

Informe de obsolescencia de productos

Parte II: Informe de obsolescencia de una lavadora

Estudio pormenorizado de una lavadora

Comparación del análisis del ciclo de vida y coste económico
entre productos de a corto y largo plazo



Catálogo de publicaciones del Ministerio: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/>
Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es/>

Título: Estudios de obsolescencia de lavadoras
Edición 2024

Informe realizado en colaboración con el IHOBE



Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones

Edita
© SUBSECRETARÍA
Gabinete Técnico

Lengua/s: Español
NIPO: 665-24-051-3
Gratuita / Unitaria / En línea / pdf

ESTUDIO PORMENORIZADO DE UNA LAVADORA	13
1. Introducción	13
2. Objetivo	14
3. Estudio pormenorizado del producto: Lavadora	14
3.1. Contexto	14
3.1.1. Justificación de la elección	14
3.1.2. Descripción	16
3.1.3. Tipos	24
3.2. Ciclo de vida medio esperado y durabilidad	26
3.3. Principales causas de la obsolescencia material, funcional, psicológica y económica de las lavadoras	34
3.3.1. Obsolescencia material	35
3.3.2. Obsolescencia funcional	39
3.3.3. Obsolescencia psicológica	42
3.3.4. Obsolescencia económica	42
3.4. Análisis sobre la reparabilidad de las lavadoras: identificación de las dificultades más comunes para su reparación	45
3.4.1. Fallos más comunes en lavadoras domésticas	49
3.4.2. Maquinaria/herramientas necesarias para la reparación	58
3.4.3. Facilidad de desmontaje	58
3.4.4. Disposición y coste de los recambios	60
3.4.5. Tiempo de disposición de actualizaciones en el mercado del software en función del año del modelo	62
3.4.6. Propuestas para mejorar la reparabilidad del producto	63
COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y COSTE ECONÓMICO ENTRE PRODUCTOS DE A CORTO Y LARGO PLAZO	66
1. Introducción	66
2. Objetivo	67
3. Alcance y límites del sistema	69
4. Unidad funcional	70

5.	Definición del caso base	70
5.1.	Análisis de Ciclo de Vida del caso base	70
5.1.1.	Definición, objetivo y alcance del análisis	70
5.1.2.	Definición del Bill of Material (BOM)	71
5.1.3.	Definición de otros aspectos del inventario	73
5.1.4.	Análisis de inventario	75
5.1.5.	Evaluación de impactos	77
5.1.6.	Interpretación de los resultados	83
5.2.	Definición costes asociados al caso base (ACCV)	84
6.	Análisis posibles mejoras de diseño	86
6.1.	Mejoras en durabilidad	86
6.1.1.	Fallos más frecuentes y componentes implicados	86
6.1.2.	Posibles alternativas de diseño	87
6.1.3.	Implicaciones de las alternativas en el ACV	88
6.1.4.	Implicaciones de las alternativas en el ACCV	88
6.2.	Mejoras en la reparabilidad	89
6.2.1.	Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad	89
6.2.2.	Posibles alternativas de diseño	91
6.2.3.	Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV	92
6.3.	Mejoras en Reciclabilidad	92
6.3.1.	Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad	92
6.3.2.	Posibles alternativas de diseño	93
6.3.3.	Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV	94
7.	Definición del Caso mejorado	94
7.1.	Cambios en el BOM	94
7.2.	Cambios en otros aspectos del ciclo de vida	95
7.2.1.	Evaluación de impactos	96
7.2.2.	Interpretación de los resultados	102
7.3.	Cambios en el análisis de costes de ciclo de vida (ACCV)	102
8.	Comparativa Caso BASE vs. Caso MEJORADO	104
8.1.	Resultados comparativos de ACV	104
8.2.	Resultados comparativos de ACCV	107

8.3.	Interpretación de resultados	108
9.	Comparativa de la compra de una lavadora con el sistema de producto-servicio	108
10.	Evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad	113
10.1.	Evaluación de la durabilidad del producto	113
10.1.1.	Análisis de aspectos de diseño que pueden aumentarla durabilidad	114
10.1.2.	Posibles criterios de evaluación de la durabilidad	116
10.2.	Evaluación de la reparabilidad del producto	117
10.2.1.	Análisis de aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad	117
10.2.2.	Posibles criterios de evaluación de la reparabilidad	119
10.3.	Evaluación de la reciclabilidad del producto	122
10.3.1.	Análisis de aspectos de diseño que pueden aumentar la reciclabilidad	122
10.3.2.	Posibles criterios de evaluación de la reciclabilidad	124
11.	CONCLUSIONES	127
12.	Glosario de términos y acrónimos	137
ANEXO 1: ESTUDIO OBSOLESCENCIA DE LAVADORA DOMÉSTICA		140



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación en la composición de lavadoras (% de material) según diferentes referencias. Fuente: UNEP (2013).	21
Tabla 2. Materiales por componentes de una lavadora. Fuente: elaboración propia a partir de Yuan et al., 2016.	22
Tabla 3. Vida útil media de las lavadoras en diferentes países y años. Fuente: elaboración propia a partir de diferentes fuentes.	27
Tabla 4. Vida real (expresada en años) de las lavadoras. Fuente: elaboración propia.	28
Tabla 5. Vida media de una lavadora según su marca. Fuente: OCU, 2021.	30
Tabla 6. Categorías de productos agrupados por su función similar. Fuente: Tecchio et al., 2016.	51
Tabla 7. Defectos en las lavadoras según la encuesta de consumidores para el estudio alemán. Fuente: Prakash et al. (2020)	53
Tabla 8. Principales fallos, sus causas y la probabilidad de aparición del fallo. Fuente: WRAP	54
Tabla 9. Principales fallos y pieza o componentes implicados. Fuente: elaboración propia.	55
Tabla 10. Facilidad de desmontaje parcial de partes relevantes de las lavadoras. Fuente: Bracquené et al., 2018	60
Tabla 11. Principales averías en lavadoras y precios medios. Fuente: OCU, 2015	62
Tabla 12. Alcance y límites del sistema en el estudio comparativo de ACV. Fuente: lhobe	69
Tabla 13. Listado de Materiales (BOM) del producto base de referencia. Fuente: lhobe	72
Tabla 14. Distancias del transporte consideradas para el producto caso base. Fuente: elaboración propia a partir de valores metodología MEErP	74
Tabla 15. Escenarios de fin de vida para el producto caso base. Fuente: elaborado por lhobe a partir de datos de Eurostat, 2019	75
Tabla 16. Lista de materiales y procesos considerados para el producto caso base. Fuente: elaborado por lhobe, Ecoinvent	76
Tabla 17. Resultados de impacto para el producto caso base (valor absoluto). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	78
Tabla 18. Resultados de impacto para el producto caso base (porcentaje). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	79
Tabla 19. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (absoluto). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro	80

Tabla 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentajes). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro	81
Tabla 21. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso base. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	84
Tabla 22. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso base. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	86
Tabla 23. Diferencia de precio componentes substituidos. Fuente: lhobe	89
Tabla 24. Diferencia de horas de actuación. Fuente: lhobe	89
Tabla 25. Escenario de fin de vida de los productos. Fuente: lhobe	94
Tabla 26. BOM caso mejorado. Fuente: lhobe	95
Tabla 27. Distancias del transporte consideradas para el producto caso mejorado. Fuente: lhobe	96
Tabla 28. Escenario de fin de vida del producto mejorado. Fuente: lhobe	96
Tabla 29. Resultados de impacto para el producto mejorado (valor absoluto). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	97
Tabla 30. Resultados de impacto para el producto mejorado (porcentajes). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	98
Tabla 31. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto mejorado (absoluto). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	99
Tabla 32. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto mejorado (porcentajes). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	100
Tabla 33. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso mejorado. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	102
Tabla 34. Resultados costes actuales y valor actual para el caso mejorado. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	104
Tabla 35. Resultados de la comparativa de impactos entre los productos (fabricación). Fuente: lhobe	104
Tabla 36. Resultados de impacto comparativo entre productos en su ciclo de vida. Fuente: lhobe	105
Tabla 37. Diferencia del impacto medido como indicador único. Fuente: lhobe	106
Tabla 38. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso base. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	107
Tabla 39. Resumen de las principales características de los escenarios analizados. Fuente: García & Capuz (2015)	110
Tabla 40. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e lhobe	115
Tabla 41. Primera propuesta de criterios de valoración. Fuente: lhobe	116

Tabla 42. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e lhobe	118
Tabla 43. Primera propuesta de criterios de valoración reparabilidad. Fuente: elaboración propia e lhobe	120
Tabla 44. Aspectos de diseño que pueden afectar a la reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e lhobe	123
Tabla 45. Primera propuesta de criterios de valoración reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e lhobe	125
Tabla 46. kg de CO ₂ -eq evitados según la prolongación de la vida útil de una lavadora. Fuente: ADEME, 2019	135
Tabla 47. kg de CO ₂ -eq evitados según la prolongación de la vida útil de la lavadora estudiada (caso mejorado frente 1,3 del caso base). Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	135



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. (A) Partes internas de una lavadora. Fuente: http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/29042011/7e/es-an_2011042913_9124015/TI2_U6_T3_Contenidos_v01.pdf	18
Figura 2. % material utilizado en la fabricación de lavadoras. Fuente: UNEP, 2013.....	21
Figura 3. (Arriba) Proceso de reciclaje general de las lavadoras. Fuente. Association for Electric Home Appliances. (Debajo) Principales componentes recuperados de una lavadora. Fuente: Ecosystem.....	23
Figura 4. Etiqueta lavadora. Fuente: https://www.ocu.org/nuevo-etiquetado-energetico/lavadoras	25
Figura 5. Etiqueta lavadora-secadora. Fuente: https://www.ocu.org/nuevo-etiquetado-energetico/lavasecadoras	25
Figura 6. Relación entre la durabilidad y el coste de las lavadoras domésticas. Fuente: Prakash et al., (2020)	31
Figura 7. Potencial de calentamiento global para el caso de estudio de una lavadora de 12.5 años de vida real. Fuente: Tecchio et al., 2016	32
Figura 8. Magnitud relativa de los impactos ambientales de las etapas del ciclo de vida de las lavadoras. Fuente: Boyano et al., 2017	33
Figura 9. Tanque o cubeta de acero inoxidable (izquierda) y de plástico (derecha). Fuente: imágenes de internet	36
Figura 10. Consumo de agua y consumo de energía calculado para conseguir un rendimiento de lavado de clase A, según el año de construcción. Fuente: Prakash et al. (2020)	40
Figura 11. Icono de nivel de ruido en el nuevo etiquetado energético. Fuente: elaboración propia	41
Figura 12. Principales causas por las que no se reparan los productos. Fuente: https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/datos-barometro-obsolescencia	43
Figura 13. Principales razones para no reparar un dispositivo, clasificadas por modo de fallo. Fuente: Tecchio et al., 2016	44
Figura 14. Evolución de los precios medios de las lavadoras en Europa. Fuente: Prakash et al. (2020)	45
Figura 15. Empresas y personas trabajadoras del sector de la reparabilidad en Europa en 2017. Fuente: lhobe	46
Figura 16. Centros de cotización y nº de afiliados del sector de la reparabilidad en España en 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio de las Ocupaciones del SEPE (datos del MEYSS. Trabajadores afiliados a la Seguridad	

Social. 31 de diciembre de 2018)	47
Figura 17. A) Rodamiento o cojinete. B) Motor eléctrico de lavadora y detalle de escobillas de carbón. C) Bomba de desagüe. D) Válvula aquastop o electroválvula. Fuente: https://lavadora.pro/reparacion/partes/	51
Figura 18. Representación de la frecuencia de fallos de los principales componentes de las lavadoras. Fuente: Tecchio et al., 2016	52
Figura 19. Distribución impactos por partes de la lavadora caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro	80
Figura 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de información de lhobe	82
Figura 21. Distribución impactos por fases del ciclo de vida de la lavadora caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro	83
Figura 22. Distribución impactos por partes lavadora mejorada (en porcentaje). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	99
Figura 23. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de información de lhobe	101
Figura 24. Distribución impactos por fase de ciclo de vida lavadora mejorada (en porcentaje de valor único). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro	101
Figura 25. Resultados de comparar el ciclo de vida de 1,3 caso base con 1 caso mejorado según la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada fase. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe	107
Figura 26. Análisis de la ecoeficiencia de los tres escenarios de estudio. Fuente: García & Capuz (2015)	111
Figura 27. Comparación del Potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) entre una lavadora de vida corta (5 años), una de vida media (10 años) y una de larga vida (20 años) durante todo su ciclo de vida. Fuente: Oeko-institut, 2016	132
Figura 28. Evaluaciones de impacto para lavadoras de vida corta (5 años), media (10 años) y larga (más de 20 años). Fuente: Prakash, 2020	133
Figura 29. Resultados del escenario de alargar la vida útil de una lavadora el indicador de cambio climático. Fuente: ADEME, 2019	134
Figura 30. Beneficios de prolongar productos en 3 años. Fuente: ADEME, 2019	136

ESTUDIO PORMENORIZADO DE UNA LAVADORA

1. Introducción

El presente estudio se enmarca dentro del «Estudio de obsolescencia de productos» promovido por la Subdirección General de Economía Circular (SGEC, en adelante) del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). Este informe es continuación de la parte I: «Informe sobre la priorización de productos o categorías de productos: antecedentes y priorización de productos o categoría de productos», donde después de poner en contexto la obsolescencia de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE, en adelante), se lleva a cabo una evaluación comparativa de criterios con el fin de comparar cualitativamente una serie de aparatos eléctricos y electrónicos. Dicho informe concluye con un orden prelatorio de aquellos aparatos cuyo estudio debe acometerse en primer término, encabezando dicho listado de prioridades, las lavadoras domésticas.

Los AEE se han convertido a nivel doméstico en la base de muchos hogares. Tanto es así, que a nivel mundial cada año aumentan en 2,5 Mt los AEE consumidos. Consecuencia directa de ello, es que en 2019 en el mundo se llegaron a generar 53,6 Mt de residuos de AEE, esperándose alcanzar los 74,7 Mt en 2030. Algunas de las razones por las que se produciría ese ascenso son unas mayores tasas de consumo de AEE, ciclos de vida cada vez más cortos de los productos o pocas opciones para reparar o reutilizar los mismos¹.

Concretamente, el producto elegido para el estudio es una lavadora, electrodoméstico de gama blanca² clasificada dentro de la categoría 4, grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm), según el Real Decreto 110/2015³ de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

En el sistema de clasificación de categorías de AEE desarrollados por *United Nations University (UNU)*⁴, corresponde a *UNU-key- 0104-Lavadoras (incl. secadoras combinadas)* y según el Registro Integrado Industrial de aparatos eléctricos y electrónicos (RII-AEE)⁵, presenta el *código de producto 04001 para lavadoras domésticas*.

¹ Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos – 2020: Cantidades, flujos potencial de la economía circular. Universidad de las Naciones Unidas (UNU)/Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) – coorganizadores del programa SCYCLE, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), Bonn/Ginebra/Rotterdam.

² Con gama blanca se alude a los electrodomésticos de gran tamaño que están relacionados con las tareas del hogar como la limpieza y la cocina. Es decir, lavadoras, frigoríficos, secadoras, lavavajillas, y hornos.

³ Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos <https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/02/20/110/con>

⁴ <https://unu.edu/>

⁵ <https://industria.gob.es/registros-industriales/RAEE/Paginas/Index.aspx>

Según datos recopilados por Gifan⁶, en Francia en 2021, el 68 % de las lavadoras puestas en el mercado eran de carga frontal, el 23 % de carga superior y sólo el 9 % optó por la compra de una lavadora-secadora combinada. A efectos de este informe, se analizarán en detalle las lavadoras domésticas eléctricas automáticas de carga frontal.

Según un informe del Comité de Estadística de la Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Electrodomésticos, Anfel⁷, en España y para el año 2017 la venta de lavadoras disminuyó un 11,76 %, siendo la caída ligeramente superior en los modelos de carga frontal frente a carga superior.

2. Objetivo

En este informe se pretende realizar un caso de estudio sobre las lavadoras domésticas eléctricas, analizando las características del producto que influyen, tanto sobre el ciclo de vida medio esperado, como en el coste económico, la salud humana y el medio ambiente.

Para que este informe tuviera una realidad basada en datos empíricos y no fuera un estudio teórico, es imprescindible contar con, al menos, alguna de las siguientes colaboraciones:

- Del sector: los fabricantes, plantas de tratamiento de RAEE, etc., disponen de datos clasificados como confidenciales del producto.
- Opinión de los consumidores, reparadores, etc.
- Laboratorio de pruebas que, a falta de las anteriores colaboraciones, ofrezcan valores reales del producto.

A falta de las anteriores colaboraciones, para la elaboración de esta parte del presente informe, la única información disponible proviene de fuentes bibliográficas (estudios científicos, publicaciones específicas, pruebas de los productos), o búsquedas en páginas de internet de acceso público ([ver apartado limitaciones para la elaboración del estudio](#)).

3. Estudio pormenorizado del producto: Lavadora

3.1. Contexto

3.1.1. Justificación de la elección

El producto elegido para el estudio es una lavadora, electrodoméstico de gama blanca clasificada dentro de la categoría 4, grandes aparatos (con una dimensión exterior

⁶ <https://www.gifam.fr/accueil/gem/le-lave-linge/#chiffres-cls> / <https://www.indicereparabilite.fr/>

⁷ Alimarket. Las ventas de electrodomésticos en España. 2017

superior a 50 cm), según el Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos³.

La elección de este producto se justifica a partir de la siguiente información:

- En 2019⁸ se pusieron en el mercado 1.857.657 unidades de lavadoras domésticas (código de producto de RII: 04001) que corresponden a un peso de 118.849,24 t y 4.831 unidades de lavadoras profesionales (código de producto de RII: 04051), equivalente a un peso de 1.297,57 t. Las lavadoras (domésticas y profesionales), supusieron un 32 % del peso de todos los AEE de la categoría 4³ puestas en mercado, siendo el AEE que supone un mayor peso (en toneladas) de los puestos en el mercado en España. Es el electrodoméstico de gama blanca con un mayor porcentaje de ventas, seguido del frigorífico y del lavavajillas⁹, y según la encuesta que realizó el INE sobre Hogares y Medio Ambiente¹⁰, es un electrodoméstico de necesidad básica y está en el 99,1 % de los hogares españoles.
- Supone el 11,8 % del consumo energético de los electrodomésticos del hogar, que es el 21,7 % del consumo global del hogar medio español¹¹.
- En concordancia con la aprobación del Plan de Acción Europeo de Economía Circular en 2015, se han venido revisando los Reglamentos que desarrollan la Directiva de Ecodiseño¹² incorporando criterios de economía circular en los requisitos de ecodiseño. Este es el caso de las lavadoras, revisado por el Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión, de 1 de octubre de 2019, con el que se establecen requisitos de diseño ecológico aplicables a las lavadoras domésticas y a las lavadoras-secadoras domésticas con arreglo a la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 1275/2008 de la Comisión y se deroga el Reglamento (UE) n°1015/2010 de la Comisión¹³.
- Además, es una de las familias prioritarias para su estudio pormenorizado según diferentes organismos de relevancia: es uno de los 5 productos prioritarios para aplicar el índice de reparabilidad francés (dirigido por GIFAM⁶), de la Asociación

⁸ Registro Integrado Industrial (RII), 2019. Si bien la elección del producto se hizo en base a datos del RII 2019, actualmente se dispone ya de los datos de 2021, donde las unidades de lavadoras domésticas (04001) han aumentado hasta las 2.282.037 unidades puestas en mercado que suponen un peso de 148.803,97 t. (nota: selección desde T1 2021 hasta T4 de 2022) https://industria.serviciosmin.gob.es/rii_aee/UI/ConsultasPublicas/ConsultaKilosOrigen.aspx

⁹ Quota research, S.A. (2007). «Comercialización de electrodomésticos en España». Ministerio de industria, turismo y comercio, Dirección General de Política Comercial, Subdirección General de Estudios y Modernización del Comercio Interior. España.

¹⁰ <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t25/p500/2008/p03/10/&file=01325c.px&L=0> [Dato 2008. Operaciones estadísticas sin periodicidad establecida o que el INE ha dejado de elaborar]

¹¹ IDAE (2011). 'Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable'. Proyecto para el Ministerio de industria, turismo y comercio.

¹² Directiva 2009/125/CE: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-82047>. Transpuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/02/18/187/con>

¹³ Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión, de 1 de octubre de 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2023&from=ES>

Mundial de Estadísticas de Residuos Electrónicos (GESP, por sus siglas en inglés)¹⁴ y para la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana¹⁵.

- En 2019, de las 381.196,08 t de los grandes aparatos (categoría 4) introducidos en el mercado, se generaron 181.802,21 t de residuos que fueron recogidas (un 47,69 % de los introducidos en mercado), sólo un 1,65 % fue destinado a la preparación para la reutilización y un 87,51 % fue reciclado¹⁶.
- A pesar de los altos índices de reciclabilidad de los grandes aparatos, los porcentajes para lavadoras suelen ser más bajos y no alcanzan el óptimo como ocurre en los demás grandes electrodomésticos. Según el estudio preparatorio del Joint Research Centre (JRC), elaborado por Boyano et al., (2017)¹⁷, los índices de recogida de lavadoras en muchos de los Estados Miembros como España se encuentran sobre 1/3 del total, y otros más avanzados sobre los 2/3.

3.1.2. Descripción

Las primeras lavadoras se empezaron a usar en el siglo XIX, consistían unos cubos de madera donde se introducía la ropa a lavar con agua caliente, agitando ésta por medio de unas paletas ubicadas en el eje de la cubeta y eran accionadas manualmente mediante una manivela que arrastraba piñones y coronas de engranajes. A principios del siglo XX todavía se comercializaban este tipo de lavadoras.

- *En 1780, Robinson de Lancashire patenta una máquina para lavar y escurrir la ropa, pero no se tiene la seguridad de que llegara a construirse.*
- *En 1782, el inglés Henry Siedger logra construir una máquina de lavar, de madera, con forma de tinaja que tenía que ser impulsada a mano con una manivela.*
- *En 1855 se construye una máquina para lavar y secar la ropa de los hospitales de Crimea.*
- *En 1880 aparecen las primeras lavadoras que calientan el agua mediante gas o carbón.*
- *Sobre 1888, el ingeniero electro-técnico Incola Tesla inventa un motor eléctrico compacto.*

¹⁴ Global E-waste Statistics Partnership (GESP), está compuesto por la Unidad Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA). En la publicación de 2018 (Forti V. et. Al., E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators, second edition. United Nations University, ViE – SCYCLE, Bonn, Germany) realizada por el Grupo de Trabajo para la Medición de los Residuos Electrónico se recomienda que, prioritariamente, se debe de empezar a recopilar estadísticas sobre residuos electrónicos para diferentes grupos de productos, siendo lavadoras (clave UNU: 0104) el primero de ellos.

¹⁵ Prakash, S., Dehoust, G., Gsell, M., Schleicher, T., and Stamminger, R. (2020). Influence of the service life of products in terms of their environmental impact: Establishing an information base and developing strategies against «obsolescence.» *Umweltbundesamt, December*, 1–299. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/influence-of-the-service-life-of-products-in-terms>

¹⁶ Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. 2019. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/residuosde-aparatoselectricosyelectronicos2019_tcm30-530337.pdf.

¹⁷ Boyano Larriba A., Cordella M., Espinosa Martínez M., Villanueva Krzyzaniak A., Graulich K., Rüdinauer I., Alborzi F., Hook I., Stamminger R. (2017) Ecodesign and Energy Label for household washing machines and household washer-dryers. doi: 10.2760/029939. (JRC Technical Reports Preparatory study. Final report. 2017).

El desarrollo de la lavadora se produjo con la irrupción de la electricidad en los hogares, a través de las compañías distribuidoras de energía eléctrica hacia 1890, lo que supuso la aparición y el incipiente desarrollo de los primeros electrodomésticos.

En 1901 Alva J. Fisher sustituyó la tracción manual por un motor eléctrico. Inventa así la primera lavadora eléctrica, acoplando a una de las ya existentes, un motor eléctrico que impulsaba un tambor. Un mecanismo automático invertía el sentido de giro de vez en cuando para que la ropa no se apelmazara. De ese modo, la lavadora dio un salto cualitativo trascendental, aunque tuvieron que transcurrir cuarenta años, hasta los comienzos de la Segunda Guerra Mundial, para que comenzase la producción en cadena. En 1960 se incorporaron temporizadores y, pocos años más tarde, microprocesadores.

Sin duda, su uso se extendió cuando el suministro de corriente se convirtió en un servicio común. Desde entonces, los avances tecnológicos son imparables. Un ejemplo de ello es el modelo de lavadora lanzada hace unos años por una compañía japonesa, la cual dispone de conexión a Internet y de una pantalla LCD para comunicarse con su dueño. Este equipo es capaz de leer la información de la ropa que tenga «etiquetas inteligentes» (*smart tags*) y cuando el lavado finaliza, la lavadora envía a su usuario un mensaje de texto vía celular (SMS) o un correo electrónico.

Una encuesta de 2008 del Instituto Nacional de Estadística (INE) confirma que en el 99 % de los hogares españoles hay una lavadora, su vida media es de alrededor de diez años, estimándose que una familia de cuatro miembros utiliza la lavadora unas cinco veces a la semana, por lo que, a lo largo de su vida útil, realizará más de 2.500 lavados.

Funcionamiento

El funcionamiento de cualquier lavadora se basa en la mezcla del agua, el detergente y, en su caso, suavizante u otros productos de limpieza junto con la ropa sucia. En el caso de las automáticas, éste se propicia por el giro del tambor, que, originalmente, es un recipiente metálico con numerosos agujeros para que fluya el agua. El movimiento giratorio de éste es provocado por un motor eléctrico que está unido al tambor. El motor recibe la energía eléctrica por una entrada que proviene del enchufe y que es manejada por un conmutador. Este es regido, a su vez, por un microprocesador que contiene toda la información programada para controlar las distintas opciones del lavado.

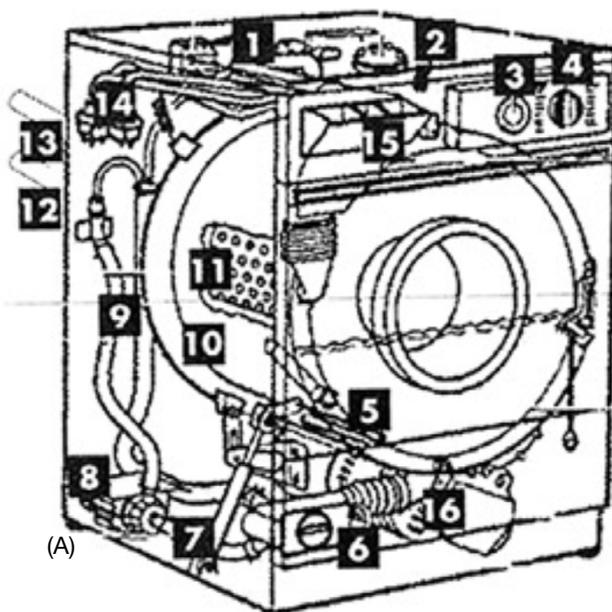
En la actualidad, el uso de una lavadora es muy sencillo. Luego de cargar la ropa al interior de la lavadora, se echa el detergente y otros complementos (suavizante y blanqueador) en los compartimentos respectivos. En un panel con pantalla LCD, se seleccionan los distintos programas relacionados con los ciclos de lavado, su

velocidad, el tipo de tejido, la temperatura del agua y otros más específicos. Existen numerosos programas en función de la marca o modelo de lavadora, si bien resulta necesario destacar que, de acuerdo al Real Decreto con el que se establecen requisitos de diseño ecológico aplicables a las lavadoras domésticas¹³, estas deben de disponer de:

- Un ciclo de lavado denominado «eco 40-60», «capaz de limpiar, juntas en un mismo ciclo, prendas de algodón con un grado de suciedad normal para las que se aconseja el lavado a 40 °C o a 60 °C». El programa estará configurado como programa por defecto en la selección automática de programas o cualquier función que mantenga la selección de programas, o bien, en caso de no haber selección automática de programas, podrá seleccionarse directamente sin necesidad de seleccionar otros parámetros, como una temperatura específica o una carga;
- Y un ciclo de lavado denominado «20 °C» «capaz de limpiar prendas de algodón ligeramente sucias a una temperatura nominal de 20 °C». Estos ciclos serán claramente identificables en la selección de programas, en el panel de visualización y a través de la conexión de red, según las funciones que ofrezca la lavadora doméstica.

Partes de una lavadora

Actualmente hay muchos tipos de lavadoras, algunas de ellas de gran complejidad, aunque básicamente, las más comunes (lavadora automática de carga frontal) están compuestas por los siguientes elementos:



1. Termostato
2. Regulador de nivel
3. Regulador de temperatura
4. Mando del programador/panel de control (PCI)
5. Resistencia calefactora
6. Filtro
7. Amortiguador
8. Motobomba
9. Manguera de descarga de agua/drenaje
10. Cuba o tanque
11. Tambor giratorio
12. Desagüe
13. Toma de agua
14. Electroválvula
15. Depósito de detergente/suavizante
16. Motor principal

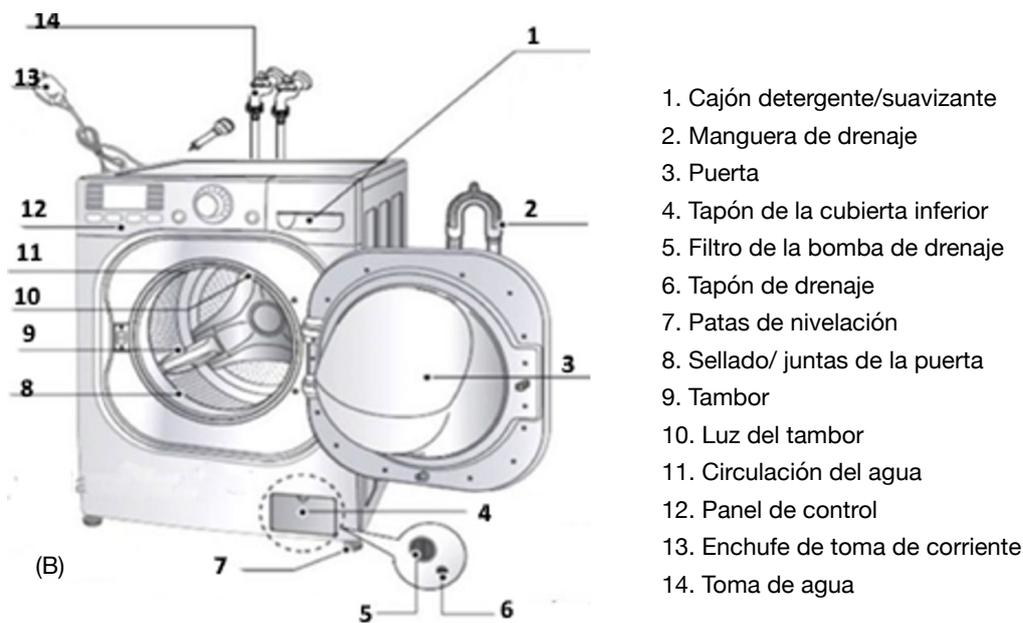


Figura 1. (A) Partes internas de una lavadora. Fuente: http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/29042011/7e/es-an_2011042913_9124015/TI2_U6_T3_Contenidos_v01.pdf

(B) Partes externas de una lavadora. Fuente: elaboración propia a partir de <https://lavadora.pro>

Perspectivas de futuro: innovación

En el artículo 8 del Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión, de 1 de octubre de 2019¹³, se dicta que «La Comisión revisará el presente Reglamento a la luz del progreso tecnológico y presentará los resultados de dicha evaluación, incluido, en su caso, un proyecto de propuesta de revisión, al Foro consultivo a más tardar el 25 de diciembre de 2025». Para las lavadoras, estas revisiones deben centrarse particularmente en:

- a) el potencial de mejora con respecto al rendimiento energético y medioambiental;
- b) la evolución del comportamiento de los consumidores y la viabilidad de un mecanismo obligatorio de transmisión de información acerca de la carga del aparato y el consumo de energía del programa seleccionado;
- c) la efectividad de los requisitos vigentes sobre eficiencia de los materiales;
- d) la idoneidad de establecer requisitos adicionales sobre eficiencia en el uso de los recursos para los productos, de conformidad con los objetivos de la economía circular, así como la conveniencia de incluir más piezas de recambio;
- e) la viabilidad y la idoneidad de introducir nuevos requisitos sobre dosificación automática de detergentes y otros aditivos;
- f) a viabilidad y la idoneidad de introducir nuevos requisitos destinados a reducir la presencia de microplásticos en el sistema de desagüe, como el uso de filtros.

Respecto a este último aspecto, cada año más de un millón de toneladas de microplásticos terminan en los océanos, y una fuente importante de esta contaminación plástica son las lavadoras. Según algunas investigaciones, una carga promedio de 6 kilogramos de ropa para lavar libera más de 700.000 fibras de plástico microscópicas, principalmente de textiles sintéticos, en las aguas residuales, dañando los ecosistemas e incluso volviendo a la cadena alimenticia.

Actualmente, ya está a la venta un filtro independiente que se coloca en el exterior de la lavadora y existen varios proyectos trabajando en la mejor solución tecnológica para incorporarlo en la lavadora¹⁸.

El Ministerio de Transformación Ecológica de Francia, prevé en su «ley antidespilfarro por la economía circular»¹⁹ obligar la incorporación de estos sistemas en las lavadoras a partir del 1 de enero de 2025.

Componentes para su fabricación

En general, en la composición de las lavadoras y las lavadoras-secadoras predominan las aleaciones de acero, específicamente de acero inoxidable, hormigón y plástico:

- Metales (acero, cobre, aluminio, acero inoxidable y sus aleaciones). De la contribución de la fracción de masa²⁰, los tres elementos principales son el hierro (Fe), el cromo (Cr) y el aluminio (Al). Las placas de circuito impreso (PCI) y productos electrónicos, contienen metales preciosos como la plata (Ag), el oro (Au) y el neodimio (Nd) y materias primas fundamentales (MPF, en adelante)²¹, como metales del grupo del platino.
- Plásticos diversos, incluidos sus aditivos (se encuentran, por ejemplo, en las cargas, estabilizadores), así como otros materiales orgánicos (caucho, madera, fibras, etc.).
- Materiales inertes, como el vidrio y el hormigón (incluido el hormigón que contiene ferrita en las lavadoras).

En la tabla 1 se concreta la variación en la composición (% de material) de las lavadoras según diferentes fuentes.

¹⁸ La empresa vasca Copreci en alianza con PlanetCare crearon el filtro externo y estiman que para el 2022 se pueda ofrecer la solución integrada, que ya se está probando en distintas marcas líderes de lavadoras en el mercado europeo, «con resultados positivos». <https://planetcare.org/products/microfiber-filter>; <https://www.copreci.com/download/catalogos/PLANETCARE-CO-PRECI.pdf>.

¹⁹ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000041553759/>

²⁰ Principales resultados del estudio de Urban Mine Platform sobre la estimación de la composición de las lavadoras (incluidas las secadoras combinadas): <http://www.urbanmineplatform.eu/homepage>

²¹ MPF identificadas por la Comisión Europea [COM (2020) 474 final] como aquellas materias primas que son vitales para la economía y presentan un alto riesgo de suministro para la UE. Las MPF son esenciales para el funcionamiento y la integridad de una amplia variedad de ecosistemas industriales, sin embargo, deben importarse en su mayor parte.

Tabla 1. Variación en la composición de lavadoras (% de material) según diferentes referencias. Fuente: UNEP (2013)²².

Referencia % Material	(Wecycle, 2011)	(Matuszewiczand Reuter, 2008)	(Truttmannand Rechberger, 2006)
Hierro/acero	52.1	50.6	50.7
Cobre	1.2	1.4	2.4
Aluminio	3.1	0.8	2.6
Acero inoxidable	1.9	–	–
Latón	0.1	0.0	–
Plásticos	6.8	40.5	8.9
Caucho	2.8	0.3	2.1
Madera	2.6	–	3.3
Otro material orgánico	0.1	–	–
Hormigón	23.8	–	28.8
Otro material inerte	1.9	–	1.3
PCI	0.4	0.4	–
Cables (internos/externos)	1.1	2.0	–
Otros materiales	2.1	4.0	–
TOTAL	100	100	100

Gráficamente, se representa a continuación el porcentaje de material que componen las lavadoras según la fuente más utilizada en los estudios consultados (Wecycle,2011 en UNEP, 2013):

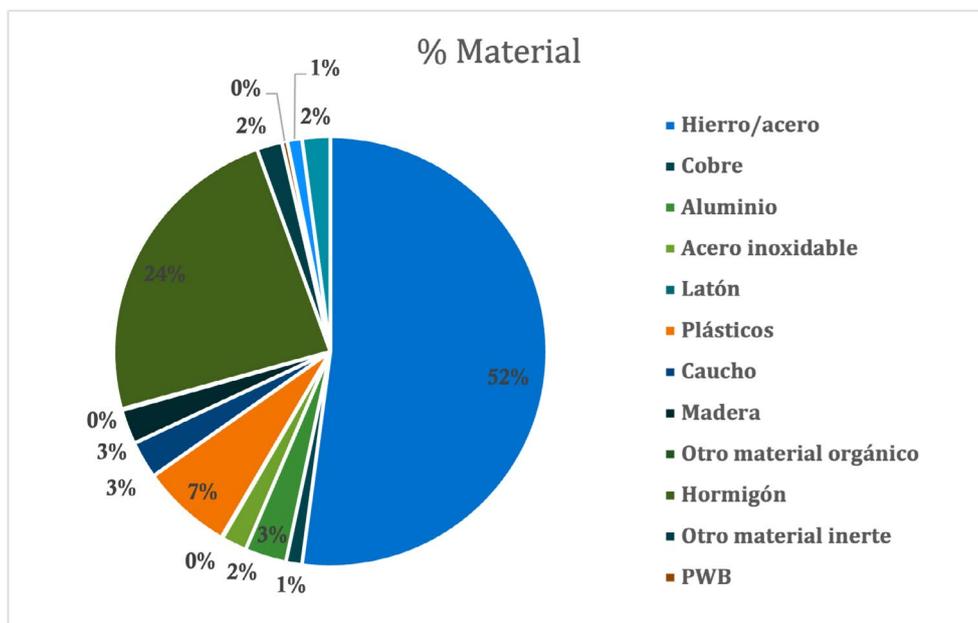


Figura 2. % material utilizado en la fabricación de lavadoras. Fuente: UNEP, 2013²².

²² UNEP (2013) Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International. https://www.wforum.org/wp-content/uploads/2015/03/Metal-Recycling-Opportunities-Limits-Infrastructure-2013Metal_recycling.pdf

Y en la siguiente tabla se recogen los principales materiales que pueden formar los componentes o partes de una lavadora:

Tabla 2. Materiales por componentes de una lavadora. Fuente: elaboración propia a partir de Yuan et al., 2016²³.

Componentes o partes	Material
Gabinete/ carcasa	Acero (recubierto de Zinc)
	Resina Epoxy
	Agente fosfatante
	Desengrasante
	Acondicionador de superficies
Cuba interior y tambor	Acero
	ABS ²⁴
	PP ²⁴
	PVC ²⁴
Componentes electrónicos	Aluminio
	Hierro
	Cobre
	Metales preciosos (Ag, Au, Pd)
	Goma sintética
Puerta de cristal	Goma natural
	Cristal
Motor eléctrico	Cobre
Cable	Cobre
Otras partes de acero	Acero
Contrapeso	Bloque de cemento/hormigón
Ensamblaje	Fueloil pesado
Materiales de embalaje	Kraft liner
	Nylon
	Papel
	PE
	PS

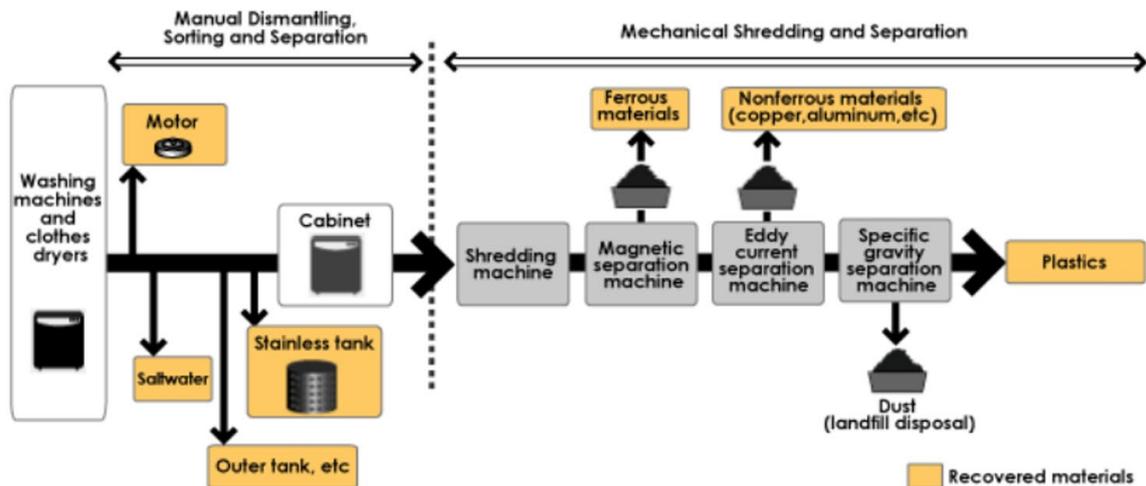
Reciclado de los materiales

Los materiales que componen los AEE les confieren un elevado valor y en consecuencia, a sus residuos. En cuanto al reciclado concreto de los materiales que componen las lavadoras, los materiales que pueden ser reciclados incluyen el acero, el hierro, el

²³ Yuan, Z., Zhang, Y., Liu, X. (2016). Life cycle assessment of horizontal-axis washing machines in China. 15–28. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0993-5>.

²⁴ ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), PP (polipropileno), PVC (policloruro de vinilo).

cobre, el aluminio, plásticos como el polipropileno (PP), el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y el policloruro de vinilo (PVC), el resto de materiales se destinan a otros tipos de valorizaciones o incluso a eliminación en vertedero (figura 3).



39,3 % Metales ferrosos

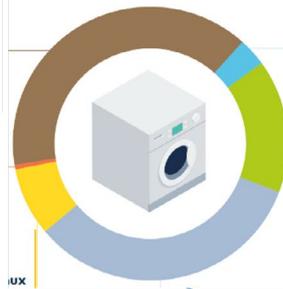
Metales ferrosos (acero, acero inoxidable) principalmente componen el tambor y la carcasa.

0,5 %, Sustancias reguladas

Menos del 0,2 % de los elementos recuperados contienen sustancias peligrosas (principalmente condensadores).

8 %, Otros materiales

Los otros materiales recuperados son residuos como vidrio (ventana), laminado de madera (placa superior del aparato), goma (junta de la ventana, manguera) y diversos residuos (plásticos, etc.).



3,4 % Metales no ferrosos

Metales no ferrosos (aluminio, cobre...) están presentes en la estructura del aparato, en el motor, así como en algunos componentes (cables, electrónica tarjetas electrónicas, etc.).

15,9 % Plásticos

Los plásticos recuperados del proceso de trituración provienen del tanque, la base y otros componentes diversos (panel de control, soporte de la bomba de drenaje soporte de la bomba de drenaje, bandeja de lejía, componentes internos...).

32,9 % Hormigón

Se utiliza principalmente en el contrapeso de las lavadoras.

Figura 3. (Arriba) Proceso de reciclaje general de las lavadoras. Fuente. Association for Electric Home Appliances. (Debajo) Principales componentes recuperados de una lavadora. Fuente: Ecosystem.

Una vez recuperados, el destino más frecuente de estos materiales es¹⁷:

- El acero y el acero inoxidable se introducen en plantas siderúrgicas secundarias;
- El aluminio se introduce en fundiciones de aluminio secundarias;
- El cobre se introduce en refinerías de cobre;
- Las placas de circuitos impresos se introducen en fundiciones integradas para recuperar el cobre, los metales preciosos y otros metales (por ejemplo, plomo,

estaño, indio). Cobra especial importancia la recuperación de su contenido en MPF ya que, desde la perspectiva de los recursos, la extracción de estas materias primas de los yacimientos minerales para su producción implica una elevada presión sobre el medio ambiente.

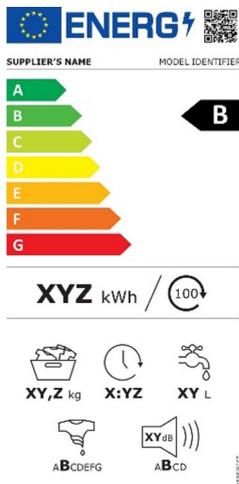
- Los plásticos se reciclan (recuperación de materiales de termoplásticos) o se incineran (recuperación de energía);
- El vidrio se destina al reciclaje de vidrio, cuando es factible, o bien se deposita en vertederos;
- El hormigón se valoriza junto con otros residuos de construcción y demolición.

3.1.3. Tipos

Las lavadoras pueden clasificarse de diferentes maneras según:

- **Utilidad:** doméstica o profesional.
- **Tipo de carga:** carga frontal (la introducción de la ropa se hará por una puerta delantera. Es el tipo de lavadora más vendida en todo el mercado) o de carga superior (por una puerta en la parte de arriba).
- **Funcionalidad:**
 - Automáticas: propician el lavado mediante el giro del tambor. Según este da vueltas, se producen una serie de contactos entre el microprocesador que las compone, el motor y las válvulas de entrada y salida de agua. Así se desarrollan las distintas etapas del lavado. En los controles de las lavadoras automáticas (botones o panel con pantalla LCD), se seleccionan los distintos programas relacionados con los ciclos de lavado y su velocidad, el tipo de tejido, la temperatura del agua y otros más específicos. Algunas cuentan con un sistema *fuzzy*, opción que permite medir el peso de la ropa y, según el resultado, regular la cantidad de agua y detergente necesarios para funcionar eficientemente.
 - Semiautomáticas: diseñadas para aislar el proceso de lavado y centrifugado en tinajas independientes, lo cual permite usar las dos funciones simultáneamente. En este caso, el tanque de lavado dispone de un disco rotatorio, ubicado en uno de los laterales o en el fondo, que provoca el movimiento del agua y de la ropa. Su llenado se realiza de forma manual; el desagüe, a través de una válvula; la programación, por tiempo e intensidad del lavado.
 - Automáticas con secadora combinada: combinan en un solo aparato las funciones de lavado y secado. Sus dimensiones son similares a las de una lavadora de carga frontal, pero algunas tienen menor capacidad de carga cuando se usan como secadora que cuando se usan como lavadora.
- **Capacidad de carga del tambor** (las domésticas abarcan entre 4,5 y 11 kg).
- **Revoluciones por minuto que dé el tambor** (que van desde 400 a 1.600 rpm). El mínimo aconsejable para obtener buenos resultados es de 600 rpm, aunque hoy en día la mayoría de modelos parten de 1.000 rpm.

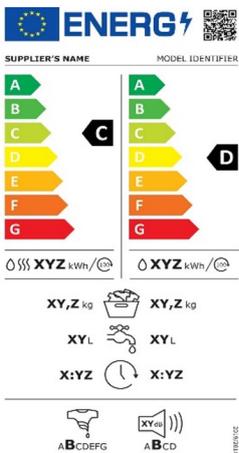
- **Clase energética:** Según el nuevo etiquetado²⁵, que entró en vigor en marzo de 2021, disponible tanto para lavadoras (figura 4) como para lavadoras-secadoras (figura 5).



Información aportada:

- Código QR: para que el consumidor pueda acceder a través de su *smartphone* a las características y datos específicos de cada modelo dentro de una nueva base de datos a escala europea denominada EPREL (*European Product Database for Energy Labelling*)
- Clase de eficiencia energética (De A a G).
- Consumo de energía por 100 ciclos en kWh.
- Carga máxima de la lavadora, en kg, del programa Eco.
- Duración del programa Eco en horas: min.
- Consumo de agua por ciclo en litros.
- Clase de eficiencia de centrifugado.
- Nivel de ruido durante la fase de centrifugado, expresado en decibelios.

Figura 4. Etiqueta lavadora. Fuente: <https://www.ocu.org/nuevo-etiquetado-energetico/lavadoras>



Información aportada:

- Código QR: para que el consumidor pueda acceder a través de su *smartphone* a las características y datos específicos de cada modelo dentro de una nueva base de datos a escala europea denominada EPREL (*European Product Database for Energy Labelling*)
- Clase de eficiencia energética (De A a G).
- Consumo energético en kWh (con secado y sin secado)
- Carga máxima para el ciclo completo, lavado + secado, (en el lado izquierdo) y para el ciclo de solo lavado (en el lado derecho).
- Consumo de agua para el ciclo completo, lavado + secado, (en el lado izquierdo) y para el ciclo de solo lavado (en el lado derecho) en litro.
- Duración del ciclo completo, lavado + secado, (en el lado izquierdo) y del ciclo de solo lavado (en el lado derecho)
- Clase de eficiencia de centrifugado.
- Nivel de ruido en la fase de centrifugado del programa Eco, expresado en decibelios

Figura 5. Etiqueta lavadora-secadora. Fuente: <https://www.ocu.org/nuevo-etiquetado-energetico/lavasecadoras>.

- **Integralidad:** no integrables e integrables (dentro de muebles).
- **Otras:** anchura y duración del programa.

²⁵ Reglamento Delegado (UE) 2019/2014 de la Comisión, de 11 de marzo de 2019, por el que se complementa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lavadoras domésticas y las lavadoras-secadoras domésticas y por el que se derogan el Reglamento Delegado (UE) n.º 1061/2010 y la Directiva 96/60/CE de la Comisión: <https://www.boe.es/doue/2019/315/L00029-00067.pdf>

3.2. Ciclo de vida medio esperado y durabilidad

En el presente informe, se entiende como **vida útil** la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado. Se refiere a la vida máxima que un fabricante pretende que su producto siga siendo funcional, lo que viene determinado principalmente por el diseño del producto. Es el resultado de las decisiones tomadas en el momento del diseño del producto, como los materiales utilizados, la calidad del diseño, incluidas las consideraciones de reparabilidad y mejorabilidad, y la calidad del proceso. La vida útil está vinculada a la durabilidad del producto, que es la naturaleza de un producto por su diseño, o «la capacidad de un producto para seguir siendo funcional cuando se enfrenta a los desafíos de la operación normal durante su vida útil»²⁶.

No obstante, la vida útil no corresponde con la **vida real** del producto, definida como el tiempo que transcurre desde que se vende un producto hasta que se desecha o sustituye. La vida real es la duración en las condiciones reales de uso por parte del usuario y, a diferencia de la vida útil, tiene en consideración la obsolescencia prematura del producto en cualesquiera de sus tipologías (expuestas en el apartado 4 del «Informe de obsolescencia de productos. Parte I. Informe sobre la priorización de productos o categorías de productos: antecedentes y priorización de productos o categoría de productos»).

La información sobre la vida útil y real de los productos puede obtenerse de diferentes fuentes, como:

- **Informes técnicos:** existen diferentes estudios donde se analiza la durabilidad de los productos.

En los informes técnicos, los datos sobre la vida útil y real de las lavadoras son muy dispersos y variados. Esto se debe no sólo a los diferentes métodos de estudio y cálculo, sino también pueden influir aspectos geográficos, socioeconómicos y culturales, así como los años considerados. Para este análisis, se ha efectuado una revisión bibliográfica de la vida útil de las lavadoras que se muestra en la tabla 3.

²⁶ Cooper, T. (2005). Slower Consumption - Reflections on Product Lifespans and the 'Throwaway Society'; *Journal of Industrial Ecology*, 9, 1-2, Winter-Spring.

Tabla 3. Vida útil media de las lavadoras en diferentes países y años. Fuente: elaboración propia a partir de diferentes fuentes.

País	Año	Vida útil (años)	Fuente
Reino Unido	2004	10	Cooper, 2004 ²⁷
Reino Unido	2005	9	Cooper, 2005 ²⁶
Grecia	2005	14	Karagiannidis et al. 2005 ²⁸
China	2005	12	Eugster et al. 2007 ²⁹
Vietnam	2006	6,5	Kosai et al., 2020 ³⁰
China	2007	9	Prakash et al., 2020 ¹⁵
UE	2009	15	Braquene et al., 2018 ³¹
Francia	2010	10	HOP, 2019 ³²
España	2010	10	OCU, 2019 ³³
Vietnam	2013	4,6	Kosai et al., 2020 ³⁰
Reino Unido	2013	5-6	Cox et al., 2013 ³⁴
Austria	2015	8,3	Wieser & Tröger, 2015 ³⁵
Alemania	2016	13	Hennies & Stamminger, 2016
Francia	2018	7	HOP, 2019 ³²
Alemania	2019	10	Prakash et al., 2020 ¹⁵

Pero la vida real difiere enormemente dependiendo, no sólo de los factores internos, como son la calidad y la durabilidad de los componentes concretos del producto, sino también de los factores externos, como la disponibilidad de servicios de reparación, piezas de recambio, voluntad del consumidor, uso que se le dé a la misma, horas de funcionamiento, número de ciclos, etc.

²⁷ Cooper, T. (2004). Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence. *Journal of Consumer Policy*, 27, 421–449.

²⁸ Karagiannidis A, Perkoulidis G, Papadopoulos A, Moussiopoulos N, Tsatsarelis T. (2005). Characteristics of wastes from electric and electronic equipment in Greece: results of a field survey. *Waste Management & Research*, 23(4):381-388. Doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X05054289>

²⁹ Eugster, M., Hischier, R., Duan, H. (2007). Key Environmental Impacts of the Chinese EEE-Industry – Report. *EMPA Materials Science & Technology*.

³⁰ Kosai, S., Kishita, Y., and Yamasue, E. (2020). Estimation of the metal flow of WEEE in Vietnam considering lifespan transition. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104621. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104621>

³¹ Bracquené, E., Brusselaers, Jan., Dams, Y., Peeters, J., Schepper, K., Duflou, J., Dewulf, W. (2018). Repairability criteria for energy related products. Study in the BeNeLux context to evaluate the options to extend the product life time. Final Report. http://www.benelux.int/files/7915/2896/0920/FINAL_Report_Benelux.pdf

³² HOP. (2019). *Lave-linge: une durabilité qui prend l'eau? Rapport d'enquête sur les enjeux et solutions en matière de durabilité des lave-linge*. <https://www.halteobsolescence.org/wp-content/uploads/2019/09/Rapport-lave-linge-final.pdf>

³³ <https://www.ocu.org/organizacion/prensa/notas-de-prensa/2019/duracionelectrodomesticos170119>

³⁴ Cox, J., Griffith, S., Giorgi, S., and King, G. (2013). Resources, Conservation and Recycling Consumer understanding of product lifetimes. *Resources, Conservation & Recycling*, 79, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.003>

³⁵ Wieser, H., Tröger, N. (2015). The Consumers' Desired and Expected Product Lifetimes.

La mayoría de las fuentes consultadas, concluyen que la vida real rara vez alcanza el umbral por encima de la vida útil ya que, factores como los anteriormente mencionados, reducen considerablemente los años de las lavadoras (tabla 4).

Tabla 4. Vida real (expresada en años) de las lavadoras. Fuente: elaboración propia.

Vida real (años)	Motivo	Fuente
10	Considera que la vida real de la lavadora corresponde con el periodo en el que una lista de piezas de recambio (bisagras y juntas de puertas, cierres de puertas, periféricos de plástico, como dispensadores de detergente) tienen que estar disponibles. Y los reparadores profesionales tendrán acceso a las piezas de recambio y a la información necesaria para la reparación y el mantenimiento profesional de las lavadoras y las secadoras.	EC, 2019a ³⁶
8,3	En el informe se considera que la vida real del producto es siempre inferior a la vida útil debido a factores emocionales y socioeconómicos. Consideraron que la vida real, además, está condicionada por la edad, los ingresos en el hogar y el nivel educativo del consumidor. Según este estudio, los grupos con bajos ingresos son los más afectados por la corta vida útil de los productos. Suelen tener miedo de asumir la compra de productos de alto precio, existiendo la preocupación entre algunos de estos consumidores de que la obsolescencia planificada es un fenómeno generalizado. También se asocian las mudanzas frecuentes con el hecho de que la vida real del producto sea más corta.	Bachér et al. 2020 ⁴⁰
8	La sustitución de las lavadoras se produce entorno a los 8 años porque alguno de sus componentes se estropea.	Wieser et al., 2015 ³⁵ en Bachér et al. 2020 ⁴⁰

- **Pruebas de productos:** los fabricantes y las organizaciones de consumidores realizan regularmente pruebas de productos. Pero cuando se realizan pruebas de resistencia, suelen evaluar «sólo» si los aparatos funcionan durante un periodo mínimo determinado (y no cuánto tiempo más seguirían funcionando).
- **Tablas oficiales de depreciación:** en la contabilidad de las empresas, es importante conocer la vida útil prevista de los productos para calcular la tasa media anual de depreciación de los activos de inversión. En cuanto a las tablas oficiales de depreciación, como se expuso en el «Informe de obsolescencia de productos. Parte I.», en España no existen unas tablas comunes específicas en las que poder consultar la vida útil o periodo de amortización de un bien concreto, a nivel producto, más allá de la recogida en el Plan General de Contabilidad³⁷.

³⁶ EC, 2019a, 'Washing machines Energy labelling and ecodesign requirements apply to this product'. Website. European Commission, Brussels Belgium. https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/washing-machines_en

³⁷ Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19884&p=20210130&tn=6>

En Alemania, por ejemplo, las tablas *Afa* de depreciación por desgaste o período de amortización del Ministerio Federal de Finanzas alemán, establecen la vida útil media de los productos, siendo de 10 años para las lavadoras.

- **Sector de la gestión de residuos:** en el sector de la gestión de residuos, conocer la vida útil de los productos desempeña un papel importante a la hora de evaluar las cantidades futuras de residuos y proporcionar una capacidad de eliminación de residuos adecuada.
Por ejemplo, la herramienta de cálculo de RAEE (*WEEE calculation tool*)³⁸ de la Comisión Europea hace una estimación de la vida media para, en función de las cantidades puestas en el mercado, calcular el RAEE generado, otorga así de vida útil media a las lavadoras 11,8 años.
- **Foros y páginas de internet:** la experiencia subjetiva de cada individuo refleja las diferentes condiciones en las que utiliza un producto, lo que puede dar lugar a resultados dispersos sobre la vida real de los electrodomésticos.
Existen diferentes foros y páginas de internet donde los usuarios hacen declaraciones muy diferentes, e incluso contradictorias, sobre la durabilidad de sus aparatos. La experiencia subjetiva de cada individuo refleja las diferentes condiciones en las que utiliza el producto, lo que lleva a resultados muy difusos en cuanto a la vida útil de los electrodomésticos. No obstante, aunque estos testimonios parezcan imprecisos y anecdóticos, también pueden dar alguna impresión sobre la calidad de un producto. En este sentido, es importante señalar que la vida real del producto es inferior a las expectativas de los consumidores: un estudio de la UE muestra que los consumidores esperan que una lavadora dure 12,5 años¹⁷.
- **Portales y campañas de consumo:** con la publicidad y las actividades de marketing comercial se intenta estimular los impulsos de compra y atender las necesidades reales o percibidas; los portales de información al consumidor o las campañas de sensibilización intentan introducir más transparencia.

En este sentido, la OCU realiza encuestas para evaluar la duración y fiabilidad de los principales electrodomésticos (más de 87.000 valoraciones de consumidores de Bélgica, Francia, Italia, Portugal y España, han respondido a un cuestionario). Estos datos han permitido calcular la vida media útil de grandes electrodomésticos, las lavadoras entre ellos, así como determinar cuáles son las marcas más duraderas. En la siguiente tabla se muestra cómo, aunque la vida media es algo más de 11 años, hay sensibles diferencias entre marcas:

³⁸ http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/data_en.htm.

Tabla 5. Vida media de una lavadora según su marca. Fuente: OCU, 2021³⁹.

Lavadoras		
Las marcas más duraderas	Duración intermedia	Las marcas que menos duran
Miele (15 años)	Aspes (12 años) Siemens (12 años) Zanussi (12 años) AEG (12 años) Balay (11 años) Edesa (11 años) Fagor (11 años) Bosch (11 años) Baucknecht (11 años) Electrolux (11 años) Smeg (11 años)	Teka (10 años) Candy (10 años) Hoover (10 años) Indesit (10 años) Whirlpool (10 años)

Cabe señalar que, si bien la unidad normal para medir la vida útil es la duración, expresada en años, en el caso de datos para lavadoras, pueden utilizarse en su lugar ciclos operativos para tener en cuenta la intensidad de uso. Esto se debe a que el número de ciclos operativos es un factor más relevante que conduce al desgaste del producto en comparación con la duración. Una lavadora que, por ejemplo, está diseñada para 2.000 ciclos se supone que dura 10 años si se hace funcionar durante 200 ciclos de lavado al año, pero un uso más intenso con un mayor número de ciclos de lavado al año acortará su vida útil en años⁴⁰.

Por último, es importante destacar que varios estudios también contradicen la creencia generalizada de una mentalidad de usar y tirar entre los consumidores (CE, 2018a; Wieser et al., 2015³⁵). De hecho, en un estudio del Comité Económico y Social Europeo (CESE) se observó que las ventas de productos que llevaban un etiquetado de vida útil aumentaron un 13,8 % (CESE, 2016⁴¹). Esto indica la disposición de los consumidores a invertir en productos que tienen información sobre su vida útil, ya que son los consumidores con bajas expectativas respecto a la vida útil de los productos los más propensos a preferir la sustitución que la reparación.

En relación a los dos conceptos definidos y analizados anteriormente, existe otro criterio para evaluar los productos basado en la **durabilidad** de los mismos. Según la Comisión Electrotécnica Internacional, la durabilidad es una propiedad que proporciona la capacidad de un producto para funcionar según lo requerido bajo condiciones de uso y mantenimiento hasta el final de la vida útil⁴². Por otro lado, Alfieri et

³⁹ OCU. Electrodomésticos: las marcas más duraderas y fiables. <https://www.ocu.org/electrodomesticos/frigorificos/noticias/electrodomesticos-marcas-mas-duraderas>

⁴⁰ Bachér, J., Dams, Y., Duhoux, T., Deng, Y., Teittinen, T., Mortensen, L.F. (2020). Electronic products and obsolescence in a circular economy. *European Environmental Agency*, June.

⁴¹ <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/factsheet-es.pdf>

⁴² Tecchio, P., Stamminger, R., Ardente, F., Nistrath, P. and Mathieux, F. (2017). Study for the development of an endurance testing method for washing machines, EUR 28759 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/19188 JRC107722.

al., (2018)⁴³ la define como la capacidad de funcionar según sea necesario, en condiciones normales de uso, mantenimiento y reparación, hasta que se alcanza un estado límite. Se alcanza un estado límite cuando una o más funciones o subfunciones requeridas del producto ya no desempeñan su trabajo. Esto podría suceder durante el primer uso o usos posteriores del producto, debido a fallos técnicos y/u otras condiciones socioeconómicas.

En el [apartado 15.4](#) se retoma el aspecto de durabilidad, donde se analiza con detalle la relación entre la durabilidad de los productos con su coste económico o impacto ambiental, comparando estos aspectos entre una lavadora de larga o corta duración. En él, se dedica un apartado para analizar posibles mejoras en la durabilidad ([apartado 6.1](#)) y otro sobre evaluación de la durabilidad del producto ([apartado 10.1](#)).

Aunque en próximos apartados se analiza con detalle la relación entre la durabilidad de los productos con su coste económico o impacto ambiental, comparando estos aspectos entre una lavadora de larga y corta duración, se exponen en este punto algunas consideraciones en base a la bibliografía consultada:

Se ha comprobado que existe una relación entre la **durabilidad y el coste del producto**. Según el gráfico elaborado a partir de los resultados del estudio de la durabilidad de lavadoras 9/2013 por Stiftung Warentest en el periodo de 2003 a 2012 (Figura 6), se comprueba que las lavadoras de menor precio superan menos las pruebas de durabilidad que aquellas que son más caras. Es decir, que las que cuestan <550 € presentan más defectos pasados 5 años. Y, además, se puede observar que, para el periodo de estudio, la durabilidad de estos productos aumenta en los tres supuestos elegidos¹⁵.



Figura 6. Relación entre la durabilidad y el coste de las lavadoras domésticas. Fuente: Prakash et al., (2020)¹⁵.

⁴³ Alfieri, F., Cordella, M., Stamminger R., Bues, A., (2018). Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines, EUR 29487 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/115684, JRC114329. (Final report for Task 3)

En cuanto a la relación entre la **durabilidad y los impactos ambientales**, y de acuerdo con la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE¹², aumentar la vida de los productos supone una estrategia a considerar para mejorar el perfil ambiental de los productos.

En el estudio de Alfieri et al., (2018)⁴³, se valoraron los impactos ambientales derivados del alargamiento de la durabilidad de las lavadoras. Entre ellos se obtuvieron resultados asociados a la eutrofización de las aguas dulces, al cambio climático y quizá, el que más impacto supone, sobre todo en la fase de producción, es el agotamiento de elementos abióticos. Otros estudios también demuestran, a través de análisis de ciclo de vida, los beneficios que se obtienen de alargar la durabilidad de las lavadoras, a pesar de que esto implique la no adquisición (o el retraso de la misma) de una lavadora de mejor eficiencia energética⁴².

Asimismo, en el estudio de Tecchio et al., (2016)⁴⁴ obtienen que la fase de producción contribuye en más de 50 % a la ecotoxicidad del agua, efectos en la salud humana (toxicidad) o deterioro de la capa de ozono, y que la fase de uso supone la mayor parte de los impactos ambientales de la vida del producto debido al consumo eléctrico que se produce en ella, los detergentes utilizados y el impacto de los elementos usados en la reparación.

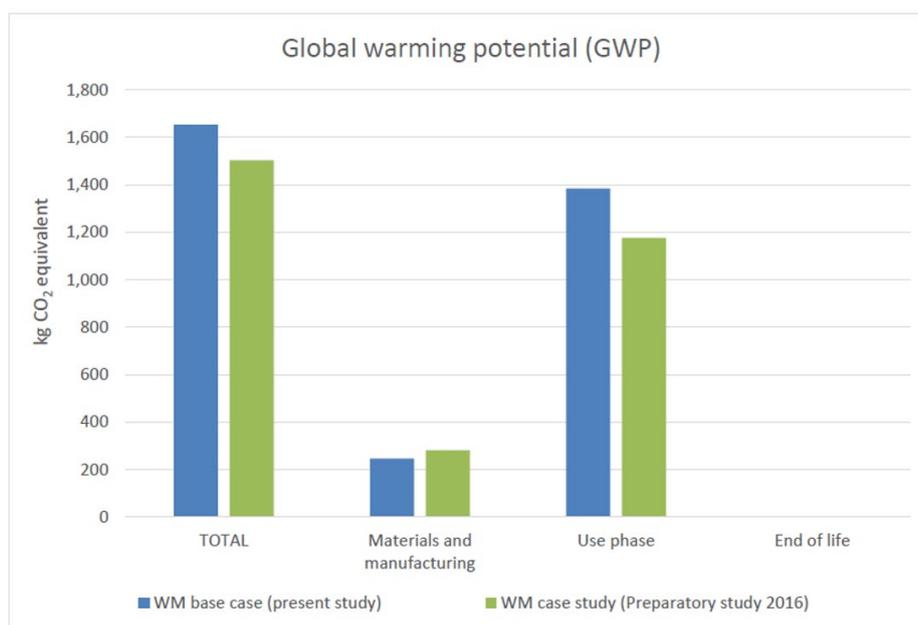


Figura 7. Potencial de calentamiento global para el caso de estudio de una lavadora de 12.5 años de vida real. Fuente: Tecchio et al., 2016⁴⁴.

⁴⁴ Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F. (2016). Analysis of durability, reusability and reparability. — Application to washing machines and dishwashers, <https://doi.org/10.2788/51992>

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Boyano et al. (2017)¹⁷, donde se comprobó que en la fase de uso existía predominancia de consumo de energía, de agua de proceso, producción de residuos peligrosos, potencial de calentamiento global, potencial de acidificación, emisiones de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) y potencial de eutrofización.

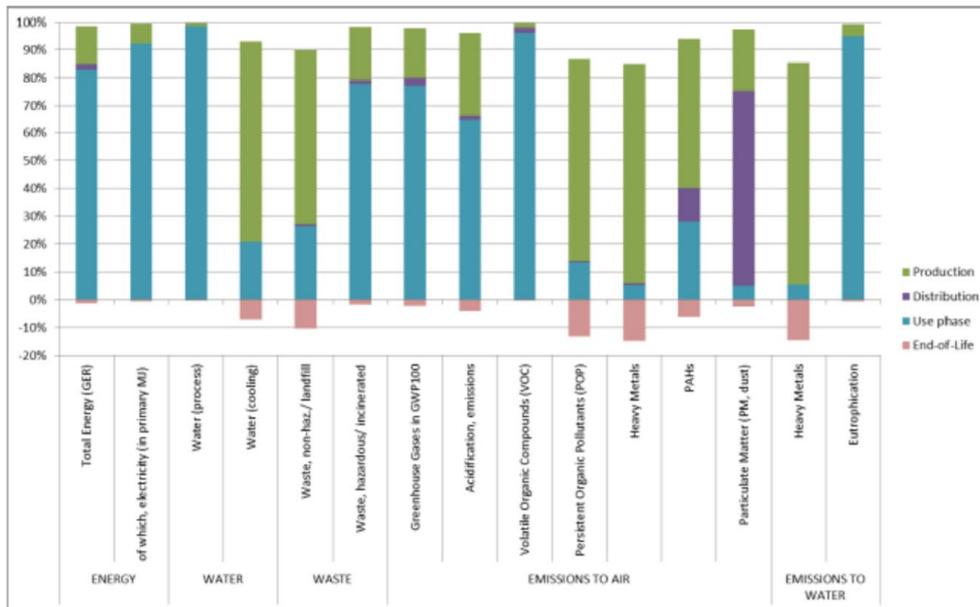


Figura 8. Magnitud relativa de los impactos ambientales de las etapas del ciclo de vida de las lavadoras. Fuente: Boyano et al., 2017¹⁷.

Aunque en la actualidad no existen estándares internacionales para evaluar la durabilidad de un producto, en la bibliografía se pueden encontrar diferentes propuestas de análisis en función del aspecto que se quiera estudiar. Por un lado, se puede estudiar desde el enfoque de la durabilidad física del producto. Por ejemplo, se puede analizar la resistencia al estrés mecánico, a cargas o tipos de fallos. En 2015, la asociación de consumo italiana «Altroconsumo» publicó los resultados de una investigación acerca de la durabilidad y tipos de fallos en lavadoras. El análisis tomaba como modelos lavadoras procedentes de minoristas de diferentes países (Bélgica, Italia, Portugal y España), bajo los siguientes parámetros: 2.500 ciclos de lavado (enjuague y centrifugado a velocidad máxima) representativos de 10 años de vida, carga del 60 % compuesta por diferentes tejidos⁴².

Y, por otro lado, existen diferentes aproximaciones para medir la durabilidad de un producto a través de la evaluación de su ciclo de vida, métodos y herramientas de ecodiseño o análisis cuantitativos y cualitativos sobre la relación entre la durabilidad de los productos y sus posibles impactos ambientales⁴⁵.

⁴⁵ Ardente, F., Mathieux, F., 2014a. Environmental assessment of the durability of energy-using products: method and application. J. Clean. Prod. 74, 62–73. doi:10.1016/j.jclepro.2014.03.049

Otros test encontrados en la bibliografía consultada:

- Evaluación del impacto del ciclo de vida: usando la herramienta MEErP (Metodología para el Ecodiseño de Productos Relacionados con la Energía)⁴⁶ consiste en una evaluación tecno-económico-ambiental de un grupo de productos específico, o softwares como GABI, SimaPro u openLCA.
- Prueba de degradación acelerada (ADTs por sus siglas en inglés *Accelerated Degradation Test*) o prueba de vida acelerada (ALTs por sus siglas en inglés *Accelerated Life Test*): pruebas aceleradas que consisten en una variedad de métodos para acortar la vida útil de los productos o acelerar su desgaste intentando simular el comportamiento real del usuario⁴⁷.

Además, en el apartado 4 del anexo 1, Ihobe, como fruto de su colaboración en el apartado 10 del estudio, realiza una evaluación del aspecto de durabilidad en lavadoras, incluyendo un posible método de cálculo para este aspecto.

3.3. Principales causas de la obsolescencia material, funcional, psicológica y económica de las lavadoras

Son relativamente pocos los estudios científicos que han abordado de forma sistemática las posibles causas de la obsolescencia prematura en los productos.

Sin duda, el estudio más exhaustivo para determinar las posibles causas de la obsolescencia en las lavadoras, fue el desarrollado por la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana¹⁵, que incluyó, además de una exhaustiva revisión bibliográfica, pruebas independientes de los productos (elaboradas por la asociación independiente de consumidores *Stiftung Warentest*) y encuestas a expertos y consumidores por internet.

Además, el instituto británico WRAP⁴⁸ cooperó con los fabricantes, las empresas de reparación y los distribuidores en una revisión sistemática de una serie de grupos de productos, entre ellos, las lavadoras.

Un estudio realizado en 2019 por *Stop Planned Obsolescence* (HOP, por sus siglas en francés)⁴⁹ concluyó que el 84 % de los consumidores franceses sustituyeron sus lavadoras debido a fallos o disfunciones del producto (obsolescencia material o funcional), el 13 % debido a obsolescencia social producida por eventos como

⁴⁶ Belgium, C. O. W. I., & Van Holsteijn en Kemna, B. V. (2014). Methodology for ecodesign of energy-related products MEErP 2011-project report: final report. Lot 3.

⁴⁷ Stammering, R., Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F., & Nistrath, P. (2018). Towards a durability test for washingmachines. *Resources, conservation, and recycling*, 131, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.014>

⁴⁸ <https://wrap.org.uk/>

⁴⁹ Asociación francesa que trabaja contra la obsolescencia prematura. <https://www.halteobsolescence.org/>

una mudanza u otros acontecimientos familiares, y el 3 % porque querían un nuevo producto (obsolescencia psicológica). Por tanto, la obsolescencia material es el tipo de obsolescencia más habitual y el principal factor por el que las lavadoras pasan a ser un residuo.

A nivel nacional, en el marco del proyecto europeo PROMPT⁵⁰, la OCU ha creado el Barómetro de Obsolescencia Prematura, donde los usuarios pueden reportar sus incidencias con productos que duran demasiado poco, para que se conozcan las cifras, no sólo de los productos más problemáticos y sus problemas más frecuentes, sino también aquellas relacionadas con los intentos de reparación. Las lavadoras ocupan el cuarto lugar en el ranking de los aparatos que se estropean más, alcanzando un 6,3 % de los problemas reportados.

A continuación, se analiza cada uno de los tipos de obsolescencia prematura que se dan en las lavadoras.

3.3.1. Obsolescencia material

Una de las causas de obsolescencia más comunes en electrodomésticos es la de usar materiales de baja calidad, el empleo de diseños obsoletos o dejar de producir repuestos al poco tiempo de haber lanzado un producto al mercado.

En el [apartado 3.4.1](#) se analizan los fallos más comunes encontrados en las lavadoras, respondiendo muchos de ellos a una obsolescencia planificada del material (por ejemplo, por no disponer de repuestos para su remplazo), pero también a una obsolescencia económica (la pieza y la reparación no compensa económicamente al consumidor). Por ello, se analiza en este apartado el único componente que en la literatura se asocia a una obsolescencia planificada y deliberada, la sustitución de las cubetas o tanques de acero inoxidable por cubetas de plástico.

Existen referencias donde la sustitución de las cubetas o tanques de acero inoxidable por cubetas de plástico (figura 9) suele citarse como un ejemplo típico de obsolescencia planificada en las lavadoras, así como el cambio de fijación de los rodamientos en las mismas:

⁵⁰ <https://prompt-project.eu/project/>

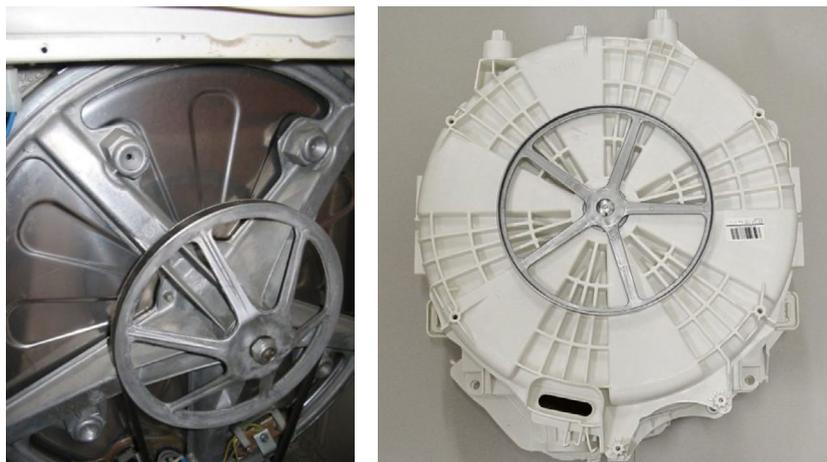


Figura 9. Tanque o cubeta de acero inoxidable (izquierda) y de plástico (derecha). Fuente: imágenes de internet.

Ejemplo 1: «Un estudio de hace cuatro años del Centro Europeo del Consumidor, titulado «La obsolescencia programada... las derivas de la sociedad del consumo», señalaba que «8 de cada 10 lavadoras tienen las cubetas de plástico, en vez de acero inoxidable, mucho más resistentes a los golpes. El estudio revelaba también la existencia de lavadoras que se estropean a los 2.500 lavados exactos y no se pueden reparar.» (noticia de 25 de octubre de 2018, Ecoavant⁵¹).

Ejemplo 2: «En el centro de reparación y servicio de RUSZ⁵², se encontró otro caso de obsolescencia prematura en la vida útil de las lavadoras de bajo precio. Se utiliza plástico para las cubetas en lugar de acero inoxidable. Además, los rodamientos no se pueden sustituir fácilmente como en las máquinas de gama alta, sino que se fijan a presión. Y estos rodamientos fallan en pocos años, porque los amortiguadores son demasiado débiles para las 1600 revoluciones de este producto. Eso significa que en un futuro previsible habría que sustituir todo el contenedor. Pero, por supuesto, nadie lo hace» (David-Freihsl 2012 en Prakash et al., 2020¹⁵).

Ejemplo 3: «Casi todos los fabricantes de lavadoras han sustituido los tanques de acero en los que gira el tambor por cubas de plástico. La menor resistencia del material provoca daños, hasta ahora desconocidos, causando costosas reparaciones y, finalmente, la amortización total del producto, con una notable reducción de la vida útil. Además, también se ha modificado el soporte del rodamiento (fijándose a presión en el tanque de plástico en lugar de utilizar una pieza transversal)» (Schridde et al. 2012 en Prakash et al., 2020¹⁵).

⁵¹ https://www.ecoavant.com/consumo/samsung-y-apple-reciben-la-primer-multa-por-obsolescencia-programada-4114_102.html

⁵² www.rusz.at

Ejemplo 4: «Los soportes de rodamiento son relativamente inestables cuando están fijados en las cubas de plástico y llevan, en particular en las lavadoras de carga frontal, a fugas dinámicas de las juntas del eje de transmisión y, como consecuencia, a la corrosión del rodamiento. Así, es posible que en pocos años los rodamientos del tambor estén defectuosos, a pesar de que parezcan más que resistentes, mientras que las lavadoras con soporte de pieza transversal no suelen mostrar signos de debilidad después de 20 años. Estas reparaciones son muy complicadas de llevar a cabo sin la sustitución del tanque y, por regla general, no merece la pena si se utiliza una pieza nueva» (Schridde et al. 2012 en Prakash et al., 2020¹⁵).

Ejemplo 5: «Una lavadora con cubeta de plástico suele durar poco más de 3 años. Con un tanque de acero inoxidable, la vida útil de la lavadora puede alcanzar los 20 años o más. Se puede comprobar de qué material está fabricado el tanque tirando ligeramente de la junta de la puerta hacia un lado» (Konsumento 2/2013 en Prakash et al., 2020¹⁵).

Pero también hay referencias que otorgan ciertas ventajas al cambio de material para fabricar las cubetas.

La cuba y el tambor de las lavadoras son los componentes que más pueden sufrir la acción corrosiva del agua, viéndose además acelerada por la agitación mecánica a la que se ve sometida el tambor. Es por ello que, la elección del material del que se fabrica dicho componente se convierte en algo de gran relevancia. Lo más común es la utilización de acero inoxidable sin remaches (ya que son focos susceptibles de corroerse con facilidad). Pero, con el enorme desarrollo y avance conseguido en los materiales plásticos en los últimos tiempos desde el punto de vista de soportar esfuerzos de torsión, fatigas, impactos, etc. y teniendo en cuenta su excepcional comportamiento ante la corrosión, queda justificado el cambio a utilizar materiales polímeros de una sola pieza en la fabricación de la cuba. De hecho, muchos fabricantes no sólo se alejan del concepto de una obsolescencia planificada, sino que argumentan el cambio de material con la búsqueda de una mayor durabilidad. respeto

Preguntados por ello en las encuestas realizadas sobre la fiabilidad de los tanques de plástico a los fabricantes de electrodomésticos alemanes, no consideraron que fuera una causa de obsolescencia, e incluso afirmaron que «En comparación con los tanques de acero inoxidable, los de plástico ofrecen varias ventajas: a) Con las cubetas de plástico no hay corrosión. b) Se mejoran las propiedades acústicas del producto. c) Con los plásticos las pérdidas térmicas son menores».

Además, las pruebas independientes realizadas por Stiftung Warentest muestran que sólo unas pocas lavadoras tuvieron problemas que pudieran atribuirse a una cubeta de plástico (alrededor del 90 % de las probadas tenían un recipiente de plástico). Sin embargo, cabe destacar en este sentido, que Stiftung Warentest sólo probó lavadoras de más de 350 euros.

A continuación, se recopilan las principales ventajas y desventajas encontradas en relación a este cambio de material en las cubetas:

a) Cubeta de acero inoxidable

Ventajas:

- El acero es el mejor de todos los materiales para la interacción constante con el agua, y también confiere especial fuerza.
- No se expande con los lavados a alta temperatura ni se erosiona con los detergentes abrasivos y fuertes.
- No hay corrosión durante el ciclo de vida del producto.
- Durabilidad, confiabilidad y fuerza.

Desventajas:

- Ruido alto. Esto es causado por la incapacidad de amortiguar la vibración.
- Alto costo. Un producto de acero de calidad con uniones cuidadosamente soldadas no puede tener un precio bajo.
- Los dispositivos con tambor metálico consumen más electricidad, ya que el metal se caracteriza por un bajo aislamiento térmico.

b) Cubeta de plástico

Ventajas

- Bajo coste.
- Menos ruido. Absorción de ruidos y vibraciones.
- Menos consumo de energía, debido al buen aislamiento térmico. Se necesita menos energía para calentar el agua.
- No están sujetos a la corrosión.
- Producto ligero. Cuando se repara es mucho más fácil de quitar que el metal.
- Fuerza relativa. Si se compara con productos de acero inoxidable, los elementos plásticos son más frágiles. Sin embargo, la composición de los polímeros para la fabricación de estas piezas está mejorando, volviéndose más fuerte. La vida útil puede alcanzar los 30 años, que es significativamente menor que la del acero inoxidable. Sin embargo, esto es suficiente, ya que la vida útil de las lavadoras no es tan alta.

Desventaja

- Fragilidad. Se pueden producir daños durante el transporte o si se introducen cuerpos extraños entre el tambor y su tanque. La rotura puede ser muy grave, imposibilitando su reparación.

3.3.2. Obsolescencia funcional

A lo largo de los años ha habido una rápida evolución no sólo de las exigencias técnicas y funcionales de lavadoras en sí, sino de los tejidos que se lavan y de los detergentes utilizados. Por regla general, el rendimiento de una lavadora se mantiene constante durante toda su vida útil. Sin embargo, hay otros factores que cambian. Por ejemplo, los tejidos que se lavan, no sólo por la moda, sino también por la introducción en el mercado de nuevas fibras o nuevos métodos de acabado. Las lavadoras modernas ofrecen programas especiales para estos nuevos tejidos.

Además, las innovaciones de los detergentes llegan al mercado mucho más rápido que las innovaciones de las lavadoras para las que se compra el detergente. El objetivo de una investigación de la Universidad de Bonn⁵³, fue determinar en qué medida las lavadoras de distintas edades se armonizan con los detergentes actuales y si las lavadoras antiguas siguen dando buenos resultados con estos nuevos detergentes. Los resultados obtenidos en el estudio mostraron que, aunque algunas lavadoras, en particular las más antiguas, tienen rangos de rendimiento similares, sus valores absolutos son mucho más bajos y presentan una mayor influencia de la dosis de detergente y la temperatura en el rendimiento del lavado que las nuevas. En los resultados existe una marcada diferencia entre los rangos de rendimiento de las lavadoras más antiguas y las más nuevas, aunque la pérdida de rendimiento con una reducción de la dosis de detergente del 100 % al 50 % es mucho mayor que del 150 % al 100 %⁵⁴.

En este estudio compararon también el rendimiento de lavado de los programas de 40°, 60° y 90°C en las diferentes lavadoras (antiguas y nuevas) con el correspondiente consumo de energía. Los resultados confirman que las lavadoras más antiguas consumen más energía para conseguir un buen rendimiento de lavado. De hecho, para igualar el rendimiento de lavado de las máquinas nuevas en un programa de 40°C, las máquinas antiguas tienen que funcionar con el programa de 90°C ya que el rendimiento de lavado de las máquinas antiguas a 40°C es mucho menor que el de las lavadoras más nuevas.

Por último, en el estudio también se tomó la clase A⁵⁵ como rendimiento requerido para así poder evaluar la eficiencia de una lavadora en términos de la cantidad de energía y de agua necesaria para alcanzar este nivel de rendimiento (figura 10).

⁵³ Stamminger, R., Barth, A., Dörr, S. (2005). Old Washing Machines Wash Less Efficient and Consume More Resources. University of Bonn, Institut für Landtechnik, Section Household and Appliance Technology

⁵⁴ Esta diferencia puede deberse al hecho de que en las lavadoras más antiguas normalmente no es posible evitar la pérdida de detergente en el sumidero de la bomba. Por lo tanto, es probable que haya proporciones considerables de detergente que no se utilicen

⁵⁵ En 2004, año del estudio, el rendimiento de lavado de la clase A era el requisito mínimo de diseño ecológico para las lavadoras domésticas comercializadas en la Unión Europea {Reglamento (UE) n° 1015/2010-derogado por Reglamento 2019/2023, de 1 de octubre}. Para las lavadoras más antiguas, se realizaron algunas extrapolaciones lineales para que de ese modo fuera posible comparar la eficiencia de varias lavadoras a lo largo del tiempo.

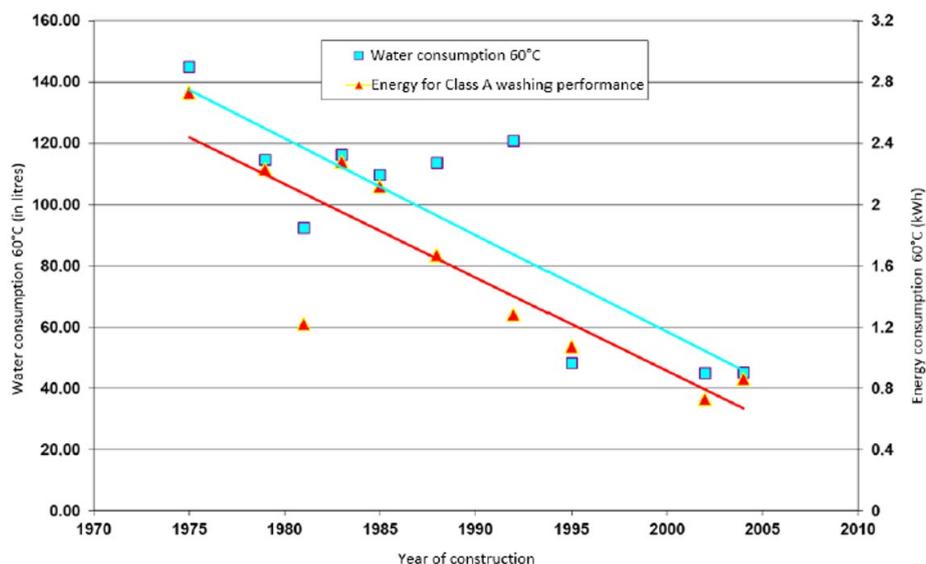


Figura 10. Consumo de agua y consumo de energía calculado para conseguir un rendimiento de lavado de clase A⁵⁶, según el año de construcción. Fuente: Prakash et al. (2020)¹⁵

De estos estudios, se deduce que las lavadoras más antiguas pueden seguir funcionando, pero sólo tienen una capacidad limitada para utilizar eficazmente los detergentes modernos y proporcionar un cuidado óptimo a nuevos tipos de tejidos. Además, la tendencia general es que las máquinas más antiguas tienen un consumo de energía y de agua mucho mayor que las más nuevas para el mismo rendimiento de lavado.

Como se expuso en el apartado de [innovación](#), el Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión¹³ dicta que «La Comisión revisará el presente Reglamento a la luz del progreso tecnológico y presentará los resultados de dicha evaluación, incluido, en su caso, un proyecto de propuesta de revisión, al Foro consultivo a más tardar el 25 de diciembre de 2025». Conforme estos avances tecnológicos se vayan implantando, la obsolescencia funcional cobrará más importancia. Dado que el mercado está casi saturado, la innovación de productos es una necesidad en el mercado actual, orientado a las ventas, como incentivo para sustituir las máquinas existentes. Los principales avances técnicos de los últimos años incluyen la mejora de la eficiencia energética, del agua y detergente y otros aditivos (dosificación automática), el aumento de la velocidad y la capacidad de carga, así como la tecnología inteligente.

En referencia a la eficiencia energética, según el Eurobarómetro (Special EB 492)⁵⁷ en 2019, la etiqueta energética fue reconocida por el 93 % de los consumidores y el 79 % la tuvo en cuenta a la hora de comprar productos energéticamente eficientes.

⁵⁶ Las pruebas se efectuaron antes de la entrada en vigor de la nueva etiqueta energética en marzo de 2021.

⁵⁷ https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/eurobarometer-energy_en?redir=1

A los fabricantes les interesa que sus productos con etiqueta energética estén en la categoría más alta disponible en comparación con los competidores. Por lo tanto, es probable que los fabricantes que venden aparatos de las clases menos eficientes traten de mejorar su calificación para situar sus productos en la categoría más alta. Por ejemplo, aproximadamente dos tercios de los frigoríficos y lavadoras vendidos en 2006 estaban etiquetados como clase A, mientras que más del 90 % de los vendidos en 2017 estaban etiquetados como A+, A++ o A+++ (según el antiguo etiquetado para lavadoras).

Otro de los factores que puede influir a la hora de que un consumidor opte por cambiar de lavadora es el nivel de ruido de esta. Actualmente, las lavadoras se diseñan para que el nivel de ruido sea el menor posible, criterio que se incorpora en la nueva etiqueta (figura 11).



Figura 11. Icono de nivel de ruido en el nuevo etiquetado energético. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, de la encuesta de internet efectuada a los consumidores alemanes¹⁵ se puede concluir que dicha obsolescencia funcional fue la razón por la que aproximadamente el 12 % de los hogares adquirieron una nueva lavadora. Las respuestas «La lavadora no era lo suficientemente eficiente energéticamente» y «La lavadora no tenía suficientes funciones» responden a las limitaciones de las antiguas lavadoras en cuanto a eficiencia de energía y agua, pero también a funciones específicas para determinados tejidos.

Extrapolando estas respuestas a un futuro cercano, los consumidores no sólo considerarán la eficiencia energética de las lavadoras, sino que tendrán en cuenta los nuevos avances tecnológicos y el medioambiente (dosificación de detergentes y otros aditivos, nuevos filtros de microplásticos, reducción del ruido, etc.), así como la transparencia de información de los productos comprados.

No obstante, a pesar de todo lo comentado, la introducción de normas de eficiencia energética y el avance de las innovaciones técnicas, han hecho que la eficiencia de las lavadoras haya mejorado sustancialmente en los últimos años y no se prevén grandes avances. Esto puede provocar que esta obsolescencia funcional ya no se

perciba igual entre los consumidores por no contemplar avances significativos entre el aparato que ya tienen y uno nuevo.

3.3.3. *Obsolescencia psicológica*

La obsolescencia psicológica, o también conocida como obsolescencia de la «deseabilidad», es aquella que se manifiesta cuando el producto deja de ser atractivo o se convierte en «menos deseable» en términos de estilo, diseño o debido a ofertas especiales, a pesar de que el producto que se posee no presente desgaste o errores en su funcionalidad. Este tipo de obsolescencia se origina de manera subjetiva donde el usuario cambia la percepción del producto en base a la experiencia adquirida, estatus social, moda o calidad estética.

Según un informe de 2018 de Équiterre, una organización medioambiental de Quebec (Canadá), existen diferencias sobre la predominancia de la obsolescencia psicológica de un producto en base a la gama a la que pertenezca el mismo. Se estudió que el reemplazo de electrodomésticos, debido a factores de diseño o moda, era más frecuente en productos de gama alta, sin embargo, en aquellos de gama media o baja, la obsolescencia predominante era la funcional⁵⁸.

En el caso de las lavadoras, la obsolescencia psicológica no parece ser predominante según los datos aportados por las encuestas realizadas por el informe HOP (2019) en Francia, donde el 3 % de los encuestados admitían haber cambiado de lavadora porque querían un producto nuevo simplemente³². Por otro lado, según la encuesta realizada entre 2012-2013 por la Sociedad de Investigación de los Consumidores GfK (por sus siglas en inglés *Growth for knowledge*), el 13,2 % de los encuestados admitieron que hicieron compras de nuevas lavadoras por razones de deseo de una nueva o porque ya no gustaba la antigua, aunque siguiera funcionando.

Por lo tanto, aunque en algunos consumidores puede influir la obsolescencia psicológica a la hora de adquirir una nueva lavadora, no se puede precisar el grado de importancia de ésta para el caso de este producto, ya que los datos apuntan más hacia otros tipos de obsolescencia como razón más frecuente de reemplazo de lavadoras¹⁵.

3.3.4. *Obsolescencia económica*

Se entiende por obsolescencia económica la pérdida de las propiedades útiles de un producto porque los costes de los insumos de recursos necesarios para mantener o reparar el producto son excesivos o la diferencia con el coste de un nuevo producto

⁵⁸ Équiterre (2018). Obsolescence of home appliances and electronics: what is the role of consumer?

es desfavorable. Las razones pueden ser los cortos ciclos de desarrollo de los productos, la rápida caída de los precios, el diseño poco favorable para la reparación, los altos costes de reparación o la falta de piezas de repuesto, necesidad de herramientas especiales y servicios de reparación.

Según un estudio de la OCU donde se encuestó a 1.000 consumidores, si el aparato tiene más de 8 años, no existe interés en su reparación. Además, aunque el producto sea más moderno, pero económicamente suponga el 30 % del precio que costó en el inicio, tampoco suele repararse. En términos generales, a la mitad de los consumidores encuestados se les estropeó la lavadora en los últimos 5 años y de éstos, el 45 % decidió comprar otra porque el arreglo no compensaba económicamente⁵⁹.

Además, según los datos del Barómetro de Obsolescencia Prematura realizado también por la OCU, 4 de cada 10 productos que fallan no se intentan reparar en España. Según los datos, las principales causas por las que deciden no reparar es por el factor económico (figura 12).



Figura 12. Principales causas por las que no se reparan los productos. Fuente: <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/datos-barometro-obsolencia>.

En el estudio de Tecchio et al., 2016⁴⁴, también se identificaron las razones por las que los dispositivos no fueron reparados. La siguiente figura ofrece una visión general de

⁵⁹ Organización de Consumidores y Usuarios. Reparar productos estropeados: ¿merece la pena? (2019): <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/repaciones-productos>

los 696 dispositivos objeto de estudio no reparados, con detalles de las razones de cada modo de fallo principal⁶⁰. Se destaca en este punto que, aunque en la mayoría de los casos las reparaciones eran posibles, el cliente las consideraba demasiado costosas (78 % de los servicios de reparación considerados). Sólo en el 15 % de los casos, la reparación se clasificó como técnicamente inviable, mientras que únicamente en el 7 % de los casos considerados se informó de una reparación inviable económicamente.

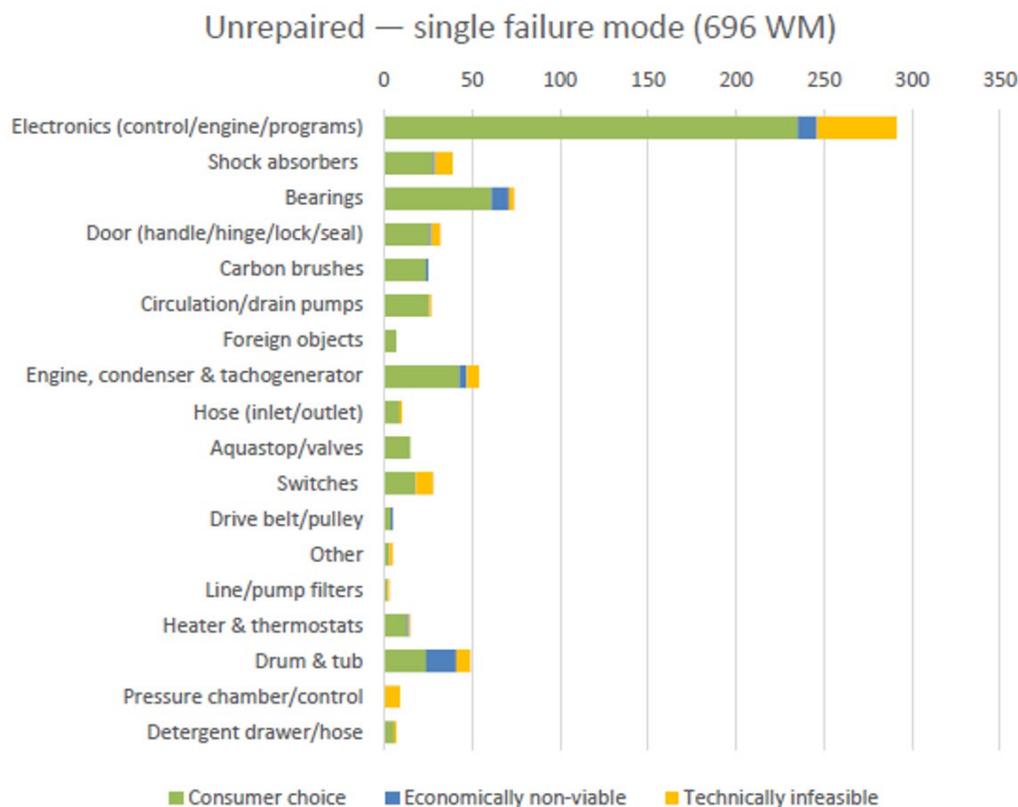


Figura 13. Principales razones para no reparar un dispositivo, clasificadas por modo de fallo. Fuente: Tecchio et al., 2016⁴⁴.

El elevado precio de la reparación de algunas de las piezas (desarrollado en profundidad en el apartado 3.4.4), sumado al descenso de los precios de las nuevas lavadoras (al menos hasta 2014 como muestra la figura 14), pone de manifiesto la poca viabilidad en muchos casos de reparar productos por un precio por el que es posible comprar uno nuevo.

⁶⁰ La categoría de fallos «Amortiguadores y cojinetes» se dividió, ya que las razones para no reparar un dispositivo eran sustancialmente diferentes.

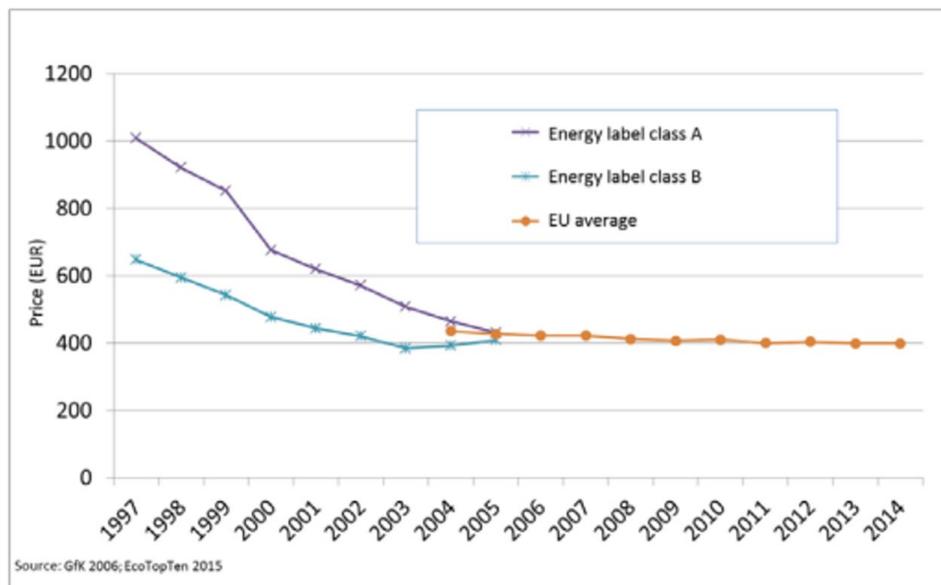


Figura 14. Evolución de los precios medios de las lavadoras en Europa. Fuente: Prakash et al. (2020)¹⁵.

3.4. Análisis sobre la reparabilidad de las lavadoras: identificación de las dificultades más comunes para su reparación

Como se exponía en el apartado anterior, la vida real de un producto es el resultado del tiempo de duración del mismo debido a factores como el uso más o menos adecuado que se le haya dado, y otros factores como la obsolescencia prematura. La reparación de los productos ayudaría a mejorar su vida real, además de presentar grandes beneficios socioeconómicos y medioambientales.

Un ejemplo de ello se muestra en el estudio de Boyano Larriba et al. (2017)¹⁷, donde se analizó cómo al aumentar la reparabilidad de las lavadoras en un 20 %, se ampliaría la vida funcional en un año. También en la publicación del Parlamento Europeo «Consumers and repair of products»⁶¹, se señala que al fomentar y facilitar la reparación, el consumidor puede ahorrar el dinero que invertiría en un nuevo producto, las empresas podrían encontrar una oportunidad de negocio en el sector de la reparación, además de crear nuevos empleos y así, con el trabajo conjunto de todos los actores implicados, se reduciría la producción de residuos, uso de recursos, consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero en beneficio del medio ambiente.

Sin embargo, los datos sobre el sector de la reparación de electrodomésticos en Europa muestran tendencias contrarias a lo mencionado anteriormente. Según el trabajo realizado por Ihobe en 2017⁶², sólo el 9 % de las empresas del sector de la reparación en Europa se dedicaba a la reparación de electrodomésticos (figura 15), siendo 2 el

⁶¹ https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document.html?reference=EPRS_BRI%282019%29640158

número de trabajadores por empresa en promedio. Sin embargo, si atendemos solo a las empresas dedicadas a la reparación de bienes materiales para este mismo año, la reparación de electrodomésticos supone el 48 % del total de empresas dedicadas a este sector⁶². No obstante, según los datos del informe de Rreuse «*Improving product reparability: Policy options at EU level*»⁶³, existe un descenso en el número de empresas dedicadas a este sector en los últimos 30 años en la UE, en parte agravado por los obstáculos y costes que supone la reutilización o reparación de productos.



Figura 15. Empresas y personas trabajadoras del sector de la reparabilidad en Europa en 2017.
Fuente: Ihobe.

Por otro lado, en España, el Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE), a través de su Observatorio de las Ocupaciones, realiza periódicamente estudios prospectivos sectoriales para conocer cuáles son las actividades económicas y las ocupaciones que tienen mejores perspectivas de empleo a corto y medio plazo. El Estudio Prospectivo de las Actividades Económicas relacionadas con la Economía Circular en España⁶⁴ realizado en 2020, analiza los datos de empleo de la categoría «CNAE 9522: Reparación de aparatos electrodomésticos y de equipos para el hogar y el jardín». En 2018 había un total de 797 centros de cotización, con un número de 7.202 afiliados⁶⁵. Esto

⁶² Ihobe. Diagnóstico de la reparación en la CAPV (2019).

⁶³ Rreuse (2015). Improving product reparability: Policy options at EU level: <https://www.rreuse.org/wp-content/uploads/Routes-to-Repair-RREUSE-final-report.pdf>

⁶⁴ https://www.sepe.es/SiteSepe/contenidos/que_es_el_sepe/publicaciones/pdf/pdf_mercado_trabajo/Estudio-prospectiv-ec-Circular.pdf

⁶⁵ Los centros de cotización se corresponden con las cuentas de cotización a la Seguridad Social en el Régimen General. Los afiliados incluyen tanto los del Régimen General como Régimen Especial Trabajadores Autónomos.

supone un 2,40 % más de afiliados respecto al total de trabajadores en las actividades de la economía circular en 2017 y un 8,32 % más respecto a 2014.

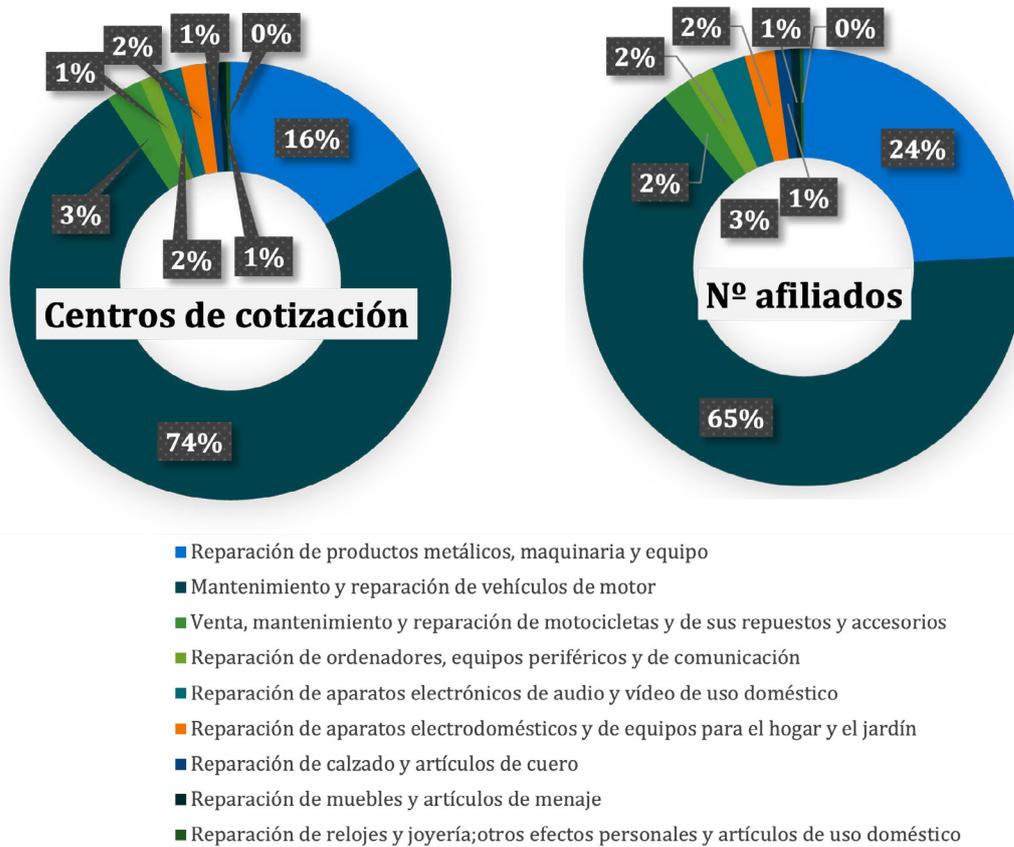


Figura 16. Centros de cotización y nº de afiliados del sector de la reparabilidad en España en 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio de las Ocupaciones del SEPE (datos del MEYSS. Trabajadores afiliados a la Seguridad Social. 31 de diciembre de 2018).

En relación a lo anterior, son numerosos los estudios que exponen las principales dificultades con las que se encuentra el consumidor y/o la empresa reparadora cuando se quiere proceder a reparar una lavadora¹⁵. A continuación, se indican algunos de los obstáculos más comunes, que serán ampliados en detalle en posteriores apartados:

- Constantes cambios en el diseño de los productos y dificultad de acceso a piezas de repuesto.
- Dificultad de acceso a información técnica del producto.
- No estandarización de las diferentes piezas del producto, diferencias según la marca fabricante, o incluso entre diferentes modelos de la misma marca.
- Dificultad en el desmontaje del producto.
- Precios de reparación poco atractivos.

Como parte de la aplicación del Plan de Acción de la UE para la economía circular, la Comisión Europea realizó un estudio para el análisis y el desarrollo de un posible

sistema de puntuación para informar sobre la capacidad de reparación y mejora de los productos⁶⁶. Los objetivos generales del estudio, descritos en el informe, son:

- 1) Desarrollar un enfoque general para la evaluación de la capacidad de reparar/actualizar productos relacionados con la energía;
- 2) Probar la viabilidad y los tipos de resultados derivados del enfoque general en tres grupos de productos específicos (ordenadores portátiles, aspiradoras y lavadoras).

El sistema de puntuación se basa en tres pilares comunes a la mayoría de productos:

- Detección de las piezas prioritarias;
- Búsqueda de parámetros clave para la reparación y la mejora;
- Realización de un marco de puntuación.

En esta misma línea, con la publicación del Plan de Acción Europeo de EC (2015) ya se puso de manifiesto la necesidad de protección y participación de los consumidores en la economía circular, proponiéndose medidas relativas al derecho a la reparación: disponibilidad de información sobre servicios de reparación, manuales y piezas de recambio. Acorde a este requerimiento y las posteriores medidas en torno a EC, se llevó a cabo la aprobación del Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión, de 1 de octubre de 2019¹³, con el que se revisan los requisitos de diseño ecológico vigentes en las lavadoras domésticas y a las lavadoras-secadoras domésticas, incorporando criterios de EC en los requisitos de ecodiseño y una serie de requisitos en cuanto a la disponibilidad de piezas de recambio.

Además, como ya se comentaba con anterioridad, existen otras iniciativas privadas que ya se han adelantado desarrollando índices de reparabilidad en base a diferentes factores que interfieren a la hora de reparar un producto.

En estos momentos, además del índice de reparabilidad francés⁶⁷ (dirigido por GI-FAM), existen dos distribuidores en Francia que han tomado la delantera presentando sus propios índices de reparabilidad: Spareka⁶⁸ y Fnac Darty⁶⁹.

⁶⁶ Cordella, M., Alfieri, F. and Sanfelix Forner, J., Analysis and development of a scoring system for repair and upgrade of products, EUR 29711 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-01602-1, doi:10.2760/725068, JRC114337.

⁶⁷ Índice de reparabilidad francés para lavadoras: <https://www.indicereparabilite.fr/grilles-de-calcul/>; <https://www.gifam.fr/accueil/gem/le-lave-linge/#chiffres-clc>

⁶⁸ Spareka, especialista en la venta de repuestos en Francia, ofrece un índice desarrollado a partir de tres elementos: la disponibilidad de documentos (folletos, vistas ampliadas, etc.), la disponibilidad de repuestos y la capacidad de reparación en sí misma (simplicidad, duración y necesidad de herramientas, especialmente). Este último criterio está en el corazón de la puntuación final, ya que pesa el 65 % de la misma. Este índice (así como los tutoriales de reparación, la venta de piezas, etc.) es aplicable a grandes y pequeños electrodomésticos y aparatos de jardinería. La página permite filtrar por tipo de electrodoméstico, marca y modelo concreto de lavadora https://www.spareka.fr/pièces_detachees_electromenager/lave-vaisselle

⁶⁹ En su caso, el índice propuesto por Fnac Darty solo es aplicable a ordenadores portátiles. La compañía toma los tres criterios de Spareka y agrega la reinstalación del software. A diferencia del índice de Spareka, los cuatro criterios contribuyen igualmente a la puntuación final. <https://www.fnacdarty.com/>

Y, como ya se describió en el «Informe de obsolescencia de productos. Parte I.» (apartado 1.3), trabajando en el mismo sentido y con el objetivo de incentivar, tanto en consumidores como en fabricantes, la reparabilidad frente a la obsolescencia como forma de reducir la huella ecológica, el Ministerio de Consumo anunció⁷⁰ que está desarrollando un Índice de Reparabilidad que clasificará a los productos eléctricos o electrónicos. Según la fuente, la iniciativa, sometida a consulta pública previa, consistiría en la creación de un sello con una nota (de 0 a 10) que acompañará al producto en lugar visible de su embalaje y que ayudará a los consumidores a tomar mejores decisiones en el momento de la compra. La clasificación se realizará según diferentes variables, como la disponibilidad de piezas de reemplazo o la facilidad en el desmontaje.

Por otro lado, en España hasta ahora existía la obligación de tener disponibles piezas de recambio durante 5 años de los aparatos discontinuados. Sin embargo, a partir del 1 de enero de 2022, son 10 años según la publicación del Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril⁷¹, que actualiza el Real Decreto Legislativo 1/2007 de 16 de noviembre⁷². Esto va a permitir reparaciones que antes no se podrían dar⁷³. Además, el fabricante tendrá que incluir un manual de reparación y asegurarse de que los productos puedan ser desmontados para su reparación.

Nota: Como complemento de todo lo expuesto en este apartado sobre la reparabilidad de las lavadoras, en el apartado 15.4 se retoma el aspecto de reparabilidad. En él, se dedica un apartado para analizar posibles mejoras en la reparabilidad (apartado 6.2) en la comparación entre una lavadora de largo y otra de corto ciclo de vida, y otro sobre la evaluación de la reparabilidad del producto (apartado 10.2). Además, en el apartado 5 del Anexo 1, lhobe, como fruto de su colaboración en dicha parte del estudio, realiza una evaluación del aspecto de reparabilidad en lavadoras, incluyendo y un posible método de cálculo para este aspecto.

3.4.1. Fallos más comunes en lavadoras domésticas

En primer lugar, el paso previo a la reparación de la lavadora es la detección del problema. Una dificultad común para los usuarios y empresas reparadoras es la dispo-

⁷⁰ Nota de prensa (15/03/2021): https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/consumo/Paginas/2021/150321-etiqueta_reparabilidad.aspx

⁷¹ Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de competencia, prevención del blanqueo de capitales, entidades de crédito, telecomunicaciones, medidas tributarias, prevención y reparación de daños medioambientales, desplazamiento de trabajadores en la prestación de servicios transnacionales y defensa de los consumidores: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-6872

⁷² Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-20555>

⁷³ De aplicación según el artículo 127 bis para los bienes indicados en el artículo 114 del citado Real Decreto-ley 7/2021 (texto consolidado).

nibilidad de *softwares* de análisis, reparación y mantenimiento que permitan realizar test de análisis de errores. Este punto es de especial interés puesto que con la automatización y el cambio de modelo mecánico a informático es frecuente que sólo se pueda identificar el problema del aparato conectándolo a un ordenador portátil con un *hardware* especial y utilizando un *software* de diagnóstico de averías. Por lo tanto, es de especial relevancia poner a disposición y compartir este tipo de sistemas que faciliten la identificación de los daños a reparar.

Además, la información relativa a estos sistemas de diagnóstico y la interpretación de los códigos de error debería, en todos los casos, formar parte de los manuales de información del usuario y no restringirse solo a servicios autorizados⁴⁴.

Según Wilker (2010) se pueden identificar tres fases en la vida de un producto en las que pueden ocurrir fallos⁴³:

- Fase I: fallos tempranos, que pueden ser causados por errores de construcción y producción, software defectuoso, defectos de materiales o componentes defectuosos recibidos de los proveedores. Los fallos tempranos frecuentes son una indicación de un control de calidad inadecuado.
- Fase II: fallos aleatorios, que ocurren durante la vida útil característica y son atribuibles a errores operativos y de mantenimiento, o a efectos mecánicos, p. Ej. vibraciones.
- Fase III: en la que pueden ocurrir fallos por desgaste, se dan al final de la vida útil de un producto y son atribuibles al envejecimiento y desgaste del material. El período máximo de uso de un producto está determinado por el componente de vida más corta.

A continuación, se recopilan los fallos más comunes recogidos en los informes o estudios disponibles en la literatura.

Con el fin de identificar los fallos más frecuentes que se producen en las lavadoras, en el estudio de Tecchio et al., 2016⁴⁴ (y en posteriores estudios del mismo autor; Tecchio et al., 2019⁷⁴) se utilizaron categorías de grupos (tabla 6). El fundamento de esta disposición era agrupar componentes con una función similar (por ejemplo, bombas de circulación y bombas de desagüe), piezas de la lavadora vinculadas al funcionamiento de un componente principal del aparato (por ejemplo, manillas, bisagras, cerraduras y juntas, todos ellos elementos clave de la puerta de la lavadora) o componentes con una función complementaria (por ejemplo, amortiguadores y cojinetes, dos elementos de la máquina vinculados al funcionamiento de la cuba, el primero destinado a reducir la fricción entre las piezas móviles y el segundo a absorber y amortiguar los impulsos de choque).

⁷⁴ Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F. (2019). Understanding lifetimes and failure modes of defective washing machines and dishwashers. European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italy. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.044>

Tabla 6. Categorías de productos agrupados por su función similar.

Fuente: Tecchio et al., 2016⁴⁴.

Electrónica, electrónica de control, electrónica del motor/del inversor, relés, selectores de programas o paneles de control, filtros de línea, pantallas;
Amortiguadores, rodamientos, cojinetes de bolas (figura 17A);
Puertas, manillas, bisagras, cerraduras y juntas;
Escobillas de carbón (figura 17B);
Bombas de circulación y bombas de drenaje (figura 17C);
Mangueras de drenaje/salida, sistemas de drenaje, mangueras de entrada
Válvulas mecánicas o electrónicas aquastop (figura 17D) u otras válvulas de entrada
Interruptores de flotador, microinterruptores, interruptores de encendido y apagado, teclado;
Motor, condensador del motor y tacogenerador;
Filtros de la bomba;
Correa/polea de transmisión;
Calentador y termostatos;
Tambor y cuba;
Cámara de presión, control de presión, mangueras de aire;
Cajón de detergente y manguera de detergente;
Cables y enchufes;
Otros modos de fallo (inusuales).

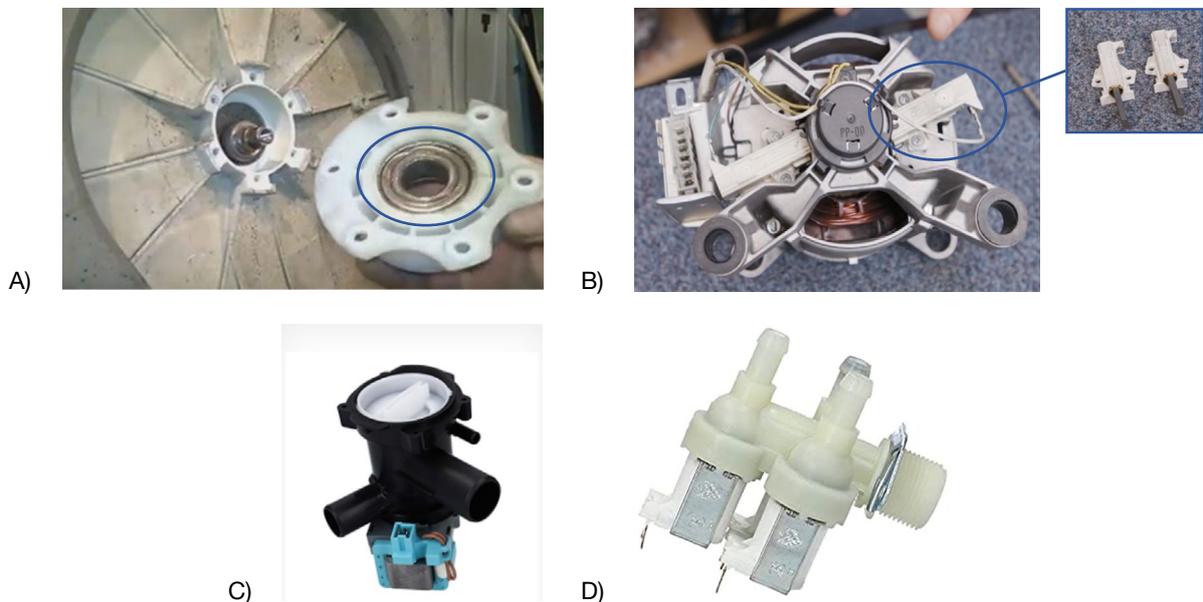


Figura 17. A) Rodamiento o cojinete. B) Motor eléctrico de lavadora y detalle de escobillas de carbón. C) Bomba de desagüe. D) Válvula aquastop o electroválvula. Fuente: <https://lavadora.pro/reparacion/partes/>

En este estudio se registraron un total de 9.492 modos de fallo específicos para una muestra de 6.672 dispositivos. Como se puede observar en la figura 18, la mayoría de los modos de fallo recurrentes afectaban a la electrónica (incluidos los componentes electrónicos de control, los paneles de control, los selectores de programas, los relés, los filtros de línea, etc.), los amortiguadores y los cojinetes, las puertas (incluidas las juntas, las asas, las bisagras y las cerraduras) y las escobillas de carbón. No obstante, cabe remarcar que, aunque la electrónica y los amortiguadores y cojinetes fueron los dos modos de fallo más recurrentes, no representan las piezas más reparadas. El mayor registro de reparaciones positivas corresponde a las puertas, con 883 reparaciones positivas, mientras que las escobillas de carbón ocupan el segundo lugar, con 664 y las tasas más bajas se observaron para cojinetes, tambores y tinas, bombas de circulación y electrónica. En general, el 69 % de los modos de fallo identificados se repararon con éxito.

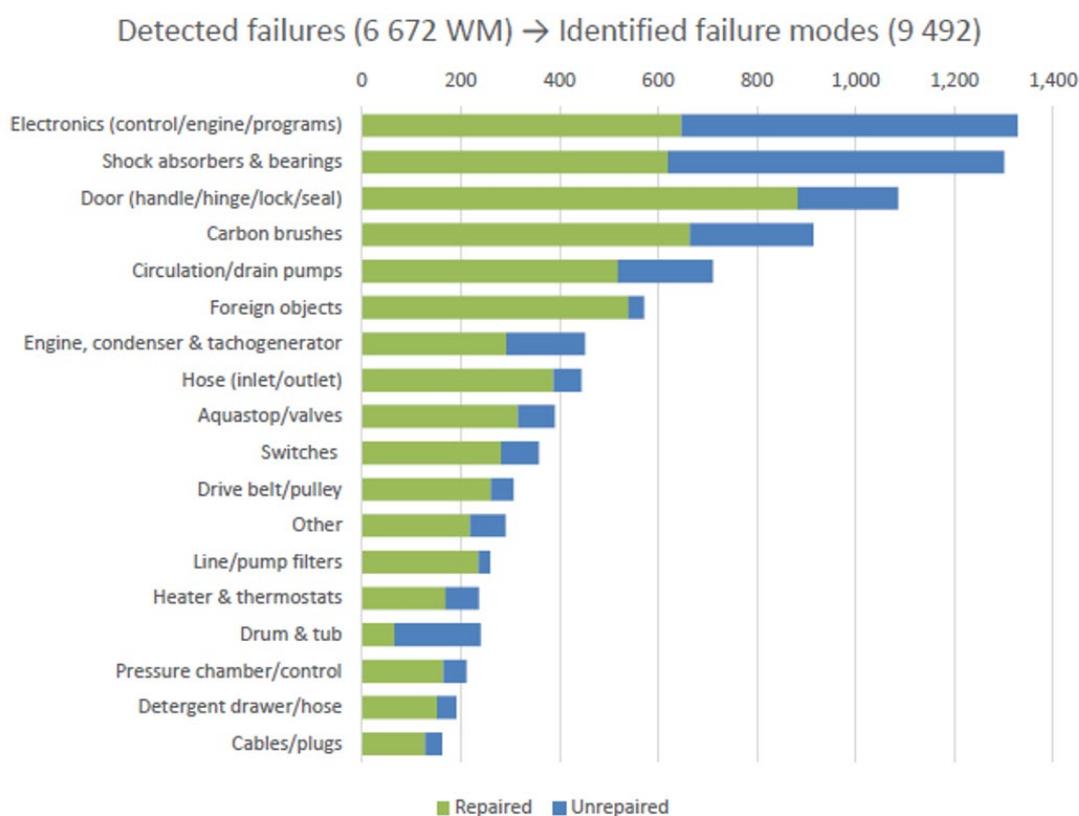


Figura 18. Representación de la frecuencia de fallos de los principales componentes de las lavadoras⁷⁵. Fuente: Tecchio et al., 2016⁴⁴.

Otro estudio realizado en este sentido «Estudio en el ámbito de BeNeLux para evaluar las opciones de ampliación de la vida útil del producto»³¹ incluye que los componen-

⁷⁵ Representación de los 9.492 fallos detectados por los servicios de reparación en un total de 6.672 aparatos; el gráfico también distingue entre dispositivos reparados y no reparados.

tes que más a menudo requieren el reemplazo de piezas son: las escobillas de carbón (98 %), amortiguadores (98 %), aquastop / válvulas (93 %), calentador y termostato (89 %) y puerta y partes de puertas (88 %).

Por otro lado, en el marco del estudio de Prakash et al. (2020)¹⁵, las pruebas independientes realizadas por Stiftung Warentest sobre la vida útil de unas 600 lavadoras a lo largo de 15 años (196 modelos, con tres aparatos por prueba), 41 de estos modelos tuvieron problemas durante la prueba para un uso de 10 años (una tasa media de fallos durante los primeros 10 años del 6,8 %) pero se mostraron pocos fallos recurrentes. Es decir, prácticamente todos los componentes de las lavadoras fueron identificados como causa de fallo, sin embargo, los componentes sometidos a una mayor carga de vibración (todas las partes unidas al tambor) parecían fallar con más frecuencia que otros.

Cuando se les preguntó por la razón para deshacerse de la lavadora a los consumidores encuestados para este estudio alemán, 69 % de los 733 encuestados dijeron que la lavadora estaba defectuosa. El 28 % citaron un fallo eléctrico, seguido de un fallo en la bomba (23 %) y daños en los rodamientos (15 %) como las principales razones.

Tabla 7. Defectos en las lavadoras según la encuesta de consumidores para el estudio alemán. Fuente: Prakash et al. (2020)¹⁵.

Fallos en la lavadora	Frecuencia	%
Resistencia calefactora	34	6,8
Motobomba	115	22,9
Función de giro	57	11,4
Componentes eléctricos	142	28,3
Rodamientos	79	15,7
Fugas	42	8,4
Puertas (bisagras, junta)	18	3,6
Interruptor	23	4,6
Otros	50	10,0

Además, en el estudio de WRAP⁴⁸ se incluyen los principales fallos, sus causas y la probabilidad de que estos fallos se den antes o después (tabla 8).

Tabla 8. Principales fallos, sus causas y la probabilidad de aparición del fallo. Fuente: WRAP⁴⁸.

Fallos en la lavadora	Causa	Momento en el que suele producirse el fallo (Pronto/tarde)
Motor	Escobillas desgastadas; sobrecarga/ quemadura	Tarde
Rodamiento	Sellado de la junta o desgaste gradual	Tarde
Electrónica	Diseño deficiente; conectores deficientes; sin protección contra sobretensiones; sin protección contra la humedad o las vibraciones	Tanto pronto como tarde
Palas del tambor	Mala fijación al tambor	Tanto pronto como tarde
Elemento calefactor	Corrosión/conectores deficientes	Tanto pronto como tarde
Cuadros e interruptores del panel	Mal diseño/fabricación/desgaste	Puede darse tanto temprano como tarde
Cierres, bisagras y dispositivos de las puertas	Mal diseño/fabricación/corrosión/desgaste/error de uso	Puede darse tanto temprano como tarde
Filtros/bombas obstruidas	Mal uso o mal diseño del filtro	Puede darse tanto temprano como tarde
Fallos de la válvula de entrada de agua o del sensor	Mal diseño/fabricación/desgaste	Puede darse tanto temprano como tarde
Amortiguadores, que provocan ruidos y vibraciones	Mal diseño/fabricación/desgaste	Lo más probable, tarde.

Finalmente, en la tabla 9, se ofrece una recopilación bibliográfica de las principales causas por las que finaliza la vida de una lavadora, recogiendo los principales fallos, los componentes o piezas implicadas y las observaciones en cuanto a su reparación.

Tabla 9. Principales fallos y pieza o componentes implicados. Fuente: elaboración propia.

FALLO / PIEZA	OBSERVACIONES	FUENTE	OBSTÁCULOS PARA LA REPARACIÓN	FUENTE
Fallos relacionados con la circulación de agua				
Una serie de encuestas realizadas en diferentes países europeos confirmaron que las fugas de agua son uno de los principales modos de fallo señalados por los consumidores		Test aankoop, 2015 ⁷⁶ , RREUSE, 2013 ⁷⁷ .	Sobre la base de entrevistas con trabajadores de talleres especializados en grandes electrodomésticos, el principal obstáculo para reparar las averías relacionadas con la circulación del agua es la accesibilidad de piezas como la bomba de desagüe y las mangueras.	Bracquené et al. 2021 ⁷⁸
Bomba de drenaje	Bloqueada o dañada	Test aankoop, 2015 ⁷⁶ , RREUSE, 2013 ⁷⁷		
Manguera de suministro	Además de los fallos, según el modelo se recomienda su sustitución cada 5 años	IBHS, 2018 ⁷⁹ WRAP ⁴⁸		
Fallos relacionados con la unidad de motor				
Unidad de motor			Los reparadores de lavadoras han informado durante las entrevistas que, en la mayoría de los casos, un fallo relacionado con el motor no se puede arreglar debido al alto coste de la reparación.	Bracquené et al. 2021 ⁷⁸
Escobillas de carbón	Desgaste de escobillas. Se considera un «consumible» y para reemplazarlas es necesario desmontar todo el motor.	WRAP ⁴⁸	Algunos fabricantes evitan la necesidad de este mantenimiento utilizando un motor sin escobillas o utilizando escobillas más gruesas	WRAP ⁴⁸ , Bracquené et al. 2021 ⁷⁸
Correa de transmisión entre el motor y el tambor	Este fallo no se produce con frecuencia en base a la información recibida de los expertos en reparación y representa <5 % de los fallos identificados (Tecchio et al., 2016) ⁴⁴ .	Cordella et al., 2019 ⁸⁶ ; Tecchio et al., 2016 ⁴⁴		

⁷⁶ <https://www.test-aankoop.be/>

⁷⁷ Reuse (2013). Investigation into the Repairability of Domestic Washing Machines, Dishwashers and Fridges. <https://reuse.org/investigation-into-the-repairability-of-domestic-washing-machines-dishwashers-and-fridges/>

⁷⁸ Bracquené, E., Peeters, J., Alfieri, F., Santélix, J., Duflou, J., Dewulf, W., Cordella, M. (2021). Analysis of evaluation systems for product repairability: A case study for washing machines. *Journal of Cleaner Production*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125122>

⁷⁹ IBHS. Prevent water damage from washing machines: <https://disastersafety.org/plumbing/water-damage-risks-from-a-washing-machine-leaking/>

FALLO / PIEZA	OBSERVACIONES	FUENTE	OBSTÁCULOS PARA LA REPARACIÓN	FUENTE
Fallos relacionados con la unidad de lavado				
Amortiguadores	Los amortiguadores suelen ser sustituidos como medida preventiva antes de su fallo.	Bracquené et al. 2021 ⁷⁸	Los fallos relacionados con los amortiguadores suelen repararse con éxito y, por lo general, requieren una sustitución	Tecchio et al., 2016 ⁴⁴
Tambor, cuba y rodamientos			Según los proveedores de servicios de reparación y los usuarios finales, la reparación del tambor, la cuba o los rodamientos se reconocen como difíciles. Con un fallo de este tipo, se suele suponer que la lavadora ha llegado al final de su vida útil. En muchos casos la reparación requerida se estima que es demasiado larga y demasiado costosa por parte del reparador o restaurador. El coste de las piezas de recambio de una lavadora (tambor, cuba y rodamientos) puede variar entre el 60 y 100 % del precio original de la lavadora.	Test aankoop, 2015 ⁶ ; RREUSE, 2013 ⁷ ; WRAP ⁴⁸ ; Tecchio et al., 2014 ⁴⁴
Cuba			La cuba que contiene el tambor está pegada o termosellada, por lo que no es posible desmontarla ni acceder a sus componentes internos Cambiar la cuba completa (aproximadamente 210 euros, más la mano de obra del servicio técnico http://www.re-memat.com/cgi-bin/catalogo3.pl?n_p=96137&n_sr=249)	
Cojinetes o rodamientos del tambor	Fugas debido a los cojinetes del tambor	WRAP ⁴⁸	Al deteriorarse provocan ruidos y pueden comprometer el funcionamiento de todo el electrodoméstico. Aunque su cambio es sencillo, la imposibilidad de llegar a ellos hace que la reparación consista en la sustitución de la cuba entera.	
Fallos relacionados con la electrónica				
Placas de circuito impreso (PCI)	Los fabricantes han informado de fallos eléctricos en las PCI como uno de los principales fallos.	WRAP ⁴⁸ ; Chen et al., 2017 ⁸⁰	Durante las entrevistas con los expertos en reparación, se mencionó el fallo de las resistencias de la PCI como un problema recurrente. Los componentes electrónicos suelen ser difíciles de reparar, y el diagnóstico de los fallos suele ser problemático, especialmente cuando las PCI están selladas y solo se puede acceder a ellas y sustituirse con importantes dificultades .	Tecchio et al., 2016 ⁴⁴ Monier et al., 2016 ⁸¹

⁸⁰ Chen, Z., Zhao, T., Luo, S., Sun, Y., (2017). Warranty cost modeling and warranty length optimization under two types of failure and combination free replacement and pro-rata warranty. Doi: [10.1109/ACCESS.2017.2715840](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2715840)

⁸¹ Monier, V., Tinetti, B., De Prado Trigo, A., Ax, C., Medhurst, J., (2016). Study on Socioeconomic Impacts of Increased Repairability of Increased Repairability: Final Report. Publications Office, Luxembourg. Doi: 10.2779/463857.

FALLO / PIEZA	OBSERVACIONES	FUENTE	OBSTÁCULOS PARA LA REPARACIÓN	FUENTE
Sistemas de control electrónico	Las investigaciones basadas en los consumidores también confirmaron que los sistemas de control electrónico es un fallo clave.	Test aankoop, 2015 ⁷⁶ ; RREUSE, 2013 ⁷⁷ .		
Hardware y software	Los fallos electrónicos observados están relacionados principalmente con el nivel de hardware. Sin embargo, se espera que haya un aumento de los fallos de software debido al creciente número de funciones implementadas.	Tecchio et al., 2016 ⁴⁴	<ul style="list-style-type: none"> - El acceso a un software de diagnóstico, especial para los operarios de reparación, es un elemento clave para el correcto diagnóstico del fallo. - Se ha informado de que algunas averías no se repararon porque, por ejemplo: (1) era imposible detectar el modo de fallo, (2) se detectó el modo de fallo pero fue imposible probar el producto, o (3) era imposible eliminar el código de fallo. - El software, la formación y la documentación técnica necesarios para diagnosticar el fallo a veces solo están disponibles para los proveedores de servicios, posventa de los fabricantes, lo que dificulta la reparación por parte de otros técnicos independientes. 	Tecchio et al., 2016 ⁴⁴ Monier et al., 2016 ⁸¹ ; RREUSE, 2013 ⁷⁷
Fallos relacionados con las puertas				
Sellado / juntas Cerradura (lock)	El sellado y la cerradura son los componentes que más se señalan como fallidos en las puertas y suelen requerir su sustitución. Las juntas se dañadas por el mal uso o la acumulación de moho.	Tecchio et al., 2016 ⁴⁴ WRAP ⁴⁸	<p>Durante las entrevistas, los reparadores experimentados señalaron que diagnosticar el fallo de la puerta puede llevar mucho tiempo. Sin embargo, una vez que el fallo se ha identificado correctamente, la reparación puede realizarse en menos de 30 min. En general, son fallos relativamente fáciles de reparar.</p> <p>No obstante, los técnicos observan una creciente necesidad de sustituir toda la puerta en los diseños más recientes.</p>	
Bisagra de la puerta		WRAP ⁴⁸	Las bisagras de las puertas que están soldadas a la lavadora y son difíciles de sustituir debido a la escasa accesibilidad.	Monier et al., 2016 ⁸¹ ; RREUSE, 2013 ⁷⁷

En los siguientes apartados se desarrollan las principales dificultades identificadas para la reparación del producto objeto de este estudio: las lavadoras.

3.4.2. Maquinaria/herramientas necesarias para la reparación

Las herramientas o maquinaria necesarias para la reparación del producto juegan un papel muy importante, ya que, si se requieren utensilios patentados, el desmontaje del producto no podrá realizarse por empresas reparadoras independientes.

En el Anexo II del Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión¹³, también viene recogido lo siguiente respecto a las herramientas o maquinaria necesarias para la sustitución de piezas:

c) los fabricantes, los importadores o los representantes autorizados de lavadoras domésticas y lavadoras-secadoras domésticas garantizarán que las piezas de recambio (...) puedan sustituirse empleando herramientas corrientes y sin que esa sustitución dañe de manera permanente la lavadora doméstica o la lavadora-secadora doméstica.

En Cordella et al., 2019⁶⁶ categorizan las herramientas para lavadoras en 2 clases según las aportaciones de las partes interesadas:

- I) Herramientas básicas: destornillador para cabezas ranuradas, ranura en cruz o para cabezas de ranura hexalobulares (ISO2380, ISO8764, ISO10664); Llave de vaso hexagonal (ISO2936); Llave combinada (ISO7738); Alicates combinados (ISO5746); Alicates de punta semirredonda (ISO5745); Cortadores diagonales (ISO5749); Alicates de agarre múltiple (alicates de juntas deslizantes múltiples) (ISO8976); Alicates de bloqueo; Alicates combinados para pelar cables y engarzar terminales; Palanca de palanca; Pinzas; Martillo, cabeza de acero (ISO15601); Cuchillo de uso general (cortador) con cuchillas desprendibles; Multímetro; Probador de voltaje; Soldador; Pistola de silicona; Lupa;
- II) Otras herramientas: que incluyen: llaves torx y de tubo, destornilladores torx, destornilladores stecker, llaves de tubo y dinamométricas, alicates ajustables, soporte de apriete de poleas, interfaz óptica para diagnóstico y actualización de *software*, computadora portátil, dispositivos de control de seguridad (para verificar si hay fugas).

3.4.3. Facilidad de desmontaje

Otro de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de reparar una lavadora es la facilidad con la que ésta puede desmontarse para su reparación. Si

es complicado localizar, acceder y reemplazar los defectos, la reparabilidad y/o el mantenimiento será más dificultoso y por tanto significará un obstáculo para alargar la vida útil, además de aumentar el tiempo de reparación y, por tanto, los costes asociados⁴⁴. Por el contrario, si se facilita el desmontaje, no solo se incentivará la reparación, sino que incluso aumentará la tasa de reciclabilidad⁸². Algunas prácticas que endurecen la reparación de las lavadoras son⁷⁷:

- Dificultad de reparación de componentes electrónicos, especialmente si algunas placas están selladas con resina.
- Elementos ensamblados o fusionados como las bisagras de las puertas.
- El tambor, las juntas, los rodamientos y la carcasa del tambor desincentivan especialmente la reparación si los rodamientos están forzados en la carcasa exterior de «plástico» del tambor. Esto se debe especialmente al coste de reparación (ver 3.3.2) y también a que hay algunos casos en los que la carcasa del tambor es imposible de abrir, ya que está físicamente sellada.

En el caso de las lavadoras, para una mayor facilidad de desmontaje, es preferible que los componentes de la máquina no estén soldados, fijados o sellados, para que la operación de desmontaje pueda ser reversible, es decir, permita el montaje del aparato sin perjuicio de que este siga funcionando.

Por ejemplo, se ha comprobado que uno de los componentes que más necesita reparación y que, a su vez, más dificultad supone su desmontaje, son los cojinetes. Es común encontrar estos componentes sellados a una cuba de plástico, lo que comporta el desmontaje entero de la máquina para su reparación además de un elevado tiempo de mano de obra. Sin embargo, cuando los rodamientos se fijan a una cuba metálica la reparación es más fiable, ya que asegura una mejor alineación de éstos y menores errores futuros, además de mejorar el coste económico de su reparación. No obstante, lo ideal para la reparación y desmontaje de esta pieza es la unión a la cuba (ya sea de plástico o metálica) mediante tornillos, ya que es la opción más sencilla y económica¹⁷.

Por otro lado, la Universidad Católica de Leuven junto con el Centro Común de Investigación Europeo elaboraron un test de desmontaje con el que se puede calcular el índice «eDiM» (*ease of Disassembly Metrics*/facilidad de desmontaje). En él tienen en cuenta número de pasos a seguir durante el desmontaje y montaje de nuevo de una lavadora, número de cambios de herramientas y número de conexiones (tabla 10). Con esta metodología se pretende aportar información para evaluar las mejoras a realizar en cuanto al ecodiseño de los productos, ya que con ella se pueden identificar los trabajos de desmontaje que más tiempo o dificultades suponen.

⁸² Proske, M., Finkbeiner, M. (2020). Obsolescence in LCA—methodological challenges and solution approaches. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(3), 495–507. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01710-x>

Tabla 10. Facilidad de desmontaje parcial de partes relevantes de las lavadoras.

Fuente: Bracquené et al., 2018³¹

Objetivo de desmontaje	Nº de pasos	Nº de cambios herramientas	Nº de conexiones	eDIM (s)	% total desmontaje y montaje
Desmontaje total	38	24	164	2318	
Bomba de drenaje	7	4	15	432	19 %
Manguera	9	7	27	487	21 %
Válvula	3	0	5	196	8 %
Filtros	1	0	4	42	2 %
Motor	4	3	11	259	11 %
Correa de distribución	3	3	8	232	10 %
Amortiguadores	6	8	26	468	20 %
Rodamientos	15	13	69	1103	48 %
Electrónica	5	2	8	253	11 %
Junta de puerta	6	1	9	209	9 %
Cerradura de puerta	5	3	10	248	11 %
Otros (bisagras)	4	3	8	224	10 %
Resistencia calefactora y termostato	6	6	31	395	17 %

3.4.4. Disposición y coste de los recambios

La reparabilidad también puede verse afectada en función de que los componentes vengan en bloque o se puedan reparar por separado. Un ejemplo de ello son los rodamientos de bolas, que se introducen en la carcasa de plástico del tambor y para sustituirlos se necesita cambiar al menos una parte de la carcasa. Sin embargo, en muchos casos los centros de reutilización y reparación se ven obligados a comprar la carcasa completa, incluido el tambor (lo que aumenta el precio) haciendo que la reparación de la máquina no sea rentable⁷⁷.

Según el Anexo II del Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión¹³, donde vienen determinados los requisitos de eficiencia en el uso de los recursos, a partir del 1 de marzo de 2021 los fabricantes, importadores o los representantes autorizados de lavadoras domésticas y lavadoras-secadoras domésticas deben dar cumplimiento a una serie de requisitos en cuanto a la disponibilidad de piezas de recambio. Se pondrán a disposición de los reparadores profesionales al menos las siguientes piezas de recambio durante un periodo mínimo de diez años tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo:

- Motor y escobillas del motor.
- Transmisión entre el motor y el tambor.

- Bombas.
- Amortiguadores y muelles.
- Tambor de lavado, cruceta del tambor y sus rodamientos de bolas relacionados (por separado o en conjunto).
- Resistencias y elementos calentadores, incluidas las bombas de calor (por separado o en conjunto).
- Tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas (por separado o en conjunto).
- Circuitos impresos.
- Indicadores visuales electrónicos.
- Interruptores de presión.
- Termostatos y sensores.
- *Software y firmware*, incluido el *software* de reinicio.

Además, el Reglamento recoge que «*estas piezas de recambio y el procedimiento para encargarlas se pondrán a disposición del público en el sitio web de libre acceso del fabricante, importador o representante autorizado, a más tardar dos años después de la introducción en el mercado de la primera unidad de un modelo y hasta el final del período de disponibilidad de estas piezas de recambio.*»

Por otro lado, los fabricantes también deberán poner a disposición de los reparadores profesionales y de los usuarios las siguientes piezas: puerta, bisagra y juntas de la puerta, otro tipo de juntas, montaje del cierre de la puerta y elementos auxiliares de plástico, como el distribuidor de detergente, durante un mínimo de diez años tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo. Y, como en el caso anterior, la disponibilidad para encargar las piezas y los manuales de reparación deben estar a disposición en la web del fabricante.

Coste de las piezas

Es común entre los usuarios de lavadoras la falta de acceso a las piezas de recambio, tanto desde el punto de vista de su disponibilidad como de su precio. Los costes de sustitución de componentes singulares (de determinados modelos y de determinadas marcas) suelen ser muy caros, ya que se necesita exactamente el mismo componente del fabricante original para reparar una lavadora. Esto se da en parte porque el almacenamiento de piezas de repuesto clave usadas es muy difícil por los diferentes tipos de marcas y modelos de productos en el mercado.

Actualmente, existen varias webs de venta directa de piezas de recambio, independientes a las oficiales del servicio técnico, que ofrecen al consumidor la posibilidad de comprar el repuesto para repararlo el mismo⁸³.

⁸³ Algunos ejemplos pueden ser: <https://www.todorepuestoselectro.com/lavadora/escobillas>, <https://www.electrotodo.es/re-cambios-lavadora> o www.amazon.es

Se ofrecen en la tabla 11 una relación de precios medios del servicio de reparación de las piezas que con más frecuencia se averían en una lavadora elaborado por OCU, independiente de la marca de lavadora. Estos precios, orientativos, pueden variar enormemente según la marca o modelo de la lavadora, o de si se trata de un servicio de reparación oficial o no.

Tabla 11. Principales averías en lavadoras y precios medios. Fuente: OCU, 2015⁸⁴.

Pieza	Avería	Precio
Motor	El tambor no se mueve, da igual el programa que se seleccione	280€
Rodamiento o cojinete	La ropa sale manchada con partículas de corrosión	225€
Goma de la puerta	La goma se rompe, el agua del tambor se sale y moja el suelo	100€
Módulo eléctrico	Las luces parpadean; la lavadora no reacciona, no calienta	200€
Amortiguadores	El tambor golpea las paredes internas con mucho ruido y la lavadora se desplaza un poco	90€
Bomba de desagüe	Una vez terminado el programa, el tambor no desagua	120€

Este factor de obsolescencia económica sumado a la obsolescencia psicológica impulsa la sustitución de lavadoras por otra nueva y, por tanto, la producción de residuos.

Según los proveedores de servicios de reparación y los usuarios finales, la reparación del tambor, la cuba o los rodamientos se reconocen como difíciles. Con un fallo de este tipo, se suele suponer que la lavadora ha llegado al final de su vida útil. En muchos casos la reparación requerida se estima que es demasiado larga y demasiado costosa por parte del reparador o restaurador. El coste de las piezas de recambio de una lavadora (tambor, cuba y rodamientos) puede variar entre el 60 y 100 % del precio original de la lavadora⁷⁷, coste que puede resultar menos incentivador para el usuario.

3.4.5. Tiempo de disposición de actualizaciones en el mercado del software en función del año del modelo

A veces, como se ha visto en anteriores apartados, el fallo de una lavadora puede deberse a un error en la placa del circuito impreso. Hoy en día, es común que el *software* y *hardware* estén disponibles solo para aquellos operadores de servicios posventa de los fabricantes, lo cual dificulta enormemente la reparación del producto⁷⁷. Si el acceso a este componente es sencillo, a veces, con la sola actualización del *software* el error queda solventado, de manera que es posible evitar cambiar toda la placa, lo

⁸⁴ OCU. Cómo limpiar la lavadora por dentro (2015): <https://www.ocu.org/electrodomesticos/lavadora/consejos/cuida-tu-lavadora>

cual encarece la reparación. Algunas de las herramientas que los fabricantes pueden poner a disposición de las casas de reparaciones para facilitar el acceso a la PCI son el uso de lectores y tarjetas inteligentes, a través de los cuales sea posible configurar la placa principal y así actualizar la programación de ésta⁴⁴.

En consecuencia, los fabricantes facilitarán el acceso a la información de reparación y mantenimiento relativa a las instrucciones para la instalación del *software* y el *firmware* pertinentes, incluido el *software* de reinicio del aparato, durante dos años desde la incorporación del primer producto en el mercado, según se recoge en el Anexo II del Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión¹³.

Por otro lado, existe una creciente incorporación de productos inteligentes en los electrodomésticos de gama blanca, y se prevé un incremento anual del 14,1 % para el periodo de 2020 a 2027 para estos productos, en los que están incluidas las lavadoras⁸⁵. Estos dispositivos se pueden manejar a través de aplicaciones vía *smartphones*, *tablets* u ordenadores, de manera que los usuarios pueden controlar de forma remota las diferentes funciones de estos electrodomésticos.

Sin embargo, según una publicación del grupo de consumidores inglés *Which?*⁸⁶, existe una falta de regulación sobre las políticas de privacidad para los aparatos inteligentes controlados mediante dispositivos (los cuales recopilan una gran cantidad de información y datos del usuario), además de la inexistencia de normativa que establezca durante cuánto tiempo deben proveer de actualizaciones del *software* a estos aparatos. Según fueron preguntadas algunas marcas, unas aseguraron una duración de las actualizaciones durante 10 años, otras un mínimo de 2 años y otras simplemente, la vida del producto, lo cual deja patente el vacío legal sobre el mantenimiento de *softwares* para esta nueva generación de electrodomésticos.

3.4.6. Propuestas para mejorar la reparabilidad del producto

En anteriores apartados se han incluido aquellas medidas que pueden mejorar la reparabilidad de un producto, en su mayor parte desde el punto de vista de un cambio de diseño. Pero para aumentar la reparabilidad de los productos, las estrategias deben ir más allá del propio diseño y abarcarse desde diferentes ámbitos. Se expone a continuación un listado de estas y otras propuestas desde las diferentes perspectivas:

Desde el propio diseño del producto:

- Promover diseños fáciles de desmontar.
- Estandarización y mejora de la durabilidad de los componentes.

⁸⁵ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-home-appliances-market>

⁸⁶ <https://www.which.co.uk/news/2020/06/the-truth-behind-smart-appliance-security-updates/>

Desde las empresas productoras:

- Nuevo enfoque en el que se dirija la producción a las piezas de recambio en respuesta a un mayor mercado de reparación (fomento de los Sistema de Producto-Servicio).
- Aumento del tiempo de disponibilidad de las piezas de recambio.
- Aumento de la garantía comercial del producto. Esta garantía comercial actúa como un compromiso de reparación por parte de los propios fabricantes. El estudio realizado por la UE demuestra que los consumidores confían en estas garantías, por lo que es más probable que busquen la reparación de un producto si está cubierto por esta⁸⁷.
- Acceso libre a los manuales de reparación.
- Poner a disposición y compartir software de diagnóstico de averías que faciliten la identificación de los daños a reparar.

Desde la empresa de reparación:

- Ofrecer dispositivos temporales mientras el dispositivo es reparado.
- Registro de entidades que realizan reparaciones y registro de reparaciones realizadas, transparencia en los precios.
- Transparencia en las garantías de las piezas reparadas y del propio servicio de reparación.
- Creación de espacios donde se fomente la formación para las autoreparaciones.

Desde la administración:

- Fomentar la creación de cauces que amplíen la información sobre durabilidad y reparabilidad de los productos: índices de reparabilidad, generación de registros o rankings públicos.
- Fomentar nuevas formaciones y puestos de trabajo relacionados con la reparación. Integración de la reparabilidad y la economía circular en los currículos de educación reglada.
En este ámbito, en España, existen iniciativas, tanto públicas como privadas para impulsar la reparación de los bienes materiales. Algunas de las disponibles para el producto concreto objeto de estudio son:
 - «Alargascencia»⁸⁸: los consumidores disponen de un directorio de establecimientos donde reparar objetos, alquilar, hacer trueque y encontrar o vender productos de segunda mano (incluidos espacios gratuitos equipados con he-

⁸⁷ Comisión Europea 2018. Behavioural Study on Consumers' Engagement in the Circular Economy. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/ec_circular_economy_final_report_0.pdf

⁸⁸ <https://alargascencia.org/es>

rramientas a libre disposición de sus usuarios). Además, propone opciones para alargarla y así reducir el consumo de recursos naturales.

- Koopera electro⁸⁹: reutilización de aparatos eléctricos y electrodomésticos, tiene como resultado la línea de Electrodomésticos Recuperados Koopera.
- Asociación Nacional Fabricantes e Importadores Electrodomésticos (ANFEL)⁹⁰: pone a disposición del consumidor el registro de Servicios Técnicos Oficiales.

Desde el consumidor:

- Cambio de mentalidad hacia un alargamiento de la vida útil de los objetos frente a la compra de un nuevo producto, pago por servicio frente a la propiedad de los productos.
- Requerir transparencia del producto (mediante etiquetado, índices de reparabilidad...) que permita empoderar a los consumidores, ofreciéndoles acceso a información fiable para la toma de decisiones ambientalmente sostenibles.
- Además, un buen uso por parte del consumidor puede alargar la vida de las lavadoras: evitar la sobrecarga, limpiar el cajetín del detergente, realizar coladas de mantenimiento con el tambor vacío, etc.

⁸⁹ <https://www.koopera.org/reutilizacion-y-reciclaje/koopera-electro/>

⁹⁰ <http://www.anfel.org/servicios-tecnicos-oficiales>

COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y COSTE ECONÓMICO ENTRE PRODUCTOS DE A CORTO Y LARGO PLAZO

1. Introducción

Para esta parte del informe, se ha contado con la colaboración de la sociedad pública de gestión ambiental adscrita al Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, Ihobe⁹¹. Con su cooperación, en esta parte se pretende realizar un estudio comparativo de las lavadoras desde una perspectiva ambiental (análisis de ciclo de vida) y de costes económicos (análisis de costes de ciclo de vida) y pretende ilustrar cómo realizar este tipo de estudios, siguiendo la metodología global propuesta por Ihobe (apartado 2 del [anexo 1](#)).

Aunque en la primera parte del informe ya se introdujo el concepto de durabilidad y reparabilidad de las lavadoras, así como su relación con el coste del producto o con los impactos ambientales asociados, en esta parte se materializará mediante el análisis de ciclo de vida (ACV) y análisis de costes de ciclo de vida (ACCV), basados en la prolongación o extensión de la vida útil de los productos objeto de estudio en base a su durabilidad, reparabilidad e, indirectamente, reciclabilidad.

La política europea de productos se ha centrado, hasta ahora, en el rendimiento medioambiental de los productos basándose principalmente en el rendimiento energético a través de las Directivas de diseño ecológico y etiquetado ecológico. La Directiva de diseño ecológico¹² establece unas normas mínimas de rendimiento energético de los productos, lo que promueve que los que sean de bajo rendimiento se retiren del mercado, al tiempo que impulsa la innovación en el diseño y la fabricación de nuevos productos para mejorar su rendimiento energético. Por su parte, la etiqueta ecológica proporciona a los consumidores información clara sobre el rendimiento energético de los productos para que puedan tomar decisiones de compra. Las normas son una forma probada de dirigir el mercado en la dirección deseada y, cada vez se establecen más normas mínimas de rendimiento energético para un mayor número de productos. De hecho, aunque originalmente estaba concebida para los productos que utilizan energía, se han ampliado a otros relacionados con la energía, y se están empezando a desarrollar metodologías de evaluación para incluir otros aspectos como los materiales y el consumo de agua, pero también, requisitos de economía circular. Y es en este momento cuando la durabilidad o extensión de vida del producto juega un papel primordial en la reducción del impacto medioambiental de los productos durante su vida útil.

⁹¹ Ihobe, 2022. [Estudio de obsolescencia de lavadora doméstica](#). (Informe completo adjunto en el anexo 1.)

En términos de economía circular, mantener el primer uso de un producto es, en principio, el mejor enfoque para cerrar los circuitos de recursos, ya que cualquier forma de renovación, refabricación, reprocesamiento o reciclaje requiere necesariamente una inyección de recursos adicionales y una posible degradación de la funcionalidad del producto o del valor material. En esta segunda parte del informe, se partirá de una hipótesis de trabajo que incluirá la comparativa entre dos productos teóricos con un comportamiento ambiental diferente en términos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad. Sin embargo, aunque numerosos estudios certifican que aumentar la vida de los productos supone una estrategia a considerar para mejorar el perfil ambiental de éstos, en el informe de la Comisión Europea sobre la durabilidad⁹² se expone que hay muchos factores a tener en cuenta antes de poder evaluar plenamente los beneficios de la extensión de la durabilidad de los productos.

Llegado este punto, cabe destacar las dificultades encontradas a la hora de trabajar sin la colaboración del sector, de asociaciones de consumidores, de plantas de tratamiento de residuos o de un laboratorio de pruebas, por lo que los modelos se han definido a modo de ejemplo, siendo ficticios, y no representan un producto en concreto en el mercado. El estudio se basa en datos bibliográficos, de diferentes estudios, y no en datos obtenidos directamente de fabricantes, reparadores, etc. Por ello, se debe considerar un estudio demostrativo de cómo se deberían orientar estos tipos de estudios y del tipo de resultados que se pueden obtener, y no tanto un estudio exhaustivo y completo, ya que para ello sería preciso contar con la participación y los datos más actualizados del sector.

Todos los valores que se presentan, tienen un origen teórico extraídos de fuentes bibliográficas, o aportadas por lhobe, como fruto de su experiencia en este tipo de estudios.

2. Objetivo

El objetivo de este informe es desarrollar un caso demostrativo para las lavadoras, de acuerdo a la fase de evaluación (marcada en azul en la figura 1 del informe elaborado por lhobe y disponible en el [anexo 1](#)).

Por tanto, se realiza una comparativa de dos modelos diferentes de lavadora, aplicando el Análisis de Ciclo de Vida (ACV, en adelante) y el Análisis del Coste de Ciclo de Vida (ACCV, en adelante) de ambos modelos, con la finalidad de analizar las implicaciones ambientales y de costes de aplicar estrategias de diseño para alargar la vida útil del producto, considerando todo su ciclo de vida.

⁹² Boulou, S., Sousanoglou, A., Evans, L., Lee, J., King, N. C., Facheris, C., Donelli, M. assisted by Ricardo-AEA (2015). The durability of products: Standard assessment for the circular economy under the Eco-Innovation Action Plan. Ricardo-AEA in cooperation with Intertek and Istituto di Management, Scuola Superiore Sant'Anna, commissioned by the European Commission, DG Environment.

Los modelos considerados se han definido a modo de ejemplo, siendo ficticios, y no representan un producto en concreto en el mercado, si bien se pueden considerar representativos del mismo.

El modelo base pretende representar una lavadora estándar del mercado, mientras que el modelo mejorado incluye actuaciones de diseño que pueden alargar su vida útil.

Al tratarse de una comparativa, aquellos aspectos del ciclo de vida del producto que se consideran equivalentes en ambos casos no se han evaluado, haciéndose énfasis únicamente en las diferencias de ambos modelos (ver tabla 12). Tampoco se han definido estrategias de diseño para dichos aspectos (p.ej. mejora eficiencia energética).

Los aspectos no evaluados en este estudio comparativo, al considerarse equivalente en ambos casos serían:

- Fase de Fabricación
 - Transporte de las materias primas y componentes hasta la planta de fabricación (cuando no estén ya incluidas en los datos secundarios de la base de datos).
 - Proceso de fabricación del equipo (p.ej. consumo de energía en la planta de fabricación, etc.).
- Fase de Uso
 - Consumo energético del equipo.
 - Consumo de agua del equipo.
 - Consumo de consumibles (detergente, etc.).
 - Transporte asociado al mantenimiento/repación.
 - Impacto ambiental asociado a las piezas de recambio (pero sí su coste).
- Fase de Final de vida
 - Transporte de los residuos hasta plantas de tratamiento.

El hecho de no evaluar dichos aspectos simplifica el estudio, y hace resaltar más los aspectos diferenciadores asociados a durabilidad, etc. Sin embargo, los resultados del estudio hacen que no se pueda considerar los ACV/ACCV como análisis completos del producto, ni permite la comparativa de los resultados con estudios similares.

Para el desarrollo del ACV el equipo colaborador de Ihobe ha utilizado el software Simapro, mientras que para el ACCV se utiliza un archivo de Excel de su propia elaboración.

3. Alcance y límites del sistema

El alcance del sistema cubre todo el ciclo de vida del producto, considerando las siguientes fases:

- Obtención materias primas y componentes y su fabricación.
- Distribución (desde la planta de fabricación hasta usuario).
- Uso.
- Final de vida.

Sin embargo, al tratarse de un estudio comparativo se han realizado una serie de hipótesis de cálculo que se detallan a continuación:

*Tabla 12. Alcance y límites del sistema en el estudio comparativo de ACV.
Fuente: lhobe.*

Fase del ciclo de vida	Aspectos considerados	Comentarios
Materias primas	Obtención de las materias primas necesarias.	Datos secundarios base datos ECONVENT.
Distribución materias primas y componentes	Se considera igual en ambos casos, y se basa en datos secundarios.	Se considera que el transporte de las materias primas y de los componentes hasta planta de fabricación de la lavadora se incluyen en la Base de Datos ECOINVENT.
Fabricación de los componentes necesarios	Se considera igual en ambos casos, y se basa en datos secundarios. Cuando es posible, se incluye el proceso de fabricación genérico (por ejemplo, para plásticos el proceso de inyección).	Datos secundarios base datos ECONVENT.
Fabricación de la lavadora	Se considera igual en ambos casos, y por tanto no se simula en el estudio.	Incluiría el consumo energético y de otros servicios en la planta de fabricación, así como emisiones y generación de residuos o aguas residuales.
Distribución desde la planta de fabricación hasta el punto de venta	Al tener los dos productos pesos diferentes, y ser estos relativamente elevados, se considera este transporte de forma diferenciada.	Distancias medias basadas en metodología MEErP.
Uso	Se considera equivalente en ambos casos, en lo referente a uso de energía, agua y consumibles (detergente, etc.) por ciclo de lavado, y por ello no se simula en el estudio. Desde el punto de vista del ACV, se considera equivalente también el impacto asociado al mantenimiento/repación durante la vida útil del equipo (desplazamiento técnico, impacto piezas de recambio, etc.). Sin embargo, para el ACCV se evalúa de forma diferenciada el coste de las operaciones de mantenimiento/repación durante la vida útil, al considerarse diferente tiempo de operación y costes piezas de recambio.	Las mejoras de producto se han centrado en aspectos de durabilidad y reciclabilidad, manteniendo el consumo energético y de consumibles en la fase de uso separado, lo que facilita el análisis de los resultados.
Final de vida	Se considera diferente en los dos productos, al tener diferente composición de materiales y considerarse que el producto mejorado incluye actuaciones que mejoran su potencial de reciclabilidad.	Se considera que el escenario del producto mejorado sería el indicado en el RD 110/2015 sobre RAEE a partir de 2018

Si bien el producto mejorado con respecto al inicial presenta partes iguales (elementos no modificados por las estrategias de diseño que largan la vida útil), es preciso su evaluación para poder comparar los materiales necesarios para cubrir toda la unidad funcional de referencia.

4. Unidad funcional

Como se expuso en el [apartado 3.2](#) (Ciclo de vida medio esperado y durabilidad) de la primera parte del informe, son diferentes los motivos por los que la vida media de una lavadora puede variar.

Como unidad funcional se ha considerado los ciclos de lavado durante la vida útil del equipo y, basado en el estudio preparatorio de la Comisión Europea¹⁷, se consideran unos 220 ciclos de lavado al año.

Aunque son diferentes las fuentes bibliográficas que se analizan en el citado [apartado 3.2](#), para definir la vida media de la lavadora (caso base y caso mejorado), para este caso concreto, Ihobe ha utilizado el estudio de OCU resumido en la tabla 5. vida media de una lavadora según su marca. fuente: ocu, 2021.

Como se puede apreciar, la vida media de las lavadoras sería de 10-11 años, siendo el máximo 15 años. Para el presente estudio se ha considerado una vida media de 10 años para el caso inicial (caso más desfavorable de la tabla), y de 13 años para el caso mejorado (años intermedios entre la duración intermedia y la máxima). Este valor mejorado es coherente con otras referencias bibliográficas consideradas en el estudio.

Por tanto, referido a la unidad funcional: la vida media estimada del caso base sería de 2.200 ciclos de lavado (10 años de uso medio), mientras que, en el caso del producto mejorado, debido a las mejoras de diseño incluidas, serían de 2.860 ciclos de lavado (equivalente a 13 años de uso medio).

En resumen, se necesitarían 1,3 equipos del producto inicial para cubrir los mismos ciclos de lavado que con el producto mejorado.

5. Definición del caso base

5.1. Análisis de Ciclo de Vida del caso base

5.1.1. Definición, objetivo y alcance del análisis

El sistema producto es una lavadora doméstica de carga frontal y capacidad entre 6 y 8 kg y gama media.

El objetivo de este análisis es realizar un ACV comparativo entre dos modelos de lavadora:

1. **Caso base:** ejemplo de lavadora estándar en el mercado.
2. **Caso mejorado:** lavadora a la cual se le han aplicado una serie de mejoras de diseño encaminadas a alargar su vida útil.

La metodología seguida para dicho análisis se basa en las siguientes normas:

UNE EN ISO 14040: 2006.-Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.

UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

5.1.2. Definición del *Bill of Material (BOM)*

Selección del producto de referencia y referencias bibliográficas

La selección del producto de referencia inicial o caso base ha sido llevada a cabo por el equipo de Ihobe basándose principalmente en las siguientes fuentes bibliográficas:

- Estudios preparatorios lavadoras Comisión Europa¹⁷.
- Estudio de LCA de lavadora Oko-Institute⁹³.
- Estudio de LCA de una lavadora (Yuan Z, et al.,2016)²³.
- Estudio de ETH sustainability sobre lavadoras⁹⁴.

En la mayoría de los casos, los BOM indicados son globales (por ejemplo, cantidad total de acero en el producto), y no por componente, que sería lo necesario para realizar un estudio comparativo de sustitución de componentes del producto. Ihobe indica en su informe que, la única referencia que se ha encontrado de calidad y en que el BOM está desglosado por componentes, sería la proporcionada en Yuan et al,2016²³. Y por ello, han trabajado para intentar ajustar los diferentes BOM de referencia de cara a simular el siguiente producto:

- Lavadora doméstica carga frontal.
- Capacidad 6 - 8 kg.
- Gama media.

⁹³ Óko-Institut e.V. (2005). Eco-Efficiency Analysis of Washing machines – Life Cycle Assessment and determination of optimal life span. <https://www.oeko.de/oekodoc/270/2005-015-en.zip>

⁹⁴ Washing Machine. ETH Sustainability Summer School. 2011

Resultado Bill of Material (BOM)

El BOM finalmente considerado para el producto base de referencia (producto inicial) por componentes, sería el siguiente:

Tabla 13. Listado de Materiales (BOM) del producto base de referencia. Fuente: Ihobe.

Componente	Material	Peso (kg)
Cabina	Acero	18,00
Tambor interno	Acero	8,00
Tambor externo	Carboran 40% (PP reforzado)	10,50
Motor	Acero	3,40
	Hierro	1,45
	Aluminio	2,72
	Cobre	0,68
Electrónica	Circuito impreso	0,44
	Componentes electrónicos	0,50
	Aluminio (disipadores)	0,40
Puerta	Vidrio	1,80
Cables	Varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
	PVC	1,03
	Goma	0,88
	ABS	1,80
Contrapeso	Cemento	18,68
Embalaje	Papel	0,15
	PE	0,20
	PS	0,50
	PA-Nylon	0,10
	Cartón	1,30
TOTAL Con embalaje		81,47
TOTAL Sin embalaje		79,22

Para ciertos componentes se han tenido que realizar ciertas hipótesis de cálculo, como serían:

- Motor: se ha considerado un peso medio (8,25 kg) y se ha distribuido de acuerdo al estudio de lhobe sobre motores⁹⁵.
- Circuito impreso: se ha considerado un peso medio del circuito impreso basado en webs de referencia⁹⁶, que calculan los pesos de los circuitos en función de sus dimensiones y características (número de capas, espesores, etc.). El peso de los componentes electrónicos se han considerado de la referencia Yuan et al., 2016²³.

5.1.3. Definición de otros aspectos del inventario

Al tratarse de un estudio comparativo, el ACV se centra en:

- El cambio de uso de materiales.
- Alargamiento vida útil.
- Diferencias en el escenario de fin de vida.

De este modo, se asume que permanecen igual en un modelo y otro, y que por tanto no se tienen en cuenta las siguientes variables:

- Impacto de la fase de fabricación.
- Consumo energético y otros consumibles durante el uso: energía, agua, detergente, suavizante, etc.
- Las condiciones de uso del electrodoméstico.
- Logística transporte/distribución (únicamente se considerará el transporte del electrodoméstico una vez fabricado hasta el punto de venta).

Aspectos en fabricación

Como se expuso en el [apartado 3. Alcance y límites del sistema](#), se tienen en cuenta los pesos de los materiales necesarios para la fabricación de los componentes y, cuando es posible, los procesos genéricos por material necesarios. El consumo energético y de otros servicios en la planta de fabricación, así como las emisiones y generación de residuos o aguas residuales durante el proceso de fabricación, se consideran igual en ambos casos, y por tanto no se simula en el estudio.

⁹⁵ lhobe. - Guías Sectoriales de Ecodiseño. Eléctrico - electrónico. 2010.

⁹⁶ <https://www.leiton.de/leiton-tools-weight-calculation.html>

Aspectos logísticos

En lo relativo a la distribución del producto, se consideran unas distancias medias en km para cada tipo de transporte, una vez se ha fabricado hasta el punto de venta. Los valores se han tomado de la Metodología MEErP de la Comisión Europea, empleada en los estudios preparatorios de productos relacionados con la energía.

Además, se indican los valores en tkm para el caso base, cuyo peso es de peso 81,47 kg (peso con embalaje incluido).

Tabla 14. Distancias del transporte consideradas para el producto caso base. Fuente: elaboración propia a partir de valores metodología MEErP.

Tipo	Distancia (km)	%	tkm
Tren	1.000	50 %	40,73
Barco	12.000	45 %	439,91
Avión	10.000	5 %	40,73
Camión grande	500	100 %	40,73
Camión mediano	200	100 %	16,29

Se considera que el transporte de las materias primas y de los componentes hasta la planta de fabricación de la lavadora se incluyen en la Base de Datos ECOINVENT.

Aspectos de uso

Las mejoras de producto se han centrado en aspectos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad, manteniendo el consumo energético y de consumibles en la fase de uso. Se asume, por tanto, que el uso de ambos modelos no varía, lo que implica un mismo consumo energético y de agua.

Escenario de fin de vida considerado

El escenario de fin de vida para el producto se ha considerado de forma global (no por tipo de material) y se basa en datos bibliográficos y de Eurostat (año 2019, WEEE categoría 4.-España)⁹⁷.

Como ya se expuso en apartados anteriores, las lavadoras se clasifican dentro de la categoría 4, grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm), según el Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos³.

⁹⁷ <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/59f8212b-6daa-43d8-8678-cf8c481e695e?lang=en&page=time:2019>

Los datos de 2019 que se disponen de esta categoría en Eurostat son:

Tabla 15. Escenarios de fin de vida para el producto caso base. Fuente: elaborado por Ihobe a partir de datos de Eurostat, 2019.

Escenario de fin de vida	% sobre el total recogido
Reutilización	1,5 %
Reciclado	77,0 %
Recuperación energética	2,0 %
Vertedero	19,5 %
Total	100,0 %

7.1.4. Análisis de inventario

Para la realización del inventario se han tenido en cuenta las consideraciones previas, y se basan en su mayoría en datos secundarios de la base de datos de *Ecoinvent*, integrada en el software de ACV Simapro.

La biblioteca utilizada para el análisis de inventario es *Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit*. Este modelo considera que los materiales resultantes del proceso de recuperación de residuos, y que se pueden emplear en otros procesos, tienen un impacto nulo, y que el proceso de recuperación debe incluir dichos impactos. Por ello, a diferencia de otros métodos, como el de sustitución, no se le asigna un valor negativo al residuo recuperado (carga evitada).

Siempre que ha sido posible se han considerado datos europeos (RER) y «*market*», para incluir el transporte medio.

Cuando se parte de un material genérico (por ejemplo, plástico), se ha intentado simular también su proceso de transformación (por ejemplo, inyección) cuando ha sido posible.

Los materiales y procesos considerados para simular cada material del BOM y sus procesos a lo largo del ciclo de vida del producto se indican en la tabla 16 siguiente.

Tabla 16. Lista de materiales y procesos considerados para el producto caso base.
Fuente: elaborado por Ihobe, Ecoinvent.

Base datos	Unidad	Material simulado
Materiales		
<i>Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER</i>	kg	ABS
<i>Stainless steel hot rolled coil, annealed & pickled, elec. arc furnace route, prod. mix, grade 304 RER S</i>	kg	Acero inoxidable
<i>Synthetic rubber {RER} production Cut-off, U</i>	kg	Goma
<i>Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Acero normal
<i>Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Acero mejorado
<i>Printed wiring board, for surface mounting, Pb free surface {GLO} market for Cut-off, U</i>	m ²	Circuito impreso
<i>Polyvinylchloride, bulk polymerised {RER} polyvinylchloride production, bulk polymerisation Cut-off, U</i>	kg	PVC
<i>Polystyrene, general purpose {RER} production Cut-off, U</i>	kg	PS
<i>Polypropylene, granulate {RER} production Cut-off, U</i>	kg	PP
<i>Packaging film, low density polyethylene {RER} production Cut-off, U</i>	kg	PE
<i>Nylon 6 {RER} production Cut-off, U</i>	kg	PA
<i>Kraft paper, unbleached {RER} production Cut-off, U</i>	kg	Papel
<i>Flat glass, coated {RER} market for flat glass, coated Cut-off, U</i>	kg	Vidrio
<i>Electronics, for control units {RER} production Cut-off, U</i>	kg	Electrónica
<i>Corrugated board box {RER} production Cut-off, U</i>	kg	Cartón
<i>Copper {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Cobre
<i>Concrete block {RoW} market for concrete block Cut-off, U</i>	kg	Cemento
<i>Cast iron {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Hierro
<i>Calcium carbide, technical grade {RoW} market for calcium carbide, technical grade Cut-off, U</i>	kg	Relleno Carbon
<i>Cable, unspecified {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Cable
<i>Aluminium, cast alloy {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Aluminio (motor)
<i>Aluminium extrusion profile, primary prod., prod. mix, aluminium semifinished extrusion product RER S</i>	kg	Aluminio (disipadores)
Procesos		
<i>Injection moulding {RER} processing Cut-off, U</i>	kg	Procesado plásticos

Base datos	Unidad	Material simulado
<i>Tempering, flat glass {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Procesado vidrio
<i>Mounting, surface mount technology, Pb-free solder {GLO} mounting, surface mount technology, Pb-free solder Cut-off, U</i>	m ²	Montaje Circuitos
<i>Metal working, average for metal product manufacturing {GLO} market for Cut-off, U</i>	kg	Procesado metales
<i>Metal working, average for aluminium product manufacturing {RER} processing Cut-off, U</i>	kg	Procesado aluminio
Distribución		
<i>Transport, freight, sea, container ship {GLO} market for transport, freight, sea, container ship Cut-off, U</i>	tkm	Marítimo
<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	tkm	Camión mediano
<i>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	tkm	Camión grande
<i>Transport, freight, aircraft, medium haul {GLO} market for transport, freight, aircraft, medium haul Cut-off, U</i>	tkm	Aéreo
<i>Transport, freight train {RER} market group for transport, freight train Cut-off, U</i>	tkm	Ferrocarril
Fin de vida		
<i>Steel and iron (waste treatment) {GLO} recycling of steel and iron Cut-off, U</i>	kg	Reciclado metales
<i>Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U</i>	kg	Recuperación energética
<i>Inert waste {Europe without Switzerland} treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U</i>	kg	Vertedero
<i>Used industrial electronic device {RoW} market for used industrial electronic device, WEEE collection Cut-off, U</i>	kg	Reutilización

5.1.5. Evaluación de impactos

La evaluación de impacto se ha realizado utilizando el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), versión 1.04, incluido en la herramienta Simapro, que sería el método por defecto de ReCiPe.

La perspectiva jerárquica (H) se basa en el consenso científico con respecto al marco temporal y la plausibilidad de los mecanismos de impacto.

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican en las tablas siguientes:

Tabla 17. Resultados de impacto para el producto caso base (valor absoluto). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	326,20	32,20	40,40	37,76	35,73	167,19	8,12	4,81
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000136	0,000019	0,000012	0,000010	0,000020	0,000056	0,000008	0,000011
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	22,41	3,08	4,86	4,72	1,24	8,01	0,31	0,19
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,88	0,09	0,08	0,07	0,13	0,45	0,05	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,01	0,09	0,06	0,04	0,19	0,55	0,07	0,00
Formación ozono. Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	0,91	0,10	0,08	0,07	0,13	0,46	0,05	0,01
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	1,99	0,19	0,12	0,11	0,42	0,95	0,20	0,01
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,259	0,041	0,017	0,011	0,056	0,103	0,029	0,001
Eutrofización marina	kg N eq	0,017	0,002	0,001	0,001	0,002	0,010	0,001	0,000
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	10120,86	803,73	64,34	55,91	2617,15	5227,58	1345,69	6,46
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	149,79	19,81	1,33	1,17	48,97	54,05	24,36	0,09
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	190,99	25,76	1,76	1,53	61,51	69,54	30,77	0,12
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	64,82	2,99	1,39	0,99	13,71	44,08	1,57	0,10
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	1886,36	285,27	31,66	24,08	517,10	726,31	299,77	2,17
Uso del suelo	m2a crop eq	10,30	1,08	1,18	1,11	1,07	4,58	0,44	0,84
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	16,02	1,17	0,14	0,16	3,32	10,70	0,53	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	98,29	8,10	18,33	22,02	8,09	37,82	2,02	1,92
Consumo de agua	m3	2,78	0,31	0,42	0,63	0,28	0,98	0,09	0,07

Tabla 18. Resultados de impacto para el producto caso base (porcentaje). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	9,87	12,39	11,58	10,95	51,26	2,49	1,47
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	14,27	8,66	7,65	14,56	41,01	5,70	8,16
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	13,73	21,70	21,08	5,51	35,73	1,39	0,86
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	10,65	8,94	7,59	14,99	51,25	5,44	1,14
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	8,84	5,94	3,85	18,92	54,85	7,12	0,48
Formación ozono. Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	10,57	9,30	7,90	14,84	50,86	5,37	1,16
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	9,50	5,80	5,31	20,96	47,62	10,15	0,67
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	15,80	6,46	4,35	21,79	39,90	11,35	0,35
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	11,04	7,23	6,65	10,90	57,79	4,25	2,15
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	7,94	0,64	0,55	25,86	51,65	13,30	0,06
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	13,23	0,89	0,78	32,70	36,09	16,26	0,06
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	13,49	0,92	0,80	32,21	36,41	16,11	0,06
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	4,61	2,14	1,53	21,15	68,00	2,42	0,16
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	15,12	1,68	1,28	27,41	38,50	15,89	0,12
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	10,45	11,43	10,77	10,43	44,46	4,31	8,15
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	7,30	0,86	1,02	20,70	66,77	3,32	0,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	8,24	18,65	22,40	8,23	38,47	2,06	1,95
Consumo de agua	m3	100,00	11,21	15,02	22,63	10,23	35,12	3,32	2,48

Como se puede apreciar, para el producto base, las partes metálicas son las que tienen mayor contribución en la mayoría de los impactos. Le siguen en importancia el motor, el tambor, los circuitos impresos y las partes plásticas. La parte de «varios» (que incluye el vidrio, cemento y cables) y la parte de embalaje serían los de menor impacto.

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes serían los que se muestran en la figura 19:

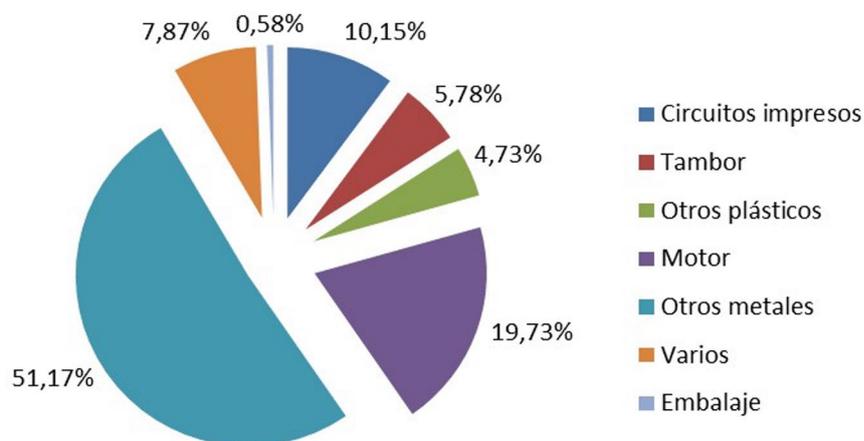


Figura 19. Distribución impactos por partes de la lavadora caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro.

Se opera ahora para analizar el resultado considerando **todo el ciclo de vida** indicado en el [apartado de alcance y límites de sistema](#), el resultado sería el indicado en las tablas siguientes.

Tabla 19. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (absoluto). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	369,81	326,20	39,20	4,41
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00016	0,00014	0,00002	0,000003
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	23,35	22,41	0,92	0,01
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,11	0,88	0,23	0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,07	1,01	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,14	0,91	0,23	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,17	1,99	0,18	0,00

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavado- ra Inicial	Distribución	Final de vida
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,26	0,26	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	0,017	0,017	0,000	0,000
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	10390,60	10120,86	266,96	2,78
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	154,70	149,79	0,66	4,26
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	197,33	190,99	1,01	5,33
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	65,72	64,82	0,74	0,16
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	1929,51	1886,36	19,67	23,48
Uso del suelo	m2a crop eq	11,05	10,30	0,70	0,05
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	16,14	16,02	0,11	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	111,16	98,29	12,74	0,13
Consumo de agua	m3	2,84	2,78	0,05	0,01

Tabla 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentajes). Fuente: elaborado por Ihobe a partir de resultados de software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavado- ra Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	88,21	10,60	1,19
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	85,90	12,17	1,93
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	95,98	3,96	0,06
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	79,14	20,61	0,25
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	93,86	6,07	0,07
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	79,42	20,33	0,24
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	91,46	8,47	0,08
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	98,95	1,00	0,05
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	98,38	1,24	0,37
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	97,40	2,57	0,03
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	96,82	0,43	2,75
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	96,79	0,51	2,70
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	98,63	1,12	0,25
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	97,76	1,02	1,22
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	93,21	6,34	0,45
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	99,32	0,67	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	88,43	11,46	0,11
Consumo de agua	m3	100,00	97,88	1,88	0,25

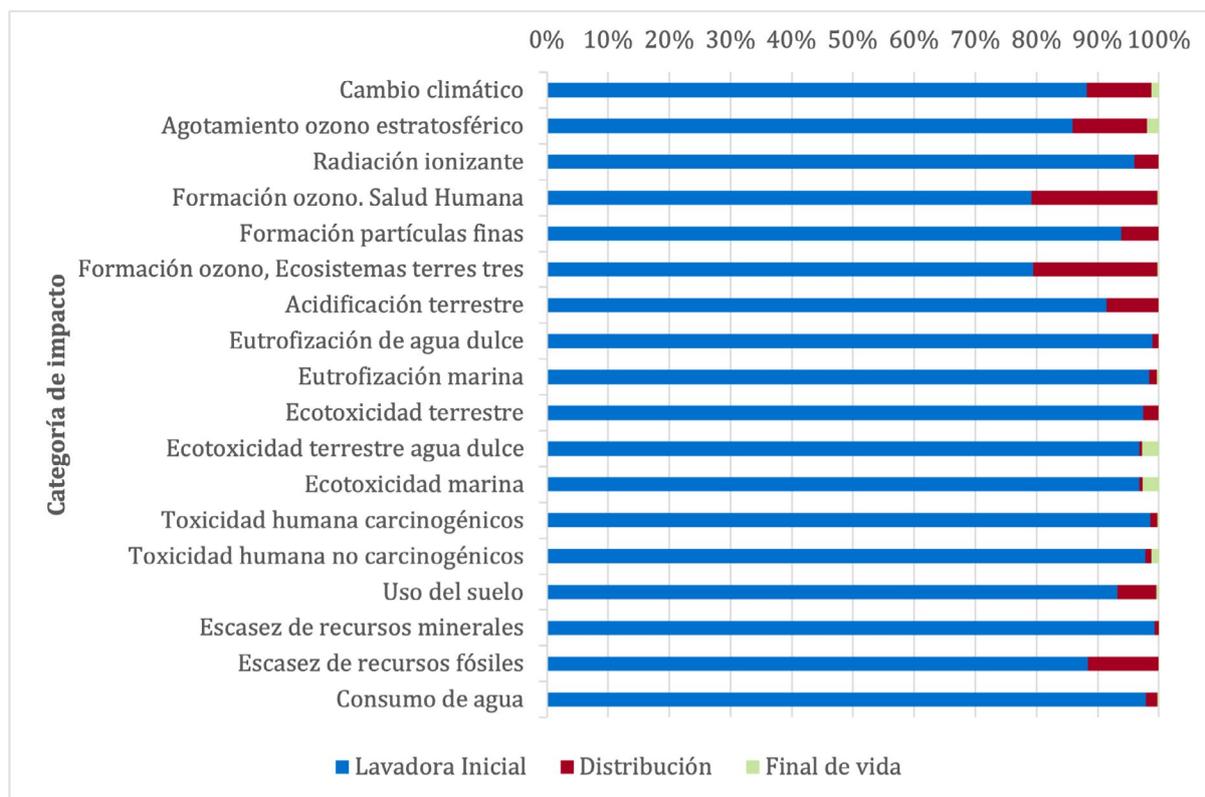


Figura 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de información de lhobe.

Como se puede apreciar en la figura 20, que expone los resultados de la tabla 20, el impacto de la fase de distribución y de final de vida es muy inferior al impacto propio del equipo. Cabe recordar que, debido al alcance seleccionado, no se incluye en el análisis la fase de uso del equipo (consumos energéticos, agua, consumibles o actividades de mantenimiento/reparación) y la fase de distribución incluye únicamente el transporte del producto desde la planta de fabricación hasta el usuario.

Debido al método de sistema seleccionado (*cut-off*), la gestión de los residuos siempre tiene un impacto positivo, que se asigna al proceso de reciclado. Los materiales recuperados tienen un valor de impacto nulo (no negativo).

Según la definición del propio software de Simapro, «el sistema de asignación «Cut-off» se basa en que la producción primaria de los materiales siempre se asigna al usuario principal de un material, si se recicla un material el productor primario no recibe ningún «crédito» por el suministro de materiales reciclables. Como consecuencia, los materiales reciclables se encuentran sin ninguna carga para los procesos de reciclaje, lo que significa que los materiales secundarios (reciclados) solo soportan los impactos de los procesos de reciclaje. Este sistema no otorga ningún «crédito» a los productores de residuos por el reciclaje.»

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes, para cada fase de ciclo de vida, serían:

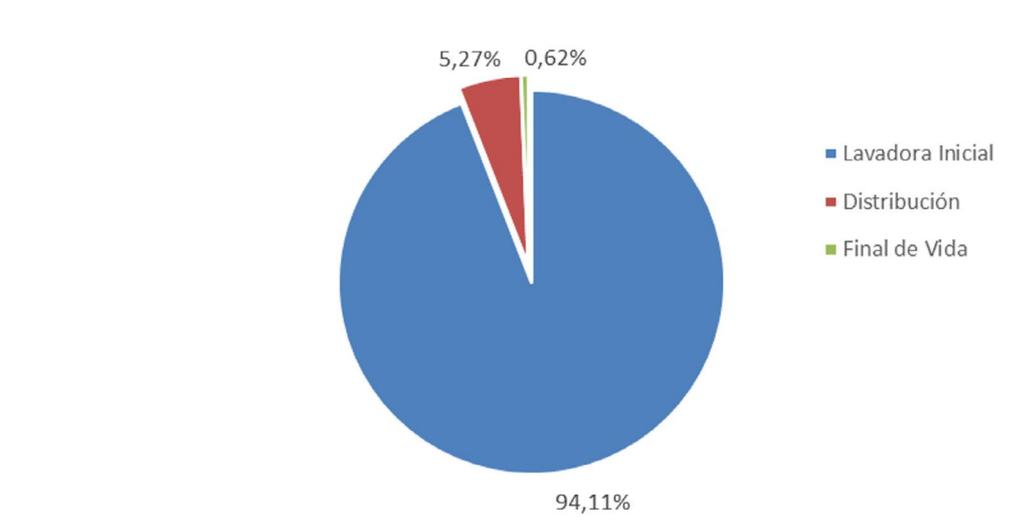


Figura 21. Distribución impactos por fases del ciclo de vida de la lavadora caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaborado por lhobe a partir de resultados de software Simapro.

Como se puede apreciar, la fase de uso de materias primas y fabricación sería la más relevante. Cabe recordar que no se ha considerado el impacto asociado a la fase de uso.

5.1.6. Interpretación de los resultados

En base a los resultados presentados en el apartado anterior se puede llegar a una serie de conclusiones basadas en las hipótesis y asunciones ya mencionadas al inicio del estudio.

Analizando el equipo únicamente (figura 19), las partes que contribuyen más son las partes metálicas (chapa exterior, etc.), que representan sobre el 51 % del impacto total del producto. Le siguen en importancia el motor (sobre el 20 %), los circuitos impresos (sobre el 10 %), varios (sobre 8 %), seguido del tambor de plástico (sobre el 6 %) y de las partes plásticas (sobre el 5 %). El embalaje representa el menor impacto (menos del 1 %).

Considerando el ACV completo del producto inicial se pone de manifiesto que la fase de fabricación del equipo es la más significativa (entre el 80 y el 99 % en función del impacto considerado). y supone un 94 % del impacto según el método del indicador único. En este punto es preciso remarcar nuevamente que la fase de uso no se ha evaluado al considerarse equivalente en ambos equipos.

La fase de distribución representa entre el 0,5 y el 20 % y el embalaje tiene una menor importancia, entre el 0,06 y el 4 % en función de la categoría de impacto considerada. Suponiendo un 5,3 % y un 0,6 % según el porcentaje de valor único respectivamente.

5.2. Definición costes asociados al caso base (ACCV)

En este apartado se describe el análisis de costes de ciclo de vida realizado para el caso base.

Se indican en la tabla 21 los datos de partida considerados para el caso base, el año de aplicación (con el porcentaje de la cantidad de referencia necesaria), la tasa de descuento y la tasa de incremento.

Tabla 21. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso base. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Ihobe.

	Tipo de coste	Cantidad de referencia	Precio actual (€/unidad)	Año de coste	Ciclos de vida/ (cantidad necesaria en %)	Tasa de descuento (%)	Tasa escalamiento (apreciación) (%)
Adquisición	Lavadora inicial	1 ud.	350 €/ud.	0	1/(100)	2	3
				10	0.3/(30)		
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	1,5 h	50 €/h	7	1/(100)	2	1
				14	0.3/(30)		
	Mantenimiento y/o reparación (piezas de recambio)	1 ud.	50 €/ud.	7	1/(100)	2	3
				14	0.3/(30)		
Fin de vida	Desmontaje (operario)	0.5 h	30 €/h	10	1/(100)	2	1
				20	0.3/(30)		
	Reutilización del motor	8,25 kg	-0,22 €/kg	10	1/(100)	2	3
				20	0.3/(30)		
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	79,22 kg	0,12 €/kg	10	1/(100)	2	3
				20	0.3/(30)		
	Retorno por reciclado circuitos electrónicos	1,34 kg	-1,1 €/kg	10	1/(100)	2	3
				20	0.3/(30)		
	Retorno por reciclado PP del tambor	10,50 kg	-0,08 €/kg	10	1/(100)	2	3
				20	0.3/(30)		
				22	0.3/(30)		
				22	0.3/(30)		
	Coste de valorización energética	1,58 kg	0,0236 €/kg	10	1/(100)	2	6
				20	0.3/(30)		
Coste de eliminación (vertedero)	15,45 kg	0,0471 €/kg	10	1/(100)	2	6	
			20	0.3/(30)			

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Nuevamente se destaca que los valores utilizados por Ihobe para el análisis provienen de las fuentes consultadas y no se ha podido contar datos reales proporcionados por el sector.
- Los costes negativos se entienden como un retorno (valor material reciclado, etc.).
- Siguiendo con el criterio empleado en el ACV, se requerirían 1,3 equipos para cubrir la misma unidad funcional que el caso mejorado. Por tanto, el equipo inicial (completo) se compraría en el año 0, y el resto en el año 10 (cuando llegara a su final de vida).
- Se considera que el mantenimiento y/o reparación del equipo se realizaría en el año 7 (100%), pero también se debe considerar el mantenimiento de la parte proporcional del nuevo equipo, en el año 14 (30%).
- De forma similar, para el final de vida del equipo completo se considera el año 10, y adicionalmente, se considera el escenario de fin de vida del 30% restante del equipo nuevo en el año 20.
- Se considera como posible componente a reutilizar el motor.
- Los porcentajes de reciclado, valorización y vertedero serán los usados en el ACV (ver tabla 15).
- La tasa de descuento se ha estimado con datos bibliográficas de la situación actual (datos de Estados Unidos).
- La tasa de apreciación ha considerado la situación actual del mercado de materias primas.
- Se debe considerar que tanto la tasa de descuento como de apreciación ya tiene descontada la inflación.
- Los costes de reciclado, valorización y vertido se han extraído de fuentes bibliográficas.
- Se han considerado los siguientes tiempos de personal.
 - Mantenimiento y/o reparación: 1,5 h.
 - Desmontaje de la lavadora en el reciclador: 0,5 h
- Para realizar la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (valor actual neto) del producto base se ha aplicado la siguiente fórmula al coste actual:

$$\mathbf{VAN} = (\mathbf{CI} \cdot \mathbf{ciclo\ de\ vida\ CB}) \cdot \left[\frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{(n)} + (\mathbf{CI} \cdot \mathbf{ciclo\ de\ vida\ CM}) \cdot \left[\frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{(n)}$$

Donde:

- CI: es el coste inicial del producto
- (e): tasa de escalamiento.
- (i): tasa de descuento
- (n): el año de estudio

En el primer término n es igual a 0 ya que este es el año de compra y en el segundo término n es igual a 11 ya que se considera el año de fin de vida de caso base.

Esta fórmula, aplicada al coste actual, permite hacer la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (Valor Actual Neto).

Los resultados para cada tipo de costes obtenidos serían los siguientes:

Tabla 22. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso base. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe.

Fase del ciclo de vida	Tipo de coste	Coste actual (€)	Valor Actual Neto (VAN) (€)	
Adquisición	Coste del producto caso base	350,00	465,76	
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	75,00	89,60	
	Mantenimiento (piezas)	50,00	70,73	
Fin de vida	Recogida (sin cambios)	igual	igual	
	Desmontaje (operario)	15,00	17,29	
	Retorno por desmontaje (reutilización)	-1,82	-2,66	
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	9,51	13,95	
	Retorno por reciclado (Circuitos y PP)	-2,31	-3,39	
	Coste de valorización energética	0,04	0,08	
	Coste de eliminación (vertedero)	0,73	1,54	
	TOTAL		496,15	652,89

6. Análisis posibles mejoras de diseño

6.1. Mejoras en durabilidad

6.1.1. Fallos más frecuentes y componentes implicados

Tal y como se reflejaba en apartados anteriores, la durabilidad en este tipo de producto se ve afectada por fallos frecuentes relacionados con una serie de componentes identificados a continuación, a partir de los cuales se han tratado de detectar las posibles mejoras de durabilidad desde una perspectiva de diseño, recogidas en el siguiente apartado.

Entre la bibliografía de referencia consultada para la elaboración del [apartado 3.4.1 \(fallos más comunes en lavadoras domésticas\)](#) el equipo de lhobe destaca la siguiente para el desarrollo de este apartado:

- Estudio de la Agencia Alemana de Medio Ambiente sobre la obsolescencia de productos, entre otros las lavadoras¹⁵.
- Estudio de la Comisión Europea/JRC sobre durabilidad, reusabilidad y reparabilidad de lavadoras⁴⁴.

- Estudio de la Comisión Europea/JRC sobre la evaluación de la durabilidad en lavadoras⁴³.
- Resultados del proyecto PROMPT (PRemature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme), para lavadoras⁵⁰.
- Estudios preparatorios lavadoras Comisión Europa¹⁷.
- Estudio de HOP (Halte à l'Obsolescence Programmée) sobre lavadoras³².
- Artículo en Journal of Cleaner Production sobre vida útil y modos de fallo de lavadoras⁷⁴.

Del citado apartado, en el que se identifican los componentes de las lavadoras domésticas que presentan mayores tasas de fallo según diferentes fuentes bibliográficas de referencia consultadas, se han seleccionado los siguientes para este caso de estudio:

- Partes electrónicas.
- Motores.
- Tambor y su acople.

6.1.2. Posibles alternativas de diseño

Para el estudio comparativo que se pretende realizar se han simulado aquellos cambios de diseño sobre los componentes mencionados que pueden aumentar la durabilidad del producto.

Dada la dificultad de establecer una relación directa entre una modificación de diseño y el aumento de durabilidad del producto (fuera del alcance del presente estudio), el equipo de I+hobe ha realizado una serie de hipótesis, que en un estudio más detallado sería necesario confirmar con el sector.

El objetivo de estas hipótesis es mostrar un mecanismo para simular el beneficio ambiental de incrementar la durabilidad del producto, si esta relación directa se puede llegar a establecer.

Las hipótesis consideradas serían:

- *Reducción de tasa de fallo en los circuitos impresos:* se considera que el fallo más frecuente de los circuitos impresos son el sobrecalentamiento o el cortocircuito de los mismos, que puedan afectar a algún componente. Por ello la propuesta de diseño considerada es la ampliación del área del circuito, que permita una mayor disipación y una mejor distribución de los componentes electrónicos en la misma. Se estima un aumento de un 15 % en la superficie del circuito, pasando de 300 cm² actuales a 345 cm².
- *Reducción de la tasa de fallo del motor:* se considera que el fallo más frecuente de los motores (aparte de fallos mecánicos o desgaste de las escobillas), sería el posible sobrecalentamiento o cortocircuito del mismo.

Para evitar estos fallos eléctricos, y al tiempo que se aumenta su fiabilidad, se propone aumentar la cantidad de cobre y aluminio (bobinado, etc.), Se ha considerado un aumento del 10 % en el contenido de estos materiales.

- *Reducción de la tasa de fallo del tambor externo:* ciertos estudios indican que el cambio del tambor de plástico por uno de acero inoxidable puede aumentar la durabilidad del equipo y evitar también posibles fallos en las uniones metal/plástico. Esta medida es discutida por otras fuentes, que indican las ventajas del uso de plástico en este componente (ver apartado [3.3.1. obsolescencia material](#)). En todo caso, se analizará dicha alternativa, pasando de un tambor de polipropileno reforzado a otro de acero inoxidable.
- *Alargamiento vida útil:* se considera que, con la aplicación de estas tres medidas, la vida útil del equipo se podría alargar en 660 usos (es decir unos tres años de vida útil equivalente), pasando así de 2.200 ciclos de lavado (10 años equivalentes de uso) a 2.880 ciclos de lavado (13 años equivalentes de uso).

6.1.3. Implicaciones de las alternativas en el ACV

Las mejoras de diseño anteriormente propuestas implicarían una serie de cambios en Análisis de Ciclo de Vida del caso mejorado respecto al caso base que a continuación se incluyen:

- Mayor superficie y peso de los circuitos impresos:
 - Placa base: paso de 300 cm² y 0,44 kg a 375 cm² y 0,51 kg.
 - Componentes eléctricos y electrónicos: paso de 0,50 kg a 0,58 kg.
- Mayor peso y contenido de cobre y aluminio del motor:
 - Peso total del motor: paso de 8,25 kg a 8,59 kg.
 - Contenido en Cobre: paso de 0,68 a 0,75 kg.
 - Contenido en aluminio: paso de 2,72 a 2,99 kg.
- Cambio de tambor:
 - Paso de 10,5 kg (6,09 kg de PP y 4,41 kg de calcium carbide (refuerzo)) a 12 kg de acero inoxidable.

6.1.4. Implicaciones de las alternativas en el ACCV

En el caso de las implicaciones de los cambios de diseño en el análisis de coste de ciclo de vida, en primer lugar, implicaría un aumento de coste de los nuevos componentes. Este aumento se ha simulado considerando datos de piezas de repuesto para los componentes a substituir en la lavadora⁹⁸.

El método seleccionado por Ihobe ha sido considerar todos los precios disponibles de cada componente equivalente; 27 en caso de motores, 35 en caso de tambor

⁹⁸ Las webs consultadas han sido: <https://www.espartes.co.uk/>; <https://applias.com/> y <https://buyandrepair.com/>.

de plástico y 141 en caso de circuitos impresos; y analizar como coste inicial el 1er percentil y como caso mejorado el 3er percentil. Este análisis nos da una primera aproximación de la posible diferencia de precio entre esos componentes (inicial vs. mejorado). La siguiente tabla indica los valores obtenidos.

Tabla 23. Diferencia de precio componentes substituidos. Fuente: Ihobe.

Componente	Inicial (€)	Final (€)	Diferencia (€)
Motor	82,05 €	122,23 €	40,18 €
Electrónica Control	79,14 €	121,69 €	42,55 €
Cubeta Interior	121,69 €	218,79 €	97,11 €
Total Incremento			179,83 €

Por tanto, este valor de diferencia sería el que se añadía al coste del producto inicial para determinar el coste del producto mejorado.

Se ha considerado también que el precio de las piezas de repuesto del caso mejorado sería más alto, pasando de un precio de 50 € a 60 € (suponiendo un incremento del 20 %).

Por otra parte, respecto a las actuaciones de mantenimiento/repación y final de vida, se considera que las modificaciones de diseño realizadas para facilitar el desmontaje del equipo implicarían una reducción del tiempo necesario de la persona que realiza la actividad. Este tiempo sería:

Tabla 24. Diferencia de horas de actuación. Fuente: Ihobe.

Actuación	Coste hora (€/h)	Inicial (h)	Mejorado (h)
Mantenimiento/repación	50	1,5	1,0
Reciclado	30	0,5	0,3

6.2. Mejoras en la reparabilidad

6.2.1. Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad

Como se exponía en detalle en el [apartado 3.4: análisis sobre la reparabilidad de lavadoras](#) de la primera parte de este informe, existen ciertas características en el diseño de algunos componentes que también hacen que su reparabilidad sea más compleja o casi imposible en algunos casos.

De hecho, algunos de los fallos detectados como más frecuentes no se asocian con un cambio en el diseño o materiales de fabricación de la pieza en sí misma, sino con el diseño de la lavadora al completo.

La promoción de la reparabilidad pasa por diversas estrategias potenciales, tales como:

- facilita el diagnóstico del producto;
- accesibilidad y facilidad de desmontaje de componentes clave;
- disponibilidad de repuestos;
- actualización/actualización de componentes;
- suministro de información.

Un aspecto previo a la reparabilidad es poder realizar el diagnóstico del equipo y poder detectar el fallo y la pieza/s donde se debe centrar la reparación.

Los aspectos de diseño que pueden dificultar este diagnóstico podrían ser:

- Falta de accesibilidad a los puntos de diagnóstico, por ejemplo, que no se pueda separar el encapsulado o una geometría que no sea ergonómica (dificultando el desmontaje).
- Falta de información sobre los modos de fallo del equipo (por ejemplo, mediante códigos de error en el *display* o luces intermitentes, etc.).
- Falta de información sobre el desmontaje necesario para el diagnóstico y puntos de test.
- Dificultad para disponer de equipos de diagnóstico o necesidad de equipos específicos para el producto.
- Falta de acceso a los programas de diagnóstico del equipo o dificultad en su uso (falta de formación, etc.).

Por su parte, los aspectos de diseño que pueden dificultar la reparabilidad del equipo podrían ser:

- Dificultad de desmontaje de la pieza a reparar (por su ubicación y falta de accesibilidad, por el tipo de unión, por falta de visibilidad uniones, por el tipo de herramientas necesarias, etc.).
- Falta de información sobre las etapas de desmontaje a realizar, y sobre camino correcto para ello (secuencia de desmontaje).
- Falta de disponibilidad o precio excesivo de las piezas de recambio.
- Fragilidad o tipo de uniones, que impiden o dificultan el montaje posterior.
- Dificultad en la verificación de la reparación, una vez realizada la misma (por falta de acceso a los puntos de diagnóstico, etc.).

Las barreras técnicas identificadas a través de diversas fuentes bibliográficas para las lavadoras serían, entre otras:

- Para reparar lavadoras, a veces es necesario conectarlas a una computadora portátil utilizando un software de diagnóstico especial. En ocasiones, este sof-

ware, la formación y la documentación técnica necesaria para diagnosticar la avería solo están disponibles para los proveedores de servicio posventa de los fabricantes, lo que dificulta las reparaciones para otros técnicos.

- El diagnóstico de fallos en las placas electrónicas a veces es problemático, especialmente si algunas placas están selladas con resina y solo se puede acceder a ellas y reemplazarlas con gran dificultad. Se debe considerar que el sellado se realiza para evitar el contacto con humedad o líquidos que pueda reducir su vida útil.
- El diseño no modular de las tarjetas electrónicas provoca que un fallo en un componente implique el cambio de toda la placa.
- Las bisagras de las puertas que están fusionadas con la lavadora o atornilladas desde el interior del aparato son difíciles de reemplazar debido a la poca accesibilidad.
- A veces es difícil reparar la araña del tambor, los sellos, los cojinetes y la carcasa del tambor, especialmente si los cojinetes se insertan en la cuba del tambor (y no son desmontables). Para reemplazarlos, también se debe reemplazar toda la tina o parte de ella, lo que aumenta en gran medida el costo de la reparación.
- Las escobillas de los motores sufren un desgaste con el tiempo, y dependiendo de su tamaño pueden requerir de su sustitución. Motores con diseños compactos y de difícil desmontaje dificultan dicha sustitución

6.2.2. Posibles alternativas de diseño

Las alternativas de diseño que se pueden implantar irían encaminadas a reducir las dificultades indicadas anteriores. Se pueden considerar las siguientes alternativas:

- Facilitar el diagnóstico del equipo, con métodos estándares y facilitando el acceso a los puntos de diagnóstico y al software de diagnóstico.
- Facilitar el desmontaje de las piezas con mayor tasa de fallo (por ejemplo, componentes electrónicos, amortiguadores/cojinetes, rodamientos tambor, escobillas motor, mangueras, resistencia, bombas, etc.). Para ello se debería:
 - Facilitar el acceso a dichas piezas.
 - Emplear uniones desmontables, que puedan volverse a montar una vez realizada la operación.
 - Hacer visibles y accesibles dichas uniones.
 - Unificar el tipo de uniones.
 - Empleo de herramientas estándares para el desmontaje.
 - Utilizar códigos de colores para identificar las piezas valiosas u otros componentes. Esta información también puede estar disponible a través de un código QR colocado en el producto⁹⁹.

⁹⁹ Este aspecto se está poniendo a prueba y evaluando, junto a otras, en el proyecto europeo SERVEES (<https://c-serveesproject.eu/index.php>), que analiza aspectos de circularidad de varios productos.

- Disponibilidad de información sobre los posibles fallos del equipo, métodos de reparación, esquemas eléctricos, ubicación de las partes, etc.
- Disponibilidad de piezas de recambio, a precio asequible y con corto plazo de entrega.

6.2.3. Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV

Si bien la aplicación de estas posibles estrategias de ecodiseño no implican un cambio en el BOM del caso mejorado, si se reducirían los tiempos de desmontaje para el mantenimiento/reparación y el reciclado, así como los costes asociados. (ver tabla 24).

6.3. Mejoras en Reciclabilidad

6.3.1. Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad

Durante las últimas dos décadas, el reciclaje de productos relacionados con la energía se ha vuelto cada vez más desafiante, debido a ciertas tendencias de diseño de productos que ejercen presión sobre la economía del reciclaje. Algunas de estas tendencias son:

- menor uso de metales y menos metales preciosos (cobre reemplazado por aluminio como conductor eléctrico, menor contenido de oro en placas de circuito impreso, etc.) y mayor uso de metales para los que no existe una infraestructura económica de reciclaje posconsumo (elementos de tierras raras);
- mayor uso de plásticos, y combinaciones plásticas más complejas en un solo producto/pieza (coextrusión), y plásticos con aditivos o tratamientos superficiales adversos (retardantes de llama, rellenos, fibras, etc.);
- mayor uso de combinaciones de materiales complejos (composites, recubrimientos, nanomateriales, películas multicapa, etc.);
- una mayor diversidad de productos, combinada con la miniaturización en particular en el sector de la electrónica del hogar, dificultan la optimización del tratamiento de un flujo de residuos mixtos.

En el caso concreto de las lavadoras, se consideran RAEE al final de su vida útil, y por tanto, deben cumplir con los requisitos aplicables de acuerdo al Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos³, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo¹⁰⁰.

¹⁰⁰ Directiva 2012/19/UE del Parlamento europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE); Directiva RAEE: <https://www.boe.es/doue/2012/197/L00038-00071.pdf>

Dicho RD indica que *«Los productores de AEE, de sus materiales y de sus componentes, deberán diseñar y producir sus aparatos de forma que se prolongue en lo posible su vida útil, facilitando entre otras cosas, su reutilización, desmontaje y reparación. Al final de su vida útil se facilitará la preparación para la reutilización y la valorización de los RAEE, sus componentes y materiales, de manera que se evite su eliminación»*. Asimismo, indica que: *«Los productores de AEE no impedirán la reutilización de los AEE usados y la preparación para la reutilización de los RAEE mediante características de diseño específicas o procesos de fabricación específicos, salvo que dichas características o procesos de fabricación presenten grandes ventajas en materia de seguridad o para la protección del medio ambiente»*.

Por otra parte, el RD indica qué componentes se deben separar previamente al reciclado del RAEE, que serían, en el caso de las lavadoras, de acuerdo a la plataforma I4R¹⁰¹:

- Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB), de conformidad con la Directiva 96/59/CE del Consejo, de 16 de septiembre de 1996, relativa a la eliminación de los policlorobifenilos y de los policloroterfenilos (PCB/ PCT).
- Condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares).
- Tarjetas de circuitos impresos para teléfonos móviles, en general, y otros dispositivos si la superficie de la tarjeta de circuitos impresos tiene más de 10 centímetros cuadrados.
- Plásticos que contengan materiales piroretardantes bromados.
- Pantallas de cristal líquido (junto con su carcasa si procede) de más de 100 centímetros cuadrados de superficie y todas las provistas de lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo.
- Cables eléctricos exteriores.

6.3.2. Posibles alternativas de diseño

Las alternativas de diseño propuestas para reducir los aspectos que dificultan el reciclado podrían ser:

- Facilitar el desmontaje de las partes que requieren un tratamiento específico antes del reciclado del producto, por ejemplo, facilitando su acceso, uso de herramientas estándares, etc.
- Facilitar el desmontaje de las partes con mayor potencial de reciclado.
- Evitar la mezcla de materiales incompatibles para el reciclado, en especial en aquellas partes con mayor potencial de reciclado (piezas de gran peso, fácilmente accesibles, etc.). En el caso de ser imprescindible esta mezcla, facilitar su separación previa o durante el reciclado (diferente densidad, etc.).

¹⁰¹ <https://i4r-platform.eu/>

- Evitar los rellenos, recubrimientos o etiquetado de partes plásticas que dificulten su reciclado.
- Marcado de las partes plásticas (tipo de plástico), en lugar visible.
- Información sobre los materiales contenidos en el producto con mayor potencial de re- ciclado, y su ubicación. Por ejemplo, incorporando un manual de desmantelamiento digital que ayudaría a los recicladores a ser más eficientes mientras desmantelan los productos y recuperan las piezas para venderlas a los fabricantes de equipos originales¹⁰².

6.3.3. Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV

Se considera que las mejoras de diseño en la reciclabilidad facilitarían el desmontaje y la identificación y la separación de los componentes a reciclar, reduciendo el tiempo necesario para dicha separación y aumentando la cantidad de material a reciclar.

Así mismo, teniendo en cuenta lo dictado tanto en la Directiva de RAEE¹⁰⁰, como el resto de legislación encaminada a la transición a una economía circular, y en especial a los objetivo de reciclado/preparación para la reutilización y de valorización indicados en el en el RD de RAEE³, se considera que con dichas medidas de mejora se alcanzaría el objetivo y el escenario de fin de vida quedaría:

Tabla 25. Escenario de fin de vida de los productos. Fuente: Ihobe.

Escenario de fin de vida	% sobre el total recogido: caso base	% sobre el total recogido: caso mejorado
Reutilización	1,5%	3,0%
Reciclado	77,0%	79,0%
Recuperación energética	2,0%	3,0%
Vertedero	19,5%	15,0%
Total	100,0%	100,0%

7. Definición del Caso mejorado

7.1. Cambios en el BOM

Atendiendo a las mejoras indicadas en el anterior apartado, se han realizado las modificaciones en el BOM del caso mejorado. Con dichos cambios, el listado de materiales quedaría como indica la tabla siguiente:

¹⁰² Además, las pruebas llevadas a cabo en el marco del proyecto C-SERVEES (<https://c-serveesproject.eu/index.php>) demostró que esto es rentable. Suponiendo que la industria avance en el uso del código QR, las instrucciones de desmontaje podrían estar vinculadas a dicho código QR en el producto.

Tabla 26. BOM caso mejorado. Fuente: Ihobe.

Componente	Material	Peso (kg)
Cabina	Acero	18,00
Tambor interno	Acero	8,00
Tambor externo	Acero inoxidable	12,00
Motor	Acero	3,40
	Hierro	1,45
	Aluminio	2,99
	Cobre	0,75
Electrónica	Circuito impreso	0,51
	Componentes electrónicos	0,58
	Aluminio (disipadores)	0,44
Puerta	Vidrio	1,80
Cables	varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
	PVC	1,03
	Goma	0,88
	ABS	1,80
Contrapeso	Cemento	18,68
TOTAL Sin embalaje		81,24
Embalaje	Papel	0,15
	PE	0,20
	PS	0,50
	PA-Nylon	0,10
	Cartón	1,30
TOTAL Con embalaje		83,49

7.2. Cambios en otros aspectos del ciclo de vida

Las fases que se verían también afectadas por la implantación de las mejoras de diseño propuestas serían:

Fase de distribución

El aumento de peso del equipo (83,49 kg en frente de 81,47 kg) hace que se tenga que revisar esta fase. Como para el caso base, los valores se han tomado de la Metodología MEErP de la Comisión Europea, empleada en los estudios preparatorios de productos relacionados con la energía. Los nuevos valores se indican a continuación.

Tabla 27. Distancias del transporte consideradas para el producto caso mejorado. Fuente: Ihobe.

Tipo	Distancia (km)	%	tkm
Tren	1000	50 %	41,74
Barco	12000	45 %	450,82
Avión	10000	5 %	41,74
Camión grande	500	100 %	41,74
Camión mediano	200	100 %	16,70

Fase de final de vida

Como se ha indicado anteriormente, el escenario de fin de vida cambia. Las mejoras en el producto implican un cambio de composición y se aplican los nuevos porcentajes de reciclado conseguidos por las actuaciones de mejora de reciclabilidad. Este nuevo escenario sería:

Tabla 28. Escenario de fin de vida del producto mejorado. Fuente: Ihobe.

Escenario de fin de vida	% sobre el total recogido: caso mejorado
Reutilización	3,0%
Reciclado	79,0%
Recuperación energética	3,0%
Vertedero	15,0%
Total	100,0%

7.2.1. Evaluación de impactos

Como en el caso del producto inicial, la evaluación de impacto se ha realizado utilizando el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), versión 1.04, incluido en la herramienta Simapro, que sería el método por defecto de ReCiPe.

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican en la tabla 29 siguiente.

Tabla 29. Resultados de impacto para el producto mejorado (valor absoluto). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	364,79	36,88	72,51	37,76	37,52	167,19	8,12	4,81
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000140	0,000022	0,000011	0,000010	0,000021	0,000056	0,000008	0,000011
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	20,40	3,53	2,35	4,72	1,29	8,01	0,31	0,19
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,99	0,11	0,16	0,07	0,14	0,45	0,05	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,10	0,10	0,13	0,04	0,20	0,55	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,01	0,11	0,16	0,07	0,14	0,46	0,05	0,01
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,22	0,22	0,29	0,11	0,45	0,95	0,20	0,01
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,265	0,047	0,012	0,011	0,061	0,103	0,029	0,001
Eutrofización marina	kg N eq	0,01959	0,00215	0,00342	0,00113	0,00198	0,00982	0,00072	0,00036
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	10977,57	923,49	584,11	55,91	2684,34	5227,58	1345,69	6,46
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	158,72	22,76	2,45	1,17	53,84	54,05	24,36	0,09
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	202,52	29,59	3,37	1,53	67,61	69,54	30,77	0,12
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	70,34	3,42	5,97	0,99	14,21	44,08	1,57	0,10
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	1994,87	327,74	47,24	24,08	567,56	726,31	299,77	2,17
Uso del suelo	m2a crop eq	10,31	1,24	0,97	1,11	1,13	4,58	0,44	0,84
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	17,83	1,34	1,62	0,16	3,47	10,70	0,53	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	96,10	9,28	14,57	22,02	8,48	37,82	2,02	1,92
Consumo de agua	m3	2,86	0,36	0,43	0,63	0,31	0,98	0,09	0,07

Tabla 30. Resultados de impacto para el producto mejorado (porcentajes). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	10,11	19,88	10,35	10,29	45,83	2,22	1,32
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	15,94	7,96	7,44	15,23	39,93	5,55	7,95
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	17,29	11,51	23,16	6,32	39,25	1,53	0,94
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	10,93	16,29	6,79	14,25	45,85	4,86	1,02
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	9,25	11,84	3,51	18,43	50,04	6,49	0,44
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	10,92	16,08	7,12	14,20	45,80	4,84	1,04
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	9,73	13,04	4,74	20,29	42,54	9,07	0,60
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	17,71	4,47	4,25	23,19	38,96	11,08	0,34
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	10,98	17,47	5,77	10,13	50,11	3,68	1,86
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	8,41	5,32	0,51	25,82	47,62	12,26	0,06
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	14,34	1,54	0,74	33,92	34,05	15,35	0,06
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	14,61	1,66	0,75	33,38	34,34	15,19	0,06
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	4,86	8,48	1,41	20,21	62,66	2,23	0,15
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	16,43	2,37	1,21	28,45	36,41	15,03	0,11
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	12,00	9,39	10,77	10,93	44,46	4,31	8,15
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	7,53	9,07	0,92	19,47	59,99	2,98	0,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	9,65	15,16	22,92	8,82	39,35	2,10	2,00
Consumo de agua	m3	100,00	12,52	14,92	22,04	10,70	34,20	3,23	2,41

Como se puede apreciar, para el producto mejorado, las partes metálicas siguen siendo las que tienen mayor contribución en la mayoría de los impactos. Le siguen en importancia el tambor, el motor, los circuitos impresos y las partes plásticas. La parte de varios (que incluye el vidrio, cemento y cables) y la parte de embalaje, serían los de menor impacto.

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes serían:

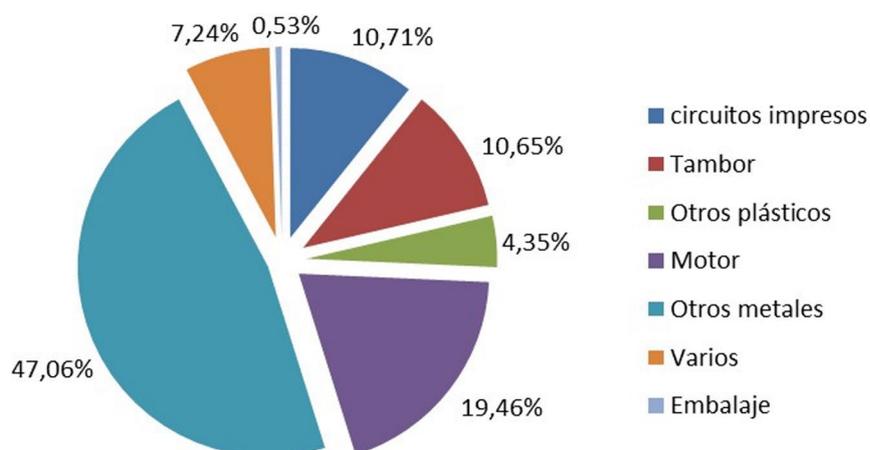


Figura 22. Distribución impactos por partes lavadora mejorada (en porcentaje). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro.

Considerando **todo el ciclo de vida** indicado en el [apartado de alcance y límites de sistema](#), el resultado sería el indicado en la tabla siguiente.

Tabla 31. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto mejorado (absoluto). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	411,82	364,79	40,17	6,85
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00017	0,00014	0,00002	0,000005
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	21,37	20,40	0,95	0,02
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,22	0,99	0,24	0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,17	1,10	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,25	1,01	0,24	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,41	2,22	0,19	0,00

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,2677	0,2648	0,0027	0,0002
Eutrofización marina	kg N eq	0,0199	0,0196	0,0002	0,0001
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	11255,74	10977,57	273,63	4,54
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	165,89	158,72	0,68	6,50
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	211,66	202,52	1,03	8,11
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	71,32	70,34	0,75	0,23
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2041,23	1994,87	20,17	26,19
Uso del suelo	m2a crop eq	11,07	10,31	0,72	0,04
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	17,95	17,83	0,11	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	109,30	96,10	13,06	0,14
Consumo de agua	m3	2,92	2,86	0,05	0,01

Tabla 32. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto mejorado (porcentajes). Fuente: elaborado por Ihobe mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	88,58	9,76	1,66
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	85,08	12,03	2,89
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	95,47	4,44	0,10
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	80,50	19,22	0,28
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	94,23	5,70	0,08
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	80,67	19,05	0,27
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	92,11	7,80	0,09
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	98,93	1,00	0,07
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	98,39	1,11	0,50
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	97,53	2,43	0,04
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	95,67	0,41	3,92
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	95,68	0,49	3,83
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	98,63	1,06	0,32
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	97,73	0,99	1,28
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	93,12	6,49	0,39
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	99,37	0,62	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	87,93	11,95	0,12
Consumo de agua	m3	100,00	97,85	1,87	0,27

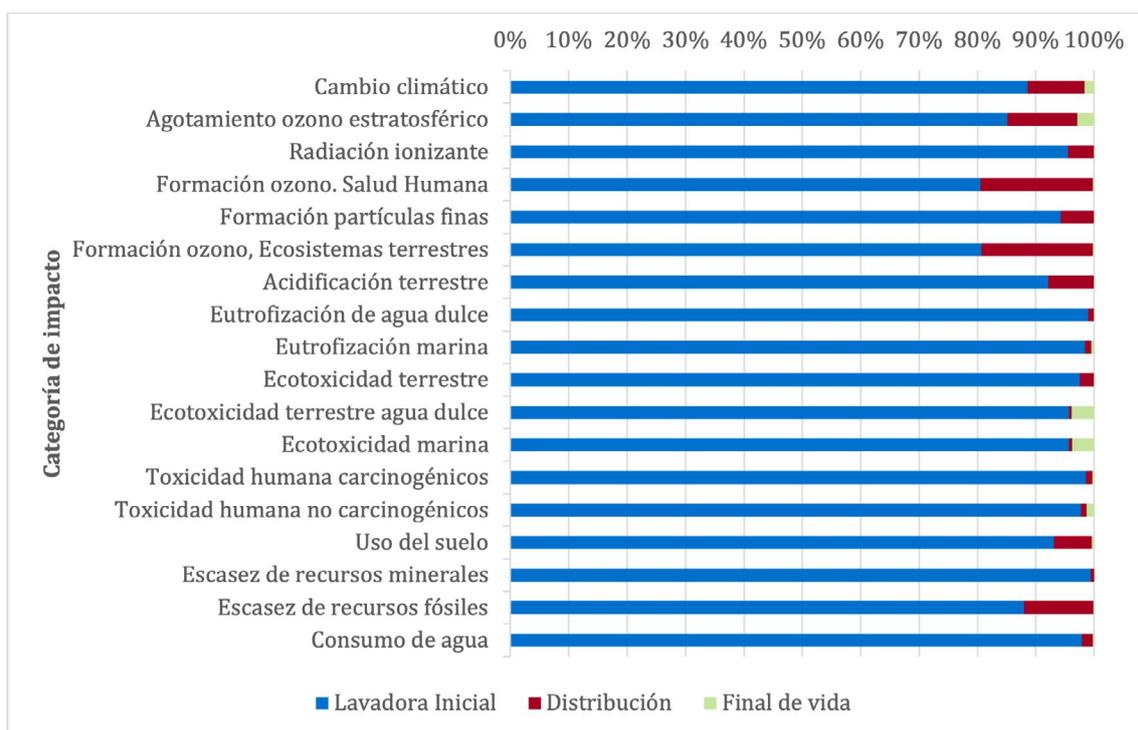


Figura 23. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de información de lhobe.

Como se puede apreciar en la figura 23, el impacto de la fase de distribución y de fin de vida sigue siendo muy inferior al impacto propio del equipo.

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes, para cada fase de ciclo de vida, serían:



Figura 24. Distribución impactos por fase de ciclo de vida lavadora mejorada (en porcentaje de valor único). Fuente: elaborado por lhobe mediante software Simapro.

7.2.2. Interpretación de los resultados

El análisis realizado del producto mejorado pone de manifiesto que la fase de fabricación del equipo sigue siendo la más significativa (entre el 80 y el 99 % en función del impacto considerado y 94,27 % en porcentaje de valor único). En este punto es preciso remarcar que la fase de uso no se ha evaluado al considerarse equivalente en ambos equipos.

La fase de distribución representa entre el 0,5 y el 19 % y el embalaje tiene una menor importancia, entre el 0,05 y el 4,5 % en función de la categoría de impacto considerada.

Analizando el equipo únicamente, las partes que contribuyen más son las partes metálicas (chapa exterior, etc.), que representan sobre el 47 % del impacto total del producto. Le siguen en importancia el motor (sobre el 19 %), los circuitos impresos (sobre el 11 %), ganando en importancia el tambor de acero inoxidable (sobre el 11 %), varios (sobre 7 %), y las partes plásticas (sobre el 4 %). El embalaje representa el menor impacto (menos del 1 %).

7.3. Cambios en el análisis de costes de ciclo de vida (ACCV)

En este apartado se describe el análisis de costes de ciclo de vida realizado para el caso mejorado. Los datos de partida considerados para el caso mejorado, el año de aplicación, la tasa de descuento y la tasa de incremento serían las indicadas en la tabla 33.

Tabla 33. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso mejorado. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Ihobe.

	Tipo de coste	Cantidad	Coste unitario (€/unidad)	Año de coste (cantidad necesaria; %)	Ciclos de vida	Tasa de descuento (%)	Tasa escalamiento (apreciación) (%)
Adquisición	Lavadora mejorada	1 ud.	530 €/ud.	0 (100)	1	2	3
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	1 h	50 €/h	7 (100)	1	2	1
	Mantenimiento (piezas)	1 ud.	60 €/ud.	7 (100)	1	2	3
Fin de vida	Desmontaje (operario)	0,3 h	30 €/h	13 (100)	1	2	1
	Reutilización del motor	8,59 kg	-0,22 €/kg	13 (100)	1	2	3
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	81,24 kg	0,12 €/kg	13 (100)	1	2	3
	Retorno por reciclado circuitos electrónicos	1,52 kg	-1,1 €/kg	13 (100)	1	2	3
	Retorno por reciclado acero inoxidable (tambor)	12,0 kg	-0,83 €/kg	13 (100)	1	2	3
	Coste de valorización energética	1,58 kg	0,0236 €/kg	13 (100)	1	2	6
	Coste de eliminación (vertedero)	15,45 kg	0,0471 €/kg	13(100)	1	2	6

Nota: Las celdas con trama indican valores que varían respecto al caso base.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones en el caso mejorado:

- Siguiendo con el criterio empleado en el ACV, se requeriría 1 equipo para cubrir la misma unidad funcional que el caso inicial.
- Se considera que el mantenimiento/repación del equipo se realizaría en el año 7.
- De forma similar, para el final de vida del equipo completo se considera el año 13.
- Se considera la reutilización el motor, en este caso al ser mejorado, de mayor peso.
- Los porcentajes de reciclado, valorización y vertedero serán los usados en el ACV para el caso mejorado (ver tabla 28).
- La tasa de descuento y de apreciación serían las mismas que para el caso base.
- Los costes de reciclado, valorización y vertido se han extraído de fuentes bibliográficas, y serían los mismos que en caso inicial, sólo que variando los materiales recuperados (en este caso cambio de PP por acero inoxidable, debido al cambio de material del tambor).
- Se ha considerado los siguientes tiempos de personal.
 - Mantenimiento y/o reparación: 1 h.
 - Desmontaje de la lavadora en el reciclador: 0,3 h.
- Para realizar la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (valor actual neto) del producto base se ha aplicado la siguiente fórmula al coste actual:

$$VAN = (CI \cdot \text{ciclo de vida } CM) \cdot \left[\frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{(n)}$$

Donde:

- CI: es el coste inicial del producto
- (e): tasa de escalamiento.
- (i): tasa de descuento
- (n): el año de estudio
- Los demás datos aplicados en el ACCV del caso mejorado se mantienen sin variar respecto al caso base.

Los resultados obtenidos para cada tipo de costes, en el caso del producto mejorado, serían:

Tabla 34. Resultados costes actuales y valor actual para el caso mejorado.
Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe.

Fase del ciclo de vida	Tipo de coste	Coste actual (€)	Valor Actual Neto (VAN) (€)
Adquisición	Coste equipo (en punto de venta)	529,83	529,83
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	50,00	46,67
	Mantenimiento (piezas)	60,00	64,24
Fin de vida	Recogida (sin cambios)	igual	igual
	Desmontaje (operario)	9,00	7,92
	Reutilización	-1,89	-2,15
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	9,75	11,07
	Retorno reciclado (Circuitos y acero inoxidable)	-11,63	-13,20
	Coste de valorización energética	0,06	0,09
	Coste de eliminación (vertedero)	0,57	0,95
TOTAL			645,41

8. Comparativa Caso BASE vs. Caso MEJORADO

La comparativa de ambos productos se debe realizar sobre la misma unidad funcional (2.880 ciclos de lavado). Considerando la durabilidad del equipo inicial (2.200 ciclos) y del equipo mejorado (2.880 ciclos de lavado), se desprende que son necesarios 1,3 equipos iniciales para conseguir la misma función.

Nota aclaratoria: la comparativa se realiza entre 1,3 productos del caso base con 1 producto del caso mejorado.

8.1. Resultados comparativos de ACV

En la siguiente tabla se resume la comparativa de impactos entre la fabricación del producto caso base (considerando 1,3 unidades para cubrir la unidad funcional) y el caso mejorado.

Tabla 35. Resultados de la comparativa de impactos entre los productos (fabricación). Fuente: lhobe.

Categoría de impacto	Unidad	Lavadora Inicial (x1,3)	Lavadora mejorada	Diferencia
Cambio climático	kg CO2 eq	480,75	411,82	-68,93
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00021	0,00017	-0,000042

Categoría de impacto	Unidad	Lavadora Inicial (x1,3)	Lavadora mejorada	Diferencia
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	30,35	21,37	-8,99
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,45	1,22	-0,22
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,39	1,17	-0,22
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,49	1,25	-0,24
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,82	2,41	-0,41
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,3397	0,2677	-0,072
Eutrofización marina	kg N eq	0,0224	0,0199	-0,003
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	13507,78	11255,74	-2252,04
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	201,11	165,89	-35,22
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	256,53	211,66	-44,86
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	85,44	71,32	-14,12
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2508,37	2041,23	-467,14
Uso del suelo	m2a crop eq	14,37	11,07	-3,30
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	20,98	17,95	-3,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	144,50	109,30	-35,21
Consumo de agua	m3	3,69	2,92	-0,77

Como se puede apreciar, en todas las categorías de impacto existe una reducción al alargar la vida útil del producto.

Y en la tabla 36 se resume la comparativa considerando las diferencias para cada fase del ciclo de vida.

*Tabla 36. Resultados de impacto comparativo entre productos en su ciclo de vida.
Fuente: Ihobe.*

Categoría Impacto	Unidad	Diferencias			
		Total	Lavadora	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	-68,93	-59,27	-10,79	1,12
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	-0,000042	-0,000037	-0,000005	0,000001
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	-8,99	-8,74	-0,25	0,00
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	-0,22	-0,16	-0,06	0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	-0,22	-0,21	-0,02	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	-0,24	-0,17	-0,06	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	-0,41	-0,36	-0,05	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	-0,072	-0,071	-0,001	0,000

Categoría Impacto	Unidad	Diferencias			
		Total	Lavadora	Distribución	Final de vida
Eutrofización marina	kg N eq	-0,003	-0,002	0,000	0,000
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	-2252,04	-2179,54	-73,41	0,92
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	-35,22	-36,01	-0,18	0,97
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	-44,86	-45,76	-0,28	1,18
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-14,12	-13,93	-0,20	0,01
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-467,14	-457,40	-5,41	-4,33
Uso del suelo	m2a crop eq	-3,30	-3,09	-0,19	-0,02
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	-3,03	-3,00	-0,03	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	-35,21	-31,68	-3,50	-0,03
Consumo de agua	m3	-0,77	-0,76	-0,01	0,00

Como se puede apreciar, en todos los casos el producto mejorado tiene un menor impacto que el equivalente (equivalente en la unidad funcional), salvo en algunos casos del final de vida.

Considerando las limitaciones de las hipótesis realizadas, estos valores justificarían las modificaciones de diseño propuestas desde un punto de vista medioambiental.

Si se analizan los resultados en indicador único (ReCiPe end-point), se puede apreciar también la diferencia (tabla 37):

Tabla 37. Diferencia del impacto medido como indicador único. Fuente: Ihobe

	Unidad	Total	Lavadora	Distribución	Final de vida
Lavadora mejorada	Pt	32,337	30,485	1,607	0,245
Lavadora inicial (1,3 unidades)	Pt	38,728	36,446	2,039	0,242
Diferencia (absoluto)	Pt	-6,391	-5,962	-0,432	0,003
Diferencia (porcentaje)	%	-19,76%	-19,56%	-26,89%	1,27%

Como se puede ver en la figura 25 donde se presentan los resultados gráficamente para facilitar su comparativa, se consigue un grado de mejora significativo, a excepción del fin de vida.

Como se ha comentado, esto se debe al método seleccionado (*cut-off*) que asigna un impacto a los procesos de reciclado y un impacto nulo a los materiales de salida (no valor negativo).

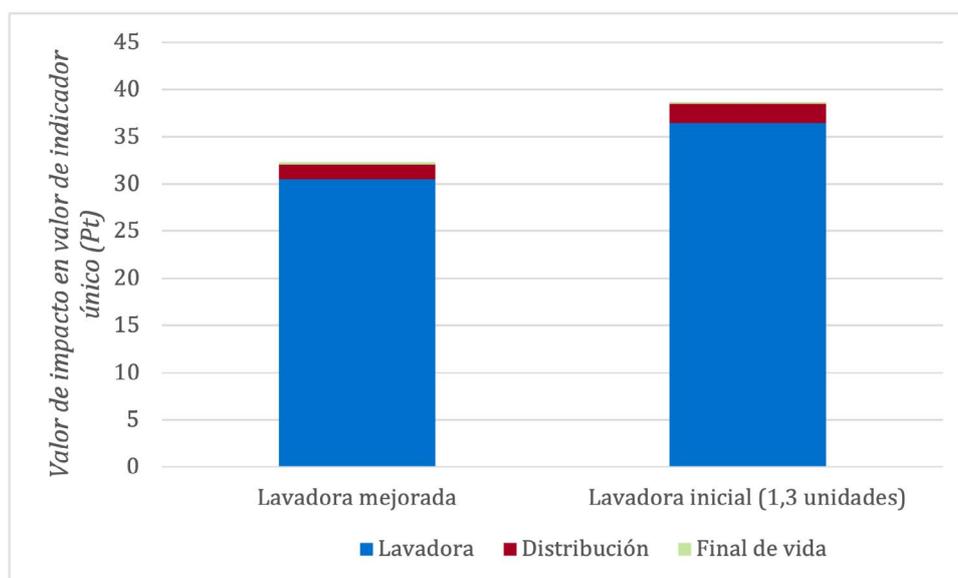


Figura 25. Resultados de comparar el ciclo de vida de 1,3 caso base con 1 caso mejorado según la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada fase. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe.

8.2. Resultados comparativos de ACCV

La siguiente tabla resume la comparativa de costes entre el producto caso base y el mejorado.

Tabla 38. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso base. Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe.

Fase del coste	Tipo de coste	Base	Mejorado	Diferencia
		VAN (€)	VAN (€)	VAN (€)
Compra o adquisición	Coste de lavadora (punto de venta)	465,76	529,83	64,07
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	89,60	46,67	-42,94
	Mantenimiento (piezas)	70,73	64,24	-6,49
Fin de Vida	Recogida	igual	igual	0,00
	Desmontaje (horas de operario)	17,29	7,92	-9,37
	Reutilización del motor	-2,66	-2,15	0,52
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	13,95	11,07	-2,88
	Retorno por reciclado circuitos electrónicos y acero inoxidable	-3,39	-13,20	-9,81
	Coste de valorización energética	0,08	0,09	0,02
	Coste de eliminación (vertedero)	1,54	0,95	-0,59
	Costes TOTALES	652,89	645,41	-7,47

Como se puede apreciar, y teniendo en cuenta las hipótesis y suposiciones de cálculo realizadas, el VAN del producto mejorado estaría por debajo del VAN del producto inicial, cubriendo la misma unidad funcional, en casi 7,5 €.

Estas diferencias tienen su motivo principal en la necesidad de realizar costes adicionales a largo plazo (14, 20 años), debido a la necesidad de cubrir una parte proporcional de un nuevo equipo.

8.3. Interpretación de resultados

De forma genérica, se puede considerar que, tanto desde el punto de vista ambiental, como económico resulta, en principio, recomendable alargar la vida útil del equipo.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que para la realización de este estudio comparativo se han realizado una serie de hipótesis y suposiciones de cálculo, así como el uso de datos bibliográficos, que en un caso real deberían confirmarse y validar en mayor detalle su calidad.

En todo caso, este caso ejemplo pretende ilustrar una metodología de evaluación comparativa elaborada por el equipo de Ihobe, que se podría aplicar en casos reales si se dispone de información fidedigna.

9. Comparativa de la compra de una lavadora con el sistema de producto-servicio

Una alternativa al sistema de consumo actual analizado en apartados anteriores es el sistema de producto-servicio. Manzini y Vezzoli (2002)¹⁰³ definen el Sistema de Producto-Servicio (PSS, por sus siglas en inglés), denominado también pago por producto o servitización, como una forma de satisfacer las necesidades y demandas de los clientes, poniendo en marcha un sistema de productos y servicios en lugar de vender productos físicos en sí. Y Ren y Gregory (2007)¹⁰⁴ lo definen como la acción de ofrecer servicios en combinación con bienes, con el objetivo de otorgar un mayor valor añadido al cliente.

En general, se trata de una alternativa al sistema de consumo actual, basado en ofrecer el servicio en lugar de adquirir el producto. Estudiada por diferentes autores, unas de las clasificaciones de PSS más comunes es según su orientación y se pueden clasificar en¹⁰⁵:

¹⁰³ Vezzoli, C., Kohtala C., Srinivasan, A., Diehl, J., Fusakul, S., Liu, X., Sateesh, D. (2014). Product-Service System Design for Sustainability. Learning Network on Sustainability.

¹⁰⁴ Ren, G. Gregory, M. (2007). Servitization in manufacturing companies: A conceptualization, critical review and research agenda. University of Cambridge.

¹⁰⁵ García Sáez, E., Capuz Rizo, S. (2015). 19th International Congress on Project Management and Engineering, Granada.

- **PSS orientados a producto:** donde una serie de servicios complementan al producto que es vendido. Dichos servicios pueden ser mantenimiento, sustitución, actualización, financiación, asesoramiento o reciclaje que mejoran su ciclo de vida o su utilidad.

Este tipo de servicio suele ser el ofrecido por las propias marcas del electrodoméstico, ofreciendo por una cuenta fija al mes, el mantenimiento y reparación del mismo. Así, la empresa deberá esforzarse por ofertar bienes con servicios innovadores, atractivos y necesarios para el cliente, basados así mismo en los gustos del consumidor, logrando una nueva diferenciación en el mercado competitivo y, por consiguiente, una fidelización de la clientela. A su vez, al encontrarse en una búsqueda constante de diferenciación, las empresas empezarán a desarrollar y llevar a cabo un intercambio de información con el cliente (usuario o beneficiario), permitiendo así que sea el cliente el que, en definitiva, guíe hacia ese valor a ofrecer (servicio).

- **PSS orientados a uso:** la propiedad del producto pertenece al proveedor y el consumidor paga por su uso. El consumidor paga por unidad de servicio. El producto puede ser arrendado, alquilado, usado conjuntamente por varios usuarios, puesto en común o existe la posibilidad de pagar por unidad de servicio.

Este tipo de servitización abarca el servicio que se ofrece cuando el cliente paga una cuota mensual por el uso del producto, pero éste no le pertenece. Por ejemplo, el «*Paquete Full-Service*» de Bosh que incluye el uso del electrodoméstico con una garantía de 5 años que cubre cualquier reparación derivada del uso y desgaste del mismo. Bosch mantiene la propiedad del electrodoméstico durante toda su vida útil, no se transfiere al usuario. Con este paquete, el usuario evita la inversión inicial, pagando una cuota fija por el servicio y Bosh se garantiza un flujo de ingreso continuo. Cabe destacar que este servicio tampoco está disponible en España salvo para herramientas eléctricas y accesorios profesionales¹⁰⁶.

O el caso de la alternativa de alquiler *BlueHorizon* que impulsó la firma Miele como proyecto piloto en 2017 en Alemania. BlueHorizon representa una cooperación entre Miele y distribuidores especializados seleccionados que se encargan del contrato de alquiler y entregan e instalan una lavadora de alta gama con dosificación automática de detergente *TwinDos*. Esta opción de alquiler está pensada para diferentes tipos de consumidores por lo que tienen diferentes opciones de tarifas según sus necesidades, donde pueden realizar el pago por cada ciclo de lavado o pagar una tarifa plana para 250 ciclos al año¹⁰⁷.

¹⁰⁶ <https://www.bosch-professional.com/es/es/rentingexpress/>

¹⁰⁷ <https://www.miele.de/en/m/4196.htm>

Además, aunque no son frecuentes en España, si es común que los edificios de apartamentos en países como Suecia y Finlandia estén equipados con una lavandería común, que se ponen a disposición de todos los habitantes del bloque de apartamentos sin coste adicional⁴⁰.

- **PSS orientados a resultado:** el producto físico es prácticamente sustituido por un servicio o resultado funcional. El cliente paga por el resultado que previamente han producido determinados productos, que son propiedad del proveedor. Este posee la libertad para utilizar la tecnología o productos que desee. *Es el caso de las lavanderías autoservicio o lavanderías tradicionales.*

Las lavanderías autoservicios, muy en auge actualmente en España, disponen de lavadoras de diferentes cargas por un coste de entre 4 y 9€, donde se incluye el coste de la energía, agua y consumibles.

No es posible realizar una comparativa empírica ni desde el punto de vista del impacto ambiental ni económicamente entre el caso mejorado objeto del análisis del apartado anterior y cualesquiera de las formas de PSS. Para ello, serían necesarios datos reales de mercado e incluir en el ACV y ACCV la fase de uso.

No obstante, la repercusión económica y ambiental que supone el cambio de modelo hacia la servitización se analiza en el estudio realizado por García & Capuz (2015)¹⁰⁸, donde evalúan el impacto en la ecoeficiencia (entendida como el ratio entre el impacto ambiental y el coste total de un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida) de los dos sistemas alternativos de PSS de uso de una lavadora. En la siguiente tabla de definen los escenarios que analizan en el mencionado estudio:

Tabla 39. Resumen de las principales características de los escenarios analizados. Fuente: García & Capuz (2015)¹⁰⁸,

ESCENARIO 1: LAVADORA DOMÉSTICA	ESCENARIO 2: CENTRO DE LAVADO COMPARTIDO	ESCENARIO 3: LAVANDERÍA DE AUTOSERVICIO
Sistema de producto tradicional	PSS orientado a uso (uso compartido)	PSS orientado a uso (pago por unidad de servicio)
El usuario compra la lavadora y pasa a ser de su propiedad.	El usuario comparte la compra y la propiedad de la lavadora.	El proveedor es el que posee la propiedad de la lavadora y el usuario paga por su uso puntual.
El usuario es el responsable del mantenimiento de la lavadora.	El usuario comparte la responsabilidad del mantenimiento de la lavadora.	El proveedor se encarga del mantenimiento de la lavadora.

¹⁰⁸ García Sáez, E., Capuz Rizo, S. (2015). 19th International Congress on Project Management and Engineering, Granada.

ESCENARIO 1: LAVADORA DOMÉSTICA	ESCENARIO 2: CENTRO DE LAVADO COMPARTIDO	ESCENARIO 3: LAVANDERÍA DE AUTOSERVICIO
Sistema de producto tradicional	PSS orientado a uso (uso compartido)	PSS orientado a uso (pago por unidad de servicio)
El usuario realiza una gran inversión económica al inicio y luego se encarga de los costes de electricidad y agua.	La inversión inicial es menor ya que se divide entre todas las viviendas del edificio, así como los gastos de electricidad y agua.	No existe una inversión económica inicial ni costes de electricidad y agua, solo el pago por uso.
El usuario solo tiene acceso a una máquina, si se avería, el usuario no puede satisfacer su necesidad.	El usuario tiene acceso a 3 máquinas, si alguna se avería, el usuario puede utilizar otra.	El usuario tiene acceso a varias máquinas, si alguna se avería puede utilizar otra.
Alargan al máximo su vida útil.	Al compartir los costes de compra, es más accesible la sustitución por nuevos modelos más ecoeficientes.	Al tener un uso más intenso, el proveedor puede ofrecer lavadoras más modernas y ecoeficientes.
Por el esfuerzo económico que supone, se suelen comprar lavadoras de nivel bajo-medio.	Existe mayor accesibilidad a modelos de una mayor calidad.	Lavadoras profesionales de alta gama con tecnologías más avanzadas.
Ocupación de espacio en la vivienda.	No ocupa espacio en la vivienda.	No ocupa espacio en la vivienda.
No requiere desplazamiento del usuario.	Requiere un desplazamiento bajo del usuario.	Requiere un desplazamiento medio del usuario.

Según el Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible¹⁰⁹, esta ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la tierra. En un producto, se podría decir, que se consigue, dando el mejor servicio para el que fue diseñado, cuanto menor es su impacto ambiental y mayor su rendimiento económico.



Figura 26. Análisis de la ecoeficiencia de los tres escenarios de estudio. Fuente: García & Capuz (2015)¹⁰⁸

¹⁰⁹ <https://www.wbcasd.org/>

Como se observa en la figura 26, en el estudio de García & Capuz (2015) el resultado más positivo en ecoeficiencia es uno de los dos escenarios de PSS de uso compartido del producto.

En este se afirma que, si hay que guiarse únicamente por el aspecto ambiental, el escenario 3 (lavandería autoservicio) sería la opción más apropiada. Si el aspecto primordial es el económico, entonces el 2 (centro de lavado compartido en edificio de viviendas) sería la solución. Si los dos aspectos son importantes, se debería ponderar la importancia que se le da a cada uno, pero probablemente el escenario 2 sería el más equilibrado en cuanto a impacto ambiental y costes. Y en todos los casos, el escenario 1 (lavadora doméstica) es el menos favorable tanto económica como ambientalmente. Estas conclusiones hay que entenderlas desde la unidad funcional, uso del producto y características definidas para este estudio, pudiendo darse resultados significativamente diferentes según las particularidades de cada caso.

Entre las ventajas generales que presenta el cambio de la compra de bienes frente al PSS orientados a uso o la servitización encontramos:

Ventajas para el cliente:

- Especialmente cuando es la propia marca la dueña del aparato, la empresa no sólo trata de modificar los productos para hacerlos más atractivos y útiles, sino que invierte en durabilidad, en ecodiseño.

Ventajas para la empresa:

- Reduce la inversión de activos en comparación con la fabricación de bienes y proporciona rentabilidades constantes y mayores márgenes de ganancia.
- Aumenta la fidelización de la clientela a largo plazo.
- Mejoran su competitividad.

Ventajas medioambientales

- Una menor dependencia del nº de electrodomésticos vendidos. Implica una reducción en materias primas (incluidas MPF).
- Mayor vida útil permite obtener beneficios por su uso durante más tiempo. La empresa se encarga de las reparaciones por lo que no existe la posibilidad de obsolescencia, en ninguna de sus formas.
- Promueve estrategias de Ecodiseño para aumentar la durabilidad. La propia empresa se encargará de invertir en la durabilidad del producto ya que sus beneficios no están asociados a una venta sino a un pago por servicio. Cuanto más dure el producto y menos reparaciones requiera, más beneficio.

10. Evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad

Tal como indica la metodología propuesta por Ihobe (apartado 2 [anexo 1](#)), la siguiente etapa debe consistir en una definición de criterios de valoración en base a la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad del producto.

Dado el alcance del presente proyecto, se realizará un planteamiento general de diferentes aspectos a modo de ejemplo, sin entrar en el detalle que sería requerido en un estudio en profundidad. Por tanto, el presente apartado se debe entender como una guía de cómo plantear esta aproximación, más que una aplicación detallada y exhaustiva de la misma.

Los datos incluidos provienen de los apartados anteriores y una revisión bibliográfica de diferente documentación. En el caso de una aplicación detallada, se debería contar con información directa del mercado, a través de fabricantes, reparadores, etc.

El objetivo último es poder definir una serie de criterios cuantificables, que permitan valorar la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad potencial del producto. Se debe entender que es una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear, por lo que no pretende ser una lista exhaustiva cerrada de ninguno de los aspectos, ya que se debería contrastar con el mercado y con los fabricantes y esto sobrepasaría el alcance previsto del proyecto.

Así mismo, estos aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados: un aspecto que mejore la durabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como reciclabilidad o reparabilidad.

Por último, aunque el estudio de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad elaborado por Ihobe en base a tu metodología se incluya en el anexo 1 y complementa la información recopilada en apartados anteriores sobre estos aspectos, este apartado se centrará en el análisis de los aspectos de diseño que pueden alargar la durabilidad y mejorar la reparabilidad y reciclabilidad del equipo y los posibles criterios para evaluarlos.

10.1. Evaluación de la durabilidad del producto

Existen diferentes métodos para poder evaluar la durabilidad de una lavadora.

En primer lugar, Ihobe recomienda que la evaluación de la durabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma: **UNE-EN 45552:2021**.- Método general para la evaluación de la durabilidad

de los productos relacionados con la energía. Esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía (ver apartado 4.3.2 del [anexo 1](#)).

Dada la complejidad de realizar dicho estudio completo, siguiendo las normas indicadas en el anexo, y debido a las limitaciones de este estudio, lhobe propone realizar una primera aproximación de cómo se podría enfocar un estudio de durabilidad de una lavadora siguiendo la norma indicada.

Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que se debería contrastar con el mercado y con los fabricantes y éste sobrepasaría el alcance previsto del proyecto. Por lo tanto, y aunque el estudio de durabilidad se encuentra disponible en el apartado 4.3.3 del Anexo 1 para su consulta, este apartado se centrará en el análisis de los aspectos de diseño que pueden alargar la durabilidad del equipo y los posibles criterios para evaluar la misma.

10.1.1. Análisis de aspectos de diseño que pueden aumentarla durabilidad

Diferentes fuentes bibliográficas consultadas indican posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad del equipo.

La tabla 40 resume los diferentes aspectos considerados, no pretendiendo ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes.

Los aspectos de diseño se valoran según su afectación en tres niveles: alta, media o baja.

Entre las fuentes bibliográficas e iniciativas consultadas (recogidas en el [apartado 3.4.6](#)) para establecer los aspectos tratados, se encuentra un reciente proyecto europeo (C-SERVEES¹¹⁰, aún en desarrollo) que cobra gran relevancia para el presente informe. En él se proponen diferentes estrategias de ecodiseño orientadas a diseñadores y fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos, con el fin de contribuir positivamente a la economía circular en este sector y que estos productos mejoren su comportamiento ambiental.

¹¹⁰ Proyecto europeo C-SERVEES (<https://eesproject.eu/index.php>), que analiza aspectos de circularidad de varios productos, entre ellos las lavadoras domésticas.

Tabla 40. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e Ihobe.

Nivel	Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Componente	Mayor capacidad de reparación/ sustitución de los componentes con mayor tasa de fallo (circuitos electrónicos, amortiguadores/cojinetes, escobillas motor, etc.).	X			La mayor facilidad de reparación/sustitución de los componentes se puede conseguir facilitando su acceso y desmontaje, disponiendo de partes de recambio y facilitando información al respecto.
Componente	Mejora de la fiabilidad de los componentes de mayor desgaste o tasa de fallo, mejorando el diseño o los materiales empleados (amortiguadores, etc.).		X		Este aspecto reduciría el número de reparaciones, pero podría incrementar el precio de los componentes.
Usuario	Mayor información al usuario sobre condiciones de uso, etc.	X			La durabilidad de la lavadora está influenciada por las condiciones de uso y del mantenimiento del equipo. El usuario debe estar informado de las operaciones a evitar (sobrecarga, objetos extraños, etc.) y de las operaciones de mantenimiento a realizar (limpieza filtros, etc.).
Componente	Mayor protección anticorrosión de las partes metálicas, que puedan verse afectadas por la humedad o contacto con líquidos.	X			Este aspecto se puede conseguir empleando materiales de mayor calidad (por ejemplo, acero inoxidable) o mediante los recubrimientos adecuados (tipo, espesor, etc.). Este recubrimiento no debe dificultar el reciclado posterior, ni contener sustancias clasificadas.
Componente	Mayores especificaciones técnicas sobre las partes plásticas (resistencia al impacto, calentamiento, abrasión, etc.) o diseño estructural más robusto (mayor espesor, distribución, etc.).		X		La fiabilidad de las partes plásticas que sufren mayor desgaste puede mejorarse mediante el empleo de plásticos más técnicos o mediante aditivos a los mismos (carga, etc.). Sin embargo, esto puede reducir el potencial de reciclabilidad de dichos plásticos. También es importante que las uniones plásticas sean resistentes al desgaste y a las operaciones de montaje/desmontaje, aumentando su resistencia estructural.
Componente	Mejora de la estanqueidad de las partes del equipo que pueden verse afectadas por la humedad o contacto con líquidos (especialmente componentes eléctricos y electrónicos) o por acumulación de polvo.		X		Si se trata de componentes eléctricos/electrónicos, puede dificultar la disipación térmica de los mismos y dificultar su reparación si es necesaria.
Componente	Incluir sensores de temperatura, vibración, líquidos, etc. que detecten desviaciones en estos parámetros claves y puedan actuar reduciendo el riesgo de daño sobre el equipo.	X			El objetivo es alertar sobre dichas desviaciones y poder actuar antes de que produzcan daño sobre los componentes o el equipo.
Componente	Inclusión de protecciones contra sobretensiones.		X		Incluir parte débil (fácil de sustituir, como fusibles) que se dañe en caso de sobretensión, sin afectar al resto de componentes. Electrónicos.
Componente	Emplear redundancia en aquellas partes que puedan provocar un fallo grave del equipo.		X		Por ejemplo, empleo de mangueras coaxiales, que permitan la rotura del tubo interior, sin que se produzca la fuga al exterior. El mismo concepto se puede emplear para sensores críticos, el fallo del cual produce un fallo o mal funcionamiento grave del equipo (sensores de temperatura, etc.).
Componentes	Emplear códigos de colores que ayude a identificar piezas las valiosas del equipo.	X			Existen varias oportunidades de mejorar el diseño de los productos para facilitar su desmontaje, por ejemplo, utilizando códigos de colores para identificar las piezas valiosas u otros componentes como las baterías. Esta información también puede estar disponible a través de un código QR colocado en el producto ¹⁰ .

10.1.2. Posibles criterios de evaluación de la durabilidad

En este apartado se realiza una primera reflexión sobre qué criterios se podrían fijar para evaluar la durabilidad de una lavadora.

Dichos criterios, reflejados en la tabla 41, se basan en referencias bibliográficas y en los resultados de los apartados anteriores. Se indica también una primera propuesta de escala de valores, cuyo paso siguiente sería confirmar con el sector y datos reales del mercado.

Se debe entender que es una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear, por lo que no pretende ser una lista exhaustiva cerrada. Según la metodología propuesta por Ihobe, el paso siguiente sería la de confirmar con el sector y disponer de datos reales del mercado para poder consensuar una ponderación de cada criterio y obtener finalmente un valor único que represente la durabilidad potencial del producto. Esta puntuación única se ajustaría a la realidad del mercado, y así se podrían clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio de durabilidad.

Además del ya mencionado índice de reparabilidad de Francia⁶⁷, existe un proyecto pilotado por ADEME para desarrollar un índice de durabilidad para diferentes tipos de productos. Para ello, se desarrolló un estudio preparatorio¹¹¹ (julio 2021) que indica una planificación para 2024. La gran duda es la forma como se compatibilizará este índice con el índice ya existente de reparabilidad, ya que se consideran en algunos casos criterios similares (una propuesta de Ihobe es integrar el índice de reparabilidad en el de durabilidad).

Tabla 41. Primera propuesta de criterios de valoración. Fuente: Ihobe.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Vida útil en número de ciclos evaluados de forma estándar.						Sería el criterio definitivo para la clasificar la durabilidad de los equipos, pero se requiere un método estándar para evaluar dicha durabilidad en lavadoras y un ranquin del mercado para poder puntuar (distribución del mercado respecto el número de ciclos).
Años de garantía para el equipo.	4 años	5 años	6 años	7 años	>8 años	El cumplimiento del Real Decreto 7/2021 ⁷¹ (3 años) sería el valor mínimo. Se incrementaría la puntuación un punto por año adicional.
Disponibilidad y accesibilidad a un contador de uso (por ejemplo número de ciclos de uso).	Disponible, pero no accesible para el usuario		Disponible, pero difícilmente accesible para el usuario (más de tres clics)		Disponible, y fácilmente accesible para el usuario (menos de tres clics)	La información sobre el número de usos de la lavadora puede favorecer su reutilización o su remanufactura. Por ello se valora que esta función esté disponible.

¹¹¹ <https://bibliothec.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4853-preparatory-study-for-the-introduction-of-a-durability-index.html>

10.2. Evaluación de la reparabilidad del producto

De manera análoga al aspecto de durabilidad, Ihobe recomienda que la evaluación de la reparabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma: **UNE-EN 45554:2020**.- Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía. (ver apartado 5.2.2 del [anexo 1](#)).

Esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

De la misma manera que para el aspecto de durabilidad, dada la complejidad de realizar un estudio completo basado en la norma indicada en el anexo, y debido a las limitaciones de este estudio, el presente apartado se centra en la identificación y posible valoración de los criterios que pueden aumentar la reparabilidad.

No obstante, Ihobe propone realizar una primera aproximación a la evaluación de la reparabilidad del producto cuyos pasos a desarrollar en este estudio de reparabilidad simplificado serían lo que se incorporan en el apartado 5.2.3 del anexo 1. Tampoco se puede entender como un estudio completo, dado que éste sobrepasaría el alcance previsto del proyecto (pruebas reales de desmontaje, toma de tiempos en varios casos, etc.).

10.2.1. Análisis de aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad

Diferentes fuentes bibliográficas consultadas indican posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad del equipo, resumidos en la tabla siguiente. La valoración de esa afectación se escala igualmente en tres niveles: Alta afectación del aspecto sobre la reparabilidad, media afectación o baja afectación.

No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes.

Los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados. Por otra parte, un aspecto que mejore la reparabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como reciclabilidad o durabilidad.

Tabla 42. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e Ihobe.

Nivel	Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Equipo	Facilitar el diagnóstico del equipo ante un fallo, facilitando el acceso a los puntos de diagnóstico, haciéndolos visibles, y facilitando su uso (software/hardware disponible) y comprensión (mensajes de error, etc.)	X			El primer paso para la reparación es identificar el fallo ocurrido y el componente afectado. Cuanto más fácil y directo sea ese diagnóstico, más potencial de reparabilidad del equipo.
Equipo	Disponibilidad de información sobre cómo realizar el diagnóstico y la reparación del equipo, incluyendo manuales, esquemas eléctricos, ubicación piezas, secuencia de desmontaje, herramientas necesarias, etc.		X		Cuanta mayor información sobre el diagnóstico y reparación esté disponible para un mayor número de actores, mayor probabilidad de reparación del equipo. Sin embargo, se deben considerar aspectos como propiedad industrial, períodos de garantía, posibles daños adicionales al equipo, etc.
Componente	Mayor accesibilidad a los componentes con mayor tasa de fallo (circuitos electrónicos, amortiguadores/cojinetes, escobillas motor, etc.), evitando acoples de piezas y estructuras.	X			Se facilitará la reparación/sustitución de los componentes si se facilita su acceso y desmontaje, sin causar daños al equipo y no dificultando el reensamblado posterior. Además, la posibilidad de acceder a fallos en piezas que no se encuentren acopladas a estructuras también aumentaría la capacidad de reparación del equipo.
Componente	Empleo de uniones que sean fácilmente identificables y accesibles, y que permitan su separación sin afectar el equipo. Siempre que sea posible deben poderse reutilizar en el proceso de reensamblado de la pieza de recambio.		X		Durante el proceso de reparación se ha de facilitar el desmontaje y posterior montaje de la pieza a substituir, empleando uniones accesibles y duraderas.
Componente	Diseño que facilite el empleo de herramientas básicas o sin herramientas durante el proceso de reparación.		X		El empleo de herramientas básicas durante el proceso de reparación facilitará que un mayor número de personas pueda realizar dicha reparación.
Componente	Disponibilidad de piezas de recambio, durante suficiente tiempo, fácilmente accesibles, a un precio razonable y con cortos periodos de entrega.	X			La reparación no se llevará a cabo si es difícil conseguir piezas de recambio. Por ello es importante que los fabricantes faciliten el acceso a las mismas.
Componente	Empleo de tecnología de impresión en 3D para la obtención de piezas de repuesto ¹¹⁰		X		La tecnología de impresión 3D puede ser una alternativa (aunque costosa) para algunas piezas de repuestos necesarias en operaciones de reacondicionamiento o como opciones de personalización.
Usuario	Manual digital (acceso mediante QR) de desmontaje del equipo ¹¹⁰	X			Un manual de desmantelamiento digital ayudaría a los recicladores a ser más eficientes mientras desmantelan los productos y recuperan las piezas para venderlas a los fabricantes de equipos originales. Y las instrucciones de desmontaje podrían estar vinculadas a dicho código QR en el producto.

10.2.2. Posibles criterios de evaluación de la reparabilidad

En este apartado se realiza una primera reflexión sobre qué criterios se podrían fijar para evaluar la reparabilidad. En el apartado 5.2.3.3 del [anexo 1](#), se incluye un análisis más exhaustivo sobre como evaluar el grado de reparabilidad de una lavadora.

Dichos criterios, reflejados en la tabla siguiente, se basan en los criterios indicados en la norma UNE EN 45554, en el Índice de Reparabilidad francés, en referencias bibliográficas y en la información y resultados de los apartados anteriores.

Se trata de una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear. Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la reparabilidad del producto. Por ello se propone consensuar una ponderación de cada criterio para obtener finalmente un valor único que represente el potencial de reparabilidad del producto. Esta puntuación única tendría que ajustarse a la realidad del mercado, y así poder clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio de reparabilidad.

Mencionar de nuevo que en Francia ya existe un índice de reparabilidad operativo para lavadoras⁶⁷, que se ha empleado de referencia en este estudio, y que la Comisión Europea está trabajando para plantar un índice general a nivel europeo, dentro de la iniciativa de productos sostenibles.

Tabla 43. Primera propuesta de criterios de valoración reparabilidad. Fuente: elaboración propia e Ithobe.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Intensidad de desmontaje.	$19 > \text{DDI} \geq 15$	$15 > \text{DDI} \geq 11$	$11 > \text{DDI} \geq 7$	$7 > \text{DDI} \geq 3$	$\text{DDI} < 3$	Analiza el número de etapas requeridas (DDI) para retirar una parte de un producto sin dañarlo. Se deben fijar las partes prioritarias en que se debe aplicar este criterio. Se debe definir claramente qué se entiende por paso (según norma) y cuáles son los valores normales en el mercado para cada pieza. Los valores indicados pueden servir de referencia y se basan en el índice de reparabilidad francés.
Tipos de herramientas.	Pieza desmontable con herramientas básicas		Pieza desmontable con herramientas suministradas con el producto o recambio		Pieza desmontable sin herramienta	Analiza el tipo de herramientas necesarias para realizar las operaciones de reparación del equipo, analizando las piezas a substituir. Se puede especificar por cada tipo de pieza que se considere relevante. Definición basada en norma UNE EN 45554:2020.
Tipos de sujeciones y conectores.		Retirable ¹¹² , pero no reutilizable		Retirable y reutilizable		Analiza la reversibilidad y la reusabilidad de las sujeciones empleadas en el equipo, y que son necesarias deshacer para la reparación o reutilización del equipo. Otro aspecto posible a considerar sería el número, la visibilidad y la accesibilidad de dichas sujeciones.
Periodo de disponibilidad piezas de recambio partes críticas.	11 años	12 años	13 años	14 años	>14 años	El cumplimiento de la normativa ¹¹³ (10 años) sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría un punto por cada año adicional. Se debe fijar las piezas sobre las que se realiza el análisis.
Plazo de entrega de las piezas de recambio.	$15 \text{ días} > X \geq 13 \text{ días}$	$13 \text{ días} > X \geq 11 \text{ días}$	$11 \text{ días} > X \geq 9 \text{ días}$	$9 \text{ días} > X \geq 7 \text{ días}$	$X < 7 \text{ días}$	El cumplimiento de la normativa ¹¹³ (15 días hábiles después de la recepción del pedido) sería el valor mínimo. Se incrementaría un punto por cada dos días que se reduzca el tiempo.
Perfil de las personas que tienen acceso a dichas partes de recambio.	Pieza accesible a los perfiles indicados en el Reglamento, pero sin necesidad de registro autorizado		Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el Reglamento, pero con necesidad de registro autorizado		Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el Reglamento, sin necesidad de registro autorizado	Puede fomentar la reparabilidad el hecho de hacer accesibles las piezas de recambio a los diferentes perfiles y con menores restricciones de acceso. El reglamento de lavadoras ¹¹³ ya fija unos perfiles mínimos de acceso.

¹¹² Entendiéndose por retirable: sujeción que se puede retirar sin causar daño a la pieza. Y por reutilizable: sujeción que puede retirarse y que puede volver a emplearse en la fase de reensamblado.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Periodo de acceso a la información sobre reparación y mantenimiento.	11 años	12 años	13 años	14 años	X > 14 años	El Reglamento (UE) 2019/2023 ¹³ indica ya un periodo mínimo (10 años) tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo. También fija el contenido mínimo de dicha información (esquemas, etc.)
Perfil de las personas con acceso a la información sobre reparación y mantenimiento.	Reparadores profesionales autorizados, de forma gratuita	Reparadores profesionales con canon	Reparadores profesionales de forma gratuita	Público en general con canon	Público en general de forma gratuita	El cumplimiento del Reglamento (UE) 2019/2023 ¹³ (acceso de la información únicamente a los reparadores profesionales autorizados, con posibilidad de un canon) sería el valor mínimo. Se incrementaría este valor a medida que se disminuyen los requisitos para acceder a dicha información.
Apoyo de diagnóstico e interfaces. Identificación del fallo y acciones a realizar.	El diagnóstico emplea una interfaz exclusiva del fabricante, no disponible públicamente	El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible bajo canon	El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software públicamente de forma gratuita	El diagnóstico emplea una interfaz codificada con tabla de referencia pública (código de luces, código alfanumérico, etc.)	El diagnóstico emplea una interfaz intuitiva, con texto explicativo, que no requiere referencias adicionales, ni software de apoyo	Se considera que cuanto mayor información pueda extraerse de la interface de diagnóstico, y más claros sean los mensajes, mayor posibilidad de que se realice la reparación del equipo.
Acceso a los puntos de diagnóstico.	Existentes, pero con difícil acceso		Accesibles, pero no identificados		Accesibles y claramente identificados	El acceso e identificación de los puntos de diagnóstico facilitará este proceso y por tanto la reparación del equipo.
Tipo de asistencia técnica para el usuario.	Información remota vía web, lista de FAQs, etc.		Asistencia remota para el diagnóstico (hotline, chat, aplicación, diagrama de decisión, etc.)		Soporte remoto para la reparación (hotline, control remoto, videoconferencia, etc.)	La asistencia remota puede facilitar la reparabilidad del equipo por parte del usuario. Se definen tres niveles de asistencia: información, diagnóstico y reparación.
Posibilidad de reseteo de circuitos o firmware.	Lo pueden realizar reparadores profesionales autorizados, con acceso restringido a la información de cómo realizarlo		Lo pueden realizar reparadores profesionales, con acceso público a la información de cómo realizarlo		Lo puede realizar el consumidor, con acceso público a la información de cómo realizarlo y de forma directa en el equipo	El reseteo a las condiciones de fábrica puede resolver algunos problemas de software. Se valora la posibilidad de realizarlo por parte de diferentes actores. Para ello se debe proporcionar también la información necesaria de cómo realizar el reseteo.

10.3. Evaluación de la reciclabilidad del producto

Para este último aspecto, Ihobe recomienda que la evaluación de la reciclabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma: **UNE-EN 45555:2020**-Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad y de la valorizabilidad de los productos relacionados con la energía (o su equivalente EN 45555:2019). (ver apartado 6.2.2 del anexo 1).

Como las anteriores normas expuestas en la evaluación de los criterios de durabilidad y reparabilidad, esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

Adicionalmente a dicha norma, Ihobe ha considerado una serie de documentación de referencia bibliográfica. Estas referencias bibliográficas han permitido tener una visión general de aspectos de reciclabilidad del producto, disponible para su consulta en el apartado 6.2.3 del anexo 1. Como se ha comentado, en un estudio en detalle se deberían considerar datos reales de los productos actualmente en el mercado.

Como para el resto de aspectos, Ihobe realiza una primera aproximación de cómo se podría enfocar un estudio de reciclabilidad de una lavadora siguiendo la norma indicada. Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que se debería contrastar con el mercado y con los fabricantes. Para este ejemplo, se toma como base los datos del BOM de la lavadora (caso base) detallados en el estudio de ACV y se llevan a cabo estimaciones de la eficiencia de los procesos en base a los conocimientos del equipo de Ihobe determinar unos índices de reciclabilidad/valorizabilidad globales del producto (disponible para su consulta en el apartado 6.2.3.5 del anexo 1).

Además, en el apartado 6.2.3.1 del anexo 1, se incluye información sobre el escenario de fin de vida de las lavadoras que recopila y complementa la información recogida en apartados anteriores de este informe sobre la reciclabilidad de las lavadoras ([reciclado de los materiales](#) y [mejoras en reciclabilidad](#))

10.3.1. Análisis de aspectos de diseño que pueden aumentar la reciclabilidad

En este apartado se realiza un primer análisis de los diferentes aspectos del diseño del producto que pueden afectar al escenario de fin de vida indicado.

Dichos aspectos se presentan en forma de *checklist* en la siguiente tabla 44 con una estimación inicial sobre el nivel de afectación al escenario propuesto (alta, media o baja).

Tabla 44. Aspectos de diseño que pueden afectar a la reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e Ihobe.

Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
	Alta	Media	Baja	
Capacidad de identificación y retirada de componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación (por ejemplo, circuitos impresos, pantallas, cables, etc.).	X			Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de descontaminación de la lavadora (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.).
Capacidad de desmontaje correcto del aparato mediante manuales.	X			Por ejemplo, mediante manuales digitales ¹¹⁰ (acceso mediante QR) de desmontaje del equipo, que permite identificar los materiales mediante un código QR. Un manual de desmantelamiento digital ayudaría a los recicladores a ser más eficientes mientras desmantelan los productos ya que las instrucciones estarían vinculadas a ese código QR en el producto y se podrían recuperar las piezas para venderlas a los fabricantes de equipos originales. Otro ejemplo podrían ser los manuales de la Plataforma I4R ⁰¹ .
Capacidad de acceder y retirar las partes valiosas para el reciclado, que requieren un desmontaje selectivo de acuerdo con el escenario de fin de vida (motor, cabina, tambor, etc.).	X			Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse de forma selectiva dado su valor para el reciclado (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, cantidad de material, tipo, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.) Por ejemplo, se pueden emplear códigos de colores que ayude a identificar piezas las valiosas del equipo.
Capacidad de deshacer uniones para separar materiales compatibles con el proceso de reciclado considerado.			X	El desmontaje manual inicial está centrado en la recuperación de metales, con el mayor peso y pureza posible. Se debería analizar si existe la posibilidad de recuperar en esta etapa partes plásticas de gran peso, que podrían reciclarse fácilmente, y si las fracciones recuperadas son de materiales compatibles para el reciclado conjunto.
Uso de materiales compatibles con los procesos de reciclado en caso de combinación de materiales no separables.			X	Las fracciones metálicas obtenidas con el escenario de fin de vida propuesto presentará cierta mezcla de materiales. Parte de ellos se perderán en los procesos posteriores de fundición, etc., dependiendo del material objetivo (acero, cobre, etc.). Por ello, es importante mejorar en lo posible la eficiencia de los procesos de separación, para obtener las fracciones más puras posibles. Las fracciones plásticas irán mezcladas, y serán de difícil reciclado al final del proceso. Por ello, la importancia en este escenario de separar previamente aquellas partes plásticas de gran peso y baja contaminación. Por otra parte, se debería intentar emplear el mismo tipo de plástico, y si esto no es posible, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación. En general, el plástico objetivo sería el PP.
Capacidad de acceder y retirar partes que contengan Materias Primas Fundamentales o Materiales Críticos.			X	Se considera que los materiales críticos se concentran principalmente en los circuitos impresos y en los componentes electrónicos de los mismos. Por ello, el proceso de descontaminación previo puede favorecer esa separación selectiva y una mayor tasa de reciclado si se tratan de forma separada. Se debería suministrar información al reciclador de la ubicación y cantidad estimada de dichas materias en el producto, para facilitar su reciclado (rentabilidad económica, etc.).
Capacidad de acceder y retirar partes que reduzcan la reciclabilidad de acuerdo al escenario de fin de vida indicado.			X	Las partes que pueden contener sustancias peligrosas y que pueden dificultar el reciclado serían los plásticos y los circuitos impresos, que contengan retardantes de llama bromados. Estos materiales se deberían separar en el proceso de descontaminación del producto, y evitar así la contaminación de otras fracciones. Se debería suministrar información al reciclador sobre la ubicación de dichas partes, y como realizar su extracción.

10.3.2. Posibles criterios de evaluación de la reciclabilidad

Para este caso, lhobe propone que el criterio de evaluación sea el propio cálculo del índice de reciclabilidad/valorizabilidad siguiendo la norma UNE-EN45555. Para su ejecución, se realizan estimaciones sobre varios de los aspectos y se utiliza como ejemplo el BOM de la lavadora (caso base). Una vez desarrolladas las fórmulas de acuerdo a la norma, se obtienen los índices de reciclabilidad/valorizabilidad globales del producto (desarrollado en el apartado 6.2.3.5 del anexo 1). Este caso es un ejemplo demostrativo, dado que la eficiencia de los procesos no se ha estimado, y en un caso real, se debería realizar este análisis detallado.

Además, para poder hacer un escalado y asociarle una puntuación real, sería preciso realizar mediante un análisis de mercado y ver la situación de dichos índices en los productos existentes, lo que supera el alcance del presente proyecto.

Como ya se expuso, y continuando con el proceder para los anteriores aspectos, en la tabla 45 se proponen unos criterios adicionales basados en referencias bibliográficas y en los resultados de los apartados anteriores y se indica también una primera propuesta de escala de valores (del 1 al 5). Igualmente se debe entender que es una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear. No pretende ser una lista exhaustiva cerrada.

Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la reciclabilidad del producto. Por ello se propone consensuar una ponderación de cada criterio para obtener finalmente un valor único que represente el potencial de reciclabilidad del producto. Esta puntuación única tendría que ajustarse a la realidad del mercado, y así poder clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio.

Tabla 45. Primera propuesta de criterios de valoración reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e Ihobe.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Capacidad de identificación de componentes que tienen el proceso de descontaminación	Capacidad de identificación sólo de los componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación según la normativa				Alta capacidad de identificación de todos los componentes o materiales	Según el Reglamento se deberá velar por que las lavadoras domésticas estén diseñadas de manera tal que se puedan extraer de ellas los materiales y componentes a que se refiere el anexo VII de la Directiva 2012/19/UE empleando herramientas corrientes (traspuesto en anexo XIII del Real Decreto 110/2015). El cumplimiento de la norma sería el valor mínimo. Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de descontaminación de la lavadora (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.).
Facilidad de desmontaje de piezas	19 > DDi ≥ 15	15 > DDi ≥ 11	11 > DDi ≥ 7	7 > DDi ≥ 3	DDi < 3	En este caso se evaluaría el número de pasos de desmontaje (DDi) para cada pieza que pueda ser reciclada/valorizada Se debe definir claramente qué se entiende por paso (según norma) y cuáles son los valores normales en el mercado para cada pieza. Los valores indicados pueden servir de referencia y se han basado en el índice de reparabilidad francés..
Tipo de herramientas necesarias para extraer los materiales y componentes	Se pueden extraer sólo los componentes indicados en el RD con herramientas básicas				Se pueden extraer todos los componentes con herramientas básicas o sin herramientas	Se analizará si se pueden extraer los materiales y componentes a que se refiere el anexo XIII del Real Decreto 110/2015 ⁵³ aplicables a lavadoras. El cumplimiento de la norma sería el valor mínimo.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Capacidad de identificación de componentes especialmente valiosos para el reciclado y que requieren un desmontaje selectivo de acuerdo con el escenario de fin de vida (motor, cabina, tambor, etc.)	Existe información pero no es clara				Información clara y accesible a través de códigos de colores o QR	Analizar si existe una información clara sobre los componentes que deben separarse de forma selectiva dado su valor para el reciclado (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, cantidad de material, tipo, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.). Marcado de tipo de plástico.
Tipo de sujeciones empleadas en las piezas		Retirable pero poco reciclables			Fácilmente retirables y reciclables	Se puede especificar por cada tipo de pieza que se considere relevante para su valorización. Se debería analizar si existe la posibilidad de recuperar fácilmente las partes valiosas para el reciclado..
Separación de partes que contengan materiales primas fundamentales o críticas.						Se debería suministrar información al reciclador de la ubicación y cantidad estimada de dichas materias en el producto, para facilitar su reciclado (distribución y concentración, rentabilidad económica, etc.).
Separación de materiales según su potencial de reciclabilidad		Materiales mezclados pero de fácil separación (por diferente densidad, etc.)			Materiales fácilmente separables en fracciones.	Analizar si los materiales son fácilmente separables en fracciones para su reciclado (fracciones metálicas, fracciones plásticas...) Analizar la compatibilidad de materiales no separable (por ejemplo, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación).

11. CONCLUSIONES

Limitaciones para la elaboración del estudio

En la elaboración de un estudio pormenorizado de producto, y como ya se ha venido comentando, los resultados están condicionados al origen de los datos. Para que este informe tuviera una realidad basada en datos empíricos y no fuera un estudio teórico, habría sido imprescindible contar con, al menos, una de las siguientes colaboraciones:

- Del sector: fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, plantas de tratamiento de RAEE, etc., que disponen de datos clasificados y confidenciales del producto. Es imprescindible, por tanto, que la propia industria facilite la información requerida para la elaboración del ACV y ACCV.
- De un laboratorio de pruebas que, a falta de las anteriores colaboraciones, ofrezcan valores reales del producto.

No obstante, no habiéndose producido las anteriores cooperaciones para la elaboración del presente informe, la única información disponible proviene de fuentes bibliográficas públicas (estudios científicos, publicaciones específicas, pruebas de los productos), búsquedas en páginas de internet y del conocimiento de los propios autores. Además, para el desarrollo del apartado 15.4, se ha contado con la colaboración de lhobe.

Los resultados de este estudio son, por tanto, consecuencia de la metodología utilizada. Esta limitación ha supuesto que este estudio ilustre una metodología de evaluación comparativa que, si bien se podría aplicar en casos reales si se dispone de la información fidedigna, en este caso se trata de un ejemplo teórico.

En caso de que se considere necesario su desarrollo, se deberían considerar datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participar en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, etc.)

A continuación, se expone a modo de ejemplo algunas de las colaboraciones con las que se contó para la elaboración de otros estudios de estas características:

- Estudio preparatorio «Diseño ecológico y etiqueta energética para lavadoras domésticas y lavadoras-secadoras» elaborado por Boyano et al., (2017)¹⁷. Este estudio de revisión está coordinado por la DG de Medio Ambiente y la DG de Energía de la Comisión Europea y lo lleva a cabo el Joint Research Centre (JRC) o Centro Común de Investigación (CCI) de la Comisión con el apoyo técnico del

Instituto de investigación ambiental Oeko-Institut e.V.¹¹³ y la Universidad de Bonn. Además, la investigación se ha basado en la información y los datos científicos disponibles, siguiendo un enfoque de ciclo de vida y con la participación de expertos de las partes interesadas para debatir las cuestiones clave y desarrollar un amplio consenso. Se creó un Grupo de Trabajo Técnico (GTT) para apoyar al JRC a lo largo del estudio compuesto por expertos de los Estados miembros, la industria, las ONG y el mundo académico que solicitaron voluntariamente ser registrados como partes interesadas en el estudio a través de la página web del proyecto. El grupo de trabajo técnico ha contribuido al estudio con datos, información y comentarios escritos a los cuestionarios y documentos de trabajo.

- Estudio de durabilidad de los productos: análisis y pruebas en lavadoras (*Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines. Final report for Task 3*)⁴³ encargado en 2018 por la Comisión Europea y cuya investigación ha sido realizada por el JRC de Sevilla y la Universidad de Bonn y aplicada a casos reales con la colaboración del sector.
- Estudio de la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana sobre la influencia de la vida útil de los productos en términos de impacto ambiental¹⁵ elaborado por el Instituto de investigación ambiental Oeko-Institut e.V.¹¹³ con la participación del Departamento Especializado en Electrodomésticos y Tecnología de los Electrodoméstico de la Universidad de Bonn y que contó con la información de representantes del sector (encuestas a fabricantes, vendedores, reparadores, gestores de residuos y consumidores), resultados de las pruebas independientes de los productos realizados por el laboratorio de pruebas externo de Stiftung Warentest¹¹⁴, estudios de mercado de la Sociedad de Investigación de Consumo GfK¹¹⁵ sobre la duración del uso de los grandes electrodomésticos en Alemania, entre otras.
- La Agencia de transición ecológica francesa (ADEME) ha liderado varios estudios con el fin de implantar para 2024 (junto con el ya existente índice de reparabilidad) un índice de durabilidad. Para el mismo, se realizaron informes sobre la evaluación económica de la prolongación de la vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos a escala doméstica donde se llevaron a cabo encuestas y entrevistas directas a diferentes representantes del sector (fabricantes, reparadores, consumidores) y se realizó la compra de datos a institutos de estudios de mercado (GfK y Tipten). Además, se desarrolló un estudio preparatorio¹¹¹ (julio 2021) para la introducción de este índice de durabilidad donde los ministerios y la ADEME desarrollarán estos índices conjuntamente con todas las partes interesadas (fabricantes, minoristas, distribuidores, ONG, asociaciones de consumidores y especialistas, etc.).

¹¹³ Instituto de Ecología Aplicada, División de Investigación 'Productos Sostenibles y flujos de materiales'. <https://www.oeko.de/en/>

¹¹⁴ La asociación alemana de consumidores Stiftung Warentest comprueba periódicamente la vida útil de ciertos productos (como las lavadoras domésticas simuladas desde 1993) y publica los resultados junto con los informes sobre las pruebas de usabilidad casi todos los años. Las pruebas se llevan a cabo según lo especificado por Stiftung Warentest en un laboratorio externo. <https://www.test.de/>

¹¹⁵ www.gfk.com

- El instituto británico WRAP⁴⁸ contó con la cooperación de los fabricantes, las empresas de reparación y los distribuidores en una revisión sistemática de una serie de grupos de productos, entre ellos, las lavadoras.

Así mismo, a la hora de hacer frente a la parte del estudio que abarca la comparación del comportamiento ambiental entre productos de a corto (caso base) y largo plazo (caso mejorado), donde se ha contado con la colaboración de lhobe, el equipo vuelve a incidir en los siguientes aspectos que limitan las conclusiones alcanzadas en el estudio:

- Limitaciones propias del estudio, en especial asociadas al uso de fuentes bibliográficas en lugar de datos directos de fabricantes.
- Se trata de un estudio comparativo, y por tanto los aspectos similares para ambos productos no están cubiertos en los ACV y ACCV realizados (por ejemplo, consumo energético, etc.). Esto limita la comparativa con otros estudios similares.
- Las opciones de diseño implementadas no se han contrastado con fabricantes, y se ha estimado el grado de beneficio que aportan respecto al incremento de durabilidad del producto. Existe la posibilidad que una implantación real de dichas opciones no conduzca directamente al aumento de vida esperado.
- Pueden existir otros aspectos de diseño que alarguen la vida útil del producto, no cubiertos por el estudio (por ejemplo, mejora anticorrosión de las partes metálicas como la carcasa, mejora calidad materiales en componentes críticos, etc.), y que puedan tener un efecto significativo en el alargamiento de su vida útil.

A pesar de dichas limitaciones, el objetivo perseguido por lhobe de demostrar la viabilidad de su método propuesto (anexo 1) se ha conseguido. Y destaca que en futuros proyectos podrían variar las fuentes de información y la calidad de los datos (consulta directa fabricantes, recicladores, etc.), pero los pasos a seguir deberían ser similares a los propuestos.

Conclusiones estudio pormenorizado

La primera parte de este informe se desarrolló mediante una búsqueda exhaustiva de información publicada sobre lavadoras domésticas, que abarca la descripción del producto, el ciclo de vida medio esperado y un análisis sobre las principales causas de obsolescencia. Y, por otro lado, se llevó a cabo un análisis sobre la reparabilidad del producto, tanto mediante la identificación de las principales causas que la limitan o impiden, como de los posibles aspectos que la mejoren.

Se identificó la obsolescencia material o funcional como la principal causa de obsolescencia en lavadoras, confirmando por varios estudios que la sustitución de lavadoras se debe en su gran mayoría a fallos o disfunciones del producto. Mediante las fuentes bibliográficas consultadas, se identificaron los componentes que más fallos presentan a lo largo de la vida del equipo como los asociados a la electrónica (incluidos los componentes electrónicos de control, los paneles de control, los selectores

de programas, los relés, los filtros de línea, etc.), los amortiguadores y los cojinetes, las puertas (incluidas las juntas, las asas, las bisagras y las cerraduras) y las escobillas de carbón. Asimismo, se detallaron los principales obstáculos con los que se encuentran usuarios y reparadores profesionales a la hora de llevar a cabo las reparaciones de dichos componentes, cobrando un papel fundamental la falta de un diseño que facilite el desmontaje para su reparación (herramientas y piezas no estandarizadas, dificultad de acceso, uniones, etc.), la escasa información técnica sobre reparación y mantenimiento del producto, además de la dificultad de disponer de piezas de repuesto y los costes poco competitivos de las mismas frente a un producto nuevo.

Finalmente, se incorporaron propuestas para mejorar la reparabilidad y reciclado del producto: diseño que facilite la identificación de componentes y materiales y su desmontaje, utilización de materiales más duraderos y fácilmente reutilizables y reciclables, estandarizar los componentes y las herramientas necesarias para el mantenimiento, reparación y desmantelamiento, o mejorar el acceso a la información sobre el mantenimiento, reparaciones y correcto reciclaje del aparato por parte de los fabricantes, entre otras.

Y se identificaron iniciativas, tanto públicas como privadas, que persiguen el mismo objetivo, alargar la vida útil del producto y aumentar las tasas de reciclaje del mismo.

Conclusiones de ACV

En la segunda parte del presente documento se ha realizado un estudio comparativo entre una lavadora base y una mejorada en lo que se refiere a aspectos de uso eficiente de materiales (durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad).

Dicho estudio ha demostrado la viabilidad de la metodología propuesta por lhobe y presenta unos resultados comparativos desde el punto de vista ambiental y económico, considerando todo el ciclo de vida del producto.

El alargamiento de la vida útil del producto (paso de 10 años a 13 años) y las posibles mejoras de diseño que faciliten la reparación y el reciclado, presentan un beneficio ambiental (y económico).

A pesar de las limitaciones comentadas, y la dificultad de poder comparar las conclusiones con otros estudios, los resultados se presentan en concordancia con las conclusiones de otros estudios de referencia analizados, que certifican que aumentar la vida de los productos supone una estrategia a considerar para mejorar el perfil ambiental de éstos. Una ventaja importante de la prolongación de la vida útil de los AEE es el uso más intensivo de los recursos del aparato y la optimización en cuanto al impacto medioambiental asociado.

Un obstáculo importante a la hora de comparar este estudio con otros publicados anteriormente, radica en que, en la mayoría de ellos, la fase de uso es la destacada como

aquella con mayor impacto ambiental asociado. Algunos informes subrayan que supone hasta un 75 %, dependiendo del tipo y las especificaciones del aparato, mientras que el impacto de la fase de no uso -fabricación, distribución y eliminación- representa el otro 25 % (EEB, 2019)¹¹⁶. De hecho, según la Comisión Europea¹¹⁷, se calcula que la legislación de la UE en materia de etiquetas energéticas y diseño ecológico supondrá un ahorro de energía de aproximadamente 230 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) de aquí a 2030. Sumado el progresivo aumento del precio de la electricidad, del agua y de otros recursos para los consumidores, esto puede suponer un ahorro medio de hasta 285 euros al año en la factura energética de sus hogares.

Es por ello que la mayoría de los esfuerzos sobre ecodiseño se han centrado históricamente en la mejora de la eficiencia. Y la idea de aumentar la durabilidad de los productos ha sido muy discutida ya que alargar la vida útil de un producto puede no ser tan eficiente como reemplazarlo por uno nuevo de mejor rendimiento. En este sentido, cambiar un modelo antiguo (con más de 20 años) por uno nuevo significativamente más ecoeficiente que el anterior, supondría un ahorro de energía y de recursos que podría compensar el beneficio medioambiental obtenido por el uso del antiguo durante más tiempo⁴⁰.

Si bien es cierto que el impacto de la fase de uso, determinado principalmente por el uso de energía, agua y consumibles, es más alto que en otras fases del ciclo de vida, es imprescindible destacar que, en los últimos años, las lavadoras se han vuelto más eficientes y, como resultado, la mayoría de los modelos de productos en el mercado europeo alcanzaban ya la clase más alta, A+++ (antes del nuevo etiquetado de marzo de 2021). Considerando la introducción de normas de eficiencia energética y de las innovaciones técnicas, que han hecho que la eficiencia de las lavadoras haya mejorado sustancialmente en los últimos años, no se prevén grandes aumentos de la eficiencia energética en un futuro próximo, lo que significa que el ahorro de energía logrado mediante el uso de aparatos nuevos y aún más eficientes, no puede compensar los grandes impactos ambientales asociados a la fabricación. Y recientes estudios de investigación¹¹⁹, muestran que la sustitución de una lavadora moderna y energéticamente eficiente que sigue funcionando, no ofrece ningún beneficio medioambiental.

En el Reglamento de revisión de los criterios de ecodiseño en lavadoras domésticas¹³, se incorpora que, los aspectos medioambientales de las lavadoras domésticas que han sido identificados como significativos ya no son sólo el consumo de energía y agua durante la fase de uso, sino también la generación de residuos al final de la vida útil, y las emisiones a la atmósfera y al agua en la fase de producción (debido a la extracción y a la transformación de materias primas) y en la fase de uso (debido al consumo de electrici-

¹¹⁶ EEB, 2019. *Coolproducts don't cost the Earth*. Full report. European Environmental Bureau, Brussels, Belgium. www.eeb.org/coolproducts-report

¹¹⁷ https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/about_en#a-new-generation-of-labels

dad y al vertido de aguas). E indica que los requisitos de diseño ecológico deben facilitar la reutilización, el desarmado y la valorización de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) abordando estas cuestiones desde las primeras fases, estableciendo requisitos apropiados que contribuyan a los objetivos de la economía circular.

En el mismo estudio de la EEB (2019)¹¹⁶, que ponía de manifiesto la posibilidad de no poder compensar los impactos de alargar una antigua lavadora poco eficiente con la compra de una nueva, se afirma que, teniendo en cuenta las tasas normales de mejora de la eficiencia energética de las lavadoras actuales, no es tan importante como para compensar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI, en adelante) de la producción, la distribución y la eliminación. Suponiendo una tasa anual de mejora de la eficiencia energética del 1,7 % en las nuevas lavadoras, estas deberían mantenerse durante 25 a 40 años para compensar las emisiones de GEI de la producción, la distribución y la eliminación. Incluso si se considera una mejora anual extremadamente optimista del 5 % en la eficiencia de las nuevas máquinas, las lavadoras actuales deberían conservarse entre 17 y 23 años. Cifras muy alejadas a la vida real de las lavadoras.

En el instituto de investigación medioambiental de Alemania (Öko Institut, 2018)¹¹⁸ se demostró que el tiempo de amortización ecológica (es decir, el tiempo que transcurre hasta que un aparato compensa el coste medioambiental de su propia fabricación y empieza a hacer una contribución positiva al medio ambiente) para la sustitución de una lavadora que fue fabricada en el año 2000 y que sigue funcionando es de unos 40 años en términos de su Potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés), mucho más que la vida útil prevista de una lavadora moderna. Y otro estudio¹¹⁹ del instituto concluyó que, aun suponiendo que una lavadora más duradera sería más eficiente en los recursos consumidos que un modelo con una vida útil más corta, la lavadora más duradera producía casi 1.100 kg menos de emisiones de GEI en un periodo de 20 años (figura 27).

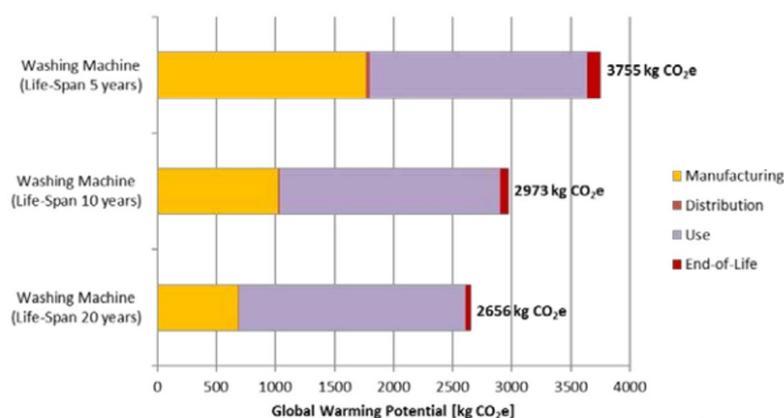


Figura 27. Comparación del Potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) entre una lavadora de vida corta (5 años), una de vida media (10 años) y una de larga vida (20 años) durante todo su ciclo de vida. Fuente: Oeko-institut, 2016.

¹¹⁸ Öko Institut (2018). «Rights of consumers for prolonging the useful life of products»

¹¹⁹ Öko-Institut e.V., Repair or replace? Extending the life-span of your home appliances – FAQs and helpful hints

El ya mencionado estudio de Stiftung Warentest, también es claro en este sentido (figura 28). Los resultados de todos los indicadores de impacto medioambiental utilizados en la investigación¹²⁰ muestran que el impacto de una lavadora de corta duración es mayor que los impactos de las lavadoras de duración media y larga. A pesar del aumento de la eficiencia energética de las nuevas lavadoras y de los mayores costes de producción de los aparatos de mayor duración, los aparatos de menor duración son peores en todos los indicadores medioambientales.

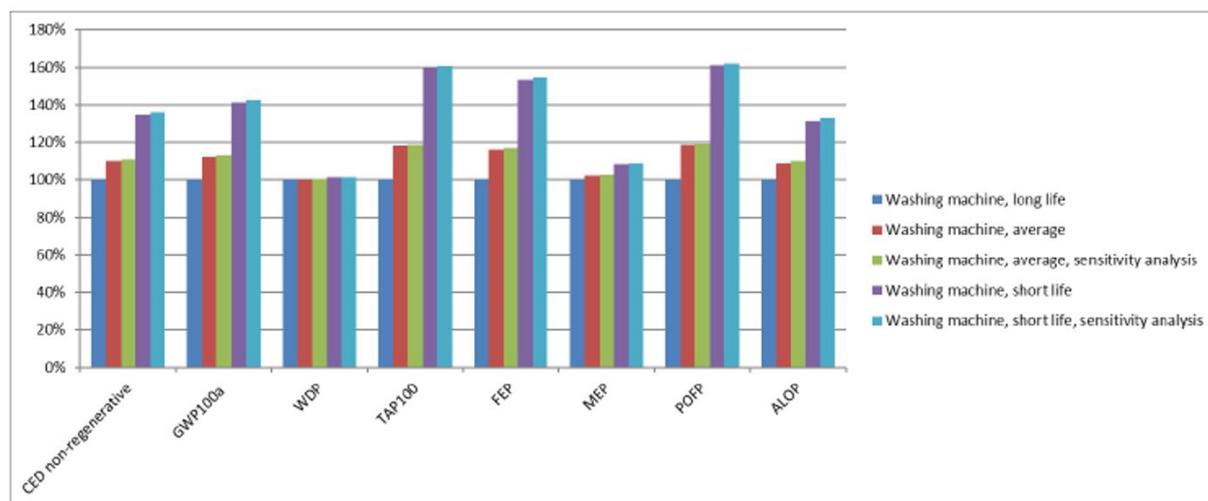


Figura 28. Evaluaciones de impacto para lavadoras de vida corta (5 años), media (10 años) y larga (más de 20 años). Fuente: Prakash, 2020¹⁵

Otros estudios cuyos resultados muestran que alargar la vida útil de una lavadora reduce el impacto ambiental asociado a la misma en comparación con la compra de una nueva son:

El estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) de Bakker y Schuit (2017)¹²¹ también muestra que solo tiene sentido desde el punto de vista medioambiental si una lavadora se sustituye después de 10 años y si el nuevo modelo es significativamente más eficiente desde el punto de vista energético.

Y el estudio realizado por Ardente & Mathieux (2014)⁴⁵, se comparan también dos escenarios diferentes (uno teniendo en cuenta la vida útil actual y otro considerando la extensión de la misma) para un mismo producto (lavadora). Para ambos escenarios se tienen en cuenta los mismos parámetros (vida útil, consumo de energía, impactos de la extensión de la vida útil y características del producto de reemplazo), y así,

¹²⁰ CED non-regenerative – Demanda energética acumulada; GWP100a –Potencial de Calentamiento Global, IPCC 2007; WDP- Potencial de agotamiento del agua; TAP100- Potencial de acidificación terrestre; FEP- Potencial de eutrofización del agua dulce; MEP- Potencial de eutrofización marina; POFP- Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos; ALOP- Potencial de ocupación de tierras agrícolas (definiciones en anexo 3; Prakash, 2020¹⁵)

¹²¹ Bakker, C.A. and Schuit, C.S.C., 2017, The long view exploring product lifetime extension. UN Environment, Nairobi, Kenya.

apreciaron también que se producían mejoras ambientales en el ciclo de vida de las lavadoras al alargar su vida útil.

El Oeko-Institut extrapola los resultados de su investigación a todas las lavadoras existentes en la UE, concluyendo que «Prolongar un año la vida útil de todas las lavadoras de la UE ahorraría 0,25 millones de toneladas de dióxido de carbono (MtCO₂) al año en 2030, una ampliación de la vida útil de 3 años ahorraría alrededor de 0,66 MtCO₂. Y una ampliación de 5 años correspondería a cerca de 1 MtCO₂.ya que el impacto de las fases de diferentes a la del uso se repartiría a lo largo de una mayor vida útil» (EEB, 2019).

Finalmente, es importante destacar que no sólo la clase energética del aparato determina la eficiencia de la misma. Un uso inteligente por parte del consumidor (lavado a baja temperatura, utilización de programas de ahorro de energía y cargas completas) supondrá un ahorro considerable. A este respecto, existen diferentes páginas que ofrecen al consumidor consejos para el ahorro: www.ocu.org; www.ecotopten.de.

Volviendo a los estudios llevados a cabo por ADEME¹²², en la siguiente figura y tabla se recogen los resultados obtenidos cuando el consumidor opta por prolongar la vida útil total de una lavadora estándar de 7 kg en lugar de sustituirlo por otro nuevo, el consumidor evita la emisión de «X» kg de CO₂-eq por producto para una extensión determinada de un, dos o tres años.

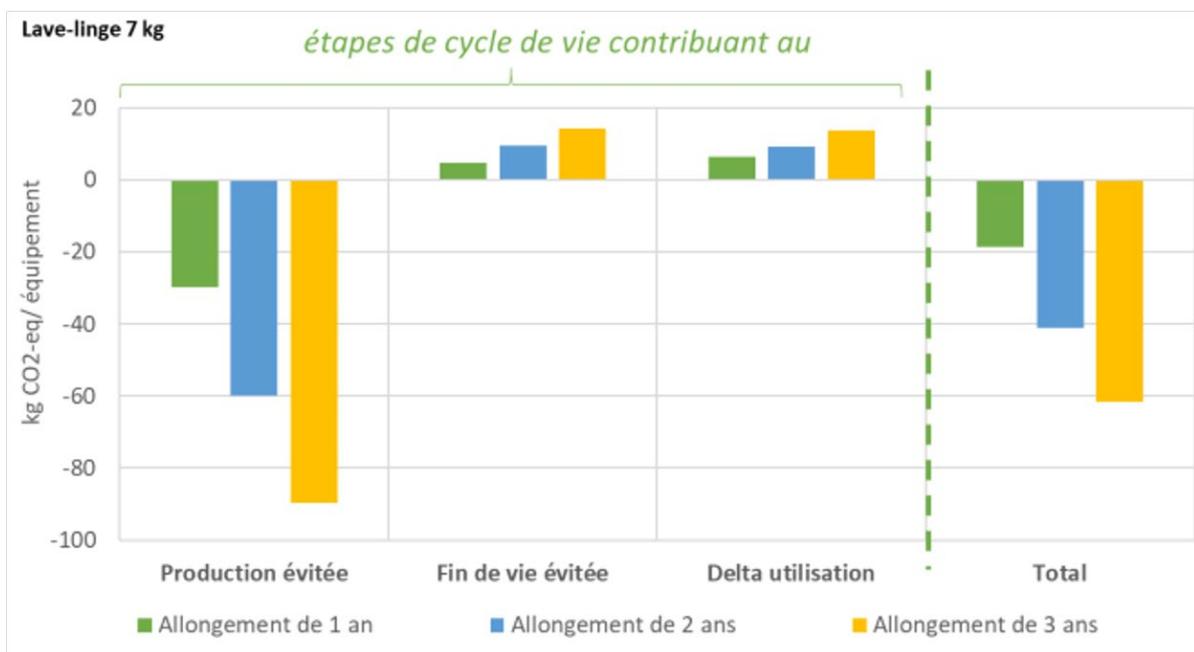


Figura 29. Resultados del escenario de alargar la vida útil de una lavadora el indicador de cambio climático. Fuente: ADEME, 2019

¹²² ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.

Tabla 46. kg de CO₂-eq evitados según la prolongación de la vida útil de una lavadora. Fuente: ADEME, 2019.

Medioambiental (en kg de CO ₂ -eq/tiempo de prolongación)			
Lavadora 7 kg	Alargar 1 año	Alargar 2 años	Alargar 3 años
Fabricación	-30	-60	-90
Fin de vida	5	10	14
Utilización	7	9	14
Total	-19	-41	-62

Comparándolo con los resultados del presente estudio y analizando el mismo impacto (tabla 47), alargar la vida útil del aparato de 10 a 13 años supone una reducción total de 69 kg CO₂-eq /producto, resultado muy parecido a los 62 kg CO₂ eq/producto resultado del informe de ADEME.

Tabla 47. kg de CO₂-eq evitados según la prolongación de la vida útil de la lavadora estudiada (caso mejorado frente 1,3 del caso base). Fuente: elaboración propia a partir de datos de lhobe.

Categoría de impacto de cambio climático (kg CO ₂ eq)	
Fase ciclo de vida	Alarga 4 años la vida útil
Fabricación	-59,27
Transporte	-10,79
Fin de vida	1,117
TOTAL	-68,933

Conclusiones de ACCV

Analizados los resultados obtenidos al comparar el ACCV de los dos casos de estudio (caso base y caso mejorado), se puede afirmar que alargar la vida útil del producto (paso de 10 años a 13 años) presenta un beneficio económico.

Y si bien en el presente estudio no se ha tenido en cuenta el coste en la fase de uso, a esta misma conclusión llega el estudio de ADEME («Evaluación ambiental y económica de la prolongación de la vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos a escala doméstica»¹²³), que ha demostrado, en la gran mayoría de los casos, el beneficio económico que supone la prolongación de la vida útil de los productos. Afirma que siempre es económicamente ventajoso para el consumidor no sustituir los equipos

¹²³ <https://bibliothec.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/125-evaluation-environnementale-et-economique-de-l-allongement-de-la-duree-d-usage-de-biens-d-equipements-electriques-et-electroniques-a-l-echelle-d-un-foyer.html>

por razones de obsolescencia percibida y el ahorro para el consumidor cuando decide prolongar la vida útil de una lavadora es de unos 15 – 28 €/ año (figura 30).

Categoría de productos	Ahorro (en €/duración prolongación)			Ahorro ambiental (en kg CO2 -eq /duración de prolongación)		
	Alargar 1 año	Alargar 2 años	Alargar 3 años	Alargamiento de 1 año	Alargamiento de 2 años	Alargamiento de 3 años
Televisor	54	94	135	41	82	124
Ordenador portátil	118	229	341	22	43	65
Smartphone	100	195	290	8	16	24
Impresora	22	38	53	14	28	42
Lavadora	28	47	66	19	41	62
Nevera	50	78	106	17	34	51
Lavavajillas	25	40	56	16	32	48
Secadora	23	36	50	7	13	20
Horno	40	70	100	7	14	21
Aspirador	28	50	71	5	10	14
Microondas	18	27	36	6	13	19

Figura 30. Beneficios de prolongar productos en 3 años. Fuente: ADEME, 2019¹²⁴.

Aunque los costes típicos de reparación de una lavadora son bastante elevados, según Stiftung Warentest, la reparación sigue siendo más económica a largo plazo que la compra de una nueva¹⁵. El Öko-Institut calcula que comprar una nueva lavadora cada vez que un modelo presenta una avería es un 13 % más caro que comprar una lavadora duradera¹¹⁶.

Conclusiones de la comparativa de producto con el pago por servicio

Según los estudios analizados, siempre resultará medioambientalmente más beneficioso el pago por uso o servitización frente a la compra de productos. Además, cuando es el proveedor el dueño del electrodoméstico, el avance hacia productos más duraderos, fáciles de reparar y de reciclar implica un beneficio para ambas partes, por lo que se puede suponer que existirá una mayor implicación en rediseñar los productos para alargar su vida útil, aumentar su durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad, y en resumen, en avanzar hacia una economía circular.

¹²⁴ ADEME. F. Michel, T. Huppertz, J. R. Dulbecco et J. Lhotellier, RDC Environnement. Décembre 2019. Evaluation économique de l’allongement de la durée d’usage de produits de consommation et biens d’équipements– Rapport. 148 pages.

Conclusiones evaluación de criterios

En la última parte del informe, se ha realizado en primer lugar una identificación de los aspectos relevantes de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad de las lavadoras, así como una evolución o ponderación de los mismos. Y en un segundo lugar, se ha incorporado una propuesta de una primera aproximación para definir una clasificación o índice para este tipo de aparatos.

Una vez valorados los posibles aspectos de diseño como de impacto «Alto», «Medio» o «Bajo», diferenciando también si se trataban de aspectos relacionados con el equipo, los componentes o con el usuario; en la segunda parte, se ha propuesto una evaluación específica dependiendo del criterio a valorar, estableciendo valores de 1 (peor valoración) a 5 (mejor valoración) para cada uno.

El método se ha realizado basándose en información bibliográfica y en el conocimiento de los/las autores/as tanto del equipo de Ihobe como del redactor, pero se debe considerar como un estudio preliminar. En caso de que se considere necesario su desarrollo, se deberían considerar datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participe en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, etc.).

12. Glosario de términos y acrónimos

- **ABS:** acrilonitrilo butadieno estireno.
- **ACV:** Análisis de ciclo de vida.
- **ACCV:** Análisis de coste de ciclo de vida.
- **ADEME:** Agencia de la transición ecológica francesa
- **AEE:** Aparato Eléctrico y Electrónico. Todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1.000 voltios en corriente alterna y 1.500 voltios en corriente continua.
- **BOM:** *Bill of Materials* (Listado de materiales).
- **Ciclo de vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un producto, desde el uso de su materia prima hasta su eliminación final;
- **DDI:** Pasos de desmontaje.
- **Eco 40-60**¹²⁵: el nombre del programa que, según declaran el fabricante, el importador o el representante autorizado, permite limpiar, juntas en el mismo ciclo

¹²⁵ Según el Reglamento Delegado (UE) 2019/2014 de la Comisión, de 11 de marzo de 2019, por el que se complementa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lavadoras domésticas y las lavadoras-secadoras domésticas y por el que se derogan el Reglamento Delegado (UE) n.º 1061/2010 y la Directiva 96/60/CE de la Comisión.

de lavado, prendas de algodón lavables a 40 °C o a 60 °C con un grado de suciedad normal, y al que se refieren los requisitos de diseño ecológico en materia de eficiencia energética, eficiencia del lavado, eficacia del aclarado, duración de programa y consumo de agua.

- **GEI:** gases de efecto invernadero.
- **EN:** Norma Europea.
- **Fe:** hierro
- **HOP:** Halte à l'Obsolescence Programmée.
- **Impacto ambiental:** cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.
- **ISO:** International Organization for Standardization.
- **JRC:** Join Research Center.
- **Lavadoras domésticas**¹²⁶: una lavadora automática que lava y aclara la ropa del hogar utilizando agua y procedimientos químicos, mecánicos y térmicos, que tiene también una función de centrifugado, y que, según la declaración de conformidad emitida por su fabricante, se ajusta a la Directiva 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo o a la Directiva 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo).
- **Lavadora-secadora doméstica**¹²⁶: una lavadora doméstica que, además de realizar las funciones de una lavadora automática, en el mismo tambor incluye un sistema para secar los tejidos mediante aire caliente y giro del tambor, y respecto de la que el fabricante declara, a través de la declaración de conformidad, que se ajusta a lo dispuesto en la Directiva 2014/35/UE o la Directiva 2014/53/UE.
- **MEErP:** *Methodology for ecodesign of energy-related products.*
- **MPF:** materia prima fundamental.
- **Mtep:** millones de toneladas equivalentes de petróleo.
- **OCU:** Organización de Consumidores y usuarios.
- **PA:** poliamida.
- **PCB:** policlorobifenilos.
- **PCI:** placas de circuito impreso (PCB, por sus siglas en inglés)
- **PCT:** policloroterfenilos.
- **PE:** polietileno.
- **PP:** polipropileno.
- **PS:** poliestireno.
- **PSS:** *Product-Service System.* Sistema de Producto-Servicio.
- **PROMPT:** *PRemature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme.*

¹²⁶ Según el Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen requisitos de diseño ecológico aplicables a las lavadoras domésticas y a las lavadoras-secadoras domésticas con arreglo a la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 1275/2008 de la Comisión y se deroga el Reglamento (UE) n.º 1015/2010 de la Comisión.

- **PVC:** policloruro de vinilo.
- **RD:** Real Decreto.
- **RAEE:** Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico.
- **Reciclado**¹²⁷: el reprocesado de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su finalidad inicial o para otros fines, a excepción de la valorización energética.
- **Reutilización**¹²⁷: **toda operación que permite destinar un producto o sus componentes, tras haber alcanzado el final de su primera utilización, al mismo uso para el que fueron concebidos, incluido el uso continuado de un producto devuelto a un punto de recogida, distribuidor, empresa de reciclado o fabricante, así como la reutilización de un producto tras su reacondicionamiento.**
- **RII-AEE:** Registro integrado industrial de aparatos eléctricos y electrónicos. Sección especial del registro de industrial, dependiente del MINCOTUR.
- **TTF:** tiempo hasta el fallo.
- **UNE:** Asociación Española de Normalización.
- **Unidad funcional:** rendimiento cuantificado de un sistema de producto para su uso como unidad de referencia.
- **UNU-Key:** categorías de AEE desarrollados por *United Nations University* (UNU).
- **Valorización energética**¹²⁷: el uso de residuos combustibles para generar energía a través de su incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación de calor.
- **VAN:** Valor Actual Neto.
- **Vida técnica o útil** (*lifespan*): duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado.
- **Vida real** (*lifetime*): es la duración de un determinado objeto en las condiciones reales de uso por parte del usuario. Normalmente, suele ser menor que la vida técnica o útil para la que fue diseñado.

¹²⁷ Según Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009, por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-82047>.



ANEXO 1: ESTUDIO OBSOLESCENCIA DE LAVADORA DOMÉSTICA

A continuación, se incorpora el documento íntegro elaborado por Ihobe en septiembre de 2022 como fruto de la colaboración en el presente estudio.

Partes de este documento han sido reproducidas directamente en los apartados correspondientes.

Estudio de obsolescencia de lavadora doméstica

Septiembre 2022



© lhobe S.A., septiembre 2022

Edita: lhobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio
Ambiente
Gobierno Vasco
C/Alameda de Urquijo, 36 6º Planta
48011 Bilbao
Tel: 900 15 08 64
info@lhobe.eus
www.ingurumena.eus
www.lhobe.eus

Contenido: Este documento ha sido elaborado por lhobe con la colaboración
de 23 de setembre



Los contenidos de este libro, en la presente edición, se publican bajo la licencia:
Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 3.0 Unported de Creative Commons
(más información http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES).

ÍNDICE

ÍNDICE	3
1 INTRODUCCIÓN	5
2 PROPUESTA METODOLÓGICA DE IHOBE	6
3 ESTUDIO COMPARATIVO DE ACV Y ACCV	8
3.1 DEFINICIÓN DEL CASO BASE	9
3.1.1 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL CASO BASE.....	9
3.1.2 DEFINICIÓN COSTES ASOCIADOS AL CASO BASE (ACCV)	21
3.2 ANÁLISIS POSIBLES MEJORAS DE DISEÑO	23
3.2.1 MEJORAS EN DURABILIDAD	23
3.2.2 MEJORAS EN REPARABILIDAD	27
3.2.3 MEJORAS EN RECICLABILIDAD.....	28
3.3 DEFINICIÓN DEL CASO MEJORADO	31
3.3.1 CAMBIOS EN EL BOM	31
3.3.2 CAMBIOS EN OTROS ASPECTOS DEL CICLO DE VIDA	31
3.3.3 DEFINICIÓN COSTES ASOCIADOS AL CASO MEJORADO (ACCV)	37
3.4 COMPARATIVA CASO BASE vs. CASO MEJORADO	39
3.4.1 RESULTADOS COMPARATIVOS DE ACV.....	39
3.4.2 RESULTADOS COMPARATIVOS DE ACCV	41
3.4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	42
3.5 CONCLUSIONES	42
4 ESTUDIO DE DURABILIDAD	43
4.1 INTRODUCCIÓN	43
4.2 OBJETIVO	43
4.3 EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DEL PRODUCTO	44
4.3.1 INTRODUCCIÓN.....	44
4.3.2 MÉTODO DE CÁLCULO PROPUESTO POR LA NORMA EN 45552.	44
4.3.3 ESTUDIO PRELIMINAR DE DURABILIDAD DE UNA LAVADORA.....	46
4.3.4 POSIBLES CRITERIOS EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD	55
4.4 CONCLUSIONES	59

5	<u>ESTUDIO DE REPARABILIDAD.....</u>	60
5.1	OBJETIVO	60
5.2	EVALUACIÓN DE LA REPARABILIDAD DEL PRODUCTO	60
5.2.1	INTRODUCCIÓN.....	60
5.2.2	MÉTODO DE CÁLCULO PROPUESTO POR LA NORMA EN 45554.....	61
5.2.3	ESTUDIO PRELIMINAR DE LA REPARABILIDAD DE UNA LAVADORA.....	62
5.2.4	POSIBLES CRITERIOS EVALUACIÓN DE LA REPARABILIDAD.....	74
5.3	CONCLUSIONES	78
6	<u>ESTUDIO DE RECICLABILIDAD</u>	79
6.1	OBJETIVO	79
6.2	EVALUACIÓN DE LA RECICLABILIDAD DEL PRODUCTO.....	79
6.2.1	INTRODUCCIÓN.....	79
6.2.2	MÉTODO DE CÁLCULO PROPUESTO POR LA NORMA EN 45555.....	80
6.2.3	ESTUDIO PRELIMINAR DE LA RECICLABILIDAD DE UNA LAVADORA.....	81
6.2.4	POSIBLES CRITERIOS EVALUACIÓN DE LA RECICLABILIDAD	90
6.3	CONCLUSIONES	90
7	<u>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</u>	92
8	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	93

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enmarca dentro del estudio promovido por el MITECO sobre la priorización de productos o categorías de productos: antecedentes y priorización de productos o categoría de productos, donde se lleva a cabo una evaluación comparativa de criterios con el fin de comparar cualitativamente una serie de aparatos eléctricos y electrónicos¹. Dicho informe concluye con un orden priorizado de aquellos aparatos cuyo estudio debe acometerse en primer término, englobando dicho listado de prioridades, las lavadoras domésticas.

En el presente informe es continuación del anterior y se analizará la obsolescencia de las lavadoras realizando cuatro estudios, de acuerdo a la propuesta metodológica de IHOBE.:

- Estudio comparativo de análisis de ciclo de vida (ACV) y de Análisis de costes de ciclo de vida (ACCV) entre una lavadora base y una mejorada de cara a durabilidad
- Estudio de durabilidad de una lavadora, siguiendo la norma UNE EN- 45552 y propuesta de indicadores de evaluación
- Estudio de reparabilidad de una lavadora siguiendo la norma UNE EN 45554 y propuesta de indicadores de evaluación
- Estudio de reciclabilidad de una lavadora siguiendo la norma UNE EN 45555 y propuesta de indicadores de evaluación

Este informe pretende ilustrar como realizar este tipo de estudios, siguiendo la metodología propuesta por IHOBE. Se basa en datos bibliográficos, de diferentes estudios, y no en datos obtenidos directamente de fabricantes, reparadores, etc. Por ello, se debe considerar un **estudio demostrativo** de cómo se deberían orientar estos tipos de estudios y del tipo de resultados que se pueden obtener, y no tanto un estudio exhaustivo y completo, ya que para ello sería preciso contar con la participación y los datos más actualizados del sector.

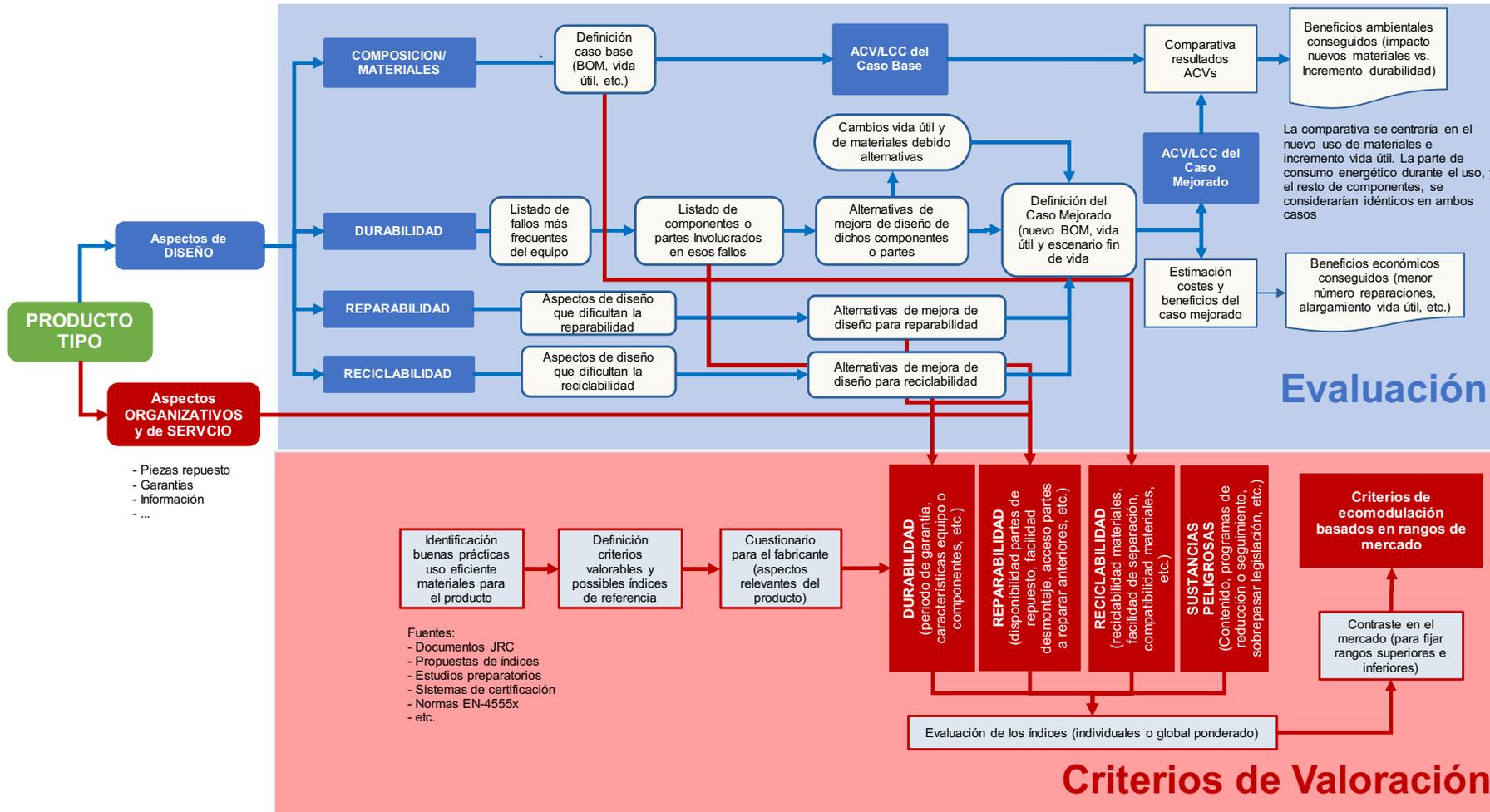
¹ Estudio de obsolescencia de productos: Parte I: Informe sobre la priorización de productos o categorías de productos: antecedentes y priorización de productos o categoría de productos

2 PROPUESTA METODOLÓGICA DE IHOBE

Para este proyecto, IHOBE ha desarrollado una propuesta metodológica para orientar de forma global los aspectos de uso eficiente de material en productos relacionados con la energía. Esta metodología cubre aspectos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad, y pretende definir las etapas a seguir para evaluar estos aspectos en dichos productos, y finalmente, poder definir unos indicadores y criterios de evaluación.

La figura siguiente resume los pasos a seguir, partiendo de una fase de **evaluación** del diseño del producto (incluyendo análisis de ACV y ACCV) y aspectos de Organizativos y de servicio asociados al mismo. En una segunda fase se plantea la definición de **criterios de valoración** de dichos aspectos, considerando los resultados de la fase anterior. Esta propuesta se puede tomar como modelo para el desarrollo de estudios similares para otras familias de productos.

Figura 1. Esquema resumen propuesta metodológica IHOBE



3 ESTUDIO COMPARATIVO DE ACV Y ACCV

El objetivo de este apartado es desarrollar un caso demostrativo para las lavadoras, de acuerdo a la fase de evaluación (marcada en azul) en la figura anterior.

Por tanto, se realiza una comparativa de dos modelos diferentes de lavadora, aplicando el Análisis de Ciclo de Vida (ACV, en adelante) y el análisis del coste de ciclo de vida (ACCV, en adelante) de ambos modelos, con la finalidad de analizar las implicaciones ambientales y de costes de aplicar estrategias de diseño para alargar la vida útil del producto, considerando todo su ciclo de vida.

Los modelos considerados se han definido a modo de ejemplo, siendo ficticios, y no representan un producto en concreto en el mercado, si bien se pueden considerar representativos del mismo.

El modelo base pretende representar una lavadora estándar del mercado, mientras que el modelo mejorado incluye actuaciones de diseño que pueden alargar su vida útil.

Al tratarse de una comparativa, aquellos aspectos del ciclo de vida del producto que se consideran equivalentes en ambos casos no se han evaluado, haciéndose énfasis únicamente en las diferencias de ambos modelos (ver Tabla 1). Tampoco se han definido estrategias de diseño para dichos aspectos (p.ej. mejora eficiencia energética).

Los aspectos no evaluados en este estudio comparativo, al considerarse equivalente en ambos casos serían:

- Fase de Fabricación
 - o Transporte de las materias primas y componentes hasta la planta de fabricación (cuando no estén ya incluidas en los datos secundarios de la base de datos)
 - o Proceso de fabricación del equipo (p.ej. consumo de energía en la planta de fabricación, etc.).

- Fase de Uso
 - o Consumo energético del equipo.
 - o Consumo de agua del equipo
 - o Consumo de consumibles (detergente, etc.)
 - o Transporte asociado al mantenimiento/repelación
 - o Impacto ambiental asociado a las piezas de recambio (pero sí su coste)

- Fase de Final de vida
 - o Transporte de los residuos hasta plantas de tratamiento

El hecho de no evaluar dichos aspectos simplifica el estudio, y hace resaltar más los aspectos diferenciadores asociados a durabilidad, etc. Sin embargo, hace que los resultados del estudio no se puedan considerar un ACV/ACCV completo del producto, ni permite la comparativa de los resultados con estudios similares.

En los apartados siguientes se especifica cada uno de los modelos evaluados y los resultados de la comparativa, tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

3.1 DEFINICIÓN DEL CASO BASE

3.1.1 Análisis de Ciclo de Vida del Caso BASE

3.1.1.1 Definición objetivo y alcance del análisis

Objetivo

El objetivo de este análisis es realizar un análisis de ciclo de vida comparativo entre dos modelos de lavadora:

1. Caso base.- Ejemplo de lavadora estándar en el mercado
2. Caso mejorado.- Lavadora a la cual se le han aplicado una serie de mejoras de diseño encaminadas a alargar su vida útil-

La metodología seguida para dicho análisis se base en las siguientes normas:

UNE EN ISO 14040:2006.-Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.

UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

Alcance y límites del sistema

El alcance del sistema cubre todo el ciclo de vida del producto, considerando las siguientes fases:

- Obtención materias primas y componentes y su fabricación
- Distribución (desde la planta de fabricación hasta usuario)
- Uso
- Final de vida

Sin embargo, al tratarse de un estudio comparativo se han realizado una serie de hipótesis de cálculo que se detallan a continuación.

Tabla 1. Alcance y límites del sistema en el estudio comparativo de ACV

Fase del ciclo de vida	Aspectos considerados	Comentarios
Materias primas	Obtención de las materias primas necesarias	Datos secundarios base datos ECONVENT
Distribución materias primas y componentes	Se considera igual en ambos casos, y se basa en datos secundarios	Se considera que el transporte de las materias primas y de los componentes hasta planta de fabricación de la lavadora se incluyen en la Base de Datos ECOINVENT
Fabricación de los componentes necesarios	Se considera igual en ambos casos, y se basa en datos secundarios. Cuando es posible, se incluye el proceso de fabricación genérico (por ejemplo, para plásticos el proceso de inyección).	Datos secundarios bases datos ECOINVENT

Fase del ciclo de vida	Aspectos considerados	Comentarios
Fabricación de la lavadora	Se considera igual en ambos casos, y por tanto no se simula en el estudio	Incluiría el consumo energético y de otros servicios en la planta de fabricación, así como emisiones y generación de residuos o aguas residuales
Distribución desde planta de fabricación hasta el punto de venta	Al tener los dos productos pesos diferentes, y ser estos relativamente elevados, se considera este transporte de forma diferenciada	Distancias medias basadas en metodología MEErP
Uso	<p>Se considera equivalente en ambos casos, en lo referente a uso de energía, agua y consumibles (detergente, etc.) por ciclo de lavado, y por ello no se simula en el estudio.</p> <p>Desde el punto de vista del ACV, se considera equivalente también el impacto asociado al mantenimiento/repación durante la vida útil del equipo (desplazamiento técnico, impacto piezas de recambio, etc.).</p> <p>Sin embargo, para el ACCV se evalúa de forma diferenciada el coste de las operaciones de mantenimiento/repación durante la vida útil, al considerarse diferente tiempo de operación y costes piezas de recambio.</p>	Las mejoras de producto se han centrado en aspectos de durabilidad y reciclabilidad, manteniendo el consumo energético y de consumibles en la fase de uso separado, lo que facilita el análisis de los resultados.
Final de vida	Se considera diferente en los dos productos, al tener diferente composición de materiales y considerarse que el producto mejorado incluye actuaciones que mejoran su potencial de reciclabilidad	Se considera que el escenario del producto mejorado sería el indicado en el RD 110/2015 sobre RAEE a partir de 2018.

Si bien el producto mejorado con respecto al inicial presenta partes iguales (elementos no modificados por las estrategias de diseño que largan la vida útil), es preciso su evaluación para poder comparar los materiales necesarios para cubrir toda la unidad funcional de referencia.

Unidad funcional

La unidad funcional se ha considerado los ciclos de lavado durante la vida útil del equipo. Basado en el estudio preparatorio se consideran unos 220 ciclos de lavado al año.

Diferentes fuentes bibliográficas estiman una vida media de las lavadoras. El siguiente estudio de OCU las diferencia por marcas.

Tabla 2. Vida media de una lavadora según su marca².

Lavadoras		
Las marcas más duraderas	Duración intermedia	Las marcas que menos duran
Miele (15 años)	Aspes (12 años) Siemens (12 años) Zanussi (12 años) AEG (12 años) Balay (11 años) Edesa (11 años) Fagor (11 años) Bosch (11 años) Bauknecht (11 años) Electrolux (11 años) Smeg (11 años)	Teka (10 años) Candy (10 años) Hoover (10 años) Indesit (10 años) Whirlpool (10 años)

Como se puede apreciar, la vida media de las lavadoras sería de 10-11 años, siendo el máximo 15 años.

Para el presente estudio se ha considerado una vida media de 10 años para el caso inicial (caso más desfavorable de la tabla), y de 13 años para el caso mejorado (años intermedios entre la duración intermedia y la máxima). Este valor mejorado es coherente con otras referencias bibliográficas consideradas en el estudio.

Por tanto, referido a la unidad funcional: La vida media estimada del caso base sería de 2.200 ciclos de lavado (10 años de uso medio), mientras que, en el caso del producto mejorado, debido a las mejoras de diseño incluidas sería de 2.860 ciclos de lavado (equivalente a 13 años de uso medio).

Por tanto, se necesitarían 1,3 equipos del producto inicial para cubrir los mismos ciclos de lavado que con el producto mejorado.

3.1.1.2 Definición del Bill of Material (BOM)

La selección del producto de referencia inicial se ha realizado considerando diferentes fuentes bibliográficas, entre los que cabría destacar

1. Estudios preparatorios lavadoras Comisión Europa³
2. Estudio de LCA de lavadora Oko-Institute⁴

² Fuente: <https://www.ocu.org/electrodomesticos/frigorificos/noticias/electrodomesticos-marcas-mas-duraderas>

³ JRC Technical Reports.- Ecodesign and Energy Label for Household Washing machines and washer dryers. Preparatory study. Final report. 2017

⁴ Öko-Institut e.V. Eco-Efficiency Analysis of Washing machines – Life Cycle Assessment and determination of optimal life span – 2005

3. Estudio de LCA de una lavadora (Zengwei Yuan, et al.)⁵
4. Estudio de ETH sustainability sobre lavadoras⁶

En la mayoría de los casos, los BOMs indicados son globales (por ejemplo, cantidad total de acero en el producto), y no por componente, que sería lo necesario para realizar un estudio comparativo de sustitución de componentes del producto. La única referencia que se ha encontrado de calidad, en que el BOM está desglosado por componentes, sería la tercera (Yuan et al.).

Por ello, se ha trabajado para intentar ajustar los diferentes BOMs de referencia de cara a simular el siguiente producto_

- Lavadora doméstica carga frontal
- Capacidad 6 - 8 kg
- Gama media

El BOM finalmente considerado para el producto base de referencia (producto inicial), sería el siguiente:

Tabla 3. Listado de Materiales (BOM) del producto base de referencia

COMPONENTE	MATERIAL	PESO (KG)
Cabina	Acero	18,00
Tambor interno	Acero	8,00
Tambor externo	Carboran 40% (PP reforzado)	10,50
Motor	Acero	3,40
	Hierro	1,45
	Aluminio	2,72
	Cobre	0,68
Electrónica	Circuito impreso	0,44
	Componentes electrónicos	0,50
	Aluminio (disipadores)	0,40
Puerta	Vidrio	1,80
Cables	varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
	PVC	1,03
	Goma	0,88
	ABS	1,80
Contrapeso	Cemento	18,68
Embalaje	Papel	0,15
	PE	0,20
	PS	0,50
	PA-Nylon	0,10
	Cartón	1,30

⁵ Yuan, Z., Zhang, Y. & Liu, X. Life cycle assessment of horizontal-axis washing machines in China. Int J Life Cycle Assess 21, 15–28 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0993-5>

⁶ Washing Machine. ETH Ssutainability Summer School. 2011

COMPONENTE	MATERIAL	PESO (KG)
TOTAL Con embalaje		81,47
TOTAL Sin embalaje		79,22

Para ciertos componentes se ha tenido que realizar ciertas hipótesis de cálculo, como serían:

- Motor.- Se ha considerado un peso medio (8,25 kg) y se ha distribuido de acuerdo al estudio de IHOBE sobre motores⁷.
- Circuito impreso.- Se ha considerado un peso medio del circuito impreso basado en web de referencia (<https://www.leiton.de/leiton-tools-weight-calculation.html>) que calcula los pesos de los circuitos en función de sus dimensiones y características (número de capas, espesores, etc.). El peso de componentes electrónicos se ha considerado de la referencia Yuan et al.

3.1.1.3 Definición de otros aspectos del inventario

Las consideraciones realizadas para el resto de etapas del ciclo de vida del producto inicial serían las siguientes:

Distribución del producto

Se han considerado las siguientes distancias de transporte medio para el producto, una vez fabricado, hasta el punto de venta, Estos valores son los valores medios indicados en la Metodología MEErP de la Comisión Europea, empleada en los estudios preparatorios de productos relacionados con la energía.

Se indica también los valores expresados en tkm, para el producto inicial (peso 81,47 kg).

Tabla 4. Distancias de transporte consideradas producto inicial

Tipo	Distancia (km)	%	tkm
Tren	1.000	50%	40,73
Barco	12.000	45%	439,91
Avión	10.000	5%	40,73
Camión grande	500	100%	40,73
Camión mediano	200	100%	16,29

Escenario de fin de vida

El escenario de fin de vida para el producto se ha considerado de forma global (no por tipo de material) y se basa en datos bibliográficos y de eurostat⁸ (año 2019, WEEE categoría 4.-España).

⁷ IHOBE.- Guías Sectoriales de Ecodiseño. Eléctrico - electrónico. 2010.

⁸ <https://ec.europa.eu/eurostat>

Tabla 5. Escenarios de fin de vida del producto inicial

Escenario de fin de vida	%
Reutilización	1,5%
Reciclado	77,0%
Recuperación energética	2,0%
Vertedero	19,5%
TOTAL	100,0%

3.1.1.4 Análisis de inventario

Para la realización del inventario se han tenido en cuenta las consideraciones previas, y se basa en su mayoría en datos secundarios de la base de datos deecoinvent, integrada en el software de ACV Simapro.

La biblioteca utilizada para el análisis de inventario es Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit. Este modelo considera que los materiales resultantes del proceso de recuperación de residuos, y que se pueden emplear en otros procesos, tienen un impacto nulo, y que el proceso de recuperación debe incluir dichos impactos. Por ello, a diferencia de otros métodos, como el de sustitución, no se le asigna un valor negativo al residuo recuperado (carga evitada). Siempre que ha sido posible se han considerado datos europeos (RER) y “market”, para incluir el transporte medio.

Cuando se parte de un material genérico (por ejemplo, plástico), se ha intentado simular también su proceso de transformación (por ejemplo, inyección) cuando ha sido posible.

Los materiales y procesos considerados para simular cada material del BOM y sus procesos a lo largo del ciclo de vida del producto se indican en la tabla siguiente.

Tabla 6. Lista de materiales y procesos considerados producto inicial (ECOINVENT)

Base datos	Unidad	Material simulado
Materiales		
Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER	kg	ABS
Stainless steel hot rolled coil, annealed & pickled, elec. arc furnace route, prod. mix, grade 304 RER S	kg	Acero inoxidable
Synthetic rubber {RER} production Cut-off, U	kg	Goma
Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U	kg	Acero normal
Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for Cut-off, U	kg	Acero mejorado
Printed wiring board, for surface mounting, Pb free surface {GLO} market for Cut-off, U	m2	Circuito impreso
Polyvinylchloride, bulk polymerised {RER} polyvinylchloride production, bulk polymerisation Cut-off, U	kg	PVC
Polystyrene, general purpose {RER} production Cut-off, U	kg	PS
Polypropylene, granulate {RER} production Cut-off, U	kg	PP

Base datos	Unidad	Material simulado
Packaging film, low density polyethylene {RER} production Cut-off, U	kg	PE
Nylon 6 {RER} production Cut-off, U	kg	PA
Kraft paper, unbleached {RER} production Cut-off, U	kg	Papel
Flat glass, coated {RER} market for flat glass, coated Cut-off, U	kg	Vidrio
Electronics, for control units {RER} production Cut-off, U	kg	Electrónica
Corrugated board box {RER} production Cut-off, U	kg	Cartón
Copper {GLO} market for Cut-off, U	kg	Cobre
Concrete block {RoW} market for concrete block Cut-off, U	kg	Cemento
Cast iron {GLO} market for Cut-off, U	kg	Hierro
Calcium carbide, technical grade {RoW} market for calcium carbide, technical grade Cut-off, U	kg	Relleno Carboran
Cable, unspecified {GLO} market for Cut-off, U	kg	Cable
Aluminium, cast alloy {GLO} market for Cut-off, U	kg	Aluminio (motor)
Aluminium extrusion profile, primary prod., prod. mix, aluminium semi-finished extrusion product RER S	kg	Aluminio (disipadores)
Procesos		
Injection moulding {RER} processing Cut-off, U	kg	Procesado plásticos
Tempering, flat glass {GLO} market for Cut-off, U	kg	Procesado vidrio
Mounting, surface mount technology, Pb-free solder {GLO} mounting, surface mount technology, Pb-free solder Cut-off, U	m2	Montaje Circuitos
Metal working, average for metal product manufacturing {GLO} market for Cut-off, U	kg	Procesado metales
Metal working, average for aluminium product manufacturing {RER} processing Cut-off, U	kg	Procesado aluminio
Distribución		
Transport, freight, sea, container ship {GLO} market for transport, freight, sea, container ship Cut-off, U	tkm	Marítimo
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 Cut-off, U	tkm	Camión mediano
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U	tkm	Camión grande
Transport, freight, aircraft, medium haul {GLO} market for transport, freight, aircraft, medium haul Cut-off, U	tkm	Aéreo
Transport, freight train {RER} market group for transport, freight train Cut-off, U	tkm	Ferrocarril
Fin de vida		
Steel and iron (waste treatment) {GLO} recycling of steel and iron Cut-off, U	kg	reciclado metales
Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U	kg	recuperación energética
Inert waste {Europe without Switzerland} treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U	kg	vertedero
Used industrial electronic device {RoW} market for used industrial electronic device, WEEE collection Cut-off, U	kg	reutilización

3.1.1.5 Evaluación de impactos

La evaluación de impacto se ha realizado utilizando el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), versión 1.04, incluido en la herramienta Simapro, que sería el método por defecto de ReCiPe.

La perspectiva jerárquica (H) se basa en el consenso científico con respecto al marco temporal y la plausibilidad de los mecanismos de impacto.

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican en la tabla siguiente.

Tabla 7. Resultados de impacto para el producto inicial (valor absoluto)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	326,20	32,20	40,40	37,76	35,73	167,19	8,12	4,81
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000136	0,000019	0,000012	0,000010	0,000020	0,000056	0,000008	0,000011
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	22,41	3,08	4,86	4,72	1,24	8,01	0,31	0,19
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,88	0,09	0,08	0,07	0,13	0,45	0,05	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,01	0,09	0,06	0,04	0,19	0,55	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	0,91	0,10	0,08	0,07	0,13	0,46	0,05	0,01
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	1,99	0,19	0,12	0,11	0,42	0,95	0,20	0,01
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,259	0,041	0,017	0,011	0,056	0,103	0,029	0,001
Eutrofización marina	kg N eq	0,017	0,002	0,001	0,001	0,002	0,010	0,001	0,000
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	10120,86	803,73	64,34	55,91	2617,15	5227,58	1345,69	6,46
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	149,79	19,81	1,33	1,17	48,97	54,05	24,36	0,09
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	190,99	25,76	1,76	1,53	61,51	69,54	30,77	0,12
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	64,82	2,99	1,39	0,99	13,71	44,08	1,57	0,10
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	1886,36	285,27	31,66	24,08	517,10	726,31	299,77	2,17
Uso del suelo	m2a crop eq	10,30	1,08	1,18	1,11	1,07	4,58	0,44	0,84
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	16,02	1,17	0,14	0,16	3,32	10,70	0,53	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	98,29	8,10	18,33	22,02	8,09	37,82	2,02	1,92
Consumo de agua	m3	2,78	0,31	0,42	0,63	0,28	0,98	0,09	0,07

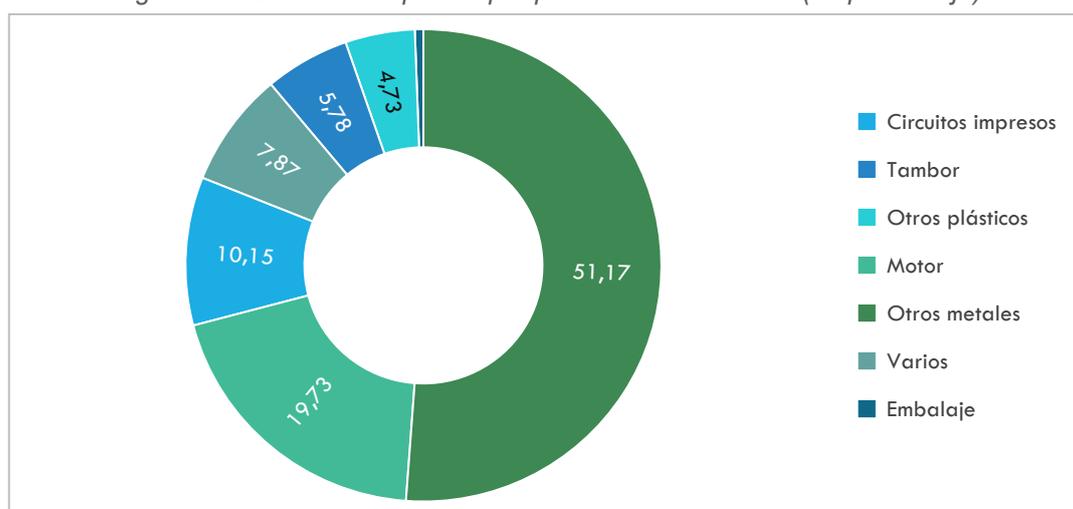
Tabla 8. Resultados de impacto para el producto inicial (porcentaje)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	9,87	12,39	11,58	10,95	51,26	2,49	1,47
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	14,27	8,66	7,65	14,56	41,01	5,70	8,16
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	13,73	21,70	21,08	5,51	35,73	1,39	0,86
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	10,65	8,94	7,59	14,99	51,25	5,44	1,14
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	8,84	5,94	3,85	18,92	54,85	7,12	0,48
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	10,57	9,30	7,90	14,84	50,86	5,37	1,16
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	9,50	5,80	5,31	20,96	47,62	10,15	0,67
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	15,80	6,46	4,35	21,79	39,90	11,35	0,35
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	11,04	7,23	6,65	10,90	57,79	4,25	2,15
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	7,94	0,64	0,55	25,86	51,65	13,30	0,06
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	13,23	0,89	0,78	32,70	36,09	16,26	0,06
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	13,49	0,92	0,80	32,21	36,41	16,11	0,06
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	4,61	2,14	1,53	21,15	68,00	2,42	0,16
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	15,12	1,68	1,28	27,41	38,50	15,89	0,12
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	10,45	11,43	10,77	10,43	44,46	4,31	8,15
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	7,30	0,86	1,02	20,70	66,77	3,32	0,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	8,24	18,65	22,40	8,23	38,47	2,06	1,95
Consumo de agua	m3	100,00	11,21	15,02	22,63	10,23	35,12	3,32	2,48

Como se puede apreciar, para el producto base, las partes metálicas son las que tienen mayor contribución en la mayoría de los impactos. Le siguen en importancia el motor, el tambor, los circuitos impresos y las partes plásticas. La parte de varios (que incluye el vidrio, cemento y cables) y la parte de embalaje serían los de menor impacto.

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes serían:

Figura 2. Distribución impactos por partes lavadora inicial (en porcentaje)



Considerando **todo el ciclo de vida** indicado en el apartado de alcance y límites de sistema, el resultado sería el indicado en la tabla siguiente.

Tabla 9. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto inicial (absoluto)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	369,81	326,20	39,20	4,41
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00016	0,00014	0,00002	0,000003
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	23,35	22,41	0,92	0,01
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,11	0,88	0,23	0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,07	1,01	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,14	0,91	0,23	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,17	1,99	0,18	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,26	0,26	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	0,017	0,017	0,000	0,000
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	10390,60	10120,86	266,96	2,78
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	154,70	149,79	0,66	4,26
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	197,33	190,99	1,01	5,33
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	65,72	64,82	0,74	0,16

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	1929,51	1886,36	19,67	23,48
Uso del suelo	m ² a crop eq	11,05	10,30	0,70	0,05
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	16,14	16,02	0,11	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	111,16	98,29	12,74	0,13
Consumo de agua	m ³	2,84	2,78	0,05	0,01

Tabla 10. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto inicial (porcentajes)

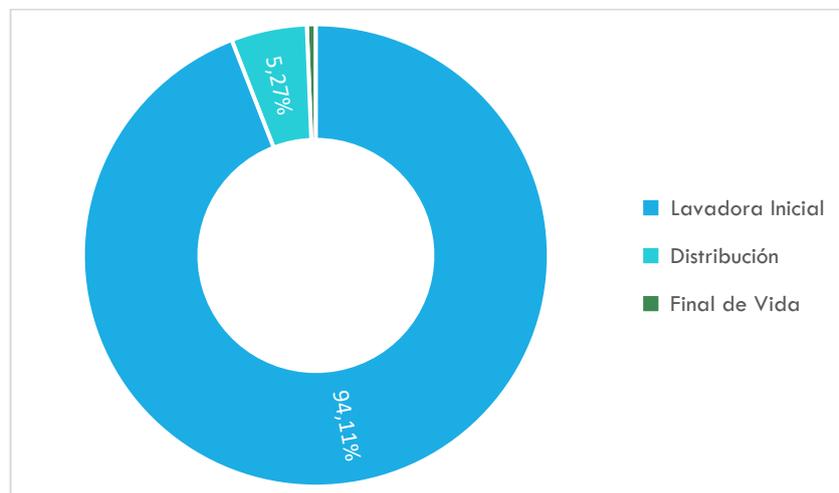
Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO ₂ eq	100,00	88,21	10,60	1,19
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	85,90	12,17	1,93
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	95,98	3,96	0,06
Formación ozono. Salud Humana	kg NO _x eq	100,00	79,14	20,61	0,25
Formación partículas finas	kg PM _{2.5} eq	100,00	93,86	6,07	0,07
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NO _x eq	100,00	79,42	20,33	0,24
Acidificación terrestre	kg SO ₂ eq	100,00	91,46	8,47	0,08
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	98,95	1,00	0,05
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	98,38	1,24	0,37
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	97,40	2,57	0,03
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	96,82	0,43	2,75
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	96,79	0,51	2,70
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	98,63	1,12	0,25
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	97,76	1,02	1,22
Uso del suelo	m ² a crop eq	100,00	93,21	6,34	0,45
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	99,32	0,67	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	88,43	11,46	0,11
Consumo de agua	m ³	100,00	97,88	1,88	0,25

Como se puede apreciar, el impacto de la fase de distribución y de final de vida es muy inferior al impacto propio del equipo. Cabe recordar que, debido al alcance seleccionado, no se incluye en el análisis la fase de uso del equipo (consumos energéticos, agua, consumibles o actividades de mantenimiento/repación) y la fase de distribución incluye únicamente el transporte del producto desde la planta de fabricación hasta el usuario.

Debido al método de sistema seleccionado (cut-off), la gestión de los residuos siempre tiene un impacto positivo, que se asigna al proceso de reciclado. Los materiales recuperados tienen un valor de impacto nulo (no negativo).

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes, para cada fase de ciclo de vida, serían:

Figura 3. Distribución impactos por fase de ciclo de vida lavadora inicial (en porcentaje)



Como se puede apreciar, la fase de uso de materias primas y fabricación sería la más relevante. Recordar que no se ha considerado el impacto asociado a la fase de uso.

3.1.1.6 Interpretación de los resultados

El análisis realizado del producto inicial pone de manifiesto que la fase de fabricación del equipo es la más significativa (entre el 80 y el 99% en función del impacto considerado). En este punto es preciso remarcar que la fase de uso no se ha evaluado al considerarse equivalente en ambos equipos.

La fase de distribución representa entre el 0,5 y el 20% y el embalaje tiene una menor importancia, entre el 0,06 y el 4% en función de la categoría de impacto considerada.

Analizando el equipo únicamente, las partes que contribuyen más son las partes metálicas (chapa exterior, etc.), que representan sobre el 51% del impacto total del producto. Le siguen en importancia el motor (sobre el 20%), los circuitos impresos (sobre el 10%), varios (sobre 8%), seguido del tambor de plástico (sobre el 6%) y de las partes plásticas (sobre el 5%). El embalaje representa el menor impacto (menos del 1%).

3.1.2 Definición costes asociados al Caso BASE (ACCV)

En este apartado se describe el análisis de costes de ciclo de vida realizado para el caso base.

Se indican en la tabla siguiente los datos de partida considerados para el caso base, el año de aplicación (con el porcentaje de la cantidad de referencia necesaria), la tasa de descuento y la tasa de incremento:

Tabla 11. Datos de partida considerados para el caso inicial en el ACCV

Tipo de coste	Unidad	Cantidad de referencia	Precio actual (€/unidad)	Año de coste (cantidad necesaria)	Tasa de descuento (%)	Tasa de apreciación (%)
Lavadora inicial	unidad	1	350 €	0 (100%) 10 (30%)	2%	3%
Mantenimiento y/o reparación (operario)	Hora	1,5	50€	7 (100%) 14 (30%)	2%	1%
Mantenimiento y /o reparación (piezas de recambio)	Unidad	1	50€	7 (100%) 14 (30%)	2%	3%
Final de vida (desmontaje)	hora	0,5	30€	10 (100%) 20 (30%)	2%	1%
Final de vida (reutilización motor)	kg	8,25	-0,22 €	10 (100%) 20 (30%)	2%	3%
Final de vida (reciclado operación)	kg	79,22	0,12€	10 (100%) 20 (30%)	2%	3%
Final de vida (reciclado circuitos electrónicos)	kg	1,34	-1,1 €	10 (100%) 20 (30%)	2%	3%
Final de vida (reciclado PP tambor)	kg	10,50	-0,08 €	10 (100%) 20 (30%)	2%	3%
Vertedero	kg	15.45	0,0471€	10 (100%) 20 (30%)	2%	6%
Incineración	kg	1,58	0,0236 €	10 (100%) 20 (30%)	2%	6%

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los costes negativos se entienden como un retorno (valor material reciclado, etc.).
- Siguiendo con el criterio empleado en el ACV, se requerirían 1,3 equipos para cubrir la misma unidad funcional que el caso mejorado. Por tanto, el equipo inicial (completo) se compraría en el año 0, y el resto en el año 10 (cuando llegara a su final de vida).
- Se considera que el mantenimiento y/o reparación del equipo se realizaría en el año 7 (100%), pero también se debe considerar el mantenimiento de la parte proporcional del nuevo equipo, en el año 14 (30%).
- De forma similar, para el final de vida del equipo completo se considera el año 10, y adicionalmente, se considera el escenario de fin de vida del 30% restante del equipo nuevo en el año 20.
- Se considera como posible componente a reutilizar el motor.
- Los porcentajes de reciclado, valorización y vertedero serán los usados en el ACV (ver tabla 5).
- La tasa de descuento se ha estimado con datos bibliográficas de la situación actual (datos de Estados Unidos).
- La tasa de apreciación ha considerado la situación actual del mercado de materias primas.
- Se debe considerar que tanto la tasa de descuento como de apreciación ya tiene descontada la inflación.
- Los costes de reciclado, valorización y vertido se han extraído de fuentes bibliográficas

- Se ha considerado los siguientes tiempos de personal.
 - o Mantenimiento y/o reparación: 1,5 h
 - o Desmontaje de la lavadora en el reciclador: 0,5 h

La fórmula aplicada para calcular el valor actual de estos costes sería:

$$\left[\frac{1 + e}{1 + i} \right]^n$$

Donde (e) sería la tasa de escalamiento, (i) la tasa de descuento y (n) el año de estudio.

Esta fórmula, aplicada al coste actual, permite hacer la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (Valor Actual Neto).

Los resultados obtenidos para cada tipo de costes serían:

Tabla 12. Resultados costes actuales y valor actual para el caso inicial

Fase Ciclo de Vida	Tipos de Coste	Inicial	Inicial Corregido
		Coste Actual (€)	Valor Actual Neto (€)
Fabricación	Coste equipo (en punto de venta)	350,00 €	465,76 €
Uso	Mantenimiento/reparación (horas)	75,00 €	89,60 €
	Mantenimiento/reparación (piezas)	50,00 €	70,73 €
Final de vida	Recogida (sin cambios)	igual	igual
	Desmontaje (horas)	15,00 €	17,29 €
	Retorno desmontaje (reuso)	-1,82 €	-2,66 €
	Coste reciclado	9,51 €	13,95 €
	Retorno reciclado (Circuitos y PP)	-2,31 €	-3,39 €
	Coste vertedero	0,73 €	1,54 €
	Coste incineración	0,04 €	0,08 €
	TOTAL		652,89 €

3.2 ANÁLISIS POSIBLES MEJORAS DE DISEÑO

3.2.1 Mejoras en durabilidad

3.2.1.1 Fallos más frecuentes y componentes implicados

Se han considerado diferentes fuentes bibliográficas para identificar los componentes de las lavadoras domésticas que presentan mayores tasas de fallo. Las referencias más relevantes consultadas han sido:

- Estudio de la Agencia Alemana de Medio Ambiente sobre la obsolescencia de productos, entre otros las lavadoras⁹
- Estudio de la Comisión Europea/JRC sobre durabilidad, reusabilidad y reparabilidad de lavadoras¹⁰

⁹ Umwelt Bundesamt.- Influence of the service life of products in terms of their environmental impact: Establishing an information base and developing strategies against "obsolescence". Final report. TEXTE 09/2020

¹⁰ Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F.; Analysis of durability, reusability and reparability — Application to washing machines and dishwashers, EUR 28042 EN, doi:10.2788/630157

- Estudio de la Comisión Europea/JRC sobre la evaluación de la durabilidad en lavadoras¹¹
- Resultados del proyecto PROMPT (PRemature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme), para lavadoras¹²
- Estudios preparatorios lavadoras Comisión Europa¹³
- Estudio de HOP (Halte à l'Obsolescence Programmée) sobre lavadoras¹⁴
- Artículo en Journal of Cleaner Production sobre vida útil y modos de fallo de lavadoras¹⁵

En dichas referencias se indican diferentes componentes que pueden presentar las tasas de fallo más altas durante la vida útil de la lavadora. De ese listado de componentes se han seleccionado los siguientes para este estudio:

- Partes electrónicas
- Motores
- Tambor y su acople

3.2.1.2 Posibles alternativas de diseño

Para el estudio comparativo que se pretende realizar se han tenido que simular aquellos cambios de diseño sobre los componentes mencionados que pueden aumentar la durabilidad del producto. Dada la dificultad de establecer una relación directa entre una modificación de diseño y el aumento de durabilidad del producto (fuera del alcance del presente estudio), se ha realizado una serie de hipótesis, que en un estudio más detallado sería necesario confirmar.

El objetivo de estas hipótesis es mostrar un mecanismo para simular el beneficio ambiental de incrementar la durabilidad del producto, si esta relación directa se puede llegar a establecer.

Las hipótesis consideradas serían:

- Reducción de tasa de fallo en los circuitos impresos.- Se considera que el fallo más frecuente de los circuitos impresos son el sobrecalentamiento o el cortocircuito de los mismos, que puedan afectar a algún componente.
Por ello la propuesta de diseño considerada es la ampliación del área del circuito, que permita una mayor disipación y una mejor distribución de los componentes electrónicos en la misma. Se estima un aumento de un 15% en la superficie del circuito, pasando de 300 cm² actuales a 345 cm².
- Reducción de la tasa de fallo del motor.- Se considera que el fallo más frecuente de los motores (aparte de fallos mecánicos o desgaste de las escobillas), sería el posible sobrecalentamiento o cortocircuito del mismo.

¹¹ JRC. Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines. Final report for Task 3. 2018

¹² Product Lifecycle & Product Replacement reasons Washing machines, Smartphones, TV's and Vacuum cleaners - Online surveys- PROMPT Project. Mayo 2021

¹³ JRC Technical Reports.- Ecodesign and Energy Label for Household Washing machines and washer dryers. Preparatory study. Final report. 2017

¹⁴ HPO. Lave-linge : une durabilité qui prend l'eau ?. Rapport d'enquête sur les enjeux et solutions en matière de durabilité des lave-linge. Septiembre 2019

¹⁵ Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F.; Understanding lifetimes and failure modes of defective washing machines and dishwashers. Journal of Cleaner Production 215 (2019) 1112e1122

Para evitar estos fallos eléctricos, y al tiempo que se aumenta su fiabilidad, se propone aumentar la cantidad de cobre y aluminio (bobinado, etc.), Se ha considerado un aumento del 10% en el contenido de estos materiales.

- Reducción de la tasa de fallo del tambor externo. Ciertos estudios indican que el cambio del tambor de plástico por uno de acero inoxidable puede aumentar la durabilidad del equipo y evitar también posibles fallos en las uniones metal/plástico. Esta medida es discutida por otras fuentes, que indican las ventajas del uso de plástico en este componente. En todo caso, se analizará dicha alternativa, pasando de un tambor de polipropileno reforzado a otro de acero inoxidable.

- Alargamiento vida útil.- Se considera que con la aplicación de estas tres medidas, la vida útil del equipo se podría alargar en 660 usos (es decir unos tres años de vida útil equivalente), pasando así de 2.200 ciclos de lavado (10 años equivalentes de uso) a 2.880 ciclos de lavado (13 años equivalentes de uso).

3.2.1.3 Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Las modificaciones de diseño indicadas implicarían los siguientes cambios en el Análisis de Ciclo de Vida del caso mejorado:

- Mayor superficie y peso de los circuitos impresos:
 - o Placa base: paso de 300 cm² y 0,44 kg a 375 cm² y 0,51 kg
 - o Componentes eléctricos y electrónicos: paso de 0,50 kg a 0,58 kg.
- Mayor peso y contenido de cobre y aluminio del motor:
 - o Peso total del motor: paso de 8,25 kg a 8,59 kg
 - o Contenido en Cobre: paso de 0,68 a 0,75 kg
 - o Contenido en aluminio: paso de 2,72 a 2,99 kg
- Cambio de tambor:
 - o Paso de 10,5 kg (6,09 kg de PP y 4,41 kg de calcio carbide (refuerzo)) a 12 kg de acero inoxidable

Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV)

En el caso de las implicaciones de los cambios de diseño en el Análisis de Coste de ciclo de vida, implicaría un aumento de coste de los nuevos componentes.

Este aumento se ha simulado considerando datos de piezas de repuesto para los componentes a substituir en la lavadora. Las webs consultadas han sido <https://www.espaes.co.uk/>; <https://applias.com/> y <https://buyandrepair.com/>.

El método seleccionado a sido considerar todos los precios disponibles de cada componente equivalente 27 en caso de motores, 35 en caso de tambor de plástico y 141 en caso de circuitos impresos, y analizar como coste inicial el 1er percentil como caso mejorado el 3er percentil. Este análisis nos da una primera aproximación de la posible diferencia de precio entre esos componentes (inicial vs. Mejorado). La siguiente tabla indica los valores obtenidos.

Tabla 13. Diferencia de precio componentes substituidos

Componente	Inicial (€)	Final (€)	Diferencia (€)
Motor	82,05 €	122,23 €	40,18 €
Electrónica Control	79,14 €	121,69 €	42,55 €
Cubeta Interior	121,69 €	218,79 €	97,11 €
Total Incremento			179,83 €

Por tanto, este valor de diferencia sería el que se añadía al coste del producto inicial para determinar el coste del producto mejorado.

Se ha considerado también que el precio de las piezas de repuesto del caso mejorado sería más alto, pasando de un precio de 50 € a 60 € (incremento del 20%).

Por otra parte, respecto a las actuaciones de mantenimiento/repelación y final de vida, se considera que las modificaciones de diseño realizadas para facilitar el desmontaje del equipo implicarían una reducción del tiempo necesario de la persona que realiza la actividad. Este tiempo sería:

Tabla 14. Diferencia de horas de actuación

Actuación	Coste hora (€/h)	Inicial (h)	Mejorado (h)
Mantenimiento/repelación	50	1,5	1,0
Reciclado	30	0,5	0,3

3.2.2 Mejoras en Reparabilidad

3.2.2.1 Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad

La promoción de la reparabilidad pasa por diversas estrategias potenciales, tales como:

- facilita el diagnóstico del producto;
- accesibilidad y facilidad de desmontaje de componentes clave;
- disponibilidad de repuestos;
- actualización/actualización de componentes;
- suministro de información.

Un aspecto previo a la reparabilidad es poder realizar el diagnóstico del equipo y poder detectar el fallo y la pieza/s donde se debe centrar la reparación.

Los aspectos de diseño que pueden dificultar este diagnóstico podrían ser:

- Falta de accesibilidad a los puntos de diagnóstico, por ejemplo, que no se pueda separar el encapsulado o una geometría que no sea ergonómica (dificultando el desmontaje)
- Falta de información sobre los modos de fallo del equipo (por ejemplo, mediante códigos de error en el display o luces intermitentes, etc.)
- Falta de información sobre el desmontaje necesario para el diagnóstico y puntos de test
- Dificultad para disponer de equipos de diagnóstico o necesidad de equipos específicos para el producto
- Falta de acceso a los programas de diagnóstico del equipo o dificultad en su uso (falta de formación, etc.)

Por su parte, los aspectos de diseño que pueden dificultar la reparabilidad del equipo podrían ser:

- Dificultad de desmontaje de la pieza a reparar (por su ubicación y falta de accesibilidad, por el tipo de unión, por falta de visibilidad uniones, por el tipo de herramientas necesarias, etc.)
- Falta de información sobre las etapas de desmontaje a realizar, y sobre camino correcto para ello (secuencia de desmontaje)
- Falta de disponibilidad o precio excesivo de las piezas de recambio
- Fragilidad o tipo de uniones, que impiden o dificultan el montaje posterior
- Dificultad en la verificación de la reparación, una vez realizada la misma (por falta de acceso a los puntos de diagnóstico, etc.)

Las barreras técnicas identificadas a través de diversas fuentes bibliográficas para las lavadoras serían, entre otras:

- Para reparar lavadoras, a veces es necesario conectarlas a una computadora portátil utilizando un software de diagnóstico especial. En ocasiones, este software, la formación y la documentación técnica necesaria para diagnosticar la avería solo están disponibles para los proveedores de servicio posventa de los fabricantes, lo que dificulta las reparaciones para otros técnicos.
- El diagnóstico de fallos en las placas electrónicas a veces es problemático, especialmente si algunas placas están selladas con resina y solo se puede acceder a ellas y reemplazarlas con gran dificultad. Se debe considerar que el sellado se realiza para evitar el contacto con humedad o líquidos que pueda reducir su vida útil.
- El diseño no modular de las tarjetas electrónicas provoca que un fallo en un componente implique el cambio de toda la placa.

- Las bisagras de las puertas que están fusionadas con la lavadora o atornilladas desde el interior del aparato son difíciles de reemplazar debido a la poca accesibilidad.
- A veces es difícil reparar la araña del tambor, los sellos, los cojinetes y la carcasa del tambor, especialmente si los cojinetes se insertan en la cuba del tambor (y no son desmontables). Para reemplazarlos, también se debe reemplazar todo la tina o parte de ella, lo que aumenta en gran medida el costo de la reparación.
- Las escobillas de los motores sufren un desgaste con el tiempo, y dependiendo de su tamaño pueden requerir de su sustitución. Motores con diseños compactos y de difícil desmontaje dificultan dicha sustitución

3.2.2.2 Posibles alternativas de diseño

Las alternativas de diseño que se pueden plantar irían encaminadas a reducir las dificultades indicadas anteriores. Se pueden considerar las siguientes alternativas:

- Facilitar el diagnóstico del equipo, con métodos estándares y facilitando el acceso a los puntos de diagnóstico y al software de diagnóstico
- Facilitar el desmontaje de las piezas con mayor tasa de fallo (por ejemplo, componentes electrónicos, amortiguadores/cojinetes, rodamientos tambor, escobillas motor, mangueras, resistencia, bombas, etc.). Para ello:
 - o Facilitar el acceso a dichas piezas
 - o Emplear uniones desmontables, que puedan volverse a montar una vez realizada la operación
 - o Hacer visibles y accesibles dichas uniones
 - o Unificar el tipo de uniones
 - o Empleo de herramientas estándares para el desmontaje
- Disponibilidad de información sobre los posibles fallos del equipo, métodos de reparación, esquemas eléctricos, ubicación de las partes, etc.
- Disponibilidad de piezas de recambio, a precio asequible y con corto plazo de entrega

3.2.2.3 Implicaciones de las alternativas en el ACV y CCV

En el caso plantado, la aplicación de estas posibles estrategias de ecodiseño reduciría los tiempos de desmontaje para el mantenimiento/repación y el reciclado (ver tabla 14).

3.2.3 Mejoras en Reciclabilidad

3.2.3.1 Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad

Durante las últimas dos décadas, el reciclaje de productos relacionados con la energía se ha vuelto cada vez más desafiante, debido a ciertas tendencias de diseño de productos que ejercen presión sobre la economía del reciclaje. Estas tendencias son:

- menor uso de metales y menos metales preciosos (cobre reemplazado por aluminio como conductor eléctrico, menor contenido de oro en placas de circuito impreso, etc.) y mayor uso

- de metales para los que no existe una infraestructura económica de reciclaje posconsumo (elementos de tierras raras);
- mayor uso de plásticos, y combinaciones plásticas más complejas en un solo producto/pieza (coextrusión), y plásticos con aditivos o tratamientos superficiales adversos (retardantes de llama, rellenos, fibras, etc.);
- mayor uso de combinaciones de materiales complejos (composites, recubrimientos, nanomateriales, películas multicapa, etc.);
- una mayor diversidad de productos, combinada con la miniaturización en particular en el sector de la electrónica del hogar, dificultan la optimización del tratamiento de un flujo de residuos mixtos

En el caso de las lavadoras, se consideran RAEE al final de su vida útil, y por tanto, deben cumplir con los requisitos aplicables de acuerdo al Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo.

Dicho RD indica que *“Los productores de AEE, de sus materiales y de sus componentes, deberán diseñar y producir sus aparatos de forma que se prolongue en lo posible su vida útil, facilitando entre otras cosas, su reutilización, desmontaje y reparación. Al final de su vida útil se facilitará la preparación para la reutilización y la valorización de los RAEE, sus componentes y materiales, de manera que se evite su eliminación”*. Asimismo, indica que: *“Los productores de AEE no impedirán la reutilización de los AEE usados y la preparación para la reutilización de los RAEE mediante características de diseño específicas o procesos de fabricación específicos, salvo que dichas características o procesos de fabricación presenten grandes ventajas en materia de seguridad o para la protección del medio ambiente”*.

Por otra parte, indica qué componentes se deben separar previamente al reciclado del RAEE, que serían, en el caso de las lavadoras, de acuerdo a la plataforma I4R¹⁶:

- Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB), de conformidad con la Directiva 96/59/CE del Consejo, de 16 de septiembre de 1996, relativa a la eliminación de los policlorobifenilos y de los policloroterfenilos (PCB/ PCT)
- Condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares).
- Tarjetas de circuitos impresos para teléfonos móviles, en general, y otros dispositivos si la superficie de la tarjeta de circuitos impresos tiene más de 10 centímetros cuadrados.
- Plásticos que contengan materiales piroretardantes bromados.
- Pantallas de cristal líquido (junto con su carcasa si procede) de más de 100 centímetros cuadrados de superficie y todas las provistas de lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo.
- Cables eléctricos exteriores.

3.2.3.2 Posibles alternativas de diseño

Las alternativas de diseño propuestas para reducir los aspectos que dificultan el reciclado podrían ser:

¹⁶ <https://i4r-platform.eu/>

- Facilitar el desmontaje de las partes que requieren un tratamiento específico antes del reciclado del producto, por ejemplo, facilitando su acceso, uso de herramientas estándares, etc.
- Facilitar el desmontaje de las partes con mayor potencial de reciclado
- Evitar la mezcla de materiales incompatibles para el reciclado, en especial en aquellas partes con mayor potencial de reciclado (piezas de gran peso, fácilmente accesibles, etc.). En el caso de ser imprescindible esta mezcla, facilitar su separación previa o durante el reciclado (diferente densidad, etc.)
- Evitar los rellenos, recubrimientos o etiquetado de partes plásticas que dificulten su reciclado
- Marcado de las partes plásticas (tipo de plástico), en lugar visible
- Información sobre los materiales contenidos en el producto con mayor potencial de reciclado, y su ubicación

3.2.3.3 Implicaciones de las alternativas en el ACV y CCV

Se considera que las mejoras de diseño en la reciclabilidad facilitarían el desmontaje y la identificación y la separación de los componentes a reciclar, reduciendo el tiempo necesario para dicha separación y aumentando la cantidad de material a reciclar.

Se considera que con dichas medidas se alcanzaría el objetivo de reciclado/preparación para la reutilización y de valorización indicado en el RD de RAEEs. Por tanto, el escenario de fin de vida quedaría.

Tabla 15. Escenario de fin de vida para los productos

Escenario	Inicial	Mejorado
Reutilización	1,5%	3,0%
Reciclado	77,0%	79,0%
Recuperación energética	2,0%	3,0%
Vertedero	19,5%	15,0%
Total	100,0%	100,0%

3.3 DEFINICIÓN DEL CASO MEJORADO

3.3.1 Cambios en el BOM

En el apartado anterior (4.1.3) se han indicado las modificaciones a realizar en el BOM del caso mejorado. Con dichos cambios, el listado de materiales quedaría como indica la tabla siguiente:

Tabla 16. Listado de Materiales (BOM) del producto mejorado

Componente	Material	PESO (kg)
Cabina	Acero	18,00
Tambor interno	Acero	8,00
Tambor externo	Acero inoxidable	12,00
Motor	Acero	3,40
	Hierro	1,45
	Aluminio	2,99
	Cobre	0,75
Electrónica	Circuito impreso	0,51
	Componentes electrónicos	0,58
	Aluminio (disipadores)	0,44
Puerta	Vidrio	1,80
Cables	varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
	PVC	1,03
	Goma	0,88
	ABS	1,80
Contrapeso	Cemento	18,68
Embalaje	Papel	0,15
	PE	0,20
	PS	0,50
	PA-Nylon	0,10
	Cartón	1,30
TOTAL Con embalaje		83,49
TOTAL Sin embalaje		81,24

3.3.2 Cambios en otros aspectos del ciclo de vida

Las fases que se verían también afectadas por la implantación de las mejoras de diseño propuestas serían:

- Fase de distribución

El aumento de peso del equipo (83,49 kg en frente de 81,47 kg) hace que se tenga que revisar esta fase. Los nuevos valores se indican a continuación.

Tabla 17. Distancias de transporte consideradas producto mejorado

Tipo	Distancia (km)	%	tkm
Tren	1.000	50%	41,74
Barco	12.000	45%	450,82
Avión	10.000	5%	41,74
Camión grande	500	100%	41,74
Camión mediano	200	100%	16,70

- Fase de final de vida

Como se ha indicado anteriormente, el escenario de fin de vida cambia (al ser la composición del equipo diferente) y por los nuevos porcentajes de reciclado conseguidos por las actuaciones de mejora de reciclabilidad.

El nuevo escenario se indica en la Tabla 15.

3.3.2.1 Evaluación de impactos

Como en el caso del producto inicial, la evaluación de impacto se ha realizado utilizando el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), versión 1.04, incluido en la herramienta Simapro, que sería el método por defecto de ReCiPe.

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican en la tabla siguiente.

Tabla 18. Resultados de impacto para el producto mejorado (valor absoluto)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	364,79	36,88	72,51	37,76	37,52	167,19	8,12	4,81
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000140	0,000022	0,000011	0,000010	0,000021	0,000056	0,000008	0,000011
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	20,40	3,53	2,35	4,72	1,29	8,01	0,31	0,19
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,99	0,11	0,16	0,07	0,14	0,45	0,05	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,10	0,10	0,13	0,04	0,20	0,55	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,01	0,11	0,16	0,07	0,14	0,46	0,05	0,01
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,22	0,22	0,29	0,11	0,45	0,95	0,20	0,01
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,265	0,047	0,012	0,011	0,061	0,103	0,029	0,001
Eutrofización marina	kg N eq	0,01959	0,00215	0,00342	0,00113	0,00198	0,00982	0,00072	0,00036
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	10977,57	923,49	584,11	55,91	2834,34	5227,58	1345,69	6,46
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	158,72	22,76	2,45	1,17	53,84	54,05	24,36	0,09
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	202,52	29,59	3,37	1,53	67,61	69,54	30,77	0,12
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	70,34	3,42	5,97	0,99	14,21	44,08	1,57	0,10
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	1994,87	327,74	47,24	24,08	567,56	726,31	299,77	2,17
Uso del suelo	m2a crop eq	10,31	1,24	0,97	1,11	1,13	4,58	0,44	0,84
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	17,83	1,34	1,62	0,16	3,47	10,70	0,53	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	96,10	9,28	14,57	22,02	8,48	37,82	2,02	1,92
Consumo de agua	m3	2,86	0,36	0,43	0,63	0,31	0,98	0,09	0,07

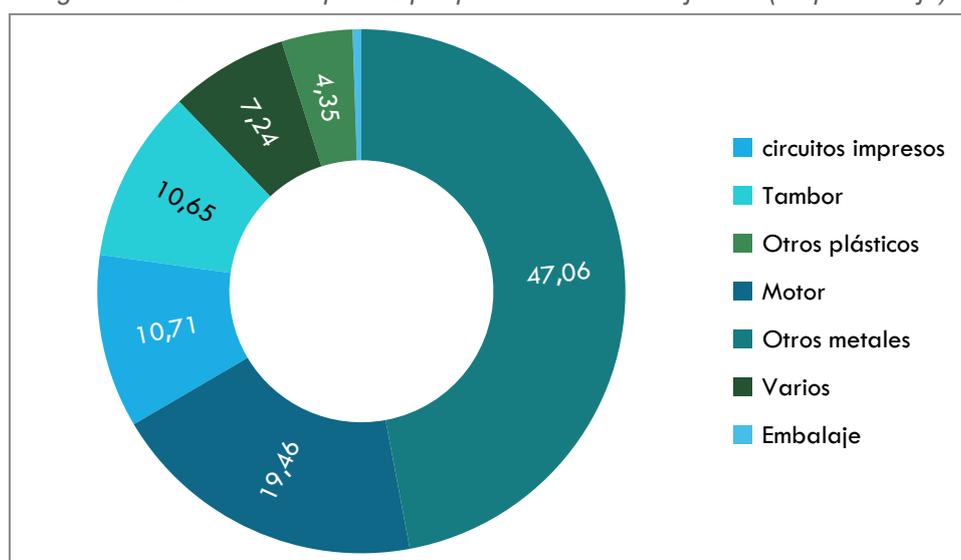
Tabla 19. Resultados de impacto para el producto mejorado (porcentajes)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Circuitos impresos	Tambor	Otros Plásticos	Motor	Otros Metales	Varios	Embalaje
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	10,11	19,88	10,35	10,29	45,83	2,22	1,32
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	15,94	7,96	7,44	15,23	39,93	5,55	7,95
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	17,29	11,51	23,16	6,32	39,25	1,53	0,94
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	10,93	16,29	6,79	14,25	45,85	4,86	1,02
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	9,25	11,84	3,51	18,43	50,04	6,49	0,44
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	10,92	16,08	7,12	14,20	45,80	4,84	1,04
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	9,73	13,04	4,74	20,29	42,54	9,07	0,60
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	17,71	4,47	4,25	23,19	38,96	11,08	0,34
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	10,98	17,47	5,77	10,13	50,11	3,68	1,86
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	8,41	5,32	0,51	25,82	47,62	12,26	0,06
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	14,34	1,54	0,74	33,92	34,05	15,35	0,06
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	14,61	1,66	0,75	33,38	34,34	15,19	0,06
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	4,86	8,48	1,41	20,21	62,66	2,23	0,15
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	16,43	2,37	1,21	28,45	36,41	15,03	0,11
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	12,00	9,39	10,77	10,93	44,46	4,31	8,15
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	7,53	9,07	0,92	19,47	59,99	2,98	0,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	9,65	15,16	22,92	8,82	39,35	2,10	2,00
Consumo de agua	m3	100,00	12,52	14,92	22,04	10,70	34,20	3,23	2,41

Como se puede apreciar, para el producto mejorado, las partes metálicas son las que tienen mayor contribución en la mayoría de los impactos. Le siguen en importancia el tambor, el motor, los circuitos impresos y las partes plásticas. La parte de varios (que incluye el vidrio, cemento y cables) y la parte de embalaje serían los de menor impacto.

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes serían:

Figura 4. Distribución impactos por partes lavadora mejorada (en porcentaje)



Considerando todo el ciclo de vida indicado en el apartado de alcance y límites de sistema, el resultado sería el indicado en la tabla siguiente.

Tabla 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto mejorado (absoluto)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	411,82	364,79	40,17	6,85
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00017	0,00014	0,00002	0,000005
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	21,37	20,40	0,95	0,02
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,22	0,99	0,24	0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,17	1,10	0,07	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,25	1,01	0,24	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,41	2,22	0,19	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,2677	0,2648	0,0027	0,0002
Eutrofización marina	kg N eq	0,0199	0,0196	0,0002	0,0001
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	11255,74	10977,57	273,63	4,54
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	165,89	158,72	0,68	6,50
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	211,66	202,52	1,03	8,11
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	71,32	70,34	0,75	0,23

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2041,23	1994,87	20,17	26,19
Uso del suelo	m2a crop eq	11,07	10,31	0,72	0,04
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	17,95	17,83	0,11	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	109,30	96,10	13,06	0,14
Consumo de agua	m3	2,92	2,86	0,05	0,01

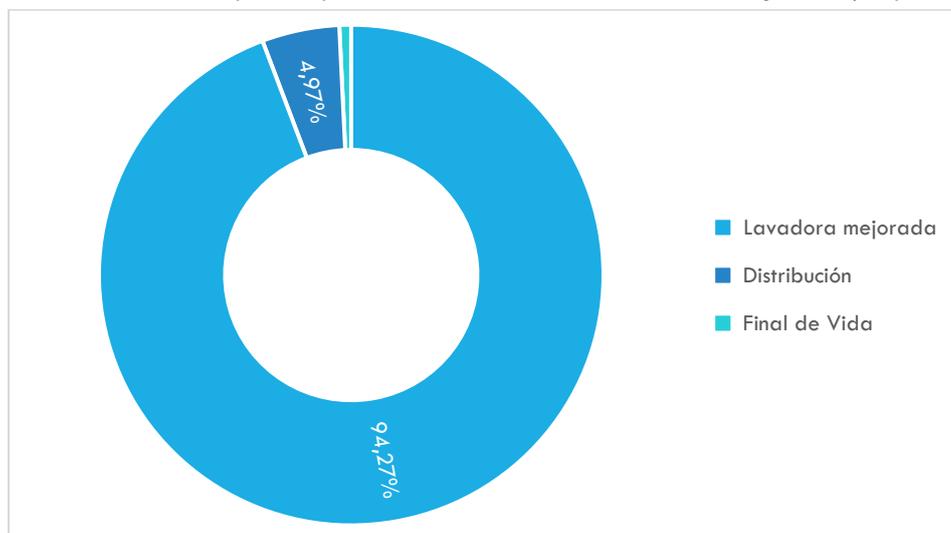
Tabla 21. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto mejorado (porcentajes)

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lavadora Inicial	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	100,00	88,58	9,76	1,66
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	100,00	85,08	12,03	2,89
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	100,00	95,47	4,44	0,10
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	100,00	80,50	19,22	0,28
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	100,00	94,23	5,70	0,08
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	100,00	80,67	19,05	0,27
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	100,00	92,11	7,80	0,09
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	100,00	98,93	1,00	0,07
Eutrofización marina	kg N eq	100,00	98,39	1,11	0,50
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	100,00	97,53	2,43	0,04
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	100,00	95,67	0,41	3,92
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	100,00	95,68	0,49	3,83
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	98,63	1,06	0,32
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	100,00	97,73	0,99	1,28
Uso del suelo	m2a crop eq	100,00	93,12	6,49	0,39
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	100,00	99,37	0,62	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	100,00	87,93	11,95	0,12
Consumo de agua	m3	100,00	97,85	1,87	0,27

Como se puede apreciar, el impacto de la fase de distribución y de final de vida sigue siendo muy inferior al impacto propio del equipo.

Considerando el método de ReCiPe end-point (H), que pondera los diferentes impactos en un indicador único, los resultados en porcentajes, para cada fase de ciclo de vida, serían:

Figura 5. Distribución impactos por fase de ciclo de vida lavadora mejorada (en porcentaje)



3.3.2.2 Interpretación de los resultados

El análisis realizado del producto mejorado pone de manifiesto que la fase de fabricación del equipo es la más significativa (entre el 80 y el 99% en función del impacto considerado). En este punto es preciso remarcar que la fase de uso no se ha evaluado al considerarse equivalente en ambos equipos.

La fase de distribución representa entre el 0,5 y el 19% y el embalaje tiene una menor importancia, entre el 0,05 y el 4,5% en función de la categoría de impacto considerada.

Analizando el equipo únicamente, las partes que contribuyen más son las partes metálicas (chapa exterior, etc.), que representan sobre el 47% del impacto total del producto. Le siguen en importancia el motor (sobre el 19%), los circuitos impresos (sobre el 11%), ganando en importancia el tambor de acero inoxidable (sobre el 11%), varios (sobre 7%), y las partes plásticas (sobre el 4%). El embalaje representa el menor impacto (menos del 1%).

3.3.3 Definición costes asociados al caso MEJORADO (ACCV)

En este apartado se describe el análisis de costes de ciclo de vida realizado para el caso mejorado. Los datos de partida considerados para el caso mejorado, el año de aplicación, la tasa de descuento y la tasa de incremento serían las siguientes:

Tabla 22. Datos de partida para el caso mejorado considerados en el ACCV

Tipo de coste	Unidad	Cantidad de referencia	Precio actual (€/unidad)	Año de coste (cantidad necesaria)	Tasa de descuento (%)	Tasa de apreciación (%)
Lavadora mejorada	unidad	1	530 €	0 (100%)	2%	3%
Mantenimiento y/o reparación (operario)	hora	1	50€	7 (100%)	2%	1%
Mantenimiento y/o reparación (piezas de recambio)	unidad	1	60€	7 (100%)	2%	3%
Final de vida (desmontaje)	hora	0,3	30€	13 (100%)	2%	1%
Final de vida (reutilización motor)	kg	8,59	-0,22 €	13 (100%)	2%	3%
Final de vida (reciclado operación)	kg	81,24	0,12€	13 (100%)	2%	3%
Final de vida (reciclado circuitos electrónicos)	kg	1,52	-1,1 €	13 (100%)	2%	3%
Final de vida (reciclado acero inoxidable tambor)	kg	12,0	-0,83 €	13 (100%)	2%	3%
Vertedero	kg	15,45	0,0471€	13 (100%)	2%	6%
Incineración	kg	1,58	0,0236 €	13 (100%)	2%	6%

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones en el caso mejorado:

- Siguiendo con el criterio empleado en el ACV, se requeriría 1 equipo para cubrir la misma unidad funcional que el caso inicial.
- Se considera que el mantenimiento/reparación del equipo se realizaría en el año 7.
- De forma similar, para el final de vida del equipo completo se considera el año 13.
- Se considera en la reutilización el motor, en este caso al ser mejorado, de mayor peso
- Los porcentajes de reciclado, valorización y vertedero serán los usados en el ACV para el caso mejorado (ver Tabla 15).
- La tasa de descuento y de apreciación serían las mismas que para el caso inicial.
- Los costes de reciclado, valorización y vertido se han extraído de fuentes bibliográficas, y serían los mismos que en caso inicial, sólo que variando los materiales recuperados (en este caso cambio de PP por acero inoxidable, debido al cambio de material del tambor)
- Se ha considerado los siguientes tiempos de personal.
 - o Mantenimiento/reparación: 1,0 h
 - o Desmontaje lavadora en reciclador: 0,3 h

La fórmula aplicada para calcular el valor actual de estos costes sería igualmente:

$$\left[\frac{1 + e}{1 + i} \right]^n$$

Donde (e) sería la tasa de escalamiento, (i) la tasa de descuento y (n) el año de estudio.

Esta fórmula, aplicada al coste actual, permite hacer la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (Valor Actual Neto).

Los resultados obtenidos para cada tipo de costes, en el caso del producto mejorado, serían:

Tabla 23. Resultados costes actuales y valor actual para el caso mejorado

Fase Ciclo de Vida	Tipos de Coste	Mejorado	Mejorado Corregido
		Coste Actual (€)	Valor Actual Neto (€)
Fabricación	Coste equipo (en punto de venta)	529,83 €	529,83 €
Uso	Mantenimiento/repación (horas)	50,00 €	46,67 €
	Mantenimiento/repación (piezas)	60,00 €	64,24 €
Final de vida	Recogida (sin cambios)	idem	idem
	Desmontaje (horas)	9,00 €	7,92 €
	Retorno desmontaje (reuso)	-1,89 €	-2,15 €
	Coste reciclado	9,75 €	11,07 €
	Retorno reciclado (Circuitos y acero inoxidable)	-11,63 €	-13,20 €
	Coste vertedero	0,57 €	0,95 €
	Coste incineración	0,06 €	0,09 €
	TOTAL		645,41 €

3.4 COMPARATIVA CASO BASE VS. CASO MEJORADO

La comparativa de ambos productos se debe realizar sobre la misma unidad funcional (2.880 ciclos de lavado). Considerando la durabilidad del equipo inicial (2.200 ciclos) y del equipo mejorado (2.880 ciclos de lavado), se desprende que son necesarios 1,3 equipos iniciales para conseguir la misma función.

3.4.1 Resultados comparativos de ACV

La siguiente tabla resume la comparativa de los impactos ambientales entre el producto inicial (considerando 1,3 unidades para cubrir la unidad funcional) y el producto mejorado.

Tabla 24. Resultados de la comparativa de impactos entre los productos

Categoría de impacto	Unidad	Lavadora Inicial (x1,3)	Lavadora mejorada	Diferencia
Cambio climático	kg CO2 eq	480,75	411,82	-68,93
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00021	0,00017	-0,000042
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	30,35	21,37	-8,99
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,45	1,22	-0,22
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,39	1,17	-0,22
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,49	1,25	-0,24
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,82	2,41	-0,41
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,3397	0,2677	-0,072

Categoría de impacto	Unidad	Lavadora Inicial (x1,3)	Lavadora mejorada	Diferencia
Eutrofización marina	kg N eq	0,0224	0,0199	-0,003
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	13507,78	11255,74	-2252,04
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	201,11	165,89	-35,22
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	256,53	211,66	-44,86
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	85,44	71,32	-14,12
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2508,37	2041,23	-467,14
Uso del suelo	m2a crop eq	14,37	11,07	-3,30
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	20,98	17,95	-3,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	144,50	109,30	-35,21
Consumo de agua	m3	3,69	2,92	-0,77

Como se puede apreciar, en todas las categorías de impacto existe una reducción al alargar la vida útil del producto.

La siguiente tabla resume la comparativa considerando las diferencias para cada fase del ciclo de vida.

Tabla 25. Resultados de impacto comparativo entre productos en su ciclo de vida

Categoría Impacto	Unidad	Diferencias			
		Total	Lavadora	Distribución	Final de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	-68,93	-59,27	-10,79	1,12
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	-0,000042	-0,000037	-0,000005	0,000001
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	-8,99	-8,74	-0,25	0,00
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	-0,22	-0,16	-0,06	0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	-0,22	-0,21	-0,02	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	-0,24	-0,17	-0,06	0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	-0,41	-0,36	-0,05	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	-0,072	-0,071	-0,001	0,000
Eutrofización marina	kg N eq	-0,003	-0,002	0,000	0,000
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	-2252,04	-2179,54	-73,41	0,92
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	-35,22	-36,01	-0,18	0,97
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	-44,86	-45,76	-0,28	1,18
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-14,12	-13,93	-0,20	0,01
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-467,14	-457,40	-5,41	-4,33
Uso del suelo	m2a crop eq	-3,30	-3,09	-0,19	-0,02
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	-3,03	-3,00	-0,03	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	-35,21	-31,68	-3,50	-0,03
Consumo de agua	m3	-0,77	-0,76	-0,01	0,00

Como se puede apreciar, en todos los casos el producto mejorado tiene un menor impacto que el equivalente el producto (equivalente en la unidad funcional), salvo en algunos casos del final de vida.

Considerando las limitaciones de las hipótesis realizadas, estos valores justificarían las modificaciones de diseño propuestas desde un punto de vista medioambiental.

Si se analizan los resultados en indicador único (ReCiPe end-point), se puede apreciar también la diferencia.

Tabla 26. Resultados de impacto comparativo entre productos (valor único)

	Unidad	Total	Lavadora	Distribución	Final de vida
Lavadora mejorada	Pt	32,337	30,485	1,607	0,245
Lavadora inicial (1,3 unidades)	Pt	38,728	36,446	2,039	0,242
Diferencia (absoluto)	Pt	-6,391	-5,962	-0,432	0,003
Diferencia (porcentaje)	%	-19,76%	-19,56%	-26,89%	1,27%

Como se puede apreciar, se consigue un grado de mejora significativo, a excepción del final de vida. Como se ha comentado, esto se debe al método seleccionado (cut-off) que asigna un impacto a los procesos de reciclado y un impacto nulo a los materiales de salida (no valor negativo).

3.4.2 Resultados comparativos de ACCV

La siguiente tabla resume la comparativa de costes entre el producto inicial y el mejorado.

Tabla 27. Resultados de costes comparativo entre productos en su ciclo de vida

Fase Ciclo de Vida	Tipos de Coste	Inicial	Mejorado	Diferencia
		VAN (€)	VAN (€)	VAN (€)
Fabricación	Coste equipo (en punto de venta)	465,76 €	529,83 €	64,07 €
Uso	Mantenimiento/repación (horas)	89,60 €	46,67 €	-42,94 €
	Mantenimiento/repación (piezas)	70,73 €	64,24 €	-6,49 €
Final de vida	Recogida (sin cambios)	idem	idem	0,00 €
	Desmontaje (horas)	17,29 €	7,92 €	-9,37 €
	Retorno desmontaje (reuso)	-2,66 €	-2,15 €	0,52 €
	Coste reciclado	13,95 €	11,07 €	-2,88 €
	Retorno reciclado (Circuitos y acero inoxidable)	-3,39 €	-13,20 €	-9,81 €
	Coste vertedero	1,54 €	0,95 €	-0,59 €
	Coste incineración	0,08 €	0,09 €	0,02 €
	TOTAL	652,89 €	645,41 €	-7,47 €

Como se puede apreciar, y teniendo en cuenta las hipótesis y suposiciones de cálculo realizadas, el VAN del producto mejorado estaría por debajo del VAN del producto inicial, cubriendo la misma Unidad Funcional, en casi 7,5 €.

Estas diferencias tienen su motivo principal en la necesidad de realizar costes adicionales a largo plazo (14, 20 años), debido a la necesidad de cubrir una parte proporcional de un nuevo equipo.

3.4.3 Interpretación de los resultados

De forma genérica, se puede considerar que, tanto desde el punto de vista ambiental, como económico, resulta en principio recomendable el alargar la vida útil del equipo.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que para la realización de este estudio comparativo se han realizado una serie de hipótesis y suposiciones de cálculo, así como el uso de datos bibliográficos, que en un caso real deberían confirmarse y validar en mayor detalle su calidad.

En todo caso, este caso ejemplo pretende ilustrar una metodología de evaluación comparativa, que se podría aplicarse en casos reales si se dispone de información fidedigna.

3.5 CONCLUSIONES

En el presente apartado se ha realizado un estudio comparativo entre una lavadora base y una mejorada por lo que se refiere a aspectos de uso eficiente de materiales (durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad).

Dicho estudio ha demostrado la viabilidad de la metodología propuesta y presenta unos resultados comparativos desde el punto de vista ambiental y económico, considerando todo el ciclo de vida del producto.

En ambos casos, el alargamiento de la vida útil del producto (paso de 10 años a 13 años) y las posibles mejoras de diseño que faciliten la reparación y el reciclado, presentan un beneficio ambiental y económico.

Sin embargo, dichas conclusiones están limitadas por el alcance del estudio, en especial en los siguientes aspectos:

- Limitaciones propias del estudio, en especial asociadas al uso de fuentes bibliográficas en lugar de datos directos de fabricantes.
- Se trata de un estudio comparativo, y por tanto los aspectos similares para ambos productos no están cubiertos en los ACV y ACCV realizados (por ejemplo, consumo energético, etc.). Esto limita la comparativa con otros estudios similares.
- Las opciones de diseño implementadas no se han contrastado con fabricantes, y se ha estimado el grado de beneficio que aportan respecto al incremento de durabilidad del producto. Existe la posibilidad que una implantación real de dichas opciones no conduzca directamente al aumento de vida esperado.
- Pueden existir otros aspectos de diseño que alarguen la vida útil del producto, no cubiertos por el estudio (por ejemplo, mejora anticorrosión de las partes metálicas como la carcasa, mejora calidad materiales en componentes críticos, etc.), y que puedan tener un efecto significativo en el alargamiento de su vida útil.

A pesar de dichas limitaciones, el objetivo último del estudio, que era demostrar la viabilidad del método propuesto, se ha conseguido. En futuros proyectos podrían variar las fuentes de información y la calidad de los datos (consulta directa fabricantes, recicladores, etc.), pero los pasos a seguir deberían ser similares a los propuestos en este estudio.

4 ESTUDIO DE DURABILIDAD

4.1 INTRODUCCIÓN

Esta sección pretende realizar un estudio detallado de dicha familia de producto desde una perspectiva de durabilidad del producto.

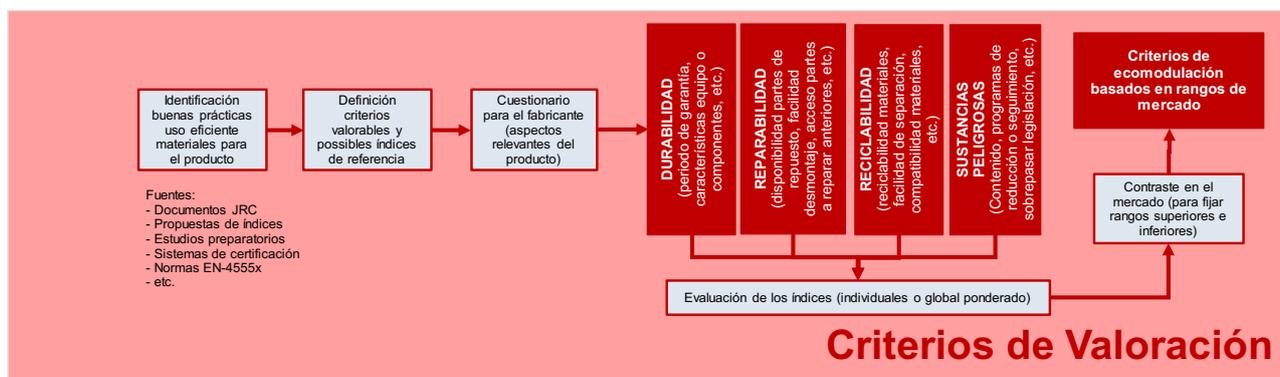
Tal como indica la metodología propuesta por IHOBE, con anterioridad se ha realizado un estudio comparativo de Análisis de Ciclo de Vida y Análisis de Costes de Ciclo de vida, comparando dos modelos de lavadora (uno base y otro mejorado, donde se han realizado modificaciones que alargan la vida útil del producto y facilitan su reparabilidad y reciclabilidad).

4.2 OBJETIVO

El objetivo de esta sección es analizar los aspectos más relevantes asociados a la durabilidad del producto, intentando seguir la metodología propuesta en el estudio por parte de IHOBE.

La Figura 1 representa las etapas propuestas, estando este informe centrado sobre todo en los aspectos de durabilidad. Sin embargo, también cubre algunos aspectos de reparabilidad, dada su influencia en la durabilidad del producto.

Figura 6. Metodología propuesta para la definición de criterios de valoración



Dado el alcance del presente proyecto, se realizará un planteamiento general de diferentes aspectos a modo de ejemplo, sin entrar en el detalle que sería requerido en un estudio en profundidad.

Por tanto, el presente documento se debe entender como una guía de cómo plantear esta aproximación, más que una aplicación detallada y exhaustiva de la misma.

Los datos incluidos en el estudio provienen de una revisión bibliográfica de diferente documentación. En el caso de una aplicación detallada, se debería contar con información directa del mercado, a través de fabricantes, reparadores, etc.

El objetivo último es poder definir una serie de criterios cuantificables, que permitan valorar la durabilidad potencial del producto.

4.3 EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DEL PRODUCTO

4.3.1 Introducción

Se recomienda que la evaluación de la durabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma:

UNE-EN 45552:2021.- Método general para la evaluación de la durabilidad de los productos relacionados con la energía.

Esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

De acuerdo a dicha norma, se entiende por **durabilidad** de una parte o de un producto, la facilidad de que funcione como se exige, bajo condiciones de uso, mantenimiento y reparación definidas hasta que se alcance un estado limitante. Esta durabilidad se puede expresar en unidades adecuadas a la parte o al producto analizado, como por ejemplo, tiempo de calendario, ciclos operativos, distancia recorrida, etc. Dichas unidades deben estar siempre claramente definidas.

Se entiende por **fiabilidad** de una parte o de un producto, la probabilidad de que funcione de la forma necesaria bajo unas condiciones determinadas, incluyendo el mantenimiento, durante una duración específica sin un acontecimiento limitante.

Se entiende por **acontecimiento limitante** un hecho que resulta en una función primaria o secundaria que deja de desempeñarse, por ejemplo fallo por desgaste, etc.

Se entiende por **estado limitante** la condición tras un o más acontecimientos limitantes. Dicho estado puede cambiarse a un estado funcional por medio de mantenimiento o reparación. En caso de que ese mantenimiento o reparación ya no estén disponibles, un estado limitante puede cambiar el estado de final de vida.

Adicionalmente a dicha norma, se han considerado una serie de documentación de referencia que se indica en el apartado de bibliografía. Estas referencias bibliográficas han permitido tener una visión general de aspectos de durabilidad y reparabilidad del producto. Como se ha comentado, en un estudio en detalle se deberían considerar datos reales de los productos actualmente en el mercado.

4.3.2 Método de cálculo propuesto por la norma EN 45552.

Los pasos a seguir para poder evaluar el potencial de durabilidad/fiabilidad del producto de acuerdo a la norma UNE-EN 45552:2021 serían:

1. **Definición del producto** mediante:
 - a) **Análisis funcional.** Proceso que resulta en una descripción exhaustiva de las funciones y sus relaciones, que se caracterizan y clasifican sistemáticamente, de acuerdo a la EN 12973:2000, A.1.2 o equivalente.
 - b) **Condiciones ambientales y de operación normales** dadas, como un conjunto de parámetros que reflejan los patrones de uso esperados del producto o grupo de productos.

- c) Información adicional. Se pueden considerar diferentes fuentes de información relacionada con eventos limitantes, etc. La información será representativa en términos de cobertura geográfica, temporal y tecnológica.
2. El **análisis de fiabilidad** según EN 62308 o equivalente tendrá en cuenta cada función seleccionada en el análisis funcional. El análisis vincula funciones a modos de fallo, ubicaciones de fallo y mecanismos de fallo. El resultado del análisis puede expresarse, por ejemplo, como la probabilidad de fallo o supervivencia o tiempo hasta fallo (TTF), a determinar por el usuario. Le seguirá un análisis de las partes donde ocurren los fallos respectivos, lo que conduce a una lista clasificada de las partes. Los resultados se utilizarán para identificar o desarrollar un método de evaluación de la fiabilidad, considerando las partes prioritarias, basándose en lo posible en normas existentes.
3. El método de **análisis de durabilidad** debe incluir los requisitos según EN 62308: 2006, 9.3 o equivalente. Los pasos serían:
- identificar las condiciones ambientales y operativas aplicables y elementos de estrés relacionados;
 - identificar funciones;
 - identificar la magnitud y la ubicación de los elementos de estrés;
 - identificar posibles sitios, mecanismos y modos de fallo (de acuerdo a EN 60812 o equivalente);
 - identificar la durabilidad utilizando los modelos de daño apropiados y factores de aceleración, basándose en lo posible en normas existentes. Cuando se puedan realizar pruebas aceleradas, se aplicará la norma EN 62506. El método de evaluación seleccionado puede ser diferente al evaluar el producto completo o partes específicas; También puede ser diferente según el estrés con el que se evalúa el producto o la pieza. El usuario debe diferenciar cuando la durabilidad solo se enfoca en el envejecimiento, la fatiga y el desgaste debido a las condiciones ambientales y de operación, o cuando la evaluación de la durabilidad también considera acciones de mantenimiento y reparación, hasta la transición desde el estado limitante al escenario de final de vida

Dada la complejidad de realizar dicho estudio completo, siguiendo las normas indicadas, y debido a las limitaciones de este estudio, se hará una primera aproximación a la evaluación de la durabilidad/fiabilidad del producto, pero no se puede entender como un estudio completo, dado que éste sobrepasaría el alcance previsto del proyecto (pruebas aceleradas, etc.).

Los pasos que se desarrollarán en este estudio de durabilidad/fiabilidad simplificado serían

- Identificación de las condiciones de operación del equipo y posibles elementos de estrés
- Análisis inicial de la funcionalidad del equipo
- Identificación preliminar de posibles mecanismos o modos de fallos, y componente asociado al equipo
- Posibles métodos acelerados para evaluar la durabilidad
- Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la durabilidad del equipo

En los apartados siguientes se detallan los diferentes pasos y la información asociada.

4.3.3 Estudio preliminar de durabilidad de una lavadora

A continuación se realiza una primera aproximación de cómo se podría enfocar un estudio de durabilidad de una lavadora siguiendo la norma indicada. Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que se debería contrastar con el mercado y con los fabricantes.

Asimismo, como ya se ha comentado, no se ha desarrollado la norma específicamente para lavadoras

4.3.3.1 Identificación de las condiciones de operación y elementos de estrés

En este apartado se deben identificar las condiciones de operación del equipo. En la Tabla siguiente se indican algunas a modo de ejemplo.

Tabla 28. Condiciones de operación del equipo

Condición	Tipo	Rango	Comentario
Temperatura de uso	Ambiental	0 °C y +40°C.	El frío o el calor extremo pueden dañar el equipo o los accesorios. Asimismo, las bajas temperaturas pueden producir la congelación del agua, impidiendo el buen funcionamiento del equipo
Temperatura de almacenamiento	Ambiental	-10 °C y +50 °C	El frío o el calor extremo pueden dañar el equipo o los accesorios.
Humedad	Ambiental	Menos de 85% humedad relativa	Entornos con una humedad alta puede dañar el equipo o los componentes, especialmente los eléctricos/electrónicos
Estanqueidad	Ambiental	Sin requerimientos respecto resistencia a líquidos o polvo	No diseñado de forma estanca, por lo que el contacto con líquidos o partículas sólidas puede dañar el equipo, especialmente los eléctricos/electrónicos
Entorno	Ambiental	Uso doméstico en interiores	No diseñado para soportar ambientes industriales (polvo, contaminantes ambientales, ambientes inflamables, etc.) o de exteriores (lugares húmedos o expuesto directamente al sol)
Horas de funcionamiento	Operación	Según programas y uso del equipo	Se estiman en el estudio 220 ciclos al año, con una duración media de ciclo de 1,5 horas
Alimentación eléctrica	Operación	Tensión nominal 220 - 240 V Frecuencia nominal 50 Hz	Una corriente superior puede dañar el equipo. Una corriente inferior producirá un mal funcionamiento del equipo
Alimentación de agua	Operación	Presión del agua de 0,1 a 1,0 MPa. Caudal del agua superior a 5 L/min.	Una presión de entrada superior puede dañar el equipo. Una presión o caudal inferior producirá un mal funcionamiento del equipo

Condición	Tipo	Rango	Comentario
Campos electromagnéticos	Operación	Valores según normas EN 55014 y EN 61000	Puede sufrir interferencias de equipos eléctricos como hornos microondas, cargadores batería, etc.

Basándose en la tabla anterior, a continuación se listan algunas posibles **condiciones de estrés** identificadas para el equipo:

Tabla 29. Condiciones de estrés del equipo

Fuente de estrés	Tipo	Rango	Comentario
Alta temperatura	Ambiental	Superior a +40°C.	Puede dañar el equipo por sobrecalentamiento. Puede provocarse por unas condiciones ambientales de temperaturas altas o exposición directa al sol
Baja temperatura	Ambiental	Inferior a 0°C	Puede hacer que el equipo no opere correctamente, al producir la congelación del agua
Alta humedad	Ambiental	Superior a 85% HR	Puede provocar el fallo de algún componente electrónico interno por condensación de la humedad
Contacto con líquidos	Ambiental	-	El contacto con vertido externo de líquidos puede dañar los circuitos internos, provocando cortocircuito
Golpes	Mecánico	.	Golpes externos pueden dañar los materiales exteriores y provocar que ciertos componentes internos se separen o desuelden
Vibraciones	Mecánico	-	Las vibraciones externas o las provocadas por el propio equipo pueden provocar que ciertas partes se desajusten o se desuelden, provocando el mal funcionamiento del equipo
Sobretensiones	Eléctrico	-	Una sobretensión puede provocar daños en el equipo, que puede ser producida por fallo eléctrico de la instalación o por fallo de algún componente (fusible, etc.).
Campos electromagnéticos	Eléctrico	-	La exposición a campos electromagnéticos puede provocar el mal funcionamiento de los componentes electrónicos del equipo
Sobrecalentamiento	Térmico	-	La falta de disipación térmica o el mal control de la temperatura puede producir el sobrecalentamiento de algún componente y provocar su fallo (por ejemplo, circuitos electrónicos, motores, etc.)

4.3.3.2 Análisis inicial de la funcionalidad del equipo

La **función principal** del equipo es la limpieza de ropa sucia mediante mecanismos físicos (térmicos y mecánicos), químicos (agua, detergente, etc.) y tiempo, así como su enjuague y extracción de humedad por centrifugado.

Esta función principal se consigue mediante **funciones secundarias**, como podrían ser:

- Gestión de la temperatura de lavado
- Gestión del movimiento mecánico del tambor
- Gestión del aporte de agua
- Gestión del aporte de detergente y suavizante
- Gestión del tiempo de operación
- Gestión de la información al usuario (pantalla, códigos de error, etc.)
- Mecanismos de seguridad y autodiagnóstico

Estas funciones secundarias se proporcionan a través de sistemas de control electrónico y componentes electromecánicos (motor, bomba, resistencia, tambor, panel de control, etc.).

La combinación de dichas funciones secundarias permite al usuario el uso de diferentes programas de lavado, en función del tipo de ropa, etc.

4.3.3.3 Identificación mecanismos o modos de fallos, y componentes

El objetivo de este apartado es realizar una identificación inicial de los posibles mecanismos o modos de fallos y el componente/s asociado/s al equipo que lo puede provocar.

La tabla siguiente resume dicha identificación preliminar a modo de ejemplo. No pretende ser un análisis completo como indica la norma de referencia EN 60812, ya que dicho estudio está fuera del alcance de este proyecto.

Tabla 30. Posibles mecanismos y modos de fallo identificados en el equipo

Función afectada	Tipo	Modo de fallo	Mecanismo de fallo	Componente asociado
Temperatura de lavado	Secundaria	No se alcanza la temperatura deseada	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Resistencia dañada o con calcificación	Resistencia
			Fallo del termostato	Termostato
			En el caso de lavadoras con entrada directa de agua caliente, fallo de la misma (bloqueo entrada, fallo fuente externa de calentamiento, etc.)	Aporte agua caliente
Movimiento mecánico del tambor	Secundaria	El tambor no gira	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Fallo del motor (escobillas gastadas, fallo condensador, etc.)	Motor
			Fallo en los rodamientos o correa transmisión con el motor	Rodamientos / Correa transmisión
			Desequilibrado del tambor por fallo amortiguadores, etc.	Amortiguadores/cojinetes

Función afectada	Tipo	Modo de fallo	Mecanismo de fallo	Componente asociado
Aporte de agua	Secundaria	No entra agua	Falta de aporte externo de agua	Red externa de agua
			Obstrucción entrada de agua	Filtro de entrada o grifo de aporte
			Rotura o bloqueo manguera entrada	Manguera entrada agua
			Mal funcionamiento electroválvula reguladora, por bloqueo o daño	Electroválvula entrada agua
			Fallo del presostato	Presostato
			Fallo del controlador	Placa electrónica
Aporte de detergente y suavizante	Secundaria	Aporte inadecuado de detergente	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Bloqueo del dispensador por objetos o suciedad	Dispensador detergente
Tiempo de operación	Secundaria	Tiempo de operación inadecuado	Fallo del controlador	Placa electrónica
Información al usuario	Secundaria	Incorrecta información al usuario	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Pantalla inoperativa por daño o rotura	Display
			Mala conexión	Cables y conectores
Mecanismos de control y autodiagnóstico	Secundaria	Fuga de agua	Sensor de nivel agua en tambor no opera	Sensor de nivel agua tambor
			Válvula aporte de agua no cierra	Válvula control agua
			Bomba de desagüe no actúa	Bomba desagüe
			Daño en la manguera de desagüe	Manguera de desagüe
Todas	Primarias y secundarias	Equipo no enciende	Falta de corriente eléctrica externa	Alimentación eléctrica
			Mala conexión al equipo o daño cable	Enchufe / Cable de alimentación
			Botón de encendido/apagado no funciona	Botón de encendido/apagado

Algunos de los mecanismos de fallo indicados se podrían desarrollar más, como por ejemplo “Fallo del controlador”, que podría dividirse por ejemplo en “fallo de componente (condensador, resistencia, circuito integrado, etc.)”, “fallo soldadura componentes”, “fallo programación controlador”, etc.

La identificación de los componentes con mayor tasa de fallo en lavadoras se ha analizado también mediante una búsqueda bibliográfica.

El primer punto donde podemos encontrar información sobre los componentes que más pueden fallar en las lavadoras sería el propio reglamento de ecodiseño (Reglamento (UE) 2019/2023), ya que se basa en estudios preparatorios previos. En dicho reglamento se indican las **piezas de recambio** que los fabricantes están obligados a poner a disposición de reparadores profesionales o en algunos casos, del público en general (por tanto, partes con más probabilidad de fallo). Estas partes son:

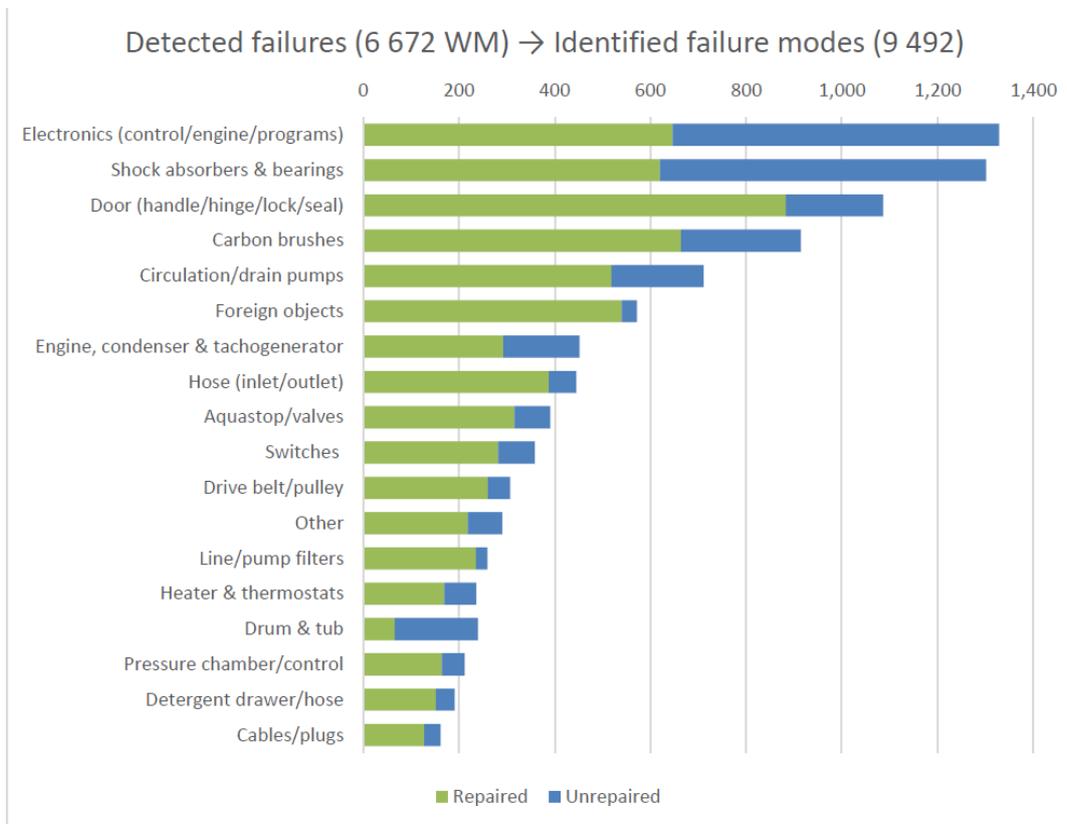
- motor y escobillas del motor,
- transmisión entre el motor y el tambor,
- bombas,
- amortiguadores y muelles,
- tambor de lavado, cruceta del tambor y sus rodamientos de bolas relacionados (por separado o en conjunto),
- resistencias y elementos calentadores, incluidas las bombas de calor (por separado o en conjunto),
- tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas (por separado o en conjunto),
- circuitos impresos,
- indicadores visuales electrónicos,
- interruptores de presión,
- termostatos y sensores,
- software y firmware, incluido el software de reinicio;

También:

- puerta, bisagra y juntas de la puerta, otro tipo de juntas, montaje del cierre de la puerta y elementos auxiliares de plástico, como el distribuidor de detergente

Por otra parte, en algunas referencias se indican los resultados de un análisis de posibles fallos de las lavadoras (Figura 2). Se basa en 6672 servicios de reparación en que se detectó un fallo en lavadoras (base de datos proporcionada por R.U.S.Z. en el periodo 2009-2015).

Como se puede apreciar, el mayor número de fallos detectados van asociados a los componentes electrónicos, seguido de los sistemas antivibración (amortiguadores y cojinetes), la puerta, las escobillas motor y las bombas.

Figura 7. Fallos detectados en lavadoras¹⁷

Estos listados ya nos dan una primera idea de los componentes que deberían considerarse como **prioritarios** para facilitar su sustitución durante la reparación del equipo, o que debería mejorar su durabilidad (mejor diseño y selección de materiales).

4.3.3.4 Posibles métodos acelerados para evaluar la durabilidad

La cuantificación de la durabilidad del equipo se debería realizar, según la norma de referencia, de acuerdo a métodos acelerados o modelos de daño apropiados.

Existen algunas referencias bibliográficas que pretenden definir un método estándar de evaluación de la durabilidad de las lavadoras, como por ejemplo:

- Proyecto PROMPT – Premature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme (<https://prompt-project.eu/>). En desarrollo.
- Durability of washing machines under real life conditions: Definition and application of a testing procedure. Rainer Stamminger, Alexander Bues, Felice Alfieri, Mauro Cordella. Journal of Cleaner Production 261 (2020) 121222
- Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines. Final report for Task 3 of the AA N. 070201/2015/SI2.719458/ENV.A.1. Felice Alfieri, Mauro Cordella (JRC Sevilla) Rainer Stamminger, Alexander Bues (University of Bonn). 2018

¹⁷ Analysis of durability, reusability and reparability.- Application to washing machines and dishwashers. JRC 2016

Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto no se ha podido identificar ningún método ya estandarizado y de amplia aplicación para la cuantificación de la durabilidad de las lavadoras.

El análisis detallado de la tasa de fallos de los diferentes componentes indicados anteriormente (por ejemplo, mediante bases de datos de fiabilidad), podría emplearse como primera aproximación para definir la fiabilidad del producto (probabilidad de fallo del equipo en su conjunto). Sin embargo, este estudio también se escapa del alcance del presente proyecto.

4.3.3.5 Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la durabilidad del equipo

Diferentes fuentes bibliográficas consultadas indican posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad del equipo. La tabla siguiente resume los diferentes aspectos considerados. La valoración de esa afectación se escala en tres niveles: Alta afectación del aspecto sobre la durabilidad, media o baja.

No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes.

Los aspectos de diseño no tienen porqué se independientes unos de otros, y pueden estar relacionados. Por otra parte, un aspecto que mejore la durabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como reciclabilidad o reparabilidad.

:

Tabla 31. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo

Nivel	Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Componente	Mayor capacidad de reparación /substitución de los componentes con mayor tasa de fallo (circuitos electrónicos, amortiguadores/cojinetes, escobillas motor, etc.)	X			La mayor facilidad de reparación/sustitución de los componentes se puede conseguir facilitando su acceso y desmontaje, disponiendo de partes de recambio y facilitando información al respecto
Componente	Mejora de la fiabilidad de los componentes de mayor desgaste o tasa de fallo, mejorando el diseño o los materiales empleados (amortiguadores, etc.)		X		Este aspecto reduciría el número de reparaciones, pero podría incrementar el precio de los componentes
Usuario	Mayor información al usuario sobre condiciones de uso, etc.	X			La durabilidad de la lavadora está influenciada por las condiciones de uso y del mantenimiento del equipo. El usuario debe estar informado de las operaciones a evitar (sobrecarga, objetos extraños, etc.) y de las operaciones de mantenimiento a realizar (limpieza filtros, etc.)
Componente	Mayores especificaciones técnicas sobre las partes plásticas (resistencia al impacto, calentamiento, abrasión, etc.) o diseño estructural más robusto (mayor espesor, distribución de nervios, etc.)		X		La fiabilidad de las partes plásticas que sufren mayor desgaste (mangueras, cierres, etc.) puede mejorarse mediante el empleo de plásticos más técnicos o mediante aditivos a los mismos (carga, etc.). Sin embargo, esto puede reducir el potencial de reciclabilidad de dichos plásticos. También es importante que las uniones plásticas sean resistentes al desgaste y a las operaciones de montaje/desmontaje, aumentando su resistencia estructural
Componente	Mayor protección anticorrosión de las partes metálicas, que puedan verse afectadas por la humedad o contacto con líquidos	X			Este aspecto se puede conseguir empleando materiales de mayor calidad (por ejemplo, acero inoxidable) o mediante los recubrimientos adecuados (tipo, espesor, etc.). Este recubrimiento no debe dificultar el reciclado posterior, ni contener sustancias clasificadas.

Nivel	Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Componente	Mejora de la estanqueidad de las partes del equipo que pueden verse afectadas por la humedad o contacto con líquidos (especialmente componentes eléctricos y electrónicos) o por acumulación de polvo		X		Si se trata de componentes eléctricos/electrónicos, puede dificultar la disipación térmica de los mismos y dificultar su reparación si es necesaria.
Componente	Incluir sensores de temperatura, vibración, líquidos, etc. que detecten desviaciones en estos parámetros claves y puedan actuar reduciendo el riesgo de daño sobre el equipo	X			El objetivo es alertar sobre dichas desviaciones y poder actuar antes de que produzcan daño sobre los componentes o el equipo
Componente	Inclusión de protecciones contra sobretensiones		X		Incluir parte débil (fácil de sustituir, como fusibles) que se dañe en caso de sobretensión, sin afectar al resto de componentes electrónicos
Componente	Emplear redundancia en aquellas partes que puedan provocar un fallo grave del equipo		X		Por ejemplo, empleo de mangueras coaxiales, que permitan la rotura del tubo interior, sin que se produzca la fuga al exterior. El mismo concepto se puede emplear para sensores críticos, el fallo del cual produzca un fallo o mal funcionamiento grave del equipo (sensores de temperatura, etc.).

4.3.4 Posibles criterios evaluación de la durabilidad

En este apartado se realiza una primera reflexión sobre qué criterios se podrían fijar para evaluar la durabilidad de una lavadora.

Dichos criterios, reflejados en la tabla siguiente, se basan en referencias bibliográficas y en los resultados de los apartados anteriores. Se indica también una primera propuesta de escala de valores, a confirmar con el sector y datos reales del mercado.

Se han clasificado los criterios por el tipo de aspecto que cubre. Como se puede apreciar, hay criterios asociados también a reparabilidad, ya que se considera que también contribuyen al alargamiento de la vida útil del producto.

Se debe entender que es una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear. No pretende ser una lista exhaustiva cerrada.

Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la durabilidad del producto. Por ello se propone consensuar una ponderación de cada criterio para obtener finalmente un valor único que represente la durabilidad potencial del producto.

Esta puntuación única puede ajustarse a la realidad del mercado, y así poder clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio de durabilidad.

Existe un proyecto en Francia, pilotado por ADEME para desarrollar un índice de durabilidad para diferentes tipos de productos. Existe un estudio preparatorio (julio 2021)¹⁸, que indica una planificación para 2024. La gran duda es la forma como se compatibilizará este índice con el índice ya existente de reparabilidad, ya que se consideran en algunos casos criterios similares (una propuesta es integrar el índice de reparabilidad en el de durabilidad).

¹⁸ <https://bibliothèque.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4853-preparatory-study-for-the-introduction-of-a-durability-index.html>

Tabla 32. Primera propuesta de criterios de valoración durabilidad

Aspecto	Criterio	Valoración					Comentarios
		1	2	3	4	5	
Durabilidad	Vida útil en número de ciclos evaluados de forma estándar						Sería el criterio definitivo para la clasificar la durabilidad de los equipos, pero se requiere un método estándar para evaluar dicha durabilidad en lavadoras y un ranquin del mercado para poder puntuar (distribución del mercado respecto el número de ciclos).
Durabilidad	Años de garantía para el equipo	4 años	5 años	6 años	7 años	>7 años	El cumplimiento de la normativa (3 años) sería el valor mínimo. Se incrementaría la puntuación un punto por año adicional
Durabilidad	Disponibilidad y accesibilidad a un contador de uso (por ejemplo número de ciclos de uso)	Disponible, pero no accesible para el usuario		Disponible, pero difícilmente accesible para el usuario (más de tres clicks)		Disponible, y fácilmente accesible para el usuario (menos de tres clicks)	La información sobre el número de usos de la lavadora puede favorecer su reutilización o su remanufactura. Por ello se valora que esta función esté disponible.
Reparabilidad	Disponibilidad piezas de recambio partes críticas	11 años	12 años	13 años	14 años	>14 años	El cumplimiento de la normativa (10 años) sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría un punto por cada año adicional
Reparabilidad	Tiempo de suministro de las piezas de recambio	13 días	11 días	9 días	7 días	< 7 días	El cumplimiento de la normativa (15 días hábiles después de la recepción del pedido) sería el valor mínimo. Se incrementaría un punto por cada dos días que se reduzca el tiempo
Reparabilidad	Acceso a la información sobre reparación y mantenimiento (con el contenido indicado en el Reglamento (UE) 2019/2023)	Reparadores profesionales autorizados, de forma gratuita	Reparadores profesionales con canon	Reparadores profesionales de forma gratuita	Público en general con canon	Público en general de forma gratuita	El cumplimiento de la normativa (acceso de la información únicamente a los reparadores profesionales autorizados, con posibilidad de un canon) sería el valor mínimo. Se incrementaría este valor a medida que se disminuyen los requisitos para acceder a dicha información

Aspecto	Criterio	Valoración					Comentarios
		1	2	3	4	5	
Reparabilidad	Tiempo de acceso a la información sobre reparación y mantenimiento (con el contenido indicado en el Reglamento (UE) 2019/2023)	11 años	12 años	13 años	14 años	>14 años	El cumplimiento de la normativa (10 años) sería el valor mínimo. Se incrementaría un punto por cada año adicional
Reparabilidad	Acceso a la información sobre el error ocurrido y forma de solucionarlo, por parte del usuario	Información a través de códigos luminicos		Información a través de códigos de texto		Información a través de texto	La información de cara al usuario sobre el error ocurrido es vital para que pueda iniciar el proceso de reparación. Se asignarán más puntos a medida que dicha información sea más inteligible e interpretable. El manual debe indicar claramente qué significan cada código y las acciones a realizar en cada caso
Reparabilidad	Acceso a los puntos de diagnóstico	Existentes, pero con difícil acceso		Accesibles, pero no identificados		Accesibles y claramente identificados	El acceso e identificación de los puntos de diagnóstico facilitará la reparación del equipo
Reparabilidad	Acceso al software de diagnóstico	Reparadores profesionales autorizados		Reparadores profesionales		Público en general	La facilidad de diagnóstico facilitaría la reparación. Por ello se valora la disponibilidad del software de diagnóstico y la información asociada al modo de uso, etc.
Reparabilidad	Tipo de asistencia técnica para el usuario	Información remota vía web, lista de FAQs, etc.		Asistencia remota para el diagnóstico (hotline, chat, aplicación, diagrama de decisión, etc.)		Soporte remoto para la reparación (hotline, control remoto, videoconferencia, etc.)	La asistencia remota puede facilitar la reparabilidad del equipo por parte del usuario. Se definen tres niveles de asistencia: información, diagnóstico y reparación

Aspecto	Criterio	Valoración					Comentarios
		1	2	3	4	5	
Reparabilidad	Posibilidad de reseteo del software	Reparadores profesionales autorizados		Reparadores profesionales		Público en general	El reseteo a las condiciones de fábrica puede resolver algunos problemas de software. Se valora la posibilidad de realizarlo por parte de diferentes actores. Para ello se debe proporcionar también la información necesaria de cómo realizar el reseteo
Reparabilidad y Reciclabilidad	Facilidad de desmontaje piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio)	$19 > DDi \geq 15$	$15 > DDi \geq 11$	$11 > DDi \geq 7$	$7 > DDi \geq 3$	$DDi < 3$	En este caso se evaluaría el número de pasos de desmontaje (DDI) para cada pieza de recambio considerada como relevante (p.ej. residencias, circuitos impresos, bombas, motor, etc.). Se debe definir claramente qué se entiende por paso (según norma) y cuáles son los valores normales en el mercado para cada pieza. Los valores indicados pueden servir de referencia.
Reparabilidad y Reciclabilidad	Tipo de herramientas necesarias para desmontar las piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio)	Empleo de herramientas exclusivas (adquisición restringida)		Empleo de herramientas específicas		No requiere herramientas o con herramientas básicas o suministradas con el producto o la pieza de recambio	En este caso se evaluaría el tipo de herramienta necesaria para realizar el cambio de pieza. Se puede separar por cada tipo de pieza que se considere relevante. Definición basada en norma UNE EN 45554:2020
Reparabilidad y Reciclabilidad	Tipo de sujeciones empleadas en las piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio)		Retirable pero no reutilizable		Retirable y reutilizable		Retirable.- Sujeción que se puede retirar sin causar daño a la pieza Reutilizable.- Sujeción que puede retirarse y que puede volver a emplearse en la fase de re-ensamblado Se puede especificar por cada tipo de pieza que se considere relevante Definición basada en norma UNE EN 45554:2020

4.4 CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido realizar una primera identificación los aspectos relevantes para la evaluación de la durabilidad de las lavadoras, y ha propuesto una primera aproximación para definir un índice de durabilidad para este tipo de equipos, que permita su clasificación.

El método se ha realizado basándose en información bibliográfica y en el conocimiento de los autores, pero se debe considerar como un estudio preliminar de análisis de la viabilidad del método.

En caso de que se considere necesario su desarrollo, se deberían considerar datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participar en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, etc.)

5 ESTUDIO DE REPARABILIDAD

5.1 OBJETIVO

El objetivo de este apartado es analizar los aspectos más relevantes asociados a la reparabilidad del producto, intentando seguir la metodología propuesta en el estudio por parte de IHOBE.

Dado el alcance del presente proyecto, se realizará un planteamiento general de diferentes aspectos a modo de ejemplo, sin entrar en el detalle que sería requerido en un estudio en profundidad.

Por tanto, el presente documento se debe entender como una guía de cómo plantear esta aproximación, más que una aplicación detallada y exhaustiva de la misma.

Los datos incluidos en el informe provienen de una revisión bibliográfica de diferente documentación. En el caso de una aplicación detallada, se debería contar con información directa del mercado, a través de fabricantes, reparadores, recicladores, etc.

El objetivo último es poder definir una serie de criterios cuantificables, que permitan valorar la reparabilidad potencial del producto.

5.2 EVALUACIÓN DE LA REPARABILIDAD DEL PRODUCTO

5.2.1 Introducción

Se recomienda que la evaluación de la reparabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma:

UNE-EN 45554:2020.- Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía.

Esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

De acuerdo a dicha norma, se entiende por **reparación** el proceso de volver a poner un producto defectuoso en una condición en la que pueda cumplir su uso previsto.

Por su parte **reutilización** se entiende como el proceso por el cual un producto o sus partes, al haber llegado al final de su primer uso, se utilizan para el mismo fin para el que fueron concebidos.

Por lo que respecta a la **actualización**, se entiende como tal el proceso de mejorar la funcionalidad, el rendimiento, la capacidad o la estética de un producto. Una actualización de un producto puede implicar cambios en su software, firmware y / o hardware

Adicionalmente a dicha norma, se han considerado una serie de documentación de referencia que se indica en el apartado de bibliografía. Estas referencias bibliográficas han permitido tener una visión general de aspectos de reparabilidad y reciclabilidad del producto. Como se ha comentado,

en un estudio en detalle se deberían considerar datos reales de los productos actualmente en el mercado.

5.2.2 Método de cálculo propuesto por la norma EN 45554.

Los pasos a seguir para poder evaluar el potencial de durabilidad/fiabilidad del producto de acuerdo a la norma UNE-EN 45554:2020 serían:

1. Determinación de las **partes prioritarias** para la evaluación (listado de las partes prioritarias para la reparación, reutilización o actualización, por orden de preferencia). Lo que determina una parte prioritaria es:
 - La probabilidad de la necesidad de reemplazar o actualizar la pieza,
 - La idoneidad de la pieza para su reutilización, y
 - La funcionalidad de la pieza.

La norma indica criterios a tener en cuenta para cada aspecto analizado (reparación, reutilización y actualización)

2. Identificación de los **criterios y categorías aplicables** que sean relevantes para la evaluación de cada parte prioritaria. Los criterios pueden estar relacionados con el producto (por ejemplo, profundidad para el desensamblado, tipo de uniones, ambiente de trabajo, nivel de capacitación, etc.) o con el servicio (información, por ejemplo, manuales, partes de repuesto, circuitos de recogida, etc.)
3. **Asignación de una puntuación** de clasificación/priorización para cada categoría aplicable de criterios relevantes para cada parte prioritaria

Adicionalmente, de forma opcional, se puede especificar un método de agregación de los resultados del paso previo, teniendo en cuenta cada criterio para cada parte prioritaria.

Dada la complejidad de realizar dicho estudio completo, siguiendo las normas indicadas, y debido a las limitaciones de este estudio, se hará una primera aproximación a la evaluación de la reparabilidad del producto, pero no se puede entender como un estudio completo, dado que éste sobrepasaría el alcance previsto del proyecto (pruebas reales de desmontaje, toma de tiempos en varios casos, etc.).

Los pasos que se desarrollarán en este estudio de reparabilidad simplificado serían

6. Identificación de las partes prioritarias basados en fuentes bibliográficas
7. Análisis inicial de algunos de los criterios y categorías aplicables para ciertas partes prioritarias
8. Primera aproximación a un sistema de asignación de puntuación
9. Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la reparabilidad del equipo

En los apartados siguientes se detallan los diferentes pasos y la información asociada.

5.2.3 Estudio preliminar de la reparabilidad de una lavadora

A continuación se realiza una primera aproximación de cómo se podría enfocar un estudio de reparabilidad de una lavadora siguiendo la norma indicada. Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que se debería contrastar con el mercado, los fabricantes y reparadores.

Asimismo, como ya se ha comentado, no se ha desarrollado la norma específicamente para lavadoras.

5.2.3.1 Identificación de las partes prioritarias

El objetivo de esta sección es establecer una lista de partes prioritarias del producto, por su relevancia para la reparación, reutilización o actualización.

Esta determinación se ha realizado basándose en la información recogida de fuentes bibliográficas sobre aquellas partes que habitualmente son objetivo en las operaciones de reparación de las lavadoras, y como indica la norma, del estudio preliminar de durabilidad que se ha realizado previamente al producto, siguiendo la norma UNE-EN-45552:2021.

Las partes prioritarias identificadas en el citado estudio, basándose principalmente en los requisitos del Reglamento (UE) 2019/2023, han sido:

Lista 1:

- motor y escobillas del motor,
- transmisión entre el motor y el tambor,
- bombas,
- amortiguadores y muelles,
- tambor de lavado, cruceta del tambor y sus rodamientos de bolas relacionados (por separado o en conjunto),
- resistencias y elementos calentadores, incluidas las bombas de calor (por separado o en conjunto),
- tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas (por separado o en conjunto),
- circuitos impresos,
- indicadores visuales electrónicos,
- interruptores de presión,
- termostatos y sensores,
- software y firmware, incluido el software de reinicio;

Lista 2:

- puerta, bisagra y juntas de la puerta,
- otro tipo de juntas
- montaje del cierre de la puerta
- elementos auxiliares de plástico, como el distribuidor de detergente

Por otra parte, analizando el **índice de reparabilidad** implantado en Francia¹⁹, en el caso de las **lavadoras de carga frontal**, las partes consideradas como críticas por su posible rotura o malfuncionamiento (Lista 2) serían:

¹⁹ <https://www.indicereparabilite.fr/grilles-de-calcul/>

- Junta de la ventana de la puerta
- Montaje del cierre de la puerta
- Bombas
- Resistencia y elementos calefactores
- Circuitos impresos

También considera las siguientes partes funcionales (Lista 1) como relevantes de cara a la reparabilidad del producto:

- Motor y las escobillas del motor
- Transmisión entre el motor y el tambor
- Amortiguadores y muelles
- Tambor de lavado, cruceta del tambor y los rodamientos asociados
- Tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas
- Indicadores visuales electrónicos
- Interruptores de presión
- Termostatos y sensores
- Software y firmware, incluido el software de reinicio;
- Puerta, bisagra y juntas de la puerta

Como se puede apreciar, las dos listas son muy similares, ya que el índice de reparabilidad francés está alineado con el reglamento.

Analizando estudios de tasas de fallos de dichas partes (ver informe previo de durabilidad), se han identificado las siguientes partes como las de mayor frecuencia de fallos²⁰:

- componentes electrónicos/circuitos impresos
- sistemas antivibración (amortiguadores y cojinetes/muelles)
- la puerta (y sus componentes)
- las escobillas del motor
- las bombas (de desagüe, etc.)

La lista de componentes es similar a la Lista 2 del índice de reparabilidad francés, solamente diferenciándose en las “Resistencia y elementos calefactores”.

5.2.3.2 *Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la reparabilidad del equipo*

Diferentes fuentes bibliográficas consultadas indican posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad del equipo. La tabla siguiente resume los diferentes aspectos considerados. La valoración de esa afectación se escala en tres niveles: Alta afectación del aspecto sobre la reparabilidad, media afectación o baja afectación.

No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes.

²⁰ *Analysis of durability, reusability and reparability.- Application to washing machines and dishwashers. JRC 2016*

Los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados. Por otra parte, un aspecto que mejore la reparabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como reciclabilidad o durabilidad.

:

Tabla 33. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del equipo

Nivel	Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Equipo	Facilitar el diagnóstico del equipo ante un fallo, facilitando el acceso a los puntos de diagnóstico, haciéndolos visibles, y facilitando su uso (software/hardware disponible) y comprensión (mensajes de error, etc.)	X			El primer paso para la reparación es identificar el fallo ocurrido y el componente afectado. Cuanto más fácil y directo sea ese diagnóstico, más potencial de reparabilidad del equipo.
Equipo	Disponibilidad de información sobre cómo realizar el diagnóstico y la reparación del equipo, incluyendo manuales, esquemas eléctricos, ubicación piezas, secuencia de desmontaje, herramientas necesarias, etc.		X		Cuanta mayor información sobre el diagnóstico y reparación esté disponible para un mayor número de actores, mayor probabilidad de reparación del equipo. Sin embargo, se deben considerar aspectos como propiedad industrial, periodos de garantía, posibles daños adicionales al equipo. etc.
Componente	Mayor accesibilidad a los componentes con mayor tasa de fallo (circuitos electrónicos, amortiguadores/cojinetes, escobillas motor, etc.).	X			Se facilitará la reparación/sustitución de los componentes si se facilita su acceso y desmontaje, sin causar daños al equipo y no dificultando el reensamblado posterior
Componente	Empleo de uniones que sean fácilmente identificables y accesibles, y que permitan su separación sin afectar el equipo. Siempre que sea posible deben poderse reutilizar en el proceso de reensamblado de la pieza de recambio.		X		Durante el proceso de reparación se ha de facilitar el desmontaje y posterior montaje de la pieza a substituir, empleando uniones accesibles y duraderas.
Componente	Diseño que facilite el empleo de herramientas básicas o sin herramientas durante el proceso de reparación.		X		El empleo de herramientas básicas durante el proceso de reparación facilitará que un mayor número de personas pueda realizar dicha reparación
Componente	Disponibilidad de piezas de recambio, durante suficiente tiempo, fácilmente accesibles, a un precio razonable y con cortos periodos de entrega.	X			La reparación no se llevará a cabo si es difícil conseguir piezas de recambio. Por ello es importante que los fabricantes faciliten el acceso a las mismas

5.2.3.3 Análisis inicial de algunos de los criterios y categorías aplicables

El objetivo de esta sección es definir el sistema preliminar de criterios y categorías aplicables relevantes para evaluar las partes y el equipo en global.

Esta identificación se ha basado en los criterios indicados en la norma UNE EN 45554, y se han considerado las características propias del equipo evaluado.

Asimismo, se han considerado los criterios que aparecen en el Índice de Reparabilidad francés y los resultados y criterios ya propuestos en el estudio anterior de durabilidad realizado para el producto.

Los criterios propuestos a evaluar para el producto analizado y/o para sus partes relevantes son los siguientes:

Referido a las partes prioritarias:

- Intensidad de desmontaje
- Tipos de Herramientas
- Tipos de sujeciones y conectores
- Disponibilidad de las partes de recambio

Referido al producto:

- Información sobre reparación y mantenimiento del producto
- Entorno de trabajo
- Nivel de habilidad
- Apoyo diagnóstico e interfaces
- Opciones de retorno
- Acceso a los puntos de diagnóstico
- Tipo de asistencia técnica remota
- Reseteo de circuitos y firmware

A continuación se analizan cada una de ellas

Aplicables a las Partes prioritarias

- 1) Intensidad de desmontaje.**- Analiza el número de etapas requeridas (DDI) para retirar una parte de un producto sin dañarlo. Se entiende como etapa aquella operación que termina con la retirada de una parte y/o con un cambio de herramienta.

Se propone asignar en este caso una puntuación basada en el Índice de reparabilidad francés, que indica un rango de DDI desde 19 a 7. Sin embargo, este rango lo mantiene idéntico para cualquier tipo de parte de recambio a analizar.

En nuestro caso proponemos ampliar dicho margen de 19 a 3, y definir rangos específicos para cada parte, basados en un análisis del mercado previo (este estudio queda fuera del alcance del presente proyecto).

Si no se realiza esa diferenciación entre tipo de pieza de recambio, se puede dar el caso que para alguna de ellas el valor sea siempre el mismo, independientemente del producto analizado (rango no ajustado a la realidad del mercado).

Valor	Índice Francés	Propuesta
0	NA o DDI \geq 19	NA o DDI \geq 19
1	19 > DDI \geq 13	19 > DDI \geq 15
2	13 > DDI \geq 7	15 > DDI \geq 11
3	7 < DDI	11 > DDI \geq 7
4		7 > DDI \geq 3
5		DDI < 3

Las partes prioritarias seleccionadas para ser analizadas por el índice francés en este caso, son las incluidas en la lista 2:

- Junta de la ventana de la puerta
- Montaje del cierre de la puerta
- Bombas
- Resistencia y elementos calefactores
- Circuitos impresos (placa de potencia)

Se debería analizar si sería justificable incluir también otras partes con altas tasas de fallos, como “sistemas antivibración (amortiguadores y cojinetes/muelles)” y “escobillas del motor”.

2) Tipos de Herramientas.- Analiza el tipo de herramientas necesarias para realizar las operaciones de reparación del equipo, analizando las piezas a substituir.

A continuación se indica la referencia en el Índice francés y la propuesta realizada para este estudio. Se debe considerar que el reglamento indica en su apartado 8.1.c. que “*los fabricantes, los importadores o los representantes autorizados de lavadoras domésticas y lavadoras-secadoras domésticas garantizarán que las piezas de recambio mencionadas en las letras a) y b) puedan substituirse empleando herramientas corrientes y sin que esa sustitución dañe de manera permanente la lavadora*”. Por tanto, el valor mínimo se debería considerar herramientas básicas.

Valor	Índice Francés	Propuesta
0	No desmontable	Pieza no desmontable o mediante empleo de otro tipo de herramientas que no sean básicas
1	Herramientas exclusivas	Pieza desmontable con herramientas básicas (Tabla A3 norma EN45554:2020)
2	Herramienta específica del grupo de productos	
3		Pieza desmontable con herramientas suministradas con el producto o recambio
4	<ul style="list-style-type: none"> - Sin uso de herramienta - Con herramientas suministradas con el producto o recambio - Con herramienta básica (Tabla A3 norma EN45554:2020) 	
5		Pieza desmontable sin herramienta

Las partes prioritarias donde se aplica serían las mismas que en el caso de la intensidad de desmontaje (lista 2 del índice francés y posible ampliación a otras piezas con alta tasa de fallo).

- 3) **Tipos de sujeciones y conectores.**- Analiza la reversibilidad y la reusabilidad de las sujeciones empleadas en el equipo, y que son necesarias deshacer para la reparación o reutilización del equipo. Otro aspecto posible a considerar sería el número, la visibilidad y la accesibilidad de dichas sujeciones.

Valor	Índice Francés	Propuesta
0	Ni retirable ni reutilizable	Ni retirable ni reutilizable
1	Retirable, pero no reutilizable	
2	Retirable y reutilizable	Retirable, pero no reutilizable
3		
4		Retirable y reutilizable
5		

Tipo	Descripción
Reutilizable	Sistema de sujeción que pueda reutilizarse completamente
Retirable	Sistema de sujeción que no sea reutilizable, pero que pueda retirarse sin causar daño ni dejar residuos que impidan el remontaje o reutilización de la parte retirada
Ni retirable ni reutilizable	Sistema de sujeción que no sea no retirable ni reutilizable

Las partes prioritarias donde se aplicaría este criterio, en el caso del índice francés, sería tanto en las partes de la lista 2 como en la lista 1 (es decir todas las mencionadas en el apartado 3.3.1).

En el caso de la propuesta de este estudio, se mantendría este criterio.

- 4) **Disponibilidad de las partes de recambio.**- Analiza la disponibilidad de las partes de recambio consideradas como relevantes. En este caso puede haber varios enfoques posibles:

- Referente al tiempo que dichas partes estarán disponibles en el mercado
- Referente al plazo de entrega de dichas partes
- Referente al coste de dichas partes
- Referente al perfil de las personas que tienen acceso a dichas partes

El índice de reparabilidad francés considera el criterio a) y b) para las partes de las listas 1 y 2, por separado (ya que considera un peso diferente a la hora de la ponderación final).

En el caso del c) aplica únicamente a la lista 2 (parte más cara y media de los precios de las otras partes).

En el caso del d) diferencia entre cuatro tipos de personas que pueden acceder a dichas partes (fabricante, vendedores de partes de recambio, reparadores y consumidores). Realiza

un análisis conjunto con el tiempo de disponibilidad y de entrega, pero no diferencia la puntuación en función de la disponibilidad para diferentes perfiles de personas.

A continuación se analizan las diferentes opciones:

- a) **Periodo de disponibilidad de las piezas de recambio.** Cabe recordar que el Reglamento fija un valor mínimo de 10 años tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo.

Índice Francés	Valor (*)	Propuesta	Valor
NA o $X < 10$ años	0	NA o $X < 10$ años	0
$10 \text{ años} \leq X < 12 \text{ años}$	10	11 años	1
$12 \text{ años} \leq X < 14 \text{ años}$	12	12 años	2
$X \geq 14 \text{ años}$	14	13 años	3
		14 años	4
		$X > 14 \text{ años}$	5

(*) Este valor se ajusta posteriormente.

- b) **Plazo de entrega de las piezas de recambio.** Cabe recordar que el reglamento fija un valor máximo de 15 días hábiles

Índice Francés	Valor	Propuesta	Valor (*)
NA o $X > 10$ días	0	NA o $X \geq 15$ días	0
$10 \text{ días} \geq X > 5 \text{ días}$	1	$15 \text{ días} > X \geq 13 \text{ días}$	1
$5 \text{ días} \geq X > 3 \text{ días}$	2	$13 \text{ días} > X \geq 11 \text{ días}$	2
$X \leq 3 \text{ días}$	3	$11 \text{ días} > X \geq 9 \text{ días}$	3
		$9 \text{ días} > X \geq 7 \text{ días}$	4
		$X < 7 \text{ días}$	5

(*) Valores seleccionados de acuerdo a los plazos de entrega de varias webs de piezas de recambio. Si en el estudio de mercado se identifican valores menores se deberían reajustar.

- c) **Coste de las piezas de recambio.** Si bien este criterio aparece en el índice francés, se considera en este estudio que un criterio basado en costes económicos puede tener mucha variabilidad (a pesar de que se haga referido al coste total del producto), ya que depende del proveedor de la pieza, disponibilidad en ese momento, logística, etc. Por ello, no se ha propuesto en este estudio, ya que depende más de la situación del mercado que de una característica propia del equipo.
- d) **Perfil de las personas que tienen acceso a dichas partes.** Como se ha comentado, el Índice francés considera este aspecto globalmente con los aspectos de disponibilidad de las piezas, pero no indica un valor diferencial en función del perfil (todos tienen el mismo peso). En este estudio consideramos que sí tiene relevancia, y que puede fomentar la reparabilidad el hecho de hacer accesibles las piezas de recambio a los diferentes perfiles (menores restricciones de acceso). Por ello, se plantea el siguiente criterio.

Valor	Índice Francés	Propuesta
0	NA	Pieza no accesible o sólo accesible al perfil indicado en el Reglamento (UE) 2019/2023
1	NA	Pieza accesible a los perfiles indicados en el reglamento, pero sin necesidad de registro autorizado
2	NA	
3	NA	Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el Reglamento, pero con necesidad de registro autorizado
4	NA	
5	NA	Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el Reglamento, sin necesidad de registro autorizado

Aplicables al Producto

- 5) **Información sobre reparación y mantenimiento del producto.**- Este criterio se puede enfocar desde dos aspectos, el tiempo en que la información estará disponible y el perfil de las personas que tendrán acceso a dicha información.

En el Índice de reciclabilidad francés se analiza de forma conjunta estos dos aspectos, definiendo dos posibles perfiles, reparadores y consumidores, no dándole mayor importancia a uno que a otro.

Por lo que respecta al periodo de tiempo en que la información debe estar disponible, el Reglamento (UE) 2019/2023 fija un mínimo de **10 años** tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo, y acceso para los **reparadores profesionales** que se **registren**. Estos tendrán que demostrar una serie de criterios (competencia profesional, seguro, etc.) antes de ser **autorizados** y tendrán que hacer frente a posibles **cánones**.

a) Periodo de disponibilidad de la información.

Índice Francés	Valor (*)	Propuesta	Valor
NA o $X < 10$ años	0	NA o $X < 10$ años	0
$10 \text{ años} \leq X < 12$ años	10	11 años	1
$12 \text{ años} \leq X < 14$ años	12	12 años	2
$X \geq 14$ años	14	13 años	3
		14 años	4
		$X > 14$ años	5

- b) **Perfil de la persona que solicita la información y condiciones.** Como se ha comentado, el índice francés no diferencia este aspecto, dando el mismo peso a reparadores como a consumidores. En este estudio se propone diferenciar algo más

este aspecto, ya que se considera relevante quién tiene acceso a dicha información y en qué condiciones.

Valor	Índice Francés	Propuesta
0	NA	Reparadores profesionales, con registro y autorización y pago de canon (requerimiento Reglamento)
1	NA	Reparadores profesionales, con registro y autorizados, de forma gratuita sin canon
2	NA	Reparadores profesionales, sin condiciones de registro, pero con canon
3	NA	Reparadores profesionales, sin condiciones de registro y sin canon
4	NA	Público en general, sin condiciones de registro, pero con canon
5	NA	Público en general, sin condiciones de registro y sin canon

Por lo que se refiere al tipo de información a suministrar, ya viene fijado por el Reglamento (UE) 2019/2023.

- 6) **Entorno de trabajo para la reparación.-** Analiza el entorno necesario para realizar la reparación/reutilización del equipo, y el nivel de especialización necesario para la realización de las operaciones en un entorno seguro y con los equipos necesarios.

Se pueden diferenciar entre **entorno de uso, entorno del taller y entorno equivalente a producción.**

Si embargo, dado que se recomienda realizar la reparación en un **entorno de taller** (condiciones seguras), no se propone como criterio a evaluar para este tipo de producto.

- 7) **Nivel de habilidad.-** Analiza la habilidad necesaria de la persona que ha de realizar la reparación del equipo, incluyendo la aptitud para identificar y localizar el defecto, el manejo de herramientas de forma segura y gestión de riesgo sobre el producto, medio ambiente y el operador.

Se podrían considerar las siguientes categorías de habilidad:

- **Aprendiz.-** Cuando el proceso puede ser realizado por una persona sin experiencia ni calificaciones relacionadas con la reparación, reutilización o actualización
- **Generalista.-** Cuando el proceso no puede realizarlo un aprendiz, pero si una persona con conocimiento general en técnicas básicas de reparación, reutilización o actualización y precauciones de seguridad
- **Experto.-** Cuando el proceso no puede ser realizado por ninguna de las personas anteriores, pero sí por una persona con una formación y/o experiencia específica relacionada con el grupo de productos de interés
- **Fabricante o experto autorizado.-** Cuando el proceso no puede ser realizado por ninguna de las personas anteriores, pero sí por un fabricante o una persona con formación directa y auditada por el fabricante

- **No viable con una habilidad existente.**- Cuando el proceso no puede ser realizado por ninguna de las personas anteriores

Este aspecto no está considerado en el índice de reparabilidad francés, y tampoco se propone en el estudio, dado que el reglamento indica que el producto se debe diseñar para que sea reparable, y que esta reparación pueda ser realizada como mínimo por reparadores profesionales autorizados. Por tanto, el criterio quedaría suscrito, en esta escala, a “experto” y a “generalista”, y por tanto no aportaría valor en una posible comparativa. El perfil “aprendiz” se descarta para la reparación de este tipo de equipos, dada su complejidad.

- 8) Apoyo de diagnóstico e interfaces.** Analiza el tipo de interfaces disponibles en el producto para realizar el diagnóstico y detección de fallos, actualización de software y firmware, restablecimiento de modos de defecto y configuración de fábrica.

Un diseño que permita una interfaz de diagnóstico y reinicio accesible facilitará unos escenarios más amplios de reparación, reutilización y/o actualización.

Este criterio de interfaz de diagnóstico no se ha considerado en el índice de reparabilidad francés, pero en el presente estudio se considera relevante. Por ello se propone los siguientes criterios de valoración, basados en la norma UNE EU- 45554:2020.

Descripción de la interfaz	Propuesta Puntuación
No es posible realizar el diagnóstico con ningún tipo de interfaz	0
El diagnóstico emplea una interfaz exclusiva del fabricante, no disponible públicamente	1
El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible bajo canon	2
El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible públicamente de forma gratuita	3
El diagnóstico emplea una Interfaz codificada con tabla de referencia pública (código de luces, código alfanumérico, etc.)	4
El diagnóstico emplea una interfaz intuitiva, con texto explicativo, que no requiere referencias adicionales, ni software de apoyo	5

- 9) Opciones de retorno.**- Analiza las opciones que tiene el usuario para devolver el producto defectuoso, y así favorecer su reparación, reutilización o actualización.

Este aspecto no se evalúa en el índice de reciclabilidad francés, y tampoco se propone su consideración en este estudio, ya que, por normativa, el usuario ha de disponer de puntos de retorno básicos (puntos de recolección, etc.). En casos excepcionales, se podrían considerar opciones de retorno exhaustivas (servicio de recogida gratuito, etc.). Dada la poca variedad de escenarios, no se considera un criterio que aporte valor en una comparativa de productos.

10) Acceso a los puntos de diagnóstico.- En este caso se propone evaluar la accesibilidad a los puntos de diagnóstico. A mayor accesibilidad, mayor posibilidad de reparación del equipo. Este aspecto no se evalúa en el índice francés, pero se considera de utilidad para este tipo de productos. Se propone la siguiente puntuación:

Acceso puntos de diagnóstico	Propuesta Puntuación
No dispone de puntos de diagnóstico	0
Dispone de puntos de diagnóstico, pero son de difícil acceso	1
	2
Dispone de puntos de diagnóstico, son accesibles, pero no suficientemente identificados para su rápida localización	3
	4
Dispone de puntos de diagnóstico, son accesibles, y están claramente identificados para su rápida localización	5

11) Tipo de asistencia técnica remota para el usuario. Se considera que este aspecto es relevante para que el usuario pueda identificar posibles problemas y encontrar soluciones a los mismos. A mayor asistencia, mayor posibilidad de reparación. El índice francés de reparabilidad considera este aspecto, diferenciando entre reparadores y usuarios. En el caso de este estudio, se considera mucho más relevante la información de cara al usuario, que es quién ha de iniciar el proceso de reparación.

En este caso, únicamente varía la escala de la puntuación.

Descripción de la asistencia	Índice Francés Valor	Propuesta Valor
No dispone de asistencia remota	0	0
Únicamente información remota (web, FAQs, etc.)	1	1
Asistencia remota para diagnóstico (<i>hotline</i> , chat, app, árbol de decisión, etc.)	2	3
Asistencia remota para la reparación (<i>hotline</i> , visio, control remoto, etc.)	4	5

12) Posibilidad de reseteo de circuitos o firmware. En este caso se pretende evaluar si es posible el reseteo de los circuitos electrónicos o del firmware, ya que el reseteo a las condiciones de fábrica puede resolver algunos problemas del equipo. El índice francés considera tres actores posibles (fabricantes, reparadores y consumidores) y les asigna el mismo peso, dando un valor de 1 (si es posible el reseteo por ese actor) o 0 (si no es posible).

La propuesta en este estudio se centra en el actor, considerando más relevante que el reseteo lo pueda realizar el consumidor para facilitar la resolución del problema de forma

inmediata. Es preciso proporcionar la información necesaria para poderlo realizar de forma segura.

Reseteo de circuito electrónico y firmware	Propuesta Puntuación
No es posible realizarlo	0
Lo pueden realizar reparadores profesionales autorizados, con acceso restringido a la información de cómo realizarlo	1
	2
Lo pueden realizar reparadores profesionales, con acceso público a la información de cómo realizarlo	3
	4
Lo puede realizar el consumidor, con acceso público a la información de cómo realizarlo y de forma directa en el equipo	5

En total se han considerado en este estudio 12 posibles criterios de valoración de la reparabilidad del producto, con su respectiva puntuación. Estos criterios son una primera propuesta, que debería ser contrastada con los diferentes actores del mercado, para su ajuste a la realidad del mismo, tanto actual como futura.

5.2.4 Posibles criterios evaluación de la reparabilidad

En este apartado se realiza un resumen de los criterios evaluados en el apartado anterior sobre como evaluar el grado de reparabilidad de una lavadora.

Dichos criterios, reflejados en la tabla siguiente, se basan en referencias bibliográficas y en los resultados de los apartados anteriores. Se indica también una primera propuesta de escala de valores, a confirmar con el sector y datos reales del mercado.

Se debe entender que es una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear. No pretende ser una lista exhaustiva cerrada.

Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la reparabilidad del producto. Por ello se propone consensuar una ponderación de cada criterio para obtener finalmente un valor único que represente el potencial de reparabilidad del producto.

Esta puntuación única puede ajustarse a la realidad del mercado, y así poder clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio de reparabilidad.

Mencionar de nuevo que en Francia ya existe un índice de reparabilidad operativo para lavadoras, que se ha empleado de referencia en este estudio, y que la Comisión Europea está trabajando para plantar un índice general a nivel europeo, dentro de la iniciativa de productos sostenibles.

Tabla 34. Primera propuesta de criterios de valoración reparabilidad

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Intensidad de desmontaje	19 > DDI ≥ 15	15 > DDI ≥ 11	11 > DDI ≥ 7	7 > DDI ≥ 3	DDI < 3	Analiza el número de etapas requeridas (DDI) para retirar una parte de un producto sin dañarlo. Se deben fijar las partes prioritarias en que se debe aplicar este criterio
Tipos de herramientas	Pieza desmontable con herramientas básicas		Pieza desmontable con herramientas suministradas con el producto o recambio		Pieza desmontable sin herramienta	Analiza el tipo de herramientas necesarias para realizar las operaciones de reparación del equipo, analizando las piezas a substituir
Tipos de sujeciones y conectores		Retirable, pero no reutilizable		Retirable y reutilizable		Analiza la reversibilidad y la reusabilidad de las sujeciones empleadas en el equipo, y que son necesarias deshacer para la reparación o reutilización del equipo. Otro aspecto posible a considerar sería el número, la visibilidad y la accesibilidad de dichas sujeciones.
Periodo de disponibilidad piezas de recambio partes críticas	11 años	12 años	13 años	14 años	>14 años	El cumplimiento de la normativa (10 años) sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría un punto por cada año adicional. Se debe fijar las piezas sobre las que se realiza el análisis
Plazo de entrega de las piezas de recambio	15 días > X ≥ 13 días	13 días > X ≥ 11 días	11 días > X ≥ 9 días	9 días > X ≥ 7 días	X < 7 días	El cumplimiento de la normativa (15 días hábiles después de la recepción del pedido) sería el valor mínimo. Se incrementaría un punto por cada dos días que se reduzca el tiempo.
Perfil de las personas que tienen acceso a dichas partes de recambio	Pieza accesible a los perfiles indicados en el		Pieza accesible a otros perfiles no contempla-		Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el	Puede fomentar la reparabilidad el hecho de hacer accesibles las piezas de recambio a los diferentes perfiles y con menores restricciones de acceso. El reglamento de lavadoras ya fija unos perfiles mínimos de acceso

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
	reglamento, pero sin necesidad de registro autorizado		dos en el Reglamento, pero con necesidad de registro autorizado		Reglamento, sin necesidad de registro autorizado	
Periodo de acceso a la información sobre reparación y mantenimiento	11 años	12 años	13 años	14 años	X > 14 años	El Reglamento (UE) 2019/2023 indica ya un periodo mínimo (10 años) tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo. También fija el contenido mínimo de dicha información (esquemas, etc.)
Perfil de las personas con acceso a la información sobre reparación y mantenimiento	Reparadores profesionales autorizados, de forma gratuita	Reparadores profesionales con canon	Reparadores profesionales de forma gratuita	Público en general con canon	Público en general de forma gratuita	El cumplimiento de la normativa (acceso de la información únicamente a los reparadores profesionales autorizados, con posibilidad de un canon) sería el valor mínimo. Se incrementaría este valor a medida que se disminuyen los requisitos para acceder a dicha información
Apoyo de diagnóstico e interfaces. Identificación del fallo y acciones a realizar	El diagnóstico emplea una interfaz exclusiva del fabricante, no disponible públicamente	El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible bajo canon	El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible públicamente de forma gratuita	El diagnóstico emplea una Interfaz codificada con tabla de referencia pública (código de luces, código alfanumérico, etc.)	El diagnóstico emplea una interfaz intuitiva, con texto explicativo, que no requiere referencias adicionales, ni software de apoyo	Se considera que cuanto mayor información pueda extraerse de la interface de diagnóstico, y más claros sean los mensajes, mayor posibilidad de que se realice la reparación del equipo.
Acceso a los puntos de diagnóstico	Existentes, pero con difícil acceso		Accesibles, pero no identificados		Accesibles y claramente identificados	El acceso e identificación de los puntos de diagnóstico facilitará este proceso y por tanto la reparación del equipo

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Tipo de asistencia técnica para el usuario	Información remota vía web, lista de FAQs, etc.		Asistencia remota para el diagnóstico (<i>hotline</i> , chat, aplicación, diagrama de decisión, etc.)		Soporte remoto para la reparación (<i>hotline</i> , control remoto, videoconferencia, etc.)	La asistencia remota puede facilitar la reparabilidad del equipo por parte del usuario. Se definen tres niveles de asistencia: información, diagnóstico y reparación
Posibilidad de reseteo de circuitos o firmware	Lo pueden realizar reparadores profesionales autorizados, con acceso restringido a la información de cómo realizarlo		Lo pueden realizar reparadores profesionales, con acceso público a la información de cómo realizarlo		Lo puede realizar el consumidor, con acceso público a la información de cómo realizarlo y de forma directa en el equipo	El reseteo a las condiciones de fábrica puede resolver algunos problemas de software. Se valora la posibilidad de realizarlo por parte de diferentes actores. Para ello se debe proporcionar también la información necesaria de cómo realizar el reseteo

5.3 CONCLUSIONES

Este apartado ha permitido realizar una primera identificación los aspectos relevantes para la evaluación de la reparabilidad de las lavadoras, y ha propuesto una primera aproximación para definir unos índices para su evaluación en este tipo de equipos, que permita la clasificación de los productos en el mercado.

El método se ha desarrollado basándose en información bibliográfica y en el conocimiento de los autores, pero se debe considerar como un estudio preliminar de análisis de la viabilidad del método.

En caso de que se considere necesario su desarrollo completo, se deberían considerar datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participar en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, recicladores, etc.).

6 ESTUDIO DE RECICLABILIDAD

6.1 OBJETIVO

El objetivo de este apartado es analizar los aspectos más relevantes asociados a la reciclabilidad del producto, intentando seguir la metodología propuesta en el estudio por parte de IHOBE.

Dado el alcance del presente proyecto, se realizará un planteamiento general de diferentes aspectos a modo de ejemplo, sin entrar en el detalle que sería requerido en un estudio en profundidad.

Por tanto, el presente documento se debe entender como una guía de cómo plantear esta aproximación, más que una aplicación detallada y exhaustiva de la misma.

Los datos incluidos en el informe provienen de una revisión bibliográfica de diferente documentación. En el caso de una aplicación detallada, se debería contar con información directa del mercado, a través de fabricantes, reparadores, recicladores, etc.

El objetivo último es poder definir una serie de criterios cuantificables, que permitan valorar la d y la reciclabilidad potencial del producto.

6.2 EVALUACIÓN DE LA RECICLABILIDAD DEL PRODUCTO

6.2.1 Introducción

Se recomienda que la evaluación de la reciclabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma

UNE-EN 45555:2020 Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad y de la valorizabilidad de los productos relacionados con la energía (o su equivalente EN 45555:2019)

Esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

Se entiende por **reciclado** toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno.

Se entiende por **valorización** cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general.

Adicionalmente a dicha norma, se han considerado una serie de documentación de referencia que se indica en el apartado de bibliografía. Estas referencias bibliográficas han permitido tener una visión general de aspectos de reciclabilidad del producto. Como se ha comentado, en un estudio en detalle se deberían considerar datos reales de los productos actualmente en el mercado. También se ha tomado como base los datos del BOM de la lavadora detallados en el estudio de ACV realizado con anterioridad, para la identificación de los materiales empleados en la lavadora base.

6.2.2 Método de cálculo propuesto por la norma EN 45555.

Los pasos a seguir para poder evaluar el potencial de durabilidad/fiabilidad del producto de acuerdo a la norma UNE-EN 45555:2020 serían:

1. Definición y descripción del **escenario de tratamiento de final de vida** del producto analizado, con identificación de los diferentes pasos y la eficiencia de cada etapa del tratamiento (diagrama de flujo, etapas en orden secuencial, salidas en cada etapa y su destino, eficiencia de la recuperación, pérdidas de material, etc.).
2. Describir y evaluar las **características de diseño del producto**, por ejemplo, a través de un listado de control, que puedan tener un efecto adverso en la capacidad del producto a ser reciclado/recuperado. Estos criterios pueden incluir: identificación **partes a ser extraídas durante la descontaminación** previa al tratamiento; capacidad de acceso y retirada de las partes que requieren tratamiento específico; capacidad para liberar uniones para separar materiales; compatibilidad de materiales no separables; acceso y retirada partes que contienen materias críticas (distribución y concentración, etc.) y partes plásticas con retardantes de llama).
3. Aplicación de reglas específicas para la determinación de **factores de reciclabilidad/valorizabilidad** de una parte/material del producto o grupo de productos, empleando la información de las etapas anteriores (por ejemplo, cuando el tipo de unión no permita la separación de materiales, la tasa para ese material o parte debe ser cero).
4. Seleccionar una **evaluación simplificada o detallada** basándose en la disponibilidad de información sobre las **eficiencias de los tratamientos**. El factor global se calcularía agregando las eficiencias de los tratamientos para una parte/material (porcentaje de masa sobre el global). Por ejemplo, en el caso de evaluación simplificada, los factores de reciclabilidad del material/parte será 0 ó 1. En el caso de evaluación detallada, tendría un valor entre 0 y 1, considerando los rendimientos de los procesos de tratamiento.
5. Cálculo de **la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad** empleando las fórmulas indicadas en la norma (en porcentaje en masa). Para ello es preciso calcular los factores de reciclabilidad/valorizabilidad de todas las partes/materiales del producto (definición de varias reglas de evaluación) de acuerdo al método seleccionado en la etapa anterior

En los apartados siguientes se detallan los diferentes pasos y la información asociada.

6.2.3 Estudio preliminar de la reciclabilidad de una lavadora

A continuación se realiza una primera aproximación de cómo se podría enfocar un estudio de reciclabilidad de una lavadora siguiendo la norma indicada. Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que se debería contrastar con el mercado y con los fabricantes.

Asimismo, como ya se ha comentado, no se ha desarrollado la norma específicamente para lavadoras.

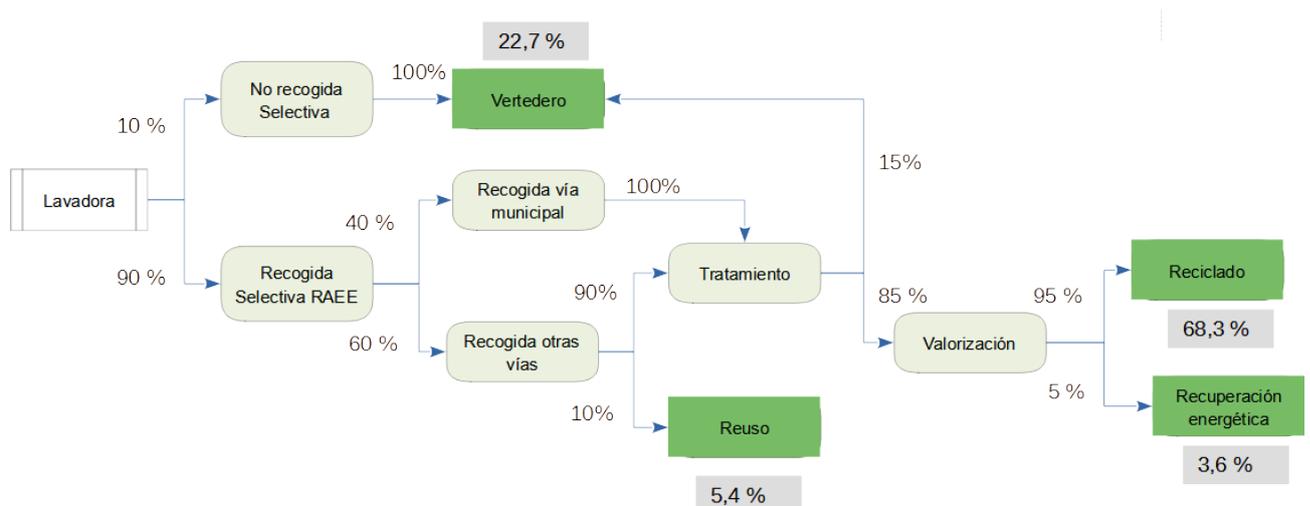
6.2.3.1 Definición y descripción del escenario de tratamiento de final de vida

El objetivo de esta sección es definir el escenario de fin de vida de la lavadora. Para ello, se deben considerar tres etapas:

- 1 Etapa de **recogida y retorno** de la lavadora, para identificar qué porcentaje de las lavadoras acaban en un proceso de reciclado/valorización.
- 2 Etapa de **reciclado/valorización** de la lavadora, donde se definen los diferentes procesos de recuperación de los diferentes materiales. Si se dispone de información, se debe indicar la eficiencia de cada proceso con respecto de cada material recuperado.
- 3 Etapa de **reciclado/valorización de las fracciones recuperadas** en la etapa anterior y si se dispone de la información, la eficiencia de dichos procesos (por ejemplo, plantas siderúrgicas para el acero recuperado, etc.).

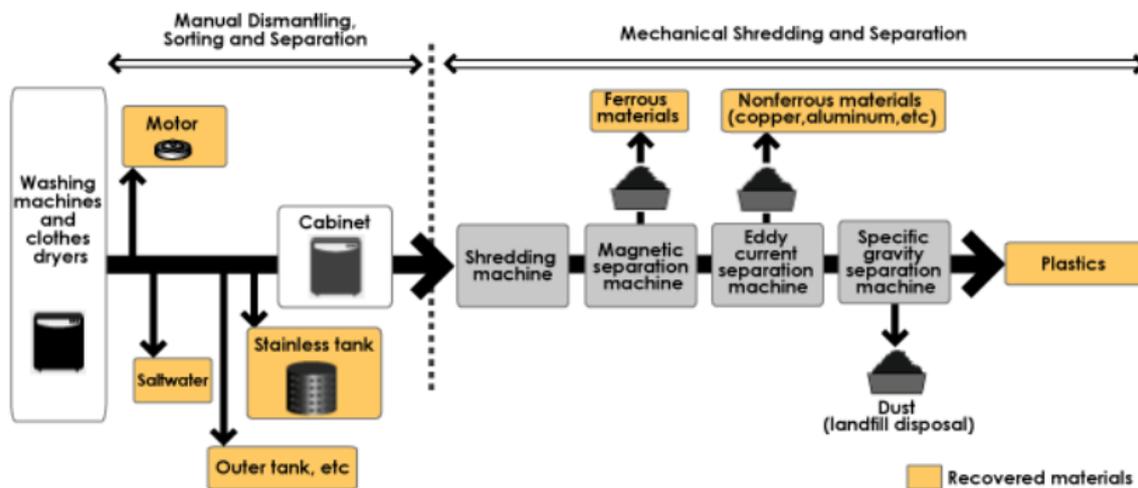
La figura 2 presenta un esquema general para la primera etapa. Los valores indicados son estimados, y deberían confirmarse con estudios específicos.

Figura 8. Metodología propuesta para la definición de criterios de valoración



La siguiente figura muestra la siguiente etapa del escenario, una vez recuperada la lavadora en la etapa anterior, y su entrada en un proceso de reciclado para la separación de los diferentes materiales a valorizar. Se ha tomado como referencia el estudio previo de la lavadora, en el apartado de reciclado de materiales.

Figura 9. Proceso de reciclaje general de las lavadoras.



Fuente. Association for Electric Home Appliances

La etapa de desmontaje manual debería incluir también el proceso de descontaminación a realizar a la lavadora de acuerdo a la normativa de tratamiento de RAEEs. En el caso de las lavadoras, y de acuerdo a la plataforma I4R, los componentes a separar serían:

- Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB), de conformidad con la Directiva 96/59/CE del Consejo, de 16 de septiembre de 1996, relativa a la eliminación de los policlorobifenilos y de los policloroterfenilos (PCB/ PCT)
- Condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares).
- Tarjetas de circuitos impresos para teléfonos móviles, en general, y otros dispositivos si la superficie de la tarjeta de circuitos impresos tiene más de 10 centímetros cuadrados.
- Plásticos que contengan materiales pirorretardantes bromados.
- Pantallas de cristal líquido (junto con su carcasa si procede) de más de 100 centímetros cuadrados de superficie y todas las provistas de lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo.
- Cables eléctricos exteriores.

La última etapa del escenario propuesto sería el reciclado/valorización de las fracciones recuperadas en la etapa anterior. De acuerdo al estudio previo realizado, el destino más frecuente de estos materiales sería²¹:

- El acero y el acero inoxidable se introducen en plantas siderúrgicas secundarias;
- El aluminio se introduce en fundiciones de aluminio secundarias;
- El cobre se introduce en refinerías de cobre;
- Las placas de circuitos impresos se introducen en fundiciones integradas para recuperar el cobre, los metales preciosos y otros metales como subproductos (por ejemplo, plomo, estaño, indio). Cobra especial importancia la recuperación de su contenido en MPF ya que, desde la perspectiva de los recursos, la extracción de estas materias primas de los

²¹ Joint Research Centre (JRC), elaborado por Boyano et al., (2017)

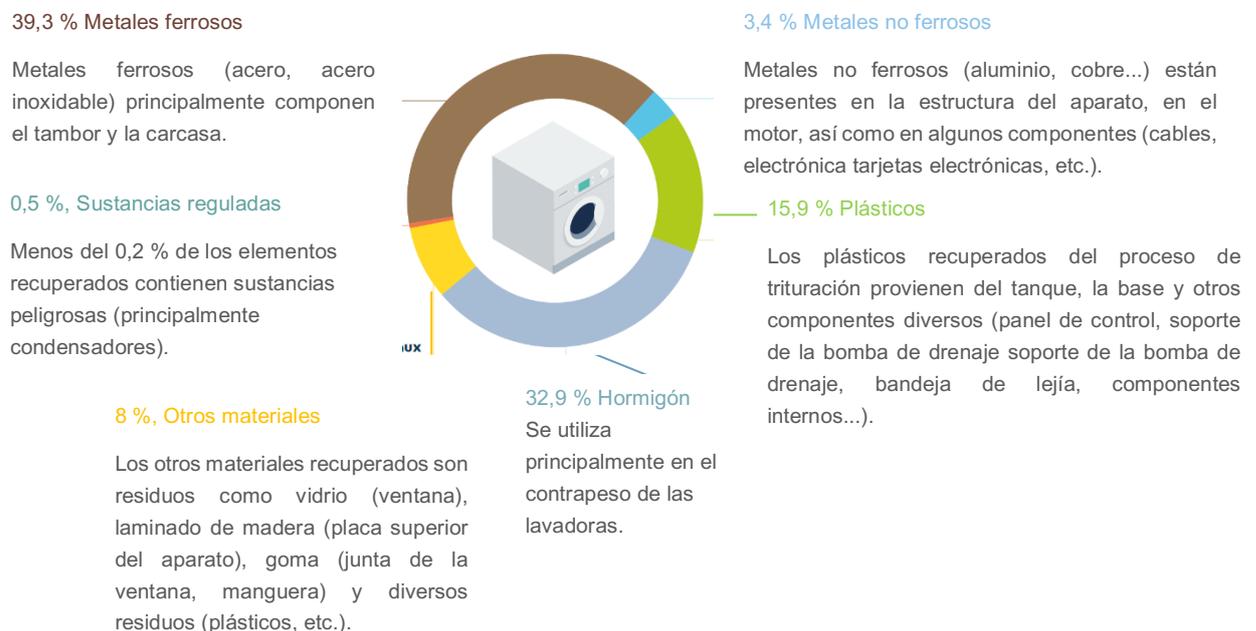
yacimientos minerales para su producción implica una elevada presión sobre el medio ambiente.

- Los plásticos se reciclan (recuperación de materiales de termoplásticos) o se incineran (recuperación de energía);
- El vidrio se destina al reciclaje de vidrio, cuando es factible, o bien se deposita en vertederos;
- El hormigón se valoriza junto con otros residuos de construcción y demolición.

En forma de resumen, y de acuerdo al estudio previo, los principales componentes recuperados de una lavadora se muestran en la siguiente figura.

Figura 10. Principales componentes recuperados de una lavadora

Fuente: Ecosystem



Si se pretende realizar un estudio detallado de reciclabilidad, se debería indicar una eficiencia estimada de cada uno de los procesos indicados anteriormente, para las diferentes fracciones obtenidas. La tabla siguiente se muestra como ejemplo, si bien los valores indicados se deberían confirmar para el caso de estudio.

Fracción	Proceso de reciclado /valorización	Eficiencia estimada del proceso
Plásticos	Reciclado de plástico	82%
Cobre (circuitos impresos)	Reciclado mecánico PCBs	80%
	Refinería de cobre	92%
Cobre (motor)	Separación bobinas	98%
	Refinería de cobre	92%
Acero y acero inoxidable	Plantas siderúrgicas secundarias	93%

Fracción	Proceso de reciclado /valorización	Eficiencia estimada del proceso
Aluminio	Fundiciones de aluminio secundarias	95%
Mezcla de metales	Metalúrgica metales férricos	75%

De acuerdo a la norma, se debería evaluar también la **representatividad** del escenario propuesto, respecto a:

- la Representatividad asociada al producto
- la Representatividad tecnológica
- la Representatividad temporal y
- la Representatividad geográfica.

6.2.3.2 Describir y evaluar las características de diseño del producto

En este apartado se realiza un primer análisis de los diferentes aspectos del diseño del producto que pueden afectar al escenario de fin de vida indicado.

Dichos aspectos se presentan en forma de checklist, con una estimación inicial sobre el nivel de afectación al escenario propuesto (alta, media o baja).

Tabla 35. Aspectos de diseño que pueden afectar a la reciclabilidad

Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
	Alta	Media	Baja	
Capacidad de identificación y retirada de componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación (por ejemplo, circuitos impresos, pantallas, cables, etc.)	X			Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de descontaminación de la lavadora (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Un ejemplo podrían ser los manuales de la Plataforma I4R ²² Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.)
Capacidad de acceder y retirar las partes valiosas para el reciclado, que requieren un desmontaje selectivo de acuerdo con el escenario de fin de vida (motor, cabina, tambor, etc.)	X			Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse de forma selectiva dado su valor para el reciclado (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, cantidad de material, tipo, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.)
Capacidad de deshacer uniones para separar materiales compatibles con el proceso de reciclado considerado		X		El desmontaje manual inicial está centrado en la recuperación de metales, con el mayor peso y pureza posible. Se debería analizar si existe la posibilidad de recuperar en esta etapa partes plásticas de gran peso, que podrían reciclarse fácilmente, y si las fracciones recuperadas son de materiales compatibles para el reciclado conjunto.
Uso de materiales compatibles con los procesos de reciclado en caso de combinación de materiales no separables		X		Las fracciones metálicas obtenidas con el escenario de fin de vida propuesto presentará cierta mezcla de materiales. Parte de ellos se perderán en los procesos posteriores de fundición, etc., dependiendo del material objetivo (acero, cobre, etc.). Por ello, es importante mejorar en lo posible la eficiencia de los procesos de separación, para obtener las fracciones más puras posibles. Las fracciones plásticas irán mezcladas, y serán de difícil reciclado al final del proceso. Por ello, la importancia en este escenario de separar previamente aquellas partes plástica de gran peso y baja contaminación. Por otra parte, se debería intentar emplear el mismo tipo de plástico, y si esto no es posible, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación. En general, el plástico

²² <https://i4r-platform.eu/>

Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
	Alta	Media	Baja	
				objetivo sería el PP.
Capacidad de acceder y retirar partes conteniendo Materiales Críticos		X		<p>Se considera que los materiales críticos se concentran principalmente en los circuitos impresos y en los componentes electrónicos de los mismos. Por ello, el proceso de descontaminación previo puede favorecer esa separación selectiva y una mayor tasa de reciclado si se tratan de forma separada.</p> <p>Se debería suministrar información al reciclador de la ubicación y cantidad estimada de dichas materias en el producto, para facilitar su reciclado (rentabilidad económica, etc.).</p>
Capacidad de acceder y retirar partes que reducen la reciclabilidad de acuerdo al escenario de fin de vida indicado		X		<p>Las partes que pueden contener sustancias peligrosas y que pueden dificultar el reciclado serían los plásticos y los circuitos impresos, que contengan retardantes de llama bromados. Estos materiales se deberían separar en el proceso de descontaminación del producto, y evitar así la contaminación de otras fracciones.</p> <p>Se debería suministrar información al reciclador sobre la ubicación de dichas partes, y como realizar su extracción.</p>

6.2.3.3 Reglas específicas para la determinación de factores de reciclabilidad

Las reglas propuestas en la norma de referencia serían:

- Se debe asignar un valor de reciclabilidad/valorizabilidad “0” al material o parte que contiene sustancias que dificultan el reciclado o la valorización del material
- Se debe asignar un valor de reciclabilidad/valorizabilidad “0” a la parte de masa que no pueda separarse, debido a que las uniones empleadas no permiten la separación en fracciones reciclables
- Se debe asignar un valor de reciclabilidad/valorizabilidad “0” al material, cuando su combinación con recubrimientos o rellenos cumpla que:
 - o están intrínsecamente conectados
 - o incompatibles con el reciclado o valorización del material

Se podrían definir otras reglas específicas para el tipo de producto o de los materiales empleados, pero requerirían de un estudio en mayor profundidad del mismo.

6.2.3.4 Selección evaluación simplificada o detallada

En función de la información disponible sobre la eficiencia de los procesos de reciclado/valorización incluidos en el escenario de fin de vida propuesto se puede seleccionar una evaluación simplificada (los procesos tendrán un valor de 0 ó 1), o una valoración detalla, con un valor de eficiencia entre 0 y 1.

La norma permite una aproximación mixta, es decir, incluir solo los valores de eficiencia de los procesos que se conozcan, aplicando al resto el criterio simplificado.

Se debe también decidir si la evaluación se realizará de forma global a todo el producto o para partes o materiales específicos.

Los materiales con composición compleja, o de bajo peso, pueden englobarse en una familia genérica de “otros” y asignarles un valor de reciclabilidad/valorización de “0”.

6.2.3.5 Cálculo de la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad del producto

De acuerdo a la Norma UNE EN 45555:2019, los índices de reciclabilidad y valorizabilidad se deben calcular en porcentajes de masa, empleando las siguientes fórmulas:

$$R_{cyc} = \frac{\sum_{k=1}^n (m_k \cdot R_{cyc,k})}{m_{tot}} \cdot 100 \% \quad R_{cov} = \frac{\sum_{k=1}^n (m_k \cdot R_{cov,k})}{m_{tot}} \cdot 100 \%$$

Donde:

R_{cyc} es el índice de reciclabilidad del producto

R_{cov} es el índice de valorizabilidad del producto

n es el número de partes/materiales

m_k es la masa de la parte/material k

$R_{cyc,k}$ es el factor de reciclabilidad de la parte/material k

$R_{cov,k}$ es el factor de valorizabilidad de la parte/material k

m_{tot} es la masa del producto completo

La suma de las masas de las partes/materiales (k) ha de ser igual a la masa total el producto.

El factor de reciclabilidad completo para el material k en el escenario de fin de vida sería:

$$R_{cyc, k} = \prod_1^n (X_m)$$

Donde

X_m es la eficiencia de la etapa de tratamiento m para el material k

n es el número de etapas de tratamiento

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se podría plantear el cálculo del índice de reciclabilidad/valorizabilidad para el caso base de la lavadora analizado en el estudio comparativo de ACV. Los valores de eficiencia de los procesos se indican a modo de ejemplo, y deberían evaluarse de forma más precisa en un estudio detallado del producto.

La tabla siguiente resumen el BOM de la lavadora del caso base.

Tabla 36. BOM lavadora caso base para estudio reciclabilidad

Componentes	Material	Peso (kg)
Cabina	Acero	18
Tambor interno	Acero	8
Tambor externo	Carboran 40% (PP reforzado)	10,5
Motor	Varios	8,25
Electrónica	Varios	1,34
Puerta	Vidrio	1,8
Cables	varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
Otras partes plásticas	PVC	1,03
Otras partes plásticas	Goma	0,88
Otras partes plásticas	ABS	1,8
Contrapeso	Cemento	18,68
	TOTAL	79,22

Para esos materiales/componentes, se ha estimado una eficiencia en los diferentes procesos de reciclaje por los que pasarían. Dicha estimación nos permite calcular unos índices de reparabilidad/valorizabilidad de los mismos, tal como se indica en la tabla siguiente.

Para las fracciones plásticas separadas se considera que la valorización consistiría en la recuperación energética.

Tabla 37. Eficiencia de los procesos de reciclado/valorización lavadora caso base

Componentes	Material	Separación manual	Triturado	Separación magnética	Eddy current	Separación gravedad	Reciclado motor	Reciclado electrónica	Metalurgia férricos	Metalurgia no-férricos	Reciclado Plásticos	Reciclado Cemento	Recuperación energía
Cabina	Acero	100%							96%				
Tambor interno	Acero	100%							96%				
Tambor externo	Carboran 40% (PP)	100%									82%		18%
Motor	Varios	100%					82%						
Electrónica	Varios	100%						80%		92%			
Puerta	Vidrio		95%			97%							
Cables	varios	50%	95%	90%	90%	97%				92%			
Otras partes metálicas	Acero		95%	90%		97%			96%				
Otras partes plásticas	PP		95%			97%					82%		18%
Otras partes plásticas	PVC		95%			97%					82%		18%
Otras partes plásticas	Goma		95%			97%					0%		95%
Otras partes plásticas	ABS		95%			97%					75%		25%
Contrapeso	Cemento	100%										90%	

Considerando estos valores, los índices de reciclabilidad/valorizabilidad para los diferentes materiales/componentes serían.

Tabla 38. Cálculo índices de reciclabilidad/valorizabilidad lavadora caso base

Componentes	Material	Peso (kg)	R _{cyc} ,k	R _{cov} ,k
Cabina	Acero	18	96,0%	96,0%
Tambor interno	Acero	8	96,0%	96,0%
Tambor externo	Carboran 40% (PP)	10,5	82,0%	100,0%
Motor	Varios	8,25	82,0%	82,0%
Electrónica	Varios	1,34	73,6%	73,6%
Puerta	Vidrio	1,8	92,2%	92,2%
Cables	varios	0,63	34,3%	68,7%
Otras partes metálicas	Acero	0,84	79,6%	79,6%
Otras partes plásticas	PP	7,47	75,6%	93,6%
Otras partes plásticas	PVC	1,03	75,6%	93,6%
Otras partes plásticas	Goma	0,88	0,0%	95,0%
Otras partes plásticas	ABS	1,8	69,1%	94,1%
Contrapeso	Cemento	18,7	90,0%	90,0%

Con estos valores, los índices de reciclabilidad/valorizabilidad globales del producto serían:

$R_{cyc} = 86,3 \%$ (índice de reciclabilidad del producto)

$R_{cov} = 92,5 \%$ (índice de valorizabilidad del producto)

Como se ha indicado, este caso es a modo demostrativo, dado que la eficiencia de los procesos no se ha estimado, En un caso real, se debería realizar este análisis detallado.

6.2.4 Posibles criterios evaluación de la reciclabilidad

En este caso, no se proponen criterios adicionales, ya que el mejor criterio de evaluación sería el propio cálculo del índice de reciclabilidad/valorizabilidad siguiendo la norma UNE-EN-45555.

Para poder hacer un escalado y asociarle una puntuación, sería preciso realizar un análisis de mercado y ver la situación de dichos índices en los productos existentes.

6.3 CONCLUSIONES

Este apartado ha permitido realizar una primera identificación los aspectos relevantes para la evaluación de la reciclabilidad de las lavadoras, y ha propuesto una primera aproximación para

definir unos índices para su evaluación en este tipo de equipos, que permita la clasificación de los productos en el mercado.

El método se ha desarrollado basándose en información bibliográfica y en el conocimiento de los autores, pero se debe considerar como un estudio preliminar de análisis de la viabilidad del método. En caso de que se considere necesario su desarrollo completo, se deberían considerar datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participar en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, recicladores, etc.).

7 GLOSARIO DE TÉRMINOS

ABS.- acrilonitrilo butadieno estireno

ACV.- Análisis de ciclo

ACCV.- Análisis de coste de ciclo de vida

ADEME.- Agencia de la transición ecológica francesa

AEE.- Aparato Eléctrico y Electrónico

BOM.- Bill of Materials (Listado de materiales)

DDI.- Pasos de desmontaje

EN.- Norma Europea

HOP.- Halte à l'Obsolescence Programmée

ISO.- International Organization for Standardization

JRC.- Join Research Center

MEErP.- Methodology for ecodesign of energy-related products

OCU.- Organización de Consumidores y usuarios

PA.- Poliamida

PCB.- Policlorobifenilos

PCT.- Policloroterfenilos

PE.- Polietileno

PP.- Polipropileno

PS.- Poliestireno

PROMPT.- PRemature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme

PVC.- Policloruro de vinilo

RD.- Real Decreto

RAEE.- Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico

TTF.- Tiempo hasta fallo

UNE.- Asociación Española de Normalización

8 BIBLIOGRAFÍA

- Understanding lifetimes and failure modes of defective washing machines and dishwashers. Paolo Tecchio, Fulvio Ardente, Fabrice Mathieux. European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italy. Journal of Cleaner Production 215 (2019)
- Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines. Final report for Task 3 of the AA N. 070201/2015/SI2.719458/ENV.A.1 Felice Alfieri, Mauro Cordella (JRC Sevilla) Rainer Stamminger, Alexander Bues (University of Bonn). 2018
- Lave-linge: une durabilité qui prend l'eau? Rapport d'enquête sur les enjeux et solutions en matière de durabilité des lave-linge. HOP. Septembre 2019
- PROMPT. Premature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Program:
 - o Deliverable Title: State-of-the-art of design strategies and design principles in relation to obsolescence. 02/2020
 - o Deliverable Title: Design for physical durability, diagnosis, maintenance, and repair. 04/2022
- Analysis of durability, reusability and reparability.- Application to washing machines and dishwashers. Tecchio P., Ardente F., Mathieux F. European Commission, Joint Research Centre (JRC). November 2016
- Identifying design guidelines to meet the circular economy principles: A case study on electric and electronic equipment. María D. Bovea*, Victoria Pérez-Belis. Journal of Environmental Management Volume 228, 15 December 2018, Pages 483-494
- Ecodesign and Energy Label for Household Washing machines and washer dryers. Preparatory study Final report. European Commission, Joint Research Centre (JRC). 2017
- Influence of the service life of products in terms of their environmental impact: Establishing an information base and developing strategies against "obsolescence". Final report. Texte 09/2020. German Environment Agency.
- Preparatory study for the introduction of a durability index. Final Report. ADEME. July 2021
- Índice de reparabilidad francés para lavadoras <https://www.indicereparabilite.fr/grilles-de-calcul/>
- Reglamento (UE) 2019/2023 de la Comisión, de 1 de octubre de 2019, por el que se establecen requisitos de diseño ecológico aplicables a las lavadoras domésticas y a las lavadoras-secadoras domésticas con arreglo a la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.o 1275/2008 de la Comisión y se deroga el Reglamento (UE) n.o 1015/2010 de la Comisión
- I4R Platform,- <https://i4r-platform.eu/>
- https://www.ifixit.com/Device/Washing_Machine
- Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat>

