



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

*Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García.
AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)*

1. Resumen.

Los envases de transporte de sustancias y preparados peligrosos están regulados por ADR (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera), y necesitan una homologación, entre otros requisitos, que asegura su integridad y su seguridad. Estos envases, tras su uso se convierten en residuos peligrosos que deben ser tratados adecuadamente. La gestión actual de estos residuos plásticos es a través de la técnica del triple lavado que elimina la peligrosidad. En este proceso, se emplea gran cantidad de agua y se genera un importante volumen de aguas residuales que deben ser depuradas. Tras este proceso de lavado y triturado el material resultante es un reciclado de baja calidad.

En el proyecto LIFE EXTRUCLEAN (LIFE13 RNV/ES/000067) se ha demostrado la mejora de proceso de reciclado y de producto, mediante la aplicación de una técnica de extracción de sustancias peligrosas mediante dióxido de carbono supercrítico en extrusora que permite reducir el proceso de lavado inicial y obtiene un material reciclado de más alta calidad que el original.

2. Introducción: definición del problema ambiental a resolver.

El polietileno es el material más empleado en la industria, sus aplicaciones son muy diversas, pero el mayor uso es en el sector del envase y embalaje. Existen diferentes tipos de polietileno, siendo los más importantes el polietileno de alta densidad (HDPE) y el polietileno de baja densidad (LDPE), siendo este último empleado principalmente en envase flexible frente al de alta densidad que es más empleado en envase rígido.

El polietileno de alta densidad es uno de los materiales más empleados en la fabricación de envases y embalajes destinados al transporte y almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos. Estos envases, según la legislación vigente (ADR) deben cumplir unas especificaciones y ser homologados para su comercialización. Cuando estos envases son usados y finalizan su vida útil, se convierten en residuos peligrosos porque han adsorbido en su superficie parte de las sustancias que contenían, como por ejemplo, disolventes o productos fitosanitarios. Tal como indica la legislación, estos residuos deben ser tratados adecuadamente.



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García. AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)



Figura 1: Residuos peligrosos procedentes del transporte y almacenaje de sustancias y preparados peligrosos

En la actualidad estos residuos peligrosos son reciclados, eliminando su peligrosidad por la técnica del tripe lavado. En este tripe lavado se intercalan etapas de triturado y de secado y como resultado se obtiene un material triturado que puede posteriormente ser extruído para la obtención de granza. Tanto el material triturado como el granceado, ya es considerado material reciclado.

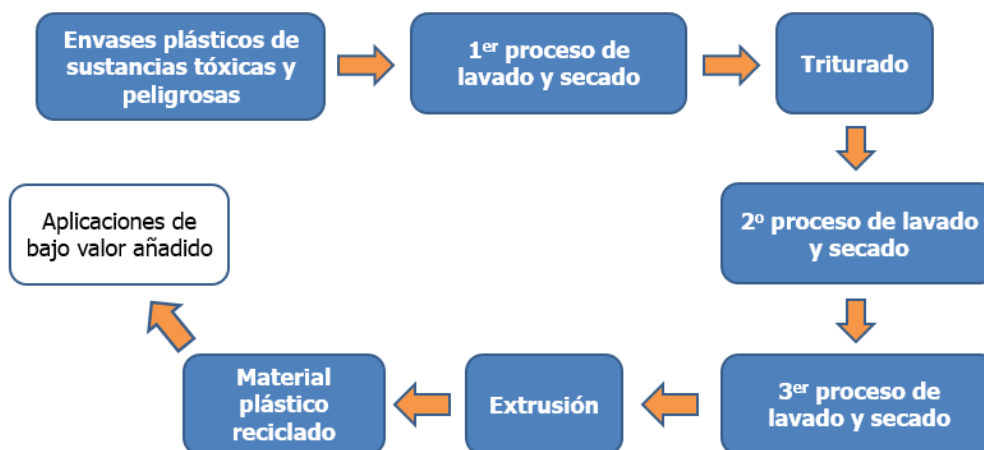


Figura 2: Reciclado convencional de residuos peligrosos de envase plástico

Este material obtenido, presenta unas propiedades físico-mecánicas inferiores y un olor característico a las que tenía el HDPE de origen y por esta razón no es posible emplearlo en aplicaciones de alto valor añadido, como es el caso del envase de transporte de



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

*Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García.
AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)*

sustancias y preparados peligrosos. En la actualidad este material, suele venderse en forma de triturado, a bajo precio a países terceros, produciéndose una pérdida de materiales, que son recursos, en la Unión Europea.

Además de la propia aplicación, este proceso de reciclado, tiene un impacto ambiental considerable debido a un alto consumo de agua, productos químicos y energía, generando unas aguas residuales que son depuradas y recirculadas al proceso de reciclado.

Además de la tecnología de tripe lavado para eliminar peligrosidad, o lo que es lo mismo, eliminar sustancias peligrosas, existen otras tecnología que actualmente son aplicadas en otros sectores que dan como resultado la extracción de sustancias en una matriz. Éste es el caso de la extracción por fluidos supercríticos (FSC).

Un fluido supercrítico es cualquier sustancia que se encuentre en condiciones de presión y temperatura superiores a su punto crítico que se comporta como “un híbrido entre un líquido y un gas”, es decir, puede difundir como un gas (efusión), y disolver sustancias como un líquido (disolvente). Los FSC se caracterizan por el amplio rango de densidades que pueden adoptar. Por encima de las condiciones críticas, pequeños cambios en la presión y la temperatura producen grandes cambios en la densidad. En un diagrama de fases clásico, las curvas de fusión, sublimación y vaporización muestran las zonas de coexistencia de dos fases. Tan solo hay un punto de coexistencia de tres fases, el llamado punto triple (PT). El cambio de fase se asocia a un cambio brusco de entalpía y densidad. Pero por encima del punto crítico (PC) este cambio no se produce, por tanto, podríamos definir este punto como aquel por encima del cual no se produce licuefacción al presurizar, ni gasificación al calentar; y por ende un fluido supercrítico es aquel que se encuentra por encima de dicho punto.

Los FSC presentan ventajas en los procesos de extracción, ya que al comportarse como un líquido facilita la disolución de los solutos, a la vez que, su comportamiento como gas permite una fácil separación de la matriz. Esto conlleva un proceso de extracción más rápido, eficiente y selectivo que en el caso de la extracción líquido-líquido. Dentro de este grupo de posibles fluidos se encuentra el CO₂, que es considerado como un disolvente “verde”, frente a los clásicos disolventes orgánicos de las extracciones líquido-líquido. Además, debido a que al ser el CO₂ un gas a temperatura y presión ambiental, la generación de residuos es prácticamente nula, aunque necesita ser purificado ante una reutilización.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de fases del CO₂. A partir de temperaturas de 31.1 °C y presiones de 73 bares, el dióxido de carbono se encuentra en estado supercrítico, condiciones fácilmente alcanzables en un proceso de extrusión.



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García.
AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)

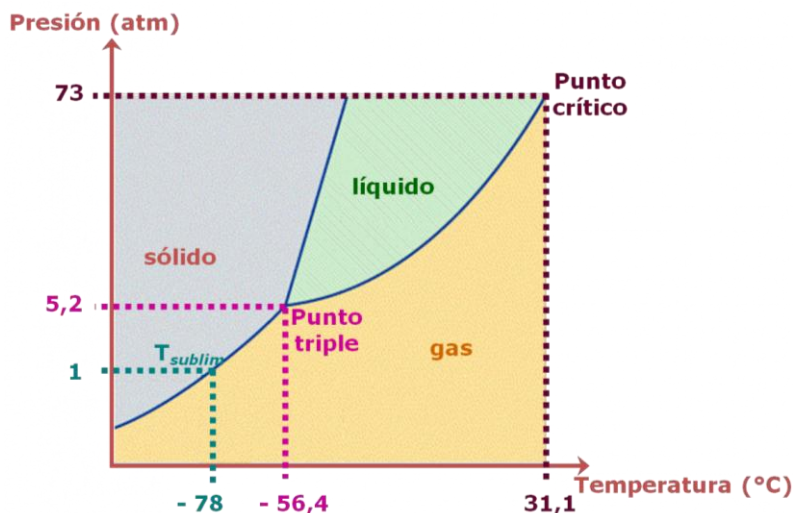


Figura 3: Diagrama de fases del dióxido de carbono, CO_2

A partir de los aspectos comentados anteriormente, se planteó la necesidad de demostrar que es posible obtener un HDPE reciclado de alta calidad a partir de residuos de envases que han contenido sustancias y preparados peligrosos, mediante la aplicación de una técnica de fluidos supercríticos en continuo, dando lugar a una reducción considerable del impacto ambiental. De esta necesidad, nace el proyecto LIFE EXTRUCLEAN “Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante dióxido de carbono supercrítico (sc-CO_2) en los procesos de reciclaje”, (LIFE13 RNV/ES/000067) Este proyecto dio comienzo en julio del año 2014 y tiene prevista su finalización en diciembre de 2016 y está subvencionado dentro del Programa LIFE+ Política y Gobernanza Medioambientales de la Comisión Europea.

3. Desarrollo del proyecto

El objetivo del proyecto LIFE EXTRUCLEAN es demostrar la viabilidad del uso del sc-CO_2 en el proceso de reciclado del HDPE procedente de envases y embalajes que han contenido sustancias y preparados peligrosos, con el fin de eliminar total o parcialmente la segunda y tercera etapa de lavado del proceso tradicional de reciclado, con el consiguiente ahorro de agua, productos químicos y energía.

En la siguiente figura se muestra el nuevo proceso (proceso LIFE EXTRUCLEAN) donde se ve con color muy tenue las dos etapas que se eliminan del proceso tradicional y se muestra la introducción del CO_2 como fluido supercrítico para obtener un material reciclado, en granza, que puede ser empleado para obtener nuevos envases homologables para el envasado y transporte de sustancias y preparados peligrosos.



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García.
AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)

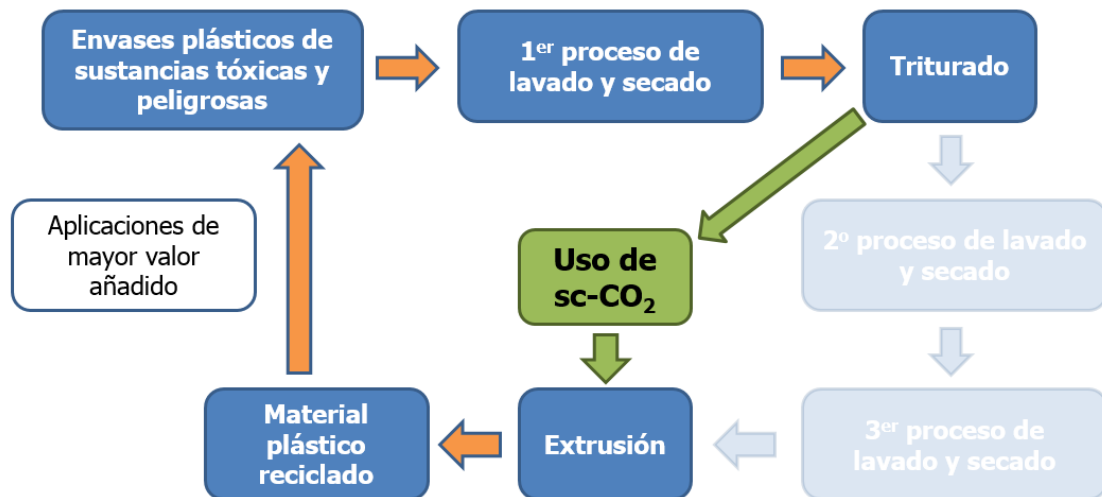


Figura 4: Modificaciones en el esquema de reciclado (proceso LIFE EXTRUCLEAN)

El proyecto ha sido desarrollado a escala planta piloto y en la actualidad se encuentra escalándose a nivel de proceso industrial.

El consorcio del proyecto, está formado por:

- ENPLAST: empresa especializada en el diseño y fabricación de envases y embalajes de plástico para diferentes usos
- ACTECO: grupo de empresas dedicada al reciclado y a las soluciones medioambientales para el sector del plástico
- ARVET: asociación de exportadores de los sectores de limpieza e higiene, lámparas, ferretería, equipamiento de baño, materiales de construcción, maquinaria y otros sectores manufactureros
- AIDIMA: instituto tecnológico especializado en el embalaje con gran experiencia en la investigación y la evaluación de los envases y embalajes destinados al transporte y almacenamiento de sustancias tóxicas y peligrosas a la vez que de los aspecto medioambientales relacionados con su uso y reciclado
- AIMPLAS: instituto tecnológico con gran experiencia en la composición, procesado, reciclado, desarrollo de producto y análisis de materiales plásticos para diferentes sectores, como la construcción, la automoción, el embalaje y otros usos tradicionales. Es el coordinador del proyecto.



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García.
AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)

El alcance del proyecto es para envases que han contenido líquidos inflamables y sustancias corrosivas (caso de estudio 1) y productos fitosanitarios (caso de estudio 2), quedando el resto de sustancias y preparados fuera del alcance del mismo.

A continuación se muestra un pequeño esquema de la parte técnica del proyecto, excluyendo monitorización, gestión y difusión.

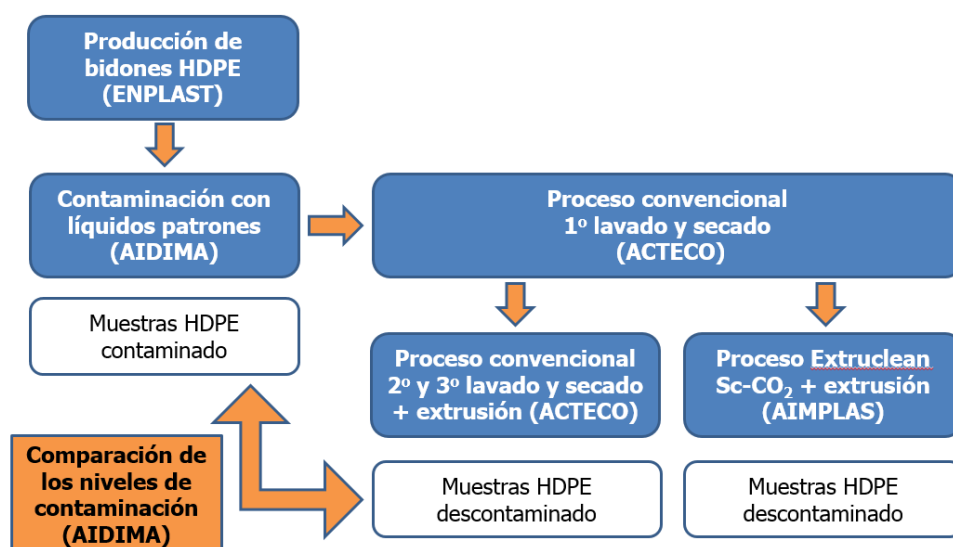


Figura 5: Esquema técnico del proyecto

En el proyecto se optimizaron y ajustaron inicialmente los parámetros de extrusión con sc-CO₂ (CO₂ supercrítico) a nivel de planta piloto. Para hacerlo adecuadamente, se contaminó previamente HDPE virgen con los simulantes de las sustancias y preparados objetos del proyecto. Para ello se desarrolló una metodología específica, basándose en la bibliografía y la legislación específica como los challenge test empleados para reciclado en contacto con alimentos, pero aplicando los simulantes relacionados con ADR (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera). Los simulantes empleados fueron, acetato de butilo, white spirit (mezcla de hidrocarburos) y disolución tensoactiva, para el caso de estudio 1. El líquido modelo PFL FR 2323 se empleó para asimilar los productos fitosanitarios. Las condiciones de contaminación fueron 28 días a 40 °C, comprobándose en cada caso que con estas condiciones se alcanzaba el máximo de contaminación. Estas pruebas de contaminación inicial se realizaron tanto sobre granza virgen como con envases hechos con este material.

Estas muestras fueron analizadas por cromatografía para determinar el nivel de contaminación, mediante cromatografía de gases por espacio de cabeza.



LIFE EXTRUCLEAN: Eliminación de sustancias peligrosas en envases de polietileno mediante el uso de dióxido de carbono supercrítico en el proceso de reciclado.

Autores: Rosa González, Eva Verdejo, Alba Ortiz, Carolina Salinas, Núria García.
AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico (www.aimplas.es)

Las muestras contaminadas fueron procesadas mediante una doble extrusora en línea, en el que se inyecta el CO₂, en condiciones que alcance el estado supercrítico, tal y como se muestra en la siguiente figura.

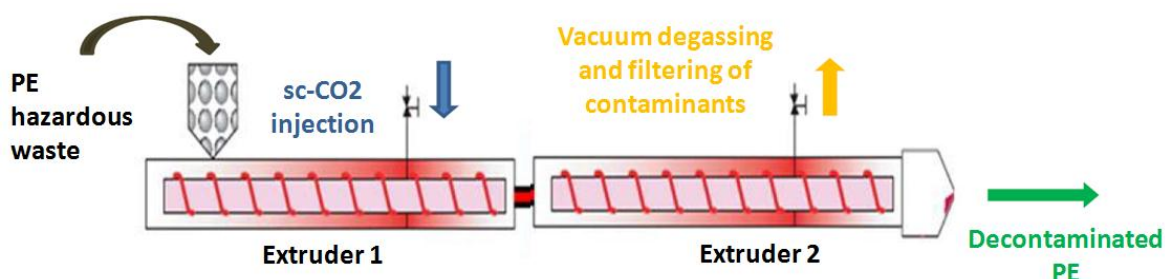


Figura 6: Esquema técnico del proyecto

Estas mismas muestras contaminadas fueron tratadas mediante el proceso de reciclado tradicional (triple lavado) para comparar la eficacia de ambos procesos.

Las muestras descontaminadas por el proceso tradicional y por el proceso LIFE EXTRUCLEAN fueron analizadas por cromatografía de gases.

Las pruebas a escala piloto demuestran una alta eficacia del proceso EXTRUCLEAN, siendo hasta un 66% superior a la del proceso tradicional de triple lavado en el caso de estudio 1 (para envases de líquidos inflamables y corrosivos) y hasta un 72% superior en el caso de estudio 2 (para envases de productos fitosanitarios).

Con respecto a los resultados a nivel ambiental, aunque falta su cálculo cuando se escale el proceso a nivel industrial, se observa una reducción de consumos de agua y productos químicos de limpieza y en un balance positivo en el ahorro de energía, debido a la eliminación de las etapas de lavado 2 y 3. Además habrá que tener en cuenta que al obtener un producto con mejores características físico-mecánicas, que se terminarán de observar con el escalado industrial y la fabricación de nuevos bidones, se demuestra la obtención de un HDPE reciclado mejorado. Esto supone una verdadera sustitución de material virgen por reciclado en esta aplicación, lo que implica una reducción general de los impactos ambientales, y en particular el asociado a cambio climático.

4. Conclusiones del proyecto

El proyecto LIFE EXTRUCLEAN supone la demostración que es posible la obtención de HDPE reciclado de alta calidad para la producción de envases para el envasado y transporte de sustancias y preparados peligrosos homologados para ADR.

El proceso LIFE EXTRUCLEAN, debe ser considerado como una tecnología limpia para el reciclado de envases peligrosos que han contenido sustancias y preparados peligrosos por su disminución en consumo de agua, productos químicos y energía, frente a los procesos tradicionales de reciclado por triple lavado.