W., Li, Y., Lu, N., Wang, D., Jiang, H., & Zhang, C. (2020). Does increasing carbon emissions lead to accelerated eco-innovation? Empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119690>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends*, 1 (2008), 1-11.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

