

04-045

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF HYDROCARBON WASTE MANAGEMENT.

Pacheco-Blanco, B. ⁽¹⁾; Artorga-Mendoza, F. ⁽²⁾; Artacho-Ramírez, M.A. ⁽³⁾; Cloquell Ballester, Víctor ⁽³⁾

⁽¹⁾ PRINS (Centro de Investigación en Dirección de Proyectos, Innovación y Sostenibilidad). Universitat Politècnica de València, ⁽²⁾ Universidad Politécnica de Valencia, ⁽³⁾ PRINS

The waste generated by vessels has a great impact on the marine environment. Consequently, a series of laws and conventions related to its management have been established, which tend to avoid constant degradation and minimizing adverse effects. In this sense, the Annex I of MARPOL convention classifies waste generated by ships or cargo residues of crude oil and ballast water contaminated with crude oil. Among these wastes, the hydrocarbons from bilges and tank washing are of special interest due to their danger to the marine environment, their abundance and their ease of recovery. The aim of this work is to analyze the current environmental impact of hydrocarbon management in a seaport. For this purpose, the Life Cycle Assessment methodology is used. The conclusions obtained help us to propose some improvements for recovery and management of hydrocarbons.

Keywords: LCA; waste management; hydrocarbon.

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA GESTIÓN DE HIDROCARBUROS RESIDUALS.

Los residuos generados por las embarcaciones provocan un gran impacto en el medio marino. Por consiguiente, se han establecido una serie de leyes y convenios relacionados con su gestión, que tienden a evitar la constante degradación y minimizar los efectos adversos. En este sentido, el convenio MARPOL clasifica en el anexo I, los desechos generados por buques o residuos de carga de petróleo crudo y agua de lastre contaminada con petróleo crudo. Entre estos desechos, los hidrocarburos provenientes de las sentinas y el lavado de tanques tienen especial interés por su peligrosidad para el medio marino, su abundancia y por su facilidad de recuperación. El objetivo de este trabajo es conocer el impacto ambiental actual de la gestión de hidrocarburos en un puerto marítimo. Con este fin, se utiliza la metodología de Análisis del Ciclo de Vida. Las conclusiones obtenidas, permiten proponer futuros escenarios de recuperación y gestión de hidrocarburos.

Palabras claves: ACV; gestión de residuos; hidrocarburos.

Correspondencia: Víctor Cloquell Ballester vacloque@upv.es

Agradecimientos: El trabajo se ha realizado en el marco del proyecto "IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS AMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LAS ACTIVIDADES DE MAYOR POTENCIAL DE SIMBIOSIS ENTRE LAS EMPRESAS QUE COMPONEN VALENCIAPORT" subvencionado por la Generalitat Valenciana para la realización de proyectos I+D+i desarrollados por grupos de investigación emergentes (GV), con referencia GVA/2020/217.1.



©2021 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.

En la actualidad, el transporte marítimo representa entre el 80 y el 90% del comercio mundial, con el transporte de 7.745 millones de toneladas (MITECO, 2021, UNCTAD, 2021) En la Unión Europea, los puertos transan alrededor de 3.587 millones de toneladas anuales¹ de bienes (Eurostat, 2021). Estos datos reflejan la importancia de los puertos que además se centran en la posición estratégica que ocupan en el suministro internacional y su repercusión a nivel local. Debido a esta posición, debe adaptarse constantemente a los desafíos emergentes que en la actualidad se centran en reducir los impactos ambientales generados en sus actividades.

Las emisiones en los puertos provienen de varias fuentes, tales como: buques, embarcaciones portuarias, equipos de manipulación de carga, trenes y vehículos pesados dentro o cerca del puerto (Vujičić et al., 2013). La gestión de los desechos generados por los buques es otra de las grandes preocupaciones, tal y como se vio reflejado en los resultados de 2003 de una encuesta internacional, donde se especifica la preocupación por los desechos portuarios, la eliminación de dragados y el dragado (Darbra et al., 2004).

En cuanto a los desechos, pueden ser sólidos provenientes del uso de productos diversos de los tripulantes, aguas de sentina aceitosas, aguas residuales y desechos peligrosos. Estos, habitualmente son descargados en los puertos o terminales, pero podrían separarse antes de su descarga o ser reutilizados para mejorar la rentabilidad o incluso para generar nuevas actividades comerciales. Lo cual, viene regulado por el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), bajo los auspicios de la Organización Marítima Internacional (OMI).

En concreto, la Gestión de Residuos según MARPOL anexo I, se centra en la recogida, transporte y almacenamiento de residuos, hasta que se realiza un control, análisis, separación de agua de sólidos y tratamiento. El tratamiento puede dividirse en dos etapas (previo o total), dependiendo del tipo de instalaciones con las que cuente cada puerto para procesar los residuos o si requiere un tratamiento posterior fuera de sus instalaciones. No obstante, Wilewska-Bien, Anderberg (2018) señalan que la gestión responsable e integrada de los residuos procedentes de buques, se logra si existen instalaciones que faciliten los procesos y a su vez que fomenten la eliminación de desechos en puertos y terminales, mediante la adopción de sistemas de reciclaje o reutilización.

Según Zuin et al. (2009), varios estudios han analizado la importancia a de modificar las tendencias de producción y consumo, así como la necesidad de reducir el impacto ambiental causado por la industria marítima. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), se perfila como una de las metodologías más usadas para evaluar los aspectos ambientales asociados con un producto, proceso o sistema a lo largo de su ciclo de vida (desde la cuna hasta la tumba). La cual permite tomar decisiones basadas en un análisis exhaustivo y datos cuantitativos que reflejan la envergadura de cada proyecto, sea de gestión de residuos, como del impacto de tecnologías de tratamiento, etc.

El objetivo de este artículo es conocer el impacto ambiental de la gestión de hidrocarburos del puerto de Valencia, aplicando la metodología de Análisis del Ciclo de Vida. Con este fin, presente documento se estructura en 4 apartados principales. En el capítulo 1 (Introducción), se identifica el problema, la necesidad, se presentan algunos antecedentes y se presenta el caso de estudio. En el capítulo 2 (Método), se presenta el marco metodológico (2.1) y los objetivos de investigación (2.2). En el capítulo 2.3, se

¹ Datos de EU 27 de 2020

describe el enfoque de análisis (2.3), dentro del que se especifican los escenarios de investigación (2.3.1), la unidad funcional (2.3.2), los límites del sistema (2.3.3.) y las categorías de impacto (2.3.4.). En el capítulo 2.4 se desarrolla el inventario del ciclo de vida, dentro del que se detalla: la calidad de los datos (2.4.1), y una descripción detallada del escenario actual de gestión (2.4.2). Posteriormente, se presentan los resultados del estudio (3): para el escenario base (3.1), los escenarios alternativos (3.2), y un análisis de sensibilidad (3.3). Finalmente, se presentan las discusiones y conclusiones.

1. Método.

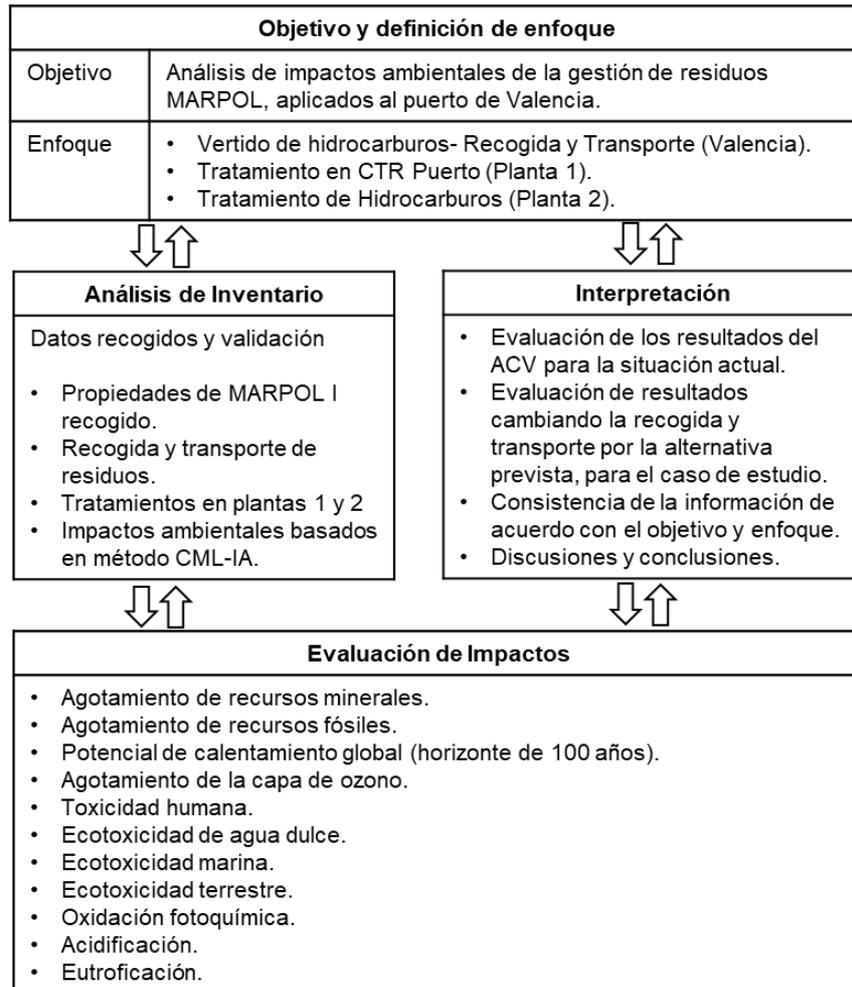
2.1. Marco metodológico

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) permite analizar desde una perspectiva medioambiental los impactos provocados durante el ciclo de vida de un producto o servicio, desde la adquisición de la materia prima, producción, uso, mantenimiento, tratamiento de fin de vida, reciclaje y disposición final. Asimismo, permite realizar comparaciones respecto a tecnologías usadas y escenarios de uso, proporcionando información sobre el impacto ambiental en las diferentes categorías de impacto, a través del desarrollo de los indicadores del ciclo de vida.

El marco de desarrollo de un ACV es conocido gracias a la serie de normas ISO 14000, que ha sido estandarizado por la Organización Internacional de Normas² (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006). Los problemas sociales y económicos están fuera del alcance del ACV. Estas normas, proporcionan de manera estandarizada, una serie de pautas relacionadas con las consideraciones a tener en cuenta para el desarrollo de un ACV (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006). Basado en esta metodología, el presente estudio se divide en cuatro pasos: 1) Definición de objetivo y alcance; 2) Análisis de inventario; 3) Evaluación de impacto; y 4) Interpretación de resultados (Figura 1).

Figura 1. Método de ACV seguido

² International Standards Organization- ISO



2.2. Objetivos de investigación

El objetivo del estudio es analizar la gestión de residuos de MARPOL I dentro del puerto de Valencia aplicando la metodología de ACV. A partir de los resultados, se pretender evaluar los impactos derivados de su gestión, para detectar las etapas críticas. A su vez, servirá para reforzar la toma de decisiones relacionada con la implementación de iniciativas de simbiosis detectadas entre las empresas que componen el clúster portuario (Artacho et al., 2020).

Para alcanzar el objetivo previsto se debe:

- Modelar el ciclo de vida de la gestión de residuos MARPOL I en el puerto de Valencia.
- Identificar las etapas de mayor impacto del ciclo de vida.
- Interpretar y proponer escenarios de análisis para mejorar la situación actual.

2.3. Descripción del enfoque

2.3.1. Descripción del escenario de investigación

Los procedimientos actuales de gestión del puerto de Valencia pueden ser similares a todos los puertos que cumplan la normativa de gestión de residuos MARPOL y que

cuenten con un Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) en sus instalaciones. Sin embargo, los escenarios pueden variar en función del tipo de residuo recogido y de los tratamientos para su obtención.

2.3.2. Unidad Funcional

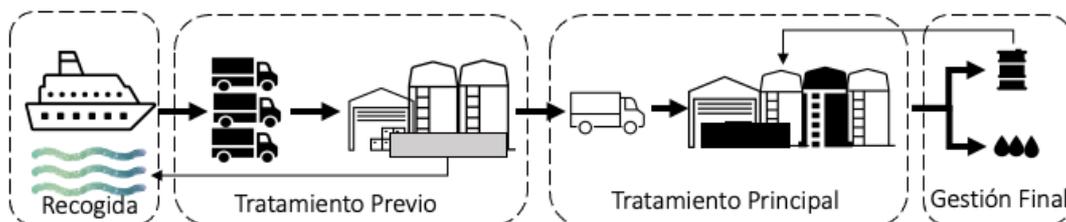
La unidad funcional es la unidad de referencia que permite medir el rendimiento de un sistema de producto, en la evaluación del ciclo de vida (ISO 14040, 2006). En la gestión de residuos debe tener en cuenta el período de tiempo al que se deben relacionar los impactos ambientales y la generación de residuos, la cantidad de residuos generados y su composición. En consecuencia, la UF es definida para este estudio como la recuperación de hidrocarburo durante un año. Lo que equivale a analizar la situación actual (datos de 2017), frente a otros escenarios de recuperación.

En la definición anterior se ha tenido en cuenta que la composición de la recogida de residuos líquidos está formada entre un 45 a 75% de una mezcla de agua con hidrocarburos, mientras que alrededor del 5% corresponde a material sólido y entre un 20 y un 50% puede corresponder a Hidrocarburos (IDOM, 2018). Según los datos de la Autoridad Portuaria de Valencia, la recogida de MARPOL I en 2017 ascendió a 102173 ton (APV, 2018). Lo cual corresponde a un 29,5% de Hidrocarburo recuperado (30141 ton) (Urbareser, 2018).

2.3.3. Límites del Sistema

Se desarrolla un enfoque “de la puerta a la puerta”, que considera como entrada principal los residuos de MARPOL I categoría C, hasta obtener hidrocarburo recuperado. Este enfoque incluye desde la recogida del residuo desde las embarcaciones, el traslado, almacenamiento y tratamiento previo, el tratamiento principal, hasta la gestión final de los residuos o subproductos (Figura 2).

Figura 2. Diagrama del ciclo de vida del HC recuperado



Quedan fuera del alcance de este estudio, los datos relacionados con otros vertidos según los tipos de embarcaciones (aguas negras y sólidos). Se consideran únicamente las cantidades recogidas de MARPOL I en el puerto de Valencia. Asimismo, se excluyen los procesos posteriores a la obtención del hidrocarburo recuperado.

2.3.4. Categorías de impacto

La fase de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (LCIA) tiene como objetivo identificar y cuantificar los impactos ambientales causados por todas las entradas y salidas del medio ambiente contadas en la fase del inventario del ciclo de vida y agregarlos a un conjunto de categorías de impacto y indicadores específicos.

Se pueden aplicar y utilizar de manera apropiada varios métodos de evaluación de impacto y diferentes indicadores. En este estudio se utilizó el método CML-IA, versión 4.7 (2016). Este método, desarrollado por la Centro de Estudios Medioambientales de la Universidad de Leiden, tiene un enfoque de punto medio, por lo que está orientado a los identificar problemas, e incluye las categorías de alto interés actual y similares a las utilizadas en estudios anteriores (Zuin et al., 2009), las cuales son Agotamiento de recursos minerales, Agotamiento de recursos fósiles, Potencial de calentamiento global (horizonte de 100 años), Agotamiento de la capa de ozono, Toxicidad humana, Ecotoxicidad de agua dulce, marina y terrestre, Oxidación fotoquímica, Acidificación y Eutroficación.

2.4 Inventario

2.4.1. Calidad de los datos

Los datos de cantidades de recogida, distancias y procesos, han sido recopilados de documentos públicos, modelados a partir de la literatura científica y bases de datos comerciales.

Los datos de los tratamientos de agua y lodos, así como los de consumo eléctrico, se obtuvieron de la base de datos incluida en el software SimaPro 9.1.1.1. En particular, se usó Ecoinvent v3.6, siempre que cumplieran con los siguientes requisitos de calidad de datos: (i) los datos debían tener fecha lo más reciente posible para presentar los procesos cuyos valores fueran actualizados o representaran la mejor tecnología disponible; (ii) se prefieren los datos de la UE, aunque puede considerarse otro origen si es el único dato disponible y que tenga relación con el alcance de este proyecto y procesos analizados, y (iii) los datos se obtuvieron solo para procesos con la misma función o producto (Zuin et al., 2009).

Se incluyen datos de la distribución de electricidad para España. Esta mezcla, considera la producción, las importaciones, la red de transmisión y las emisiones directas al aire. El desglose de la producción de electricidad por fuentes de energía en España (en 2018) es aproximadamente el siguiente: fósiles, 29,1%; nuclear, 20,4%; hidroeléctrica 13,1%; renovables 37,4% (REE, 2021).

Con respecto a las limitaciones de los datos, la incertidumbre se debe a la falta de información detallada de algunos procesos (por ejemplo, los porcentajes resultantes de las separaciones de lodos e hidrocarburos en las plantas de tratamiento). Cuando hubo dificultad para obtener datos locales, las fuentes de datos se revisaron en función de su importancia para los resultados generales.

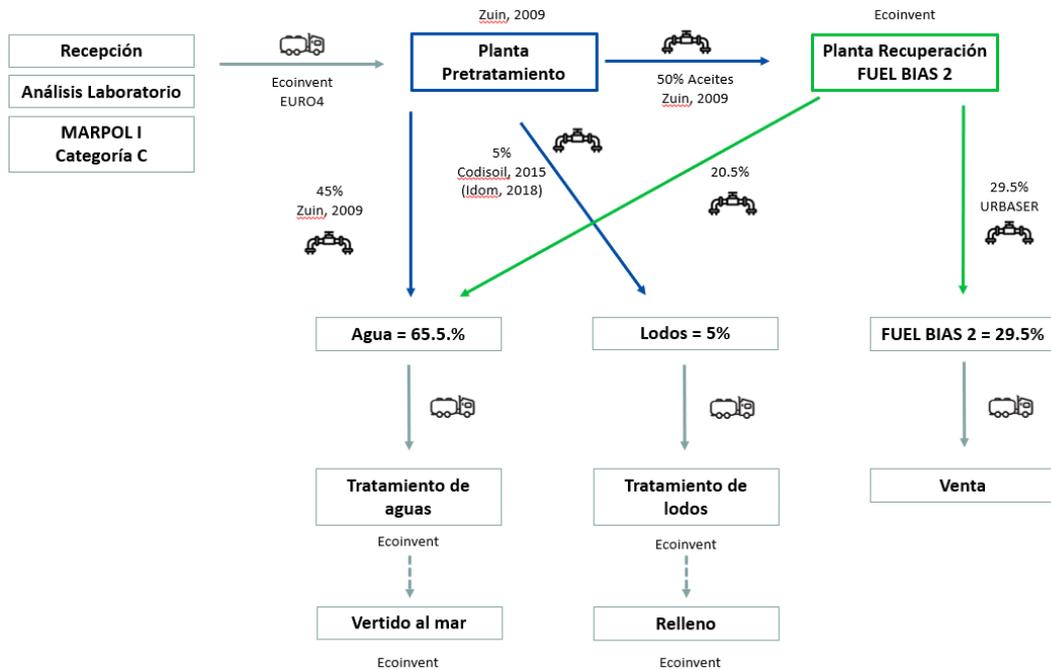
2.4.2. Escenario actual

En la actualidad, la recogida inicial de residuos proviene de las sentinas de las embarcaciones. Esta recogida esta compuesta de: a) aguas hidrocarburadas (45% – 75%); b) hidrocarburos (20% - 50%), y; sólidos (5%) (Idom, 2018). La mezcla anterior, es llevada hasta el Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) del Puerto de Valencia. El CTR tiene una superficie de 3.800 m² y cuenta con tres tanques de 450 m³, lo que proporciona una capacidad de almacenamiento de 1.350 m³ (APV, 2015).

Posteriormente, es separada el agua y sólidos, de los residuos oleosos. Estos últimos, son depurados para la recuperación de combustible, el cual está compuesto por: Fuel-Oil (80% - 85%), diésel y gasoil (10% - 15%) y aceites lubricantes (1% - 15%). Finalmente, el combustible resultante es comercializado para su uso en diferentes industrias (por ejemplo: cementera).

Las fases del tratamiento de residuos líquidos en el Puerto de Valencia, puede verse en la Figura 3 y son detalladas a continuación.

Figura 3. Situación actual del tratamiento de residuos líquidos del Puerto de Valencia



2.4.2.1. Recepción

La primera fase, comienza con la recogida de los residuos MARPOL I que se realiza desde las embarcaciones en el puerto de Valencia, con una media de descarga por escala de 30,91 m³ (IDOM, 2018), o 53,16 ton.

Para el traslado de los residuos líquidos, se disponen de cuatro cabezas tractoras y cuatro cisternas, las cuales representan una capacidad de carga de hasta 40 ton, que se desplazan desde cada embarcación hasta el CTR. La distancia media recorrida por los camiones, desde el Dique del Este hasta muelle de la Xita, es de aproximadamente 2 km (Figura 4).

Figura 4. Desplazamiento de los residuos líquidos desde las embarcaciones hasta el CTR



Antes del tratamiento de los residuos, se toma una muestra de la recogida que es analizada en laboratorio para determinar el porcentaje de contenido de agua y de sedimentos, el punto de inflamación y el contenido de PCBs (Policlorobifenilos). Si los valores de la muestra cumplen con los estándares definidos en el Real Decreto 679/2006, el encargado de la planta determina la línea de tratamiento que procede (APV, 2015), donde el contenido es traspasado desde los camiones cisternas a través de tuberías.

2.4.2.2. Centro de transferencia de residuos (Planta de tratamiento previo)

En el CTR o zona de tratamiento previo, se ejecuta la segunda fase del tratamiento, donde las entradas de MARPOL I son calentadas, decantadas y filtradas para eliminar sólidos, así como obtener aguas libres, emulsión hidrocarburada y lodos.

El funcionamiento del separador, se basa en la diferencia de densidades del agua y el aceite. Los cuales, por un proceso de decantación y aumento de temperaturas, se van separando por fases. Es decir, los aceites flotan sobre el agua, y una parte de los sólidos, se depositan en el fondo del estanque. Una vez separados los restos oleosos, el agua es retirada de los lodos mediante un proceso de centrifugado y evaporación.

Se estima que la mitad de los residuos obtenidos en este proceso, corresponde a aceites con un 40% remanente de agua, la cual debe ser trasladada a una planta de tratamiento integral de residuos oleosos. La otra mitad, está compuesta en un 90% por agua y un 10% por lodos y sólidos, que son filtrados durante el proceso (Zuin et al., 2009). Para efectos del ACV, se considera un consumo eléctrico de 18 [MJ/ton] para el proceso de calentamiento y decantado, así como un consumo de 3 [MJ/ton] para el proceso de centrifugado (Hu, 2020).

2.4.2.3. Planta de tratamiento integral de residuos oleosos

La emulsión hidrocarburada es trasladada de una planta de tratamiento principal a través de un sistema de tuberías, para ser depurada y retirar el remanente de agua. Para ello puede pasar por uno o más de los siguientes tratamientos: térmico; aditivación desemulsionante, agitación y decantación por gravedad (IDOM, 2018).

En función de las salidas obtenidas del proceso anterior, se continua con procesos específicos de gestión final (centrifugación vertical o destilación). De estos procesos, se obtiene el Fuel Oil recuperado o concentrado de hidrocarburos, el cual tiene un valor energético de 14.000 J/g (Zuin et al., 2009).

Antes de ser cargada en una cisterna para su retiro, el combustible pasa por un segundo proceso de filtrado, donde se utilizan mallas de tamaño inferior a 100 µm. Los sólidos recuperados, son añadidos al tratamiento de lodos. Finalmente, un análisis de laboratorio comprueba que los el producto cumple con los requerimientos para su uso posterior.

2.4.2.4. Tratamiento de las aguas

El agua recuperada de los procesos descritos anteriormente, corresponde a un 65,5% del total del residuo líquido. Una vez depurada, se comprueba que cumple con los niveles de concentración máximos admisibles. Finalmente, es vertida al mar (APV, 2015).

2.4.2.5. Tratamiento de sólidos y lodos

Durante todo el proceso, material sólido es recuperado desde la decantación, el filtrado y la planta depuradora. Este material sólido, es transportado a una planta externa de procesamiento especializada, para su inertización y depósito en vertedero. En este proceso, una parte de los lodos es valorizada energéticamente (APV, 2015).

2. Resultados

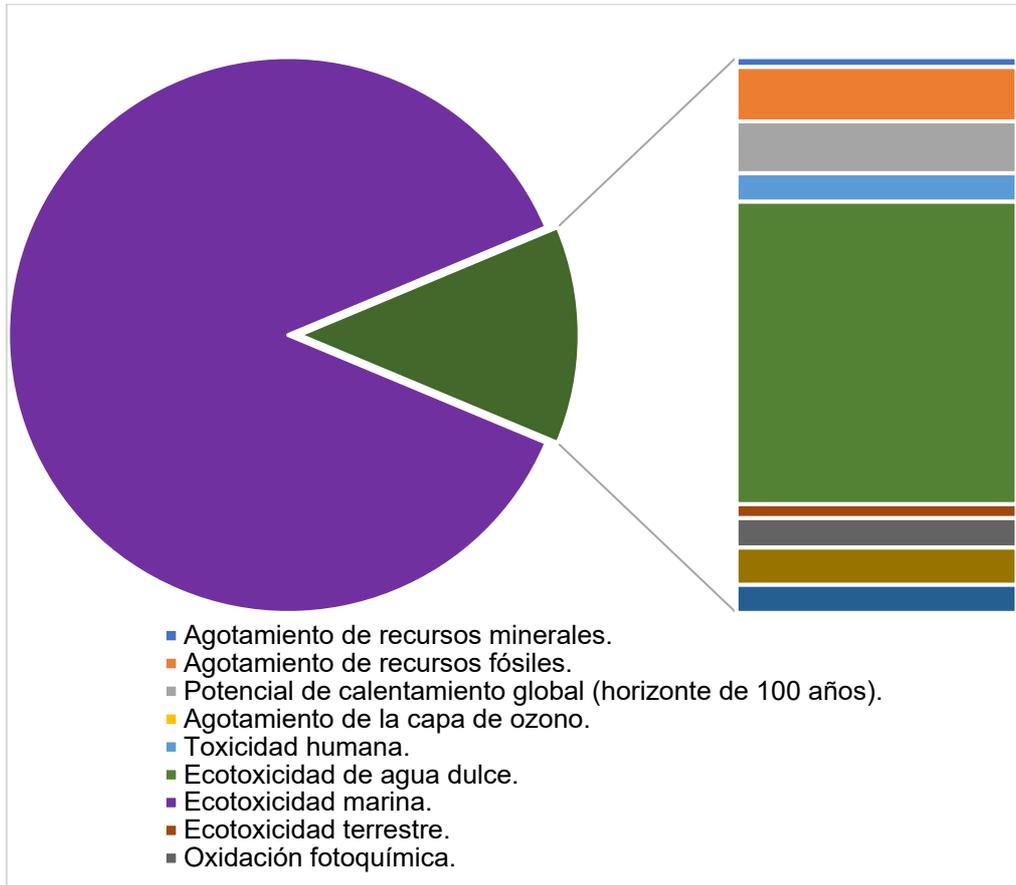
Según las categorías de impacto analizadas con el método CML-IA, los resultados del ciclo de vida pueden ser observados en la Tabla 2.

Tabla 2: Categorías de impacto

Categoría de impacto	Unidad	Total
Agotamiento de recursos minerales.	kg Sb eq	27
Agotamiento de recursos fósiles.	MJ	54917585
Potencial de calentamiento global	kg CO2 eq	8367564
Agotamiento de la capa de ozono.	kg CFC-11 eq	0,4
Toxicidad humana.	kg 1,4-DB eq	7073838
Ecotoxicidad de agua dulce.	kg 1,4-DB eq	5035482
Ecotoxicidad marina.	kg 1,4-DB eq	14340705860
Ecotoxicidad terrestre.	kg 1,4-DB eq	21732
Oxidación fotoquímica.	kg C2H4 eq	8025
Acidificación.	kg SO2 eq	33720
Eutroficación.	kg PO4--- eq	11887

Las categorías de impacto más significativas son: la Ecotoxicidad marina, con 14340705860 kg 1,4-DB eq/año, la cual representa un 87% del impacto del ciclo de vida analizada, y; la Ecotoxicidad del agua dulce, con 5035482 kg 1,4-DB eq representa un 7% de los impactos frente al resto de categorías (Figura 5).

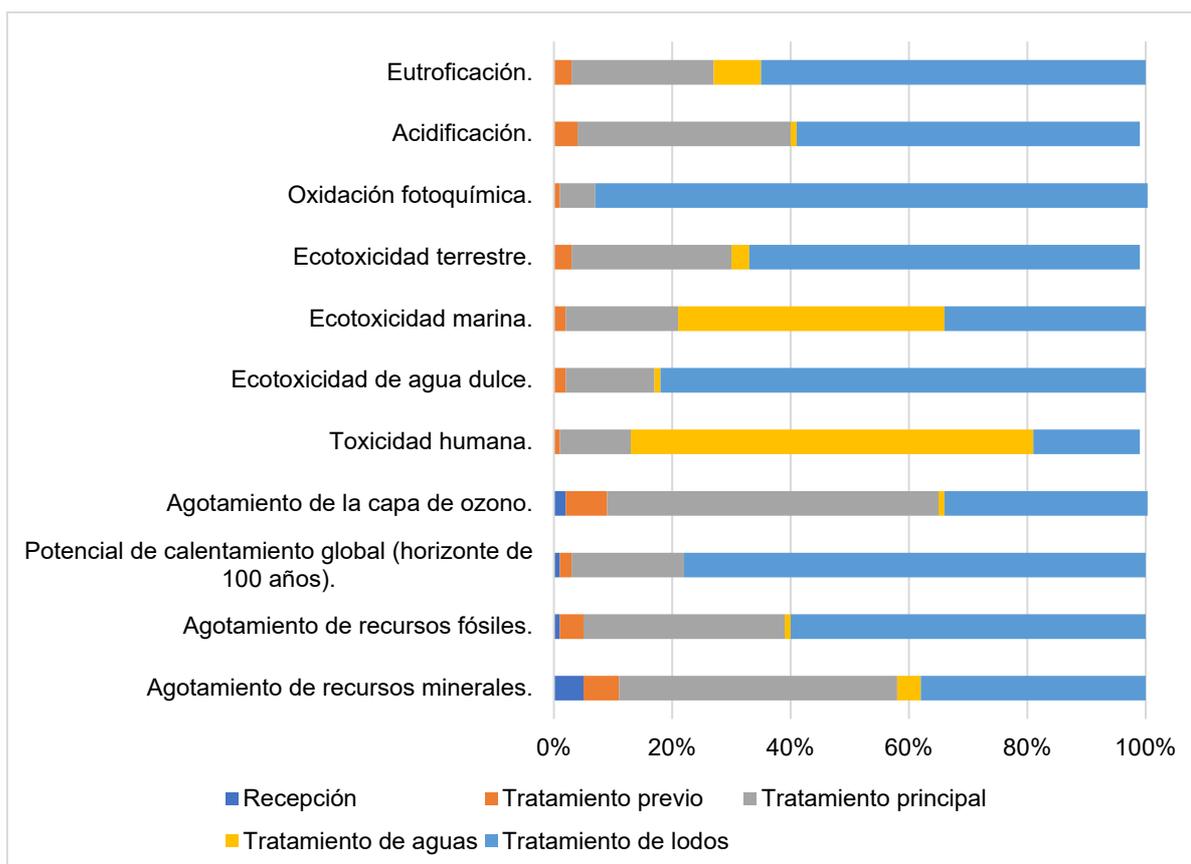
Figura 5: Categorías de impacto normalizadas



La Ecotoxicidad acuática está influenciada principalmente (44%) por la descarga de las aguas al mar tras su tratamiento, lo que se complementa con el tratamiento de lodos (34%) y el consumo eléctrico en el tratamiento principal de separación de las aguas oleosas (21%).

La contribución de cada etapa del ciclo de vida por categoría de impacto, se puede ver reflejada en la Figura 6. Destaca la contribución la fase de tratamiento de lodos en las categorías revisadas, en especial la categoría de Oxidación Fotoquímica (94%) y Ecotoxicidad acuática sobre el agua dulce (82%).

Figura 6. Influencia de etapas en categorías de impacto



De acuerdo a los resultados obtenidos, la fase de tratamiento de lodos es la etapa que mayor impacto tiene en 6 de las 11 categorías analizadas (Eutrofización, 65%; Acidificación, 58%; Oxidación Fotoquímica, 94%; Ecotoxicidad terrestre, 66%; Ecotoxicidad de agua dulce, 82%; Potencial de calentamiento global, 78%; y, Agotamiento de recursos fósiles, 60%).

La etapa del ciclo vida que ocupa el segundo lugar en cuanto a los impactos causados, es la de Tratamiento principal (Acidificación, 36%; Ecotoxicidad terrestre, 27%; Ecotoxicidad de agua dulce, 15%; Potencial de calentamiento global (19%), Agotamiento de recursos fósiles (34%), Agotamiento de recursos minerales (47%).

Respecto al Potencial de Calentamiento Global (GWP) para convertir las emisiones de varios gases de efecto invernadero (GEI) en una puntuación de calentamiento global, de acuerdo con el método de GWP establecido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007). Las emisiones de GEI se han convertido en emisiones de CO₂ equivalente (eq) utilizando los últimos coeficientes de GWP basados en un horizonte temporal de 100 años (GWP 100a). En esta categoría, las fases del ciclo de vida con mayor impacto son: el tratamiento de lodos (78%), seguido por el Tratamiento Principal (19%).

3. Discusión y conclusión.

Si bien se ha planteado unificar las líneas de proceso de residuos oleosos en el Puerto de Valencia, resulta crítico identificar las consecuencias en la calidad del combustible recuperado. En este sentido, las instalaciones del gestor de MARPOL I ubicadas en el puerto, están diseñadas para la recuperación de aceites y residuos provenientes de las sentinas de las embarcaciones, es decir, MARPOL I categoría C. Lo específico del material de entrada implica un producto de salida que cumple con una norma. Para el

tratamiento unificado de otros residuos con trazas de hidrocarburos, tales como los provenientes de la limpieza de instalaciones, se debe profundizar en la recogida de datos para conocer si el combustible recuperado de esta nueva mezcla, tiene un desempeño similar al Fuel 2 obtenido actualmente, así como si las instalaciones actuales son idóneas para este proceso. En esta línea, se han identificado industrias durante esta investigación, como la del cemento, que podría dar uso a residuos provenientes de los tratamientos mencionados.

En el 64% de las categorías estudiadas (7 de 11), el tratamiento de lodos es el que mayor influencia tiene, seguido por la depuración de la mezcla agua-fuel y el tratamiento de las aguas residuales.

Como conclusión, el análisis del ciclo de vida de la situación actual de la gestión de MARPOL I deja en evidencia la urgencia de mejorar la gestión de residuos de hidrocarburos.

Una de las estrategias vigentes, es la transición hacia combustibles de menor impacto. Asimismo, la mejora de la eficiencia de las embarcaciones previene el vertido voluntario e involuntario de su combustible. En última instancia, las autoridades portuarias pueden reducir el impacto de la gestión de Marpol I mejorando la eficiencia de sus instalaciones, a la vez que reaprovechan la gestión de hidrocarburos para generar combustibles que sean reinsertados en actividades dentro del mismo puerto.

En futuros estudios, se comparará el impacto de las tecnologías de gestión actuales, frente a escenarios que promuevan la circularidad de los materiales y energía.

4. Referencias.

AENOR. (2006). ISO 14044:2006 Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida Requisitos y directrices.

AENOR. (2006). ISO 14040:2006 Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida Principios y marco de referencia. AENOR.

Artacho-Ramírez, M. A., Pacheco-Blanco, B., Cloquell-Ballester, V. A., Vicent, M., & Celades, I. (2020). Quick wins workshop and companies profiling to analyze industrial symbiosis potential. Valenciaport's cluster as case study. Sustainability (Switzerland), 12(18). <https://doi.org/10.3390/su12187495>

APV (Autoridad Portuaria de Valencia), 2018. Memoria medioambiental 2018. <https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Memoria-Ambiental-2018ESP.pdf>

Convenio Marpol. Disponible en: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum19/vdm0256ar/Convenio_MARPOL_Refundido_2002.pdf (Descargado: 23.03.2021)

Darbra, R.M., Rona, A., Casal, J., Stojanovic, T.A., Wooldridge, C., 2004. The Self Diagnosis Method. A new methodology to assess environmental management in sea ports. Marine Pollution Bulletin 48, 420–428

Eurostat, 2021. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ttr00009/default/table?lang=en> ¹ Datos de EU 27 de 2020.

Finkbeiner, M.; Inaba, A.; Tan, R.; Christiansen, K.; Klüppel, H.-J. The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044. Int. J. Life Cycle Assess. 2006, 11, 80–85.

Hu, G., Feng, H., He, P., Li, J., Hewage, K., & Sadiq, R. (2020). Comparative life-cycle assessment of traditional and emerging oily sludge treatment approaches. *Journal of Cleaner Production*, 251, 12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119594>

IDOM, 2018. Análisis del servicio portuario de recepción de desechos generados por buques en el sistema portuario español. Disponible en: https://observatorio.puertos.es/DOC_PUBLICOS/Análisis%20servicio%20MARPOL%20puertos%20españoles.pdf

IMO, 2021. Azufre 2020: reduciendo las emisiones de azufre. Disponible en: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/Sulphur-2020.aspx> (Descargado: 23.03.2021)

MARPOL 73/78. Artículos, protocolos, anexos e interpretaciones unificadas del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978. Disponible en: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/marpol_articulos.pdf

MITECO, 2021. El tráfico marítimo. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/trafico_maritimo.aspx

REE, 2021. Sistema eléctrico nacional. Estructura de la generación por tecnologías en %, de 2018. Disponible en: https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion?start_date=2017-01-01T00:00&end_date=2018-12-31T23:59&time_trunc=year&systemElectric=nacional (23.03.2021).

UNCTAD, 2021. UNCTAD supports efforts to promote sustainability, adapt and build resilience against the climate emergency. Disponible en: <https://unctad.org/news/seizing-opportunity-climate-action-momentum>

Urbaser, 2018. Informe de Sostenibilidad 2017. Comunidad Valenciana. Disponible en: https://www.urbaser.com/descargas/informes/Informe_Sostenibilidad_C_Valenciana_2017.pdf

Vujičić, A., Zrnić, N., & Jerman, B. (2013). Ports sustainability: A life cycle assessment of zero emission cargo handling equipment. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 59(9), 547–555. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2012.933>

Wilewska-Bien, M., & Anderberg, S. (2018). Reception of sewage in the Baltic Sea – The port's role in the sustainable management of ship wastes. *Marine Policy*, 93(March), 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.012>

Zuin, S., Belac, E., & Marzi, B. (2009). Life cycle assessment of ship-generated waste management of Luka Koper. *Waste Management*, 29(12), 3036–3046. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.025>

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo
Sostenible**

