CONAMA 2026

FOOTPLASTIC: de la huella ambiental a las decisiones de ecodiseño y circularidad

Desarrollo y aplicación a un envase termoformado de polipropileno

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autora principal de la comunicación: Ainara Martínez Rivera. Responsable Equipo Investigación SyNC. MIK S. Coop. – Facultad de Empresariales, Mondragon Unibertsitatea.

Otros autores: Unai de Vicente. Investigador Equipo SyNC. MIK S. Coop. – Facultad de Empresariales, Mondragon Unibertsitatea.

Índice

Resumen y palabras clave 3
1. Contexto y problema 4
2. Objetivos y ficha del proyecto 4
3. Metodología 5
3.1. Marco metodológico: ACV, PEF y ecoinvent 5
3.2. Unidad de referencia y escalado de resultados 6
3.3. Límites del sistema 6
3.4. Créditos por reciclaje y material propio recuperado 7
3.5. Calidad y origen de los datos 7
4. Acciones desarrolladas: la herramienta FOOTPLASTIC 7
4.1. Estructura y cobertura de la evaluación 8
4.2. Visualización de resultados y simulación de escenarios 11
5. Resultados de la aplicación industrial 13
5.1. Producto y configuraciones evaluadas 13
5.2. Contribución por etapas 13
5.3. Efecto del crédito por reciclaje 14
5.4. Escenarios de suministro 15
5.5. Hallazgos principales 16
6. Discusión y limitaciones 17
7. Transferencia e impacto 17
8. Conclusiones 18
9. Bibliografía 18
10. Anexos I–IV. Informes de evaluación y simulaciones 19

Resumen

Esta comunicación presenta los resultados del proyecto FOOTPLASTIC, desarrollado por el equipo de Sostenibilidad y Negocios Circulares (SyNC) de MIK S. Coop. – Mondragon Unibertsitatea. El proyecto responde a una necesidad de la industria transformadora del plástico: disponer de evaluaciones de ciclo de vida que puedan realizarse con los datos disponibles en la empresa y que orienten decisiones sobre materiales, procesos, suministro y gestión de residuos. Su resultado principal es una aplicación web basada en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), en el método europeo de huella ambiental de producto (PEF) y en datos de inventario de ecoinvent, que incorpora modelizaciones de polímeros reciclados y de procesos de transformación, procesos personalizables con datos propios y simulación de escenarios.

La herramienta se ha aplicado a un envase termoformado de polipropileno (PP) de 11,7 g de una empresa anonimizada en dos configuraciones: PP reciclado con reciclaje externo del residuo de fabricación (caso 1) y reincorporación interna de mermas (caso 2). El PP virgen, un 55 % de la composición, concentra entre el 76 % y el 79 % del impacto bruto. El impacto bruto de ambas configuraciones es similar (170,1 y 165,5 mPt para la producción configurada); la diferencia entre los resultados netos (34,97 frente a 165 mPt) procede del crédito por reciclaje externo asignado al caso 1. Los escenarios de suministro internacional y mixto aumentan el transporte de materia prima entre 4,4 y 6,3 mPt. Los resultados muestran la utilidad de la herramienta para localizar puntos críticos y la necesidad de explicitar créditos y límites del sistema antes de comparar configuraciones.

Palabras clave: análisis de ciclo de vida; huella ambiental de producto (PEF); envases de polipropileno; contenido reciclado; ecodiseño; economía circular.

1. Contexto y problema

El marco normativo europeo y estatal sobre envases sitúa el contenido reciclado y la gestión de los residuos plásticos en el centro de las decisiones de diseño. El Reglamento (UE) 2025/40 relativo a los envases y residuos de envases establece porcentajes mínimos de contenido reciclado en la parte plástica de los envases a partir de 2030 y requisitos de reciclabilidad (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2025). En España, la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular introduce un impuesto especial sobre los envases de plástico no reutilizables cuya base imponible es la cantidad de plástico no reciclado (Jefatura del Estado, 2022).

Estas exigencias llevan a las empresas transformadoras a modificar formulaciones, proveedores y circuitos de recuperación de material. Sin embargo, el contenido reciclado no determina por sí solo el comportamiento ambiental de un producto: este depende también de la proporción de polímero virgen, de los procesos de transformación, de la logística de suministro, del embalaje y de la gestión de los residuos de fabricación. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite integrar estas variables (International Organization for Standardization [ISO], 2006a, 2006b), pero su aplicación requiere datos de varias áreas de la empresa, bases de datos de inventario y capacidad para interpretar indicadores múltiples, recursos de los que muchas pymes no disponen.

La Recomendación (UE) 2021/2279 sobre los métodos de huella ambiental promueve, por ello, herramientas de cálculo simplificadas y apoyo especializado que faciliten su uso por parte de las empresas (Comisión Europea, 2021). El proyecto FOOTPLASTIC se plantea en ese espacio: trasladar el ACV a un entorno utilizable por la industria del plástico sin perder la trazabilidad de los supuestos que condicionan los resultados.

2. Objetivos y ficha del proyecto

El objetivo general del proyecto ha sido desarrollar y validar una herramienta de evaluación de la huella ambiental de productos plásticos que conecte los datos de producción de la empresa con el ACV y con la exploración de alternativas de ecodiseño y circularidad. Los objetivos específicos han sido cuatro: (1) modelizar polímeros vírgenes y reciclados, aditivos y procesos de transformación habituales en el sector; (2) permitir la incorporación de datos primarios de la empresa mediante procesos personalizados; (3) incorporar la simulación de escenarios respecto a una evaluación de referencia; y (4) validar la herramienta en un caso industrial e identificar los requisitos de interpretación de sus resultados.

Cuadro 1. Ficha del proyecto.

Elemento	Descripción
Proyecto	FOOTPLASTIC.
Entidad ejecutora	MIK S. Coop., equipo de Sostenibilidad y Negocios Circulares (SyNC). Facultad de Empresariales, Mondragon Unibertsitatea.
Ámbito	Industria transformadora del plástico.
Resultados	Aplicación web FOOTPLASTIC; guía de uso; validación industrial con dos configuraciones de producto y cuatro escenarios de suministro.

Fuente: elaboración propia.

3. Metodología

3.1. Marco metodológico: ACV, PEF y ecoinvent

La herramienta aplica el enfoque de ACV definido en las normas ISO 14040 e ISO 14044 (ISO, 2006a, 2006b) y las recomendaciones de cálculo del método PEF (Comisión Europea, 2021). La evaluación de impactos contempla las 16 categorías del método de huella ambiental (cuadro 2). Los resultados de inventario se caracterizan por categoría y, mediante normalización y ponderación, se agregan en una puntuación única expresada en puntos: milipuntos (mPt) para la producción configurada y micropuntos (µPt) para el producto, con 1 mPt = 1.000 µPt. Los factores de impacto proceden de la base de datos ecoinvent (Wernet et al., 2016).

Cuadro 2. Categorías de impacto del método de huella ambiental contempladas.

Ámbito de evaluación	Categorías contempladas
Clima y atmósfera	Cambio climático; agotamiento del ozono; formación de ozono fotoquímico.
Salud y exposición	Partículas; radiación ionizante; toxicidad humana cancerígena y no cancerígena.
Ecosistemas	Acidificación; eutrofización de agua dulce, terrestre y marina; ecotoxicidad de agua dulce.
Agua, suelo y recursos	Uso del agua; uso del suelo; recursos fósiles; recursos minerales y metales.

Fuente: agrupación propia a partir de Comisión Europea (2021) y FOOTPLASTIC (s. f.-b, p. 2).

3.2. Unidad de referencia y escalado de resultados

Cada evaluación se define por el peso neto del producto, la producción total y el residuo generado en fabricación. En el caso presentado, el producto pesa 11,7 g, la producción total es de 100.000 unidades y el residuo de fabricación es de 6,69 g por unidad. La unidad de referencia de los resultados agregados es esta producción de 100.000 unidades; los resultados unitarios corresponden al valor «por producto» que muestra la aplicación.

Los resultados de producción se obtienen multiplicando el valor por producto por el número de unidades producidas, introducido en el campo «Producción total (unidades)». En el caso 1, 1,698 µPt × 100.000 unidades = 169.800 µPt = 169,8 mPt de impacto bruto. Ambas configuraciones comparten producto, peso y producción, por lo que las comparaciones son directas.

3.3. Límites del sistema

El sistema evaluado comprende la producción de las materias primas (polímero virgen, polímero reciclado y aditivos), su transporte hasta la planta, los procesos de transformación, el embalaje de transporte y el transporte y tratamiento de los residuos poliméricos generados en fabricación. Quedan fuera la distribución al cliente, la fase de uso y la gestión del envase tras su uso. El estudio adopta, por tanto, un alcance de la cuna a la puerta de fábrica con gestión de residuos de producción.

3.4. Créditos por reciclaje y material propio recuperado

Cuando el residuo de fabricación se envía a reciclaje externo, la aplicación calcula un «beneficio reciclaje» que se resta del impacto bruto del producto para obtener el impacto neto. El material propio recuperado (mermas reincorporadas al proceso) se modeliza sin cargas de producción ni de transporte, y su gestión como autoconsumo no genera crédito separado (FOOTPLASTIC, s. f.-b, pp. 13 y 21). El polímero reciclado de origen externo incorpora las cargas de su proceso de obtención y de su transporte.

En la versión actual de la herramienta, el crédito se calcula como sustitución de polímero virgen equivalente por el material reciclado, un enfoque simplificado de cargas evitadas. El método PEF reparte cargas y beneficios del reciclaje mediante la Circular Footprint Formula (CFF), con un factor de asignación (A) de 0,5 para envases de plástico y factores de calidad del material secundario (Comisión Europea, 2021, anexo I). Para evitar que esta simplificación condicione las conclusiones,

los resultados se presentan siempre junto al impacto bruto, que no depende de la regla de crédito (apartado 5.3).

3.5. Calidad y origen de los datos

Los datos primarios del caso proceden de la empresa colaboradora: composición, pesos del producto y del residuo, orígenes y distancias de suministro, configuración del embalaje y destino de los residuos. Los procesos de extrusión y termoformado se han modelizado con procesos personalizados, por lo que representan condiciones reales de consumos medidos en planta. Los nombres comerciales, proveedores e identificadores del producto se han sustituido por etiquetas genéricas.

4. Acciones desarrolladas: la herramienta FOOTPLASTIC

El principal resultado del proyecto es la aplicación web FOOTPLASTIC, que estructura la recogida de datos, el cálculo y la interpretación de resultados en una secuencia guiada. Esta sección describe su estructura en la medida necesaria para interpretar los resultados del caso; el manejo detallado se documenta en la guía de uso (FOOTPLASTIC, s. f.-b).

4.1. Estructura y cobertura de la evaluación

La evaluación se organiza en cuatro bloques que corresponden a las etapas incluidas en los límites del sistema: composición, transformación, packaging y fin de vida de los residuos de fabricación (figura 1). El cuadro 3 resume la cobertura de cada bloque.



Figura 1. Bloques de evaluación de la aplicación. El bloque «Fin de vida» se refiere a los residuos generados en fabricación.
Fuente: captura de FOOTPLASTIC.

Cuadro 3. Cobertura de modelización de la herramienta.

Bloque	Opciones disponibles
Composición	26 polímeros vírgenes con 18 orígenes geográficos; 26 polímeros reciclados con distancia de suministro, incluida la opción «Plástico propio recuperado / mermas»; 16 aditivos y agentes de relleno.
Transformación	11 procesos de catálogo y procesos personalizados definidos por consumos de electricidad (mix, renovable con garantía de origen o autoconsumo fotovoltaico), gas natural, gasóleo, disolvente y agua por cantidad de material procesado.
Packaging	5 materiales de embalaje, con número de productos por embalaje y número de usos.
Residuos de fabricación	Vertedero, incineración, reciclaje (mecánico, químico, desvulcanización, pirólisis o desconocido), gestión desconocida y autoconsumo; 4 tipos de transporte con distancia.

Fuente: FOOTPLASTIC (s. f.-b, pp. 13–23).

En la composición se registran los porcentajes en masa de cada material, que deben sumar el 100 %, junto con el origen del polímero virgen y la distancia de suministro del reciclado (figura 2).

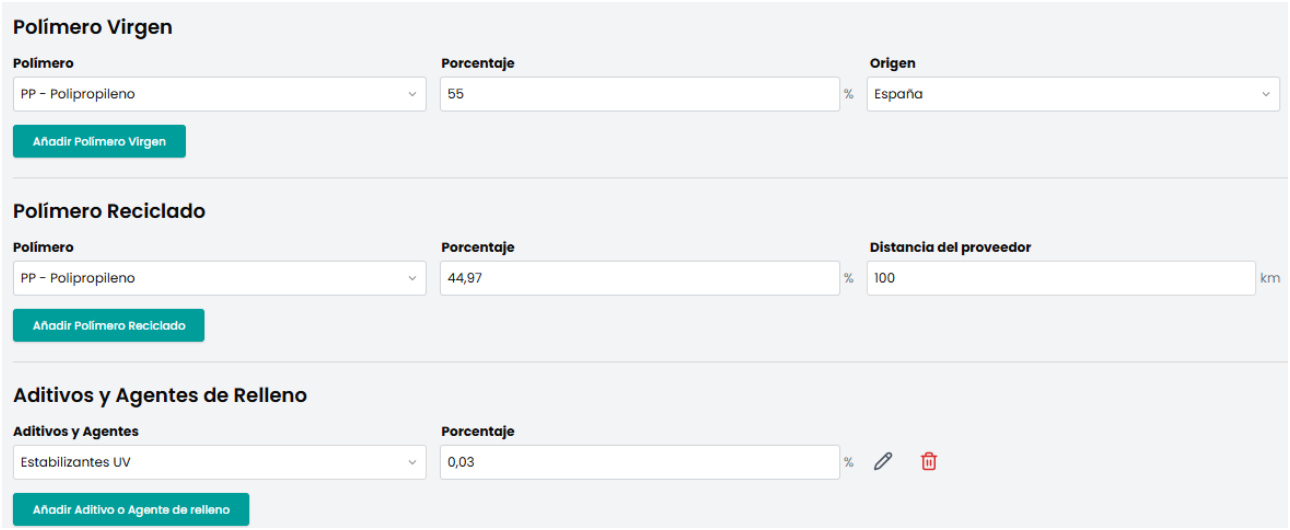


Figura 2. Registro de composición del caso 1: materiales, porcentajes, origen y distancia del reciclado. Se omite la columna de proveedores.
Fuente: captura de FOOTPLASTIC.

Los procesos personalizados relacionan una cantidad de material procesado con sus consumos energéticos y de agua (figura 3). Quedan almacenados y pueden reutilizarse en otras evaluaciones, lo que permite sustituir los procesos de catálogo por datos medidos en planta.

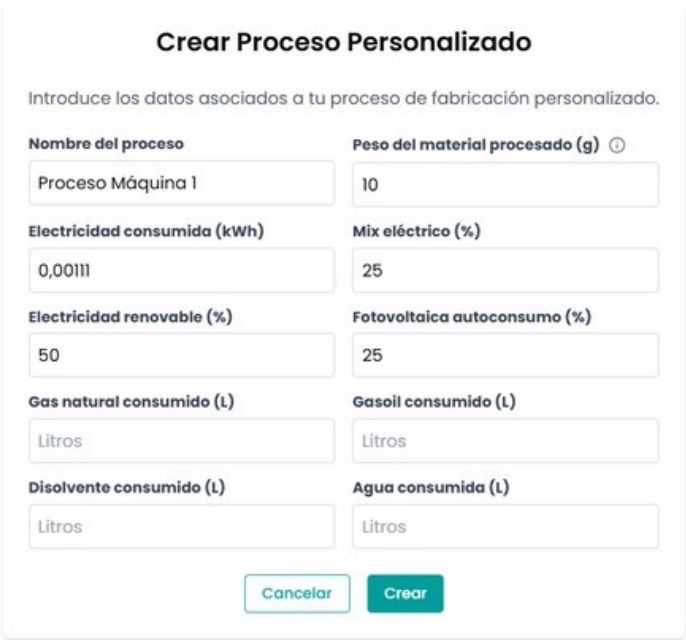


Figura 3. Formulario de creación de un proceso personalizado. Los valores corresponden al ejemplo de la guía de uso.
Fuente: FOOTPLASTIC (s. f.-b, p. 17).

El embalaje de transporte se asigna al producto a partir de su masa, del número de unidades que contiene y del número de usos (figura 4). En el caso evaluado, un embalaje de 39.360 g (madera, cartón corrugado y plástico) contiene 16.000 unidades y se utiliza una sola vez.

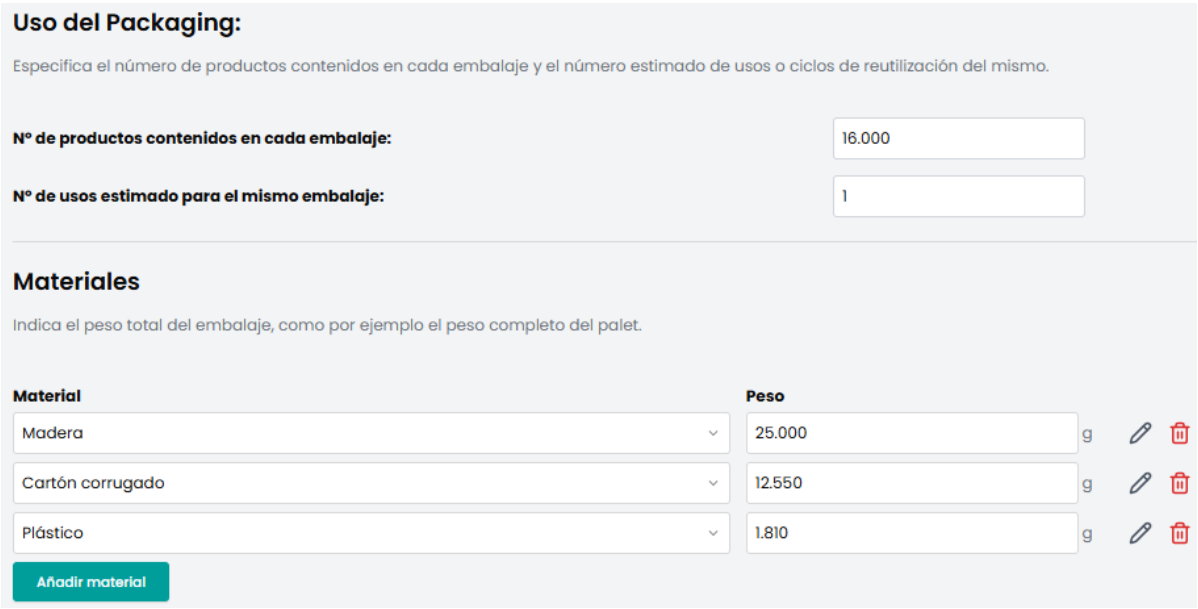


Figura 4. Configuración del embalaje del caso evaluado.
Fuente: captura de FOOTPLASTIC.

Para los residuos de fabricación se indica su reparto entre destinos y, cuando procede, el medio de transporte y la distancia (figura 5). En reciclaje mecánico se especifica además el tamaño del material obtenido y la existencia de compounding posterior.

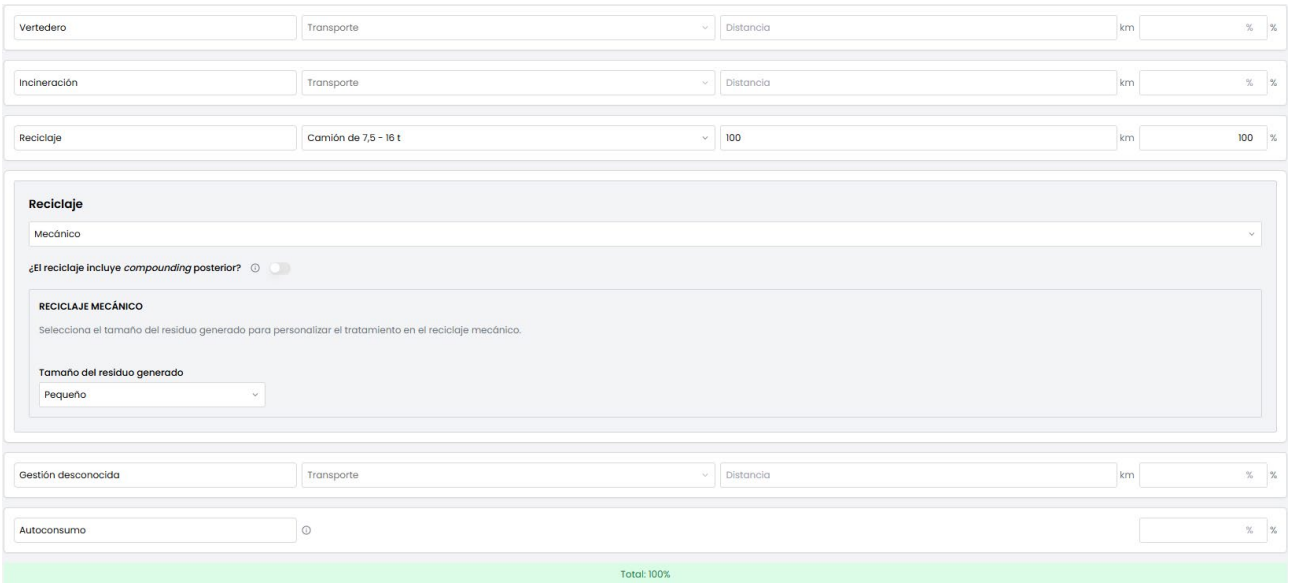


Figura 5. Destinos de los residuos de fabricación y configuración del reciclaje en el caso 1.
Fuente: captura de FOOTPLASTIC.

4.2. Visualización de resultados y simulación de escenarios

La pantalla de resultados muestra la huella ambiental y la huella de carbono de la producción configurada y del producto, el crédito por reciclaje, la contribución de cada etapa y el perfil de las 16 categorías de impacto (figura 6). Cada evaluación admite hasta dos simulaciones que parten de la evaluación principal y modifican cualquiera de sus bloques; la aplicación muestra la variación global y por etapa respecto a la referencia (FOOTPLASTIC, s. f.-b, pp. 24–37).

a) Indicadores globales y resultados por producto



b) Contribución de materiales, procesos y gestión residual



c) Perfil de las categorías de impacto

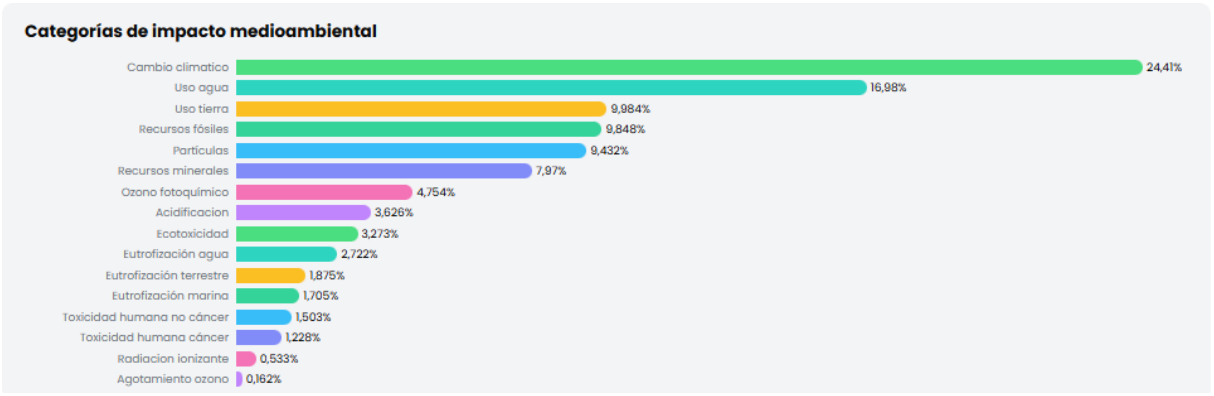


Figura 6. Tres niveles de lectura del panel de resultados del caso 1.
Fuente: capturas de FOOTPLASTIC; se conservan valores, etiquetas y gráficos de la aplicación.

5. Resultados de la aplicación industrial

5.1. Producto y configuraciones evaluadas

La validación se ha realizado con un envase alimentario de polipropileno fabricado por extrusión y termoformado por una empresa española anonimizada. Se han evaluado dos configuraciones que difieren en el origen del 44,97 % no virgen de la composición y en el destino del residuo de fabricación (cuadro 4).

Cuadro 4. Datos de configuración de los dos casos.

Dato de configuración	Caso 1 y caso 2
Peso de producto / residuo generado	11,7 g / 6,69 g por unidad.
Composición común	55 % de PP virgen y 0,03 % de estabilizante UV.
Fracción restante: caso 1	44,97 % de PP reciclado externo.
Fracción restante: caso 2	44,97 % de plástico propio recuperado o mermas.
Flujo residual	Caso 1: reciclaje externo al 100 %. Caso 2: autoconsumo al 100 %.
Producción total configurada	100.000 unidades; sin atribuir a un periodo.
Embalaje de transporte	Madera 25.000 g, cartón corrugado 12.550 g y plástico 1.810 g por cada 16.000 unidades; un uso.

Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexos I y III).

Para cada configuración se ha definido una referencia con suministro en España y dos simulaciones: S1, con suministro internacional, y S2, con suministro mixto. Los informes completos se recogen en los anexos I–IV.

5.2. Contribución por etapas

El cuadro 5 recoge la contribución de cada etapa al impacto bruto de la producción configurada. El PP virgen concentra el 76,4 % del impacto bruto en el caso 1 y el 78,6 % en el caso 2. El embalaje de transporte es la segunda contribución (8,6 % y 8,8 %), seguido del transporte de materia prima y de los procesos de extrusión y termoformado.

Cuadro 5. Huella ambiental por etapa de la producción configurada, impacto bruto y resultado neto.

Etapa	Caso 1 (mPt)	Caso 1 (%)	Caso 2 (mPt)	Caso 2 (%)
Plástico virgen	130	76,4	130	78,6
Plástico reciclado	1,197	0,7	0	–
Aditivos y agentes de relleno	0,022	0,0	0,022	0,0
Transporte de materia prima	9,427	5,5	8,101	4,9
Moldeo por extrusión	8,223	4,8	8,223	5,0
Termoformado	4,53	2,7	4,53	2,7
Packaging	14,61	8,6	14,61	8,8
Transporte del residuo	1,156	0,7	0	–
Fin de vida: reciclaje	0,944	0,6	0	–
Suma por etapas (impacto bruto)	**170,1**	**100**	**165,5**	**100**
Crédito por reciclaje	−134,8	–	0	–
Resultado neto de la producción	**34,97**	–	**165**	–

Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexos I y III). Porcentajes de elaboración propia.

La exportación de resultados etiqueta los valores por etapa en µPt en su tabla y en mPt en sus gráficos (anexos I y III). Su suma coincide con el impacto bruto de la producción expresado en mPt (169,8 mPt en el caso 1 y 165,2 mPt en el caso 2, a partir de 1,698 y 1,652 µPt por producto), por lo que se interpretan como mPt de la producción configurada. Las diferencias de 0,3 mPt se deben al redondeo de los valores por producto. Respecto al perfil por categorías, en el caso 1 destacan cambio climático (24,41 %), uso del agua (16,98 %) y uso del suelo (9,984 %); en el caso 2, recursos fósiles (38,7 %), cambio climático (25,64 %) y uso del agua (7,761 %) (anexos I y III).

5.3. Efecto del crédito por reciclaje

El impacto bruto de las dos configuraciones difiere en 4,6 mPt (2,8 %). Esta diferencia corresponde a las cargas propias del caso 1: el reciclado externo (1,197 mPt), su transporte (1,326 mPt adicionales en el transporte de materia prima), el transporte del residuo (1,156 mPt) y su tratamiento (0,944 mPt). La diferencia entre los resultados netos (34,97 frente a 165 mPt) procede del crédito por reciclaje externo del caso 1, de −134,8 mPt, equivalente al 79 % de su impacto bruto.

La magnitud del crédito es coherente con una sustitución de PP virgen por la masa de residuo reciclada en proporción 1:1: el cociente entre el residuo (6,69 g por unidad) y el PP virgen de la

composición (6,435 g por unidad) es 1,04, igual al cociente entre el crédito (1,348 µPt) y la carga del PP virgen (1,30 µPt por producto). En el caso 2, el beneficio de la circularidad se refleja en la ausencia de cargas del material reincorporado, pero no genera crédito. Ambas configuraciones aplican, por tanto, reglas distintas a flujos de material equivalentes, y su resultado neto no debe compararse para establecer una preferencia sin armonizar antes los límites y la regla de asignación, por ejemplo mediante la CFF.

5.4. Escenarios de suministro

Las simulaciones solo modifican el suministro de materias primas; el resto de bloques mantiene sus valores. El cuadro 6 muestra que el aumento del transporte de materia prima es prácticamente idéntico en ambos casos (6,3 mPt en S1 y 4,4 mPt en S2), mientras que la variación porcentual difiere porque se calcula sobre resultados netos distintos. Expresado sobre el impacto bruto, el aumento es del 2,6–3,8 % en los dos casos. La figura 7 muestra la comparación por etapas del caso 1.

Cuadro 6. Resultados de las simulaciones de suministro respecto a la referencia de cada caso.

Caso y escenario	Huella neta (mPt)	Δ transporte MP (mPt)	Variación neta (%)	Variación s/ bruto (%)
Caso 1 · referencia	34,97	–	–	–
Caso 1 · S1 internacional	41,25	+6,273	+17,95	+3,7
Caso 1 · S2 mixto	39,36	+4,393	+12,57	+2,6
Caso 2 · referencia	165	–	–	–
Caso 2 · S1 internacional	171	+6,279	+3,80	+3,8
Caso 2 · S2 mixto	170	+4,399	+2,66	+2,7

Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexos I y IV). Variación neta según la aplicación; Δ y variación sobre el impacto bruto, elaboración propia.

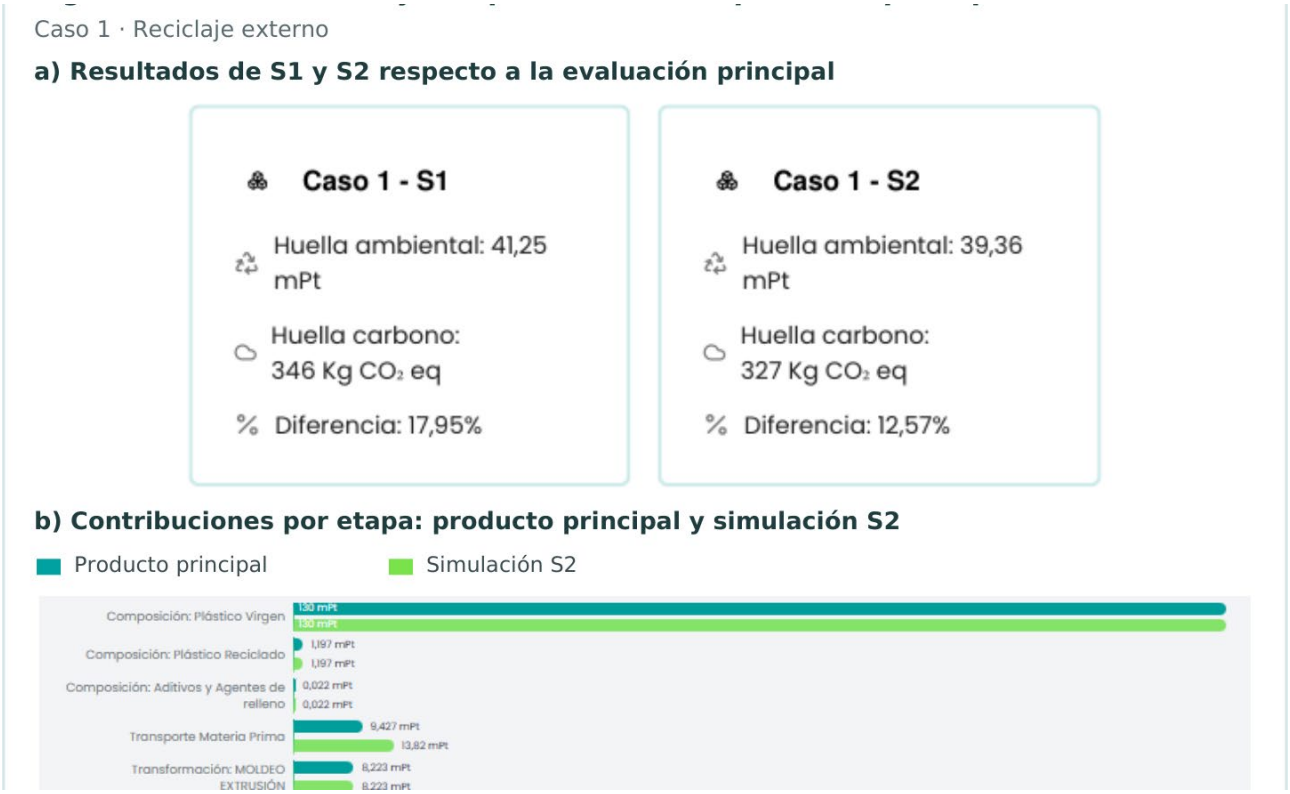


Figura 7. Resultados de S1 y S2 del caso 1 y comparación por etapas entre la referencia y S2. Identificadores anonimizados; cifras y gráficos originales.
Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo II).

5.5. Hallazgos principales

Polímero virgen. El PP virgen, con un 55 % de la masa, explica el 76–79 % del impacto bruto. La proporción de virgen es la palanca de mayor efecto en este producto.

Embalaje de transporte. Es la segunda contribución (8,6–8,8 %) con un único uso, lo que lo identifica como candidato a simulaciones de reutilización, no realizadas en este estudio.

Suministro. El cambio a suministro internacional o mixto añade entre 4,4 y 6,3 mPt, un efecto acotado frente a la composición pero detectable con la herramienta.

Reglas de cálculo. El crédito por reciclaje externo determina el resultado neto del caso 1 y condiciona la lectura de las variaciones porcentuales, por lo que debe comunicarse junto al impacto bruto.

6. Discusión y limitaciones

La aplicación industrial muestra que la herramienta permite a una empresa identificar, con datos propios y sin experiencia previa en ACV, qué etapas concentran el impacto de un producto y cómo se modifica al cambiar el suministro. Al mismo tiempo, pone de manifiesto que la presentación de un único valor neto puede inducir conclusiones erróneas cuando intervienen créditos por reciclaje: dos configuraciones con impacto bruto similar aparecen separadas por un factor próximo a cinco.

Los resultados deben interpretarse dentro de su alcance. El estudio es de la cuna a la puerta y no incluye el fin de vida del envase tras su uso. Los procesos de transformación proceden del catálogo de la herramienta, que representa condiciones medias del sector, y pueden sustituirse por procesos personalizados con datos de planta. El crédito por reciclaje aplica una simplificación respecto a la CFF, por lo que el análisis se apoya en el impacto bruto. Las variaciones presentadas corresponden a escenarios modelizados de un único producto.

7. Transferencia e impacto

La herramienta está disponible para empresas del sector a través de su web (FOOTPLASTIC, s. f.-c), que describe la metodología y su funcionamiento (FOOTPLASTIC, s. f.-a). La guía de uso documenta la configuración de productos, la creación de procesos personalizados y la interpretación de simulaciones (FOOTPLASTIC, s. f.-b).

El caso aporta aprendizajes para la transferencia a pymes: la necesidad de fijar con claridad la unidad de referencia, de distinguir el impacto bruto del neto y de documentar los supuestos de suministro antes de comparar alternativas. Estos aprendizajes orientan las siguientes líneas de trabajo del equipo SyNC: alineación del cálculo de créditos con la CFF, inclusión del fin de vida posconsumo y ampliación de los casos de validación.

8. Conclusiones

El proyecto FOOTPLASTIC ha desarrollado y validado una herramienta que traslada el ACV y las recomendaciones del método PEF a la práctica de la industria transformadora del plástico, con modelizaciones de polímeros reciclados, procesos personalizables y simulación de escenarios.

En el envase de PP analizado, el polímero virgen concentra más de tres cuartas partes del impacto bruto, el embalaje de transporte es la segunda contribución y los cambios de suministro añaden entre 4,4 y 6,3 mPt. Estos resultados permiten priorizar las actuaciones de ecodiseño del producto.

La comparación entre configuraciones de circularidad exige explicitar los créditos y armonizar las reglas de asignación. Presentar el impacto bruto junto al neto y documentar el escalado de resultados son condiciones para que la herramienta sirva de base fiable a las decisiones empresariales.

9. Bibliografía

Comisión Europea. (s. f.). *PEF method*. https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/environmental-footprint-methods/pef-method_en

Comisión Europea. (2021). *Recomendación (UE) 2021/2279 de la Comisión, de 15 de diciembre de 2021, sobre el uso de los métodos de la huella ambiental para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 471, 1–396. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-81855

FOOTPLASTIC. (s. f.-a). *Cómo funciona FOOTPLASTIC*. https://footplastic.com/como-funciona

FOOTPLASTIC. (s. f.-b). *Guía de uso FOOTPLASTIC* [Manual de la aplicación]. MIK S. Coop. https://footplastic.com/

FOOTPLASTIC. (s. f.-c). *Huella ambiental: la herramienta que democratiza la medición de la huella ambiental*. MIK S. Coop. https://footplastic.com/

International Organization for Standardization. (2006a). *Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework* (ISO 14040:2006).

International Organization for Standardization. (2006b). *Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines* (ISO 14044:2006).

Jefatura del Estado. (2022). Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. *Boletín Oficial del Estado*, 85, de 9 de abril de 2022. https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7

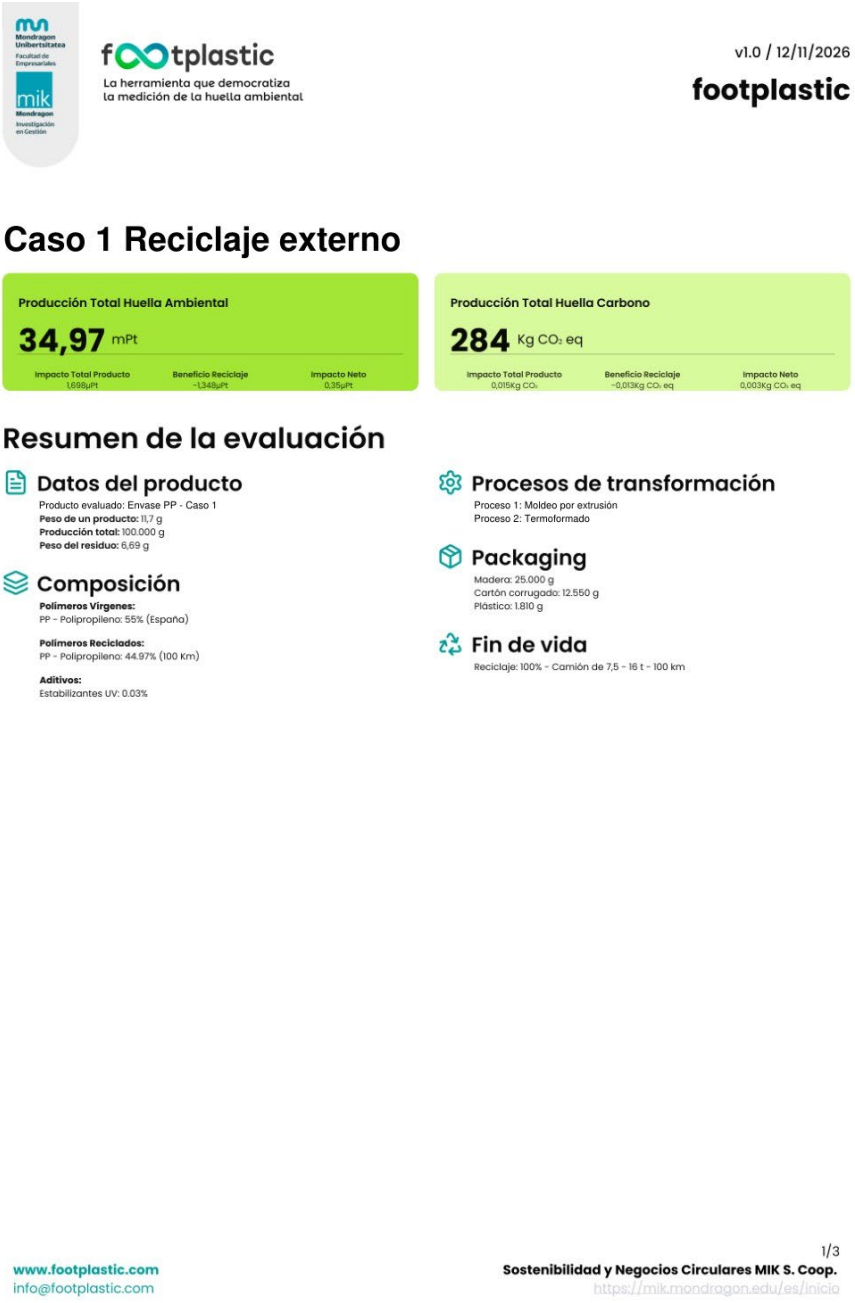
Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2025). Reglamento (UE) 2025/40, de 19 de diciembre de 2024, relativo a los envases y residuos de envases. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L, 2025/40. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/40/oj

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E. y Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): Overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 21*(9), 1218–1230. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8

10. Anexos I–IV. Informes de evaluación y simulaciones

Los anexos I y III reproducen los informes de evaluación de referencia de cada caso exportados por la aplicación. Los anexos II y IV recogen las tarjetas de las simulaciones S1 y S2 y la transcripción de sus tablas de resultados. En las tablas exportadas, los valores de huella ambiental por etapa aparecen etiquetados en µPt, mientras que los gráficos de la misma exportación los expresan en mPt; se transcriben en mPt porque su suma coincide con el total de producción (apartado 5.2). Las referencias comerciales se han sustituido por etiquetas genéricas.

Anexo I. Caso 1: reciclaje externo. Informe de evaluación de referencia (1/3)



footplastic
La herramienta que democratiza la medición de la huella ambiental

v1.0 / 12/11/2026
footplastic

Caso 1 Reciclaje externo

Producción Total Huella Ambiental
34,97 mPt

Impacto Total Producto	Beneficio Reciclaje	Impacto Neto
1,698µPt	-1,348µPt	0,35µPt

Producción Total Huella Carbono
284 Kg CO_2 eq

Impacto Total Producto	Beneficio Reciclaje	Impacto Neto
0,015Kg CO_2	-0,013Kg CO_2 eq	0,003Kg CO_2 eq

Resumen de la evaluación

Datos del producto
Producto evaluado: Envase PP - Caso 1
Peso de un producto: 11,7 g
Producción total: 100.000 g
Peso del residuo: 6,69 g

Composición
Polímeros Vírgenes:
PP - Polipropileno: 55% (España)

Polímeros Reciclados:
PP - Polipropileno: 44.97% (100 Km)

Aditivos:
Estabilizantes UV: 0.03%

Procesos de transformación
Proceso 1: Moldeo por extrusión
Proceso 2: Termoformado

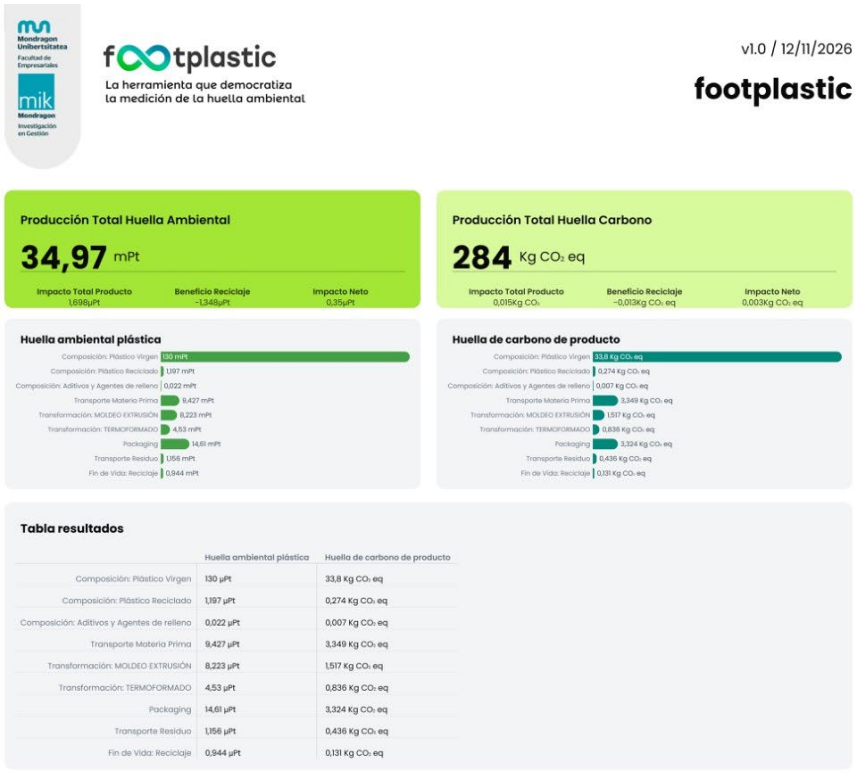
Packaging
Madera: 25.000 g
Cartón corrugado: 12.550 g
Plástico: 1.810 g

Fin de vida
Reciclaje: 100% - Camión de 7,5 - 16 t - 100 km

www.footplastic.com
info@footplastic.com

1/3
Sostenibilidad y Negocios Circulares MIK S. Coop.
https://mik.mondragon.edu/es/inicio

Anexo I. Caso 1: reciclaje externo (2/3)



Anexo I. Caso 1: reciclaje externo (3/3)



Anexo II. Caso 1: simulaciones S1 (internacional) y S2 (mixta)

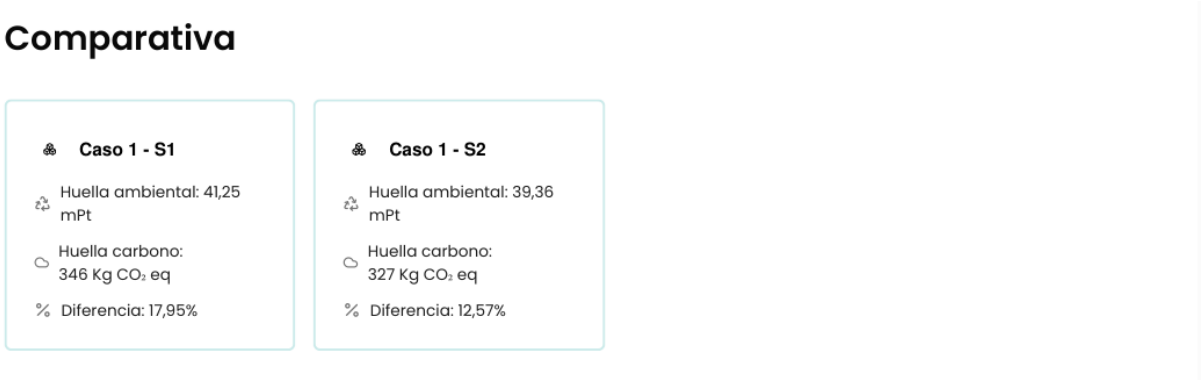


Figura A1. Tarjetas de las simulaciones S1 y S2 del caso 1. Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo II).

Concepto	Ambiental base mPt	Ambiental simulación mPt	Carbono base kg CO_2 eq	Carbono simulación kg CO_2 eq
Plástico virgen	130	130	33,8	33,8
Plástico reciclado	1,197	1,197	0,274	0,274
Aditivos y agentes de relleno	0,022	0,022	0,007	0,007
Transporte de materia prima	9,427	15,7	3,349	5,082
Moldeo por extrusión	8,223	8,223	1,517	1,517
Termoformado	4,53	4,53	0,836	0,836
Packaging	14,61	14,61	3,324	3,324
Transporte del residuo	1,156	1,156	0,436	0,436
Fin de vida Reciclaje	0,944	0,944	0,131	0,131

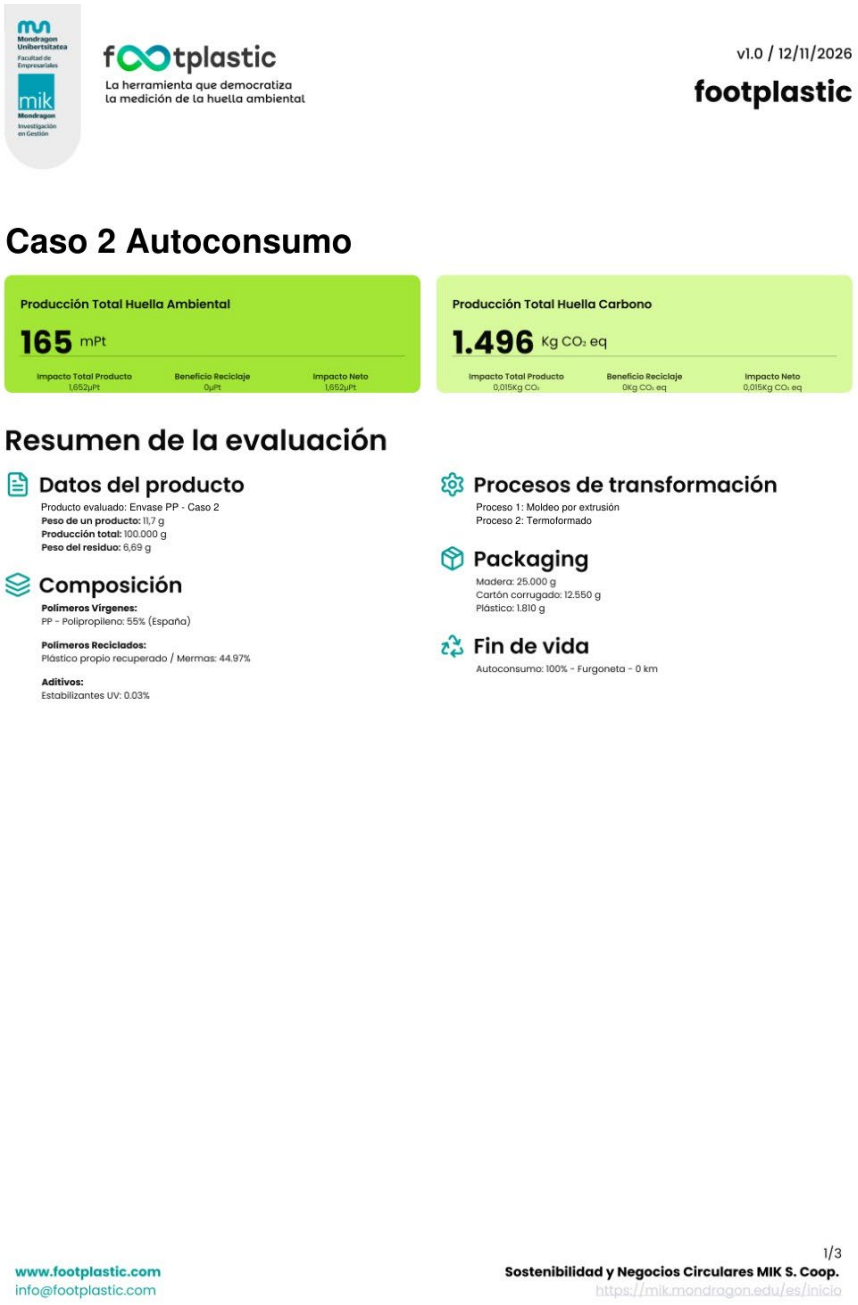
Cuadro A1. Transcripción de la tabla de resultados de S1 del caso 1 (mPt de la producción configurada). Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo II).

Concepto	Ambiental base mPt	Ambiental simulación mPt	Carbono base kg CO_2 eq	Carbono simulación kg CO_2 eq
Plástico virgen	130	130	33,8	33,8
Plástico reciclado	1,197	1,197	0,274	0,274
Aditivos y agentes de relleno	0,022	0,022	0,007	0,007

Concepto	Ambiental base mPt	Ambiental simulación mPt	Carbono base kg CO_2 eq	Carbono simulación kg CO_2 eq
Transporte de materia prima	9,427	13,82	3,349	4,562
Moldeo por extrusión	8,223	8,223	1,517	1,517
Termoformado	4,53	4,53	0,836	0,836
Packaging	14,61	14,61	3,324	3,324
Transporte del residuo	1,156	1,156	0,436	0,436
Fin de vida Reciclaje	0,944	0,944	0,131	0,131

Cuadro A2. Transcripción de la tabla de resultados de S2 del caso 1. Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo II).

Anexo III. Caso 2: autoconsumo. Informe de evaluación de referencia (1/3)



footplastic
La herramienta que democratiza la medición de la huella ambiental

v1.0 / 12/11/2026
footplastic

Caso 2 Autoconsumo

Producción Total Huella Ambiental

165 mPt

Impacto Total Producto	Beneficio Reciclaje	Impacto Neto
1,652µPt	0µPt	1,652µPt

Producción Total Huella Carbono

1.496 Kg CO_2 eq

Impacto Total Producto	Beneficio Reciclaje	Impacto Neto
0,015Kg CO_2	0Kg CO_2 eq	0,015Kg CO_2 eq

Resumen de la evaluación

Datos del producto
Producto evaluado: Envase PP - Caso 2
Peso de un producto: 11,7 g
Producción total: 100.000 g
Peso del residuo: 6,69 g

Composición
Polímeros Vírgenes:
PP - Polipropileno: 55% (España)

Polímeros Reciclados:
Plástico propio recuperado / Mermas: 44.97%

Aditivos:
Estabilizantes UV: 0.03%

Procesos de transformación
Proceso 1: Moldeo por extrusión
Proceso 2: Termoformado

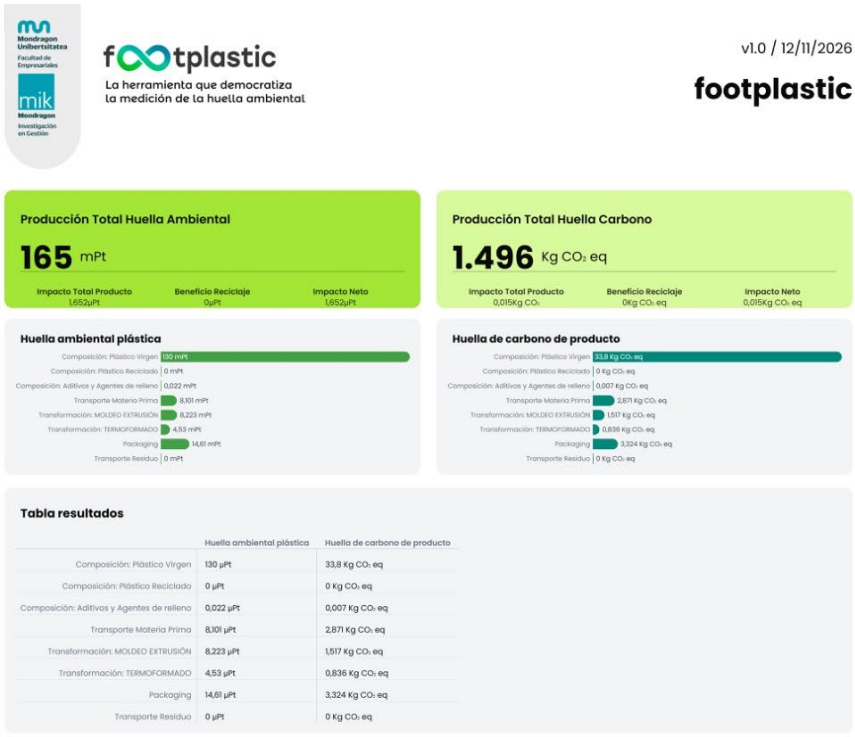
Packaging
Madera: 25.000 g
Cartón corrugado: 12.550 g
Plástico: 1.810 g

Fin de vida
Autoconsumo: 100% - Furgoneta - 0 km

www.footplastic.com
info@footplastic.com

1/3
Sostenibilidad y Negocios Circulares MIK S. Coop.
https://mik.mondragon.edu/es/inicio

Anexo III. Caso 2: autoconsumo (2/3)



footplastic
La herramienta que democratiza la medición de la huella ambiental

v1.0 / 12/11/2026

footplastic

Producción Total Huella Ambiental

165 mPt

Impacto Total Producto	Beneficio Reciclaje	Impacto Neto
1,652µPt	0µPt	1,652µPt

Producción Total Huella Carbono

1.496 Kg CO_2 eq

Impacto Total Producto	Beneficio Reciclaje	Impacto Neto
0,015Kg CO_2	0Kg CO_2 eq	0,015Kg CO_2 eq

Huella ambiental plástica

Huella de carbono de producto

Tabla resultados

	Huella ambiental plástica	Huella de carbono de producto
Composición: Plástico Virgen	130 µPt	33,8 Kg CO_2 eq
Composición: Plástico Reciclado	0 µPt	0 Kg CO_2 eq
Composición: Aditivos y Agentes de relleno	0,022 µPt	0,007 Kg CO_2 eq
Transporte Materia Prima	8,101 µPt	2,871 Kg CO_2 eq
Transformación: MOLDEO EXTRUSIÓN	8,223 µPt	1,517 Kg CO_2 eq
Transformación: TERMOFORMADO	4,53 µPt	0,836 Kg CO_2 eq
Packaging	14,61 µPt	3,324 Kg CO_2 eq
Transporte Residuo	0 µPt	0 Kg CO_2 eq

www.footplastic.com
info@footplastic.com

2/3
Sostenibilidad y Negocios Circulares MIK S. Coop.
https://mik.mondragon.edu/es/inicio

Anexo III. Caso 2: autoconsumo (3/3)



Anexo IV. Caso 2: simulaciones S1 (internacional) y S2 (mixta)

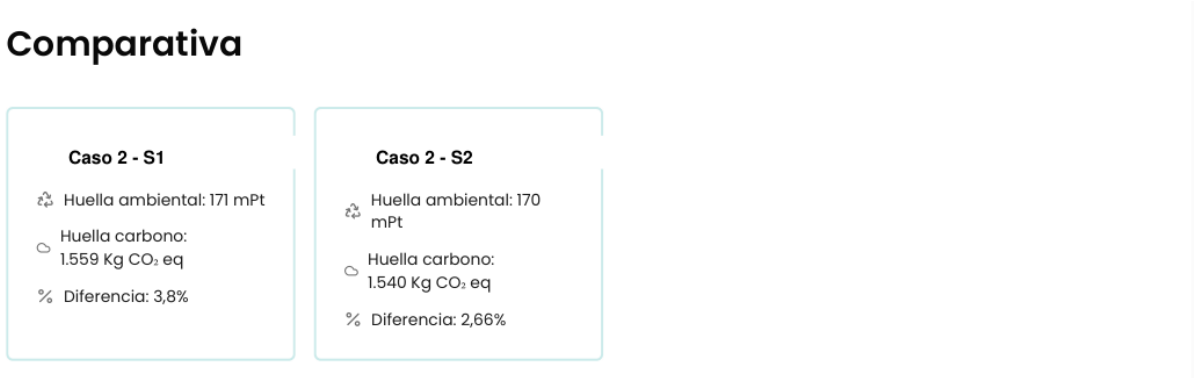


Figura A2. Tarjetas de las simulaciones S1 y S2 del caso 2. Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo IV).

Concepto	Ambiental base mPt	Ambiental simulación mPt	Carbono base kg CO_2 eq	Carbono simulación kg CO_2 eq
Plástico virgen	130	130	33,8	33,8
Plástico reciclado	0	0	0	0
Aditivos y agentes de relleno	0,022	0,022	0,007	0,007
Transporte de materia prima	8,101	14,38	2,871	4,604
Moldeo por extrusión	8,223	8,223	1,517	1,517
Termoformado	4,53	4,53	0,836	0,836
Packaging	14,61	14,61	3,324	3,324
Transporte del residuo	0	0	0	0

Cuadro A3. Transcripción de la tabla de resultados de S1 del caso 2. Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo IV).

Concepto	Ambiental base mPt	Ambiental simulación mPt	Carbono base kg CO_2 eq	Carbono simulación kg CO_2 eq
Plástico virgen	130	130	33,8	33,8
Plástico reciclado	0	0	0	0
Aditivos y agentes de relleno	0,022	0,022	0,007	0,007
Transporte de materia prima	8,101	12,5	2,871	4,084

Concepto	Ambiental base mPt	Ambiental simulación mPt	Carbono base kg CO_2 eq	Carbono simulación kg CO_2 eq
Moldeo por extrusión	8,223	8,223	1,517	1,517
Termoformado	4,53	4,53	0,836	0,836
Packaging	14,61	14,61	3,324	3,324
Transporte del residuo	0	0	0	0

Cuadro A4. Transcripción de la tabla de resultados de S2 del caso 2. Fuente: informes exportados de FOOTPLASTIC (anexo IV).