

03-014

IMPLEMENTATION OF ECODESIGN PRACTICES IN COMPANIES. APPLICATION IN THE REDESIGN OF AN ACCESSORY FOR WHEELCHAIRS.

García Ceballos, Luz ⁽¹⁾; Contreras López, Miguel Ángel ⁽¹⁾; Navarrete Gálvez, Enrique ⁽¹⁾; De Andrés Díaz, Jose Ramón ⁽¹⁾; García Vera, Inmaculada ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Universidad de Málaga

Currently, designs based on sustainable development are growing in the field of Industrial Design. The aim is to increase the environmental performance of products. To achieve an environmentally friendly design, it is necessary to identify and develop product engineering strategies. Ecodesign includes these criteria throughout the design process. This methodology takes into account the environmental behavior throughout its Life Cycle, and also implies a technical and economic advantage for the company. Despite the indicated benefits and the company's involvement, the Ecodesign is encountering difficulties when it comes to implementing it. The objective of this paper is to understand the barriers that companies encounter when implementing ecodesign. The different levels of application and the tools that can help to systematize ecodesign are also studied. To illustrate the above, a real process of redesign of a for self-propelled wheelchairs aimed at people with reduced mobility is presented. In the design, technical and economic aspects and production processes have taken into account to guarantee efficiency. Several prototypes have been built to test functionality (This practice has been developed in a final degree project).

Keywords: Ecodesign; ergonomics; reduced mobility; wheelchair; uneven terrain.

IMPLANTACIÓN DE PRÁCTICAS DE ECODISEÑO EN LAS EMPRESAS. APLICACIÓN EN EL REDISEÑO DISEÑO DE UN ACCESORIO PARA SILLAS DE RUEDAS.

En la actualidad se están incrementando los diseños basados en el desarrollo sostenible en el campo del Diseño Industrial. La meta es aumentar el desempeño ambiental de los productos. Para ello hay que identificar y desarrollar estrategias en la ingeniería de producto para lograr un diseño respetuoso con el medioambiente. El ecodiseño incorpora estos criterios en la concepción y desarrollo del producto, además de suponer una ventaja tecnológica y económica para la empresa. Pero a pesar de los beneficios y la concienciación de las empresas en disminuir los impactos ambientales, el ecodiseño encuentra dificultades en su implantación. El objetivo de este trabajo es entender las barreras que se encuentran las empresas para poder aplicar el ecodiseño. Además de conocer los distintos niveles de aplicación y herramientas de apoyo en función de la sistematización del ecodiseño. Además, se muestra la aplicación de la práctica de ecodiseño en el rediseño de un sistema de desplazamiento para sillas de ruedas autopropulsables dirigida a personas con movilidad reducida. En el diseño se han tenido presente los aspectos técnicos, procesos productivos y aspectos económicos. Se realizaron prototipos para comprobar y corregir fallos del diseño y demostrar su funcionalidad (basado en un trabajo fin de grado).

Palabras claves: EcoDiseño; ergonomía; movilidad reducida; silla de ruedas; terrenos no uniformes.

Correspondencia: Luz García Ceballos mlgarcia@uma.es



©2021 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En el mundo, más de mil millones de personas tienen alguna forma de discapacidad, de las cuales casi 200 millones experimentan dificultades en su movilidad. Las personas con discapacidad tienen peores resultados académicos, peor economía y peores resultados sanitarios. Una consecuencia de ello puede ser los obstáculos que complican el acceso de las personas con discapacidad a servicios que muchos consideramos obvios, como en el empleo, sanidad, transporte, ocio (OMS, 2020).

Las discapacidades se refieren a la consecuencia de la deficiencia en la persona afectada, p. ej., limitaciones para aprender, hablar, caminar u otra actividad. Éstas se clasifican en dos niveles, por grupo y subgrupo. El primer nivel de la clasificación está formado por cuatro grandes grupos: Discapacidades sensoriales y de la comunicación; Discapacidades motrices; Discapacidades mentales; Discapacidades múltiples y otras. Dentro del grupo discapacidades motrices, nos encontramos los subgrupos: discapacidades de las extremidades inferiores, tronco, cuello y cabeza; discapacidades de las extremidades superiores e insuficientemente especificadas del grupo discapacidades motrices (INEGI, 2016).

El gasto directo medio anual por hogar ocasionado por la discapacidad en los hogares de discapacitados asciende, de acuerdo con la información proporcionada por la EDAD 2008, a 2.874 euros. Esta cantidad supone el 9 % del gasto anual medio por hogar, cifrado para 2008 por la Encuesta de Presupuestos Familiares en 31.953 euros. La distribución de ese gasto tiene una gran dispersión y un rango muy amplio, que llega, en algunos casos aislados (compra de vivienda), a superar los 100.000 euros, aunque en el 90% de los hogares se sitúa por debajo de los 7.000 euros anuales. Los principales conceptos a los que se dedican los gastos son adquisición de medicamentos y productos sanitarios, tratamiento médico, ayudas técnicas y ortopedia. Y aunque estos están subvencionados total o parcialmente, se excluye de las subvenciones los efectos y accesorios, los artículos ortoprotésicos destinados a uso deportivo, los utilizados con finalidad estética y aquellos de los que se realice publicidad dirigida al público en general. (Jiménez Lara & Huete García, 2011).

En el campo del Diseño Industrial se están imponiendo los diseños basándose en el desarrollo sostenible para aumentar el desempeño ambiental de los productos. Se estima que el 80% de los impactos ambientales de los productos ocurren durante la fase del diseño (Sierra-Pérez et al, 2014). Para identificar y evaluar los impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida de un producto que se va a diseñar o rediseñar se utilizará la metodología de ecodiseño. Con ella se estudiará y se seleccionará materiales, procesos de fabricación, logística, mejoras funcionales, ... (UNE- Asociación Española de Normalización, 2020). El producto diseñado debe tener un valor añadido, siendo innovador, respetuosos con el medio ambiente y tener la misma calidad o superior que los existentes en el mercado. Además de estar alineado con “Producción y Consumo responsable” que es el objetivo número 12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) consensuado por los líderes mundiales para el 2030 (UN, 2021).

El objetivo de este trabajo es aplicar las “Prácticas de EcoDiseño” en el diseño de un accesorio para facilitar el desplazamiento de sillas de ruedas en terrenos no uniformes encontrando el equilibrio entre el coste medioambiental, la funcionabilidad y el precio para el consumidor.

2.- Ecodiseño y estrategias para reducir el Impacto Ambiental del producto

La preocupación internacional por los impactos producidos al medio ambiente, está llevando a las organizaciones a preocuparse por la gestión de sus actividades y productos con el fin de obtener una mejora continua su desempeño ambiental (UNE-

Asociación Española de Normalización, 2006). Para reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente, se debe incluir criterios ambientales en el proceso de diseño de los productos (Urbano Pastusano, (2020). El ecodiseño se ajusta a esta premisa ya que se define en la UNE-EN-ISO 14006:2020, *“como un enfoque sistemático, que considera los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo con el objetivo de reducir impactos ambientales durante el ciclo de vida de un producto”*.

En el ecodiseño, el concepto de ciclo de vida (CV) es principal (Kim et al, 2020) (Jugend et al, 2020), ya que considera los aspectos ambientales en todas las etapas de este, desde la adquisición de la materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. Para ello cuenta con la herramienta de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) que evalúa los impactos potenciales en cada una de las etapas del ciclo de vida (UNE- Asociación Española de Normalización a, 2006).

Pero a pesar que las empresas reconocen el beneficio del ecodiseño y del reconocimiento de estas en su responsabilidad con el medio ambiente en el diseño de los productos, existen muchas empresas que tienen dificultad en la implantación del ecodiseño (Jabbour et al., 2018). Esto es debido a distintos factores como: falta de sistematización de las prácticas de ecodiseño, a la vez de un gran desarrollo de herramientas para el diseño técnico del producto; falta de integración entre el ecodiseño y el desarrollo de producto; no hay apoyo para las empresas que lo aplican; y dificultad para definir y priorizar las prácticas de ecodiseño (Jugend et al, 2020). Es decir, las empresas no saben integrar el ecodiseño en el modelo de negocio (Pigozzo et al., 2013).

La implantación del ecodiseño en las empresas depende su grado de conocimiento, gestión y de su sistematización, es decir del grado de madurez en el ecodiseño. Y según Pigozzo et al. (2013), está compuesta por tres elementos:

- Prácticas de ecodiseño: prácticas de gestión del ecodiseño (aspectos técnicos del diseño de productos y técnicas) y herramientas asociadas (prácticas operativas) (Jugend et al, 2020).
- Niveles de madurez del ecodiseño: conjunto de etapas sucesivas para la incorporación de aspectos ambientales en el desarrollo del producto y procesos relacionados (Perpignan et al, 2020)
- Método de aplicación: un enfoque prescriptivo de mejora continua para apoyar a las empresas en la implementación y gestión del ecodiseño

Las prácticas de gestión se consideran prácticas genéricas a nivel teórico, y están relacionadas con la preocupación de los impactos ambientales y la actividad de desarrollo de productos. Se puede aplicar a cualquier producto. Entre ellas podemos encontrar: Gestión de procesos de negocio para ecodiseño, Evaluación de impacto ambiental de productos, las etapas generales del diseño de un producto, el pensamiento del ciclo de vida en la empresa, Todas ellas están codificadas según su aplicación en las etapas del diseño de producto (Pigozzo et al., 2013).

Las prácticas operativas diseñadas tras las de gestión, se agrupan en seis estrategias: 1º Minimizar el consumo de energía; 2º Minimizar el consumo de material; 3º Extender la vida útil del material; 4º Optimizar la vida útil del producto; 5º Seleccionar recursos y procesos de bajo impacto; y 6º Facilitar el desmontaje (Vezzoli & Manzini, 2008) (Pigozzo et al., 2013) (Jugend et al, 2020) (Paolo Cicconi, 2020).

Las técnicas que desarrollan estas prácticas son: DfX, Design for X (diseño para conseguir X); Análisis de Valor, para calcular el valor añadido de cada función o sistema de un producto industrial; Análisis del Ciclo de Vida (ACV), cuantificación del Impacto Ambiental de un producto o servicio a lo largo de su CV; Análisis del Ciclo de Coste

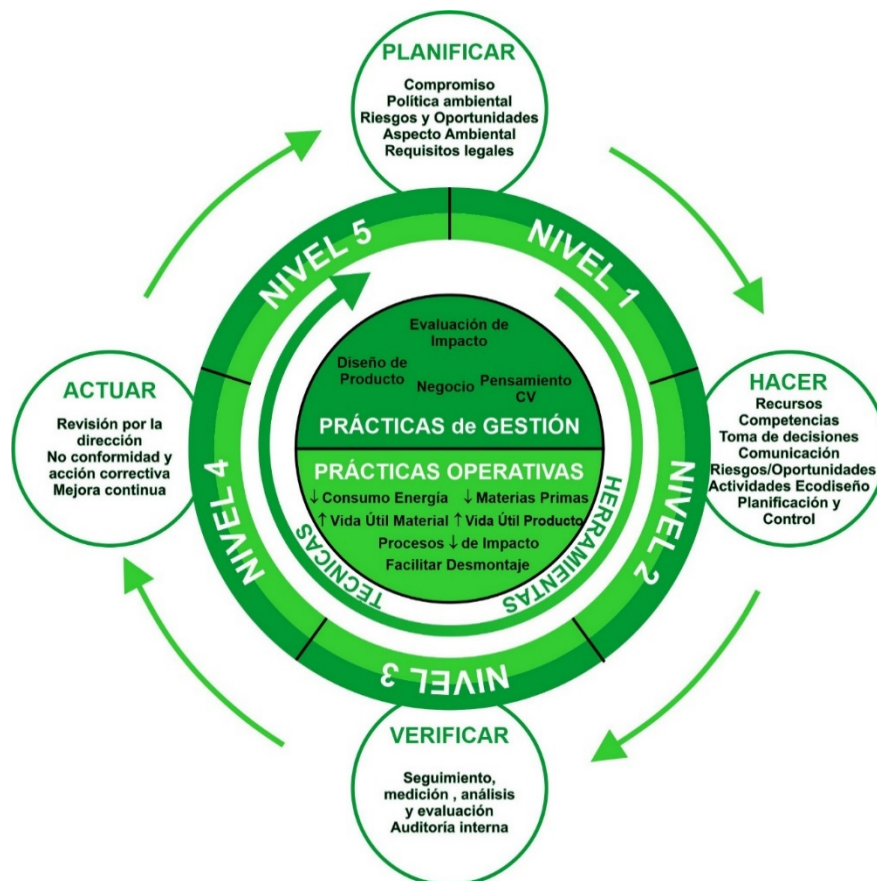
(ACC), que tiene en cuenta los directos e indirectos a la producción, así como los costes a la sociedad (Capuz & Gómez, 2002) (Aguayo González .et al, 2012).

Dentro de las técnicas DfX, se encuentra DfE (Diseño para el Medio Ambiente o Ecodiseño), que para desarrollarla se cuenta con diferentes metodologías y herramientas. Dentro de las metodologías más utilizadas se encuentran: PILOT, PROMISE, EDIT, ECOREDESING o la IHOBE (IHOBE, 2000) (Capuz & Gómez, 2002) (Aguayo González et al, 2012) (Jugend et al, 2020).

Estas técnicas se elaboran a través de sucesivas etapas y en estas etapas se utilizan diferentes herramientas. Para calcular el perfil medioambiental usará el ACV UNE-Asociación Española de Normalización a, 2006) o para la mejora de un producto en cada una de las etapas del CV la “Rueda de estrategias” (Van Hemel, 2002) (Jugend et al, 2020).

Las técnicas y herramientas adecuadas a cada empresa dependerán de su madurez en ecodiseño. La madurez va a depender de la capacidad de la organización de evolución en la implantación del ecodiseño y de su capacidad aplicación de prácticas de gestión de ecodiseño.

Figura 1. Implantación del ecodiseño en una empresa. Fuente: (elaboración propia)



Los niveles de evolución de implantación son cinco. En el primer nivel, la empresa tiene poca experiencia y utiliza el ecodiseño a nivel teórico (factores motivantes, estudio de la competencia, normas a aplicar, ...). En segundo nivel, la empresa comienza con algunas prácticas y obtiene los primeros beneficios (se usa un ACV simplificado). En el tercer nivel, con las experiencias obtenidas, la empresa empieza a sistematizar los procesos para obtener mejoras ambientales en todos los proyectos. En el cuarto nivel, se ha

llegado a la sistematización completa y se usa además para los nuevos conceptos. En el último nivel (cinco), las estrategias medioambientales en el desarrollo de productos están plenamente incorporadas al mismo nivel que los aspectos técnicos y económicos. Los niveles de capacidad también se estructuran en cinco, desde las prácticas de gestión se ha realizado de manera incompleta hasta que se consigue una mejora continua. (Pigozzo et al., 2013)

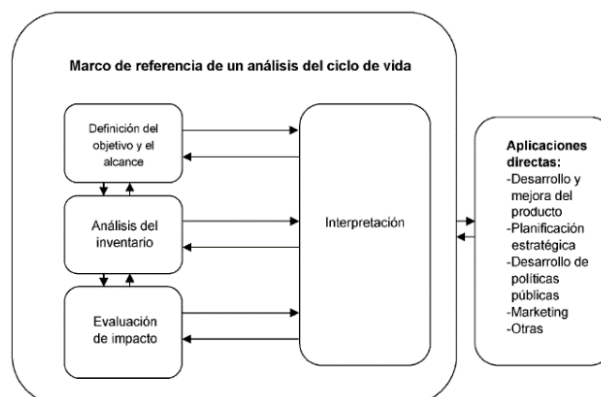
Por último, el Método de aplicación, nos relaciona la UNE EN ISO 14006 con la UNE EN ISO 14001, ya que se vincula la gestión de los procesos de una organización con los aspectos e impactos ambientales asociados (UNE- Asociación Española de Normalización, 2020). Con lo que se incorpora el ecodiseño al Sistema de Gestión Ambiental de la empresa y seguirá la estructura: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) y siempre dentro de un marco de mejora continua (UNE- Asociación Española de Normalización, 2015).

Podemos llegar a la conclusión que para la implantación del ecodiseño en una empresa teniendo en cuenta las prácticas de ecodiseño (gestión y operativas), la madurez de la empresa y el método de aplicación, se tendría que realizar el esquema representado en la Figura 1 (Pigozzo et al., 2013) (Jugend et al, 2020) (Perpignan et al, 2020).

2.1.- Herramienta para calcular el perfil medioambiental

Para determinar el perfil medioambiental mediante un ACV de un producto, existen métodos cuantitativos (ecoindicadores, programas informáticos de ACV, etc.) y cualitativos (matriz MET, listas de comprobación, etc.), que se usan para analizar el perfil ambiental de un producto y definir las prioridades ambientales. La metodología cuantitativa permite examinar los datos de manera numérica, recogiendo datos de diferentes variables y analizándolos. La cualitativa realiza estudios mediante la observación de las variables a analizar (Cook et al., 2004). Todos los métodos se basan en el estudio del CV, lo que significa que estos métodos analizan los aspectos ambientales de todas las fases del producto. La diferencia entre un método y otro es el nivel de complejidad, el coste económico, el tiempo requerido de trabajo y la cantidad y tipo de información necesaria (su elección dependerá del grado de madurez en ecodiseño que tenga la organización).

Figura 2. Etapas de un ACV. Fuente: (UNE- Asociación Española de Normalización, 2006)



El ACV se realiza mediante 4 fases (Figura 2). La primera fase del ACV consiste en definir los objetivos y alcance del estudio, es una fase importante y especialmente cuando se trata de estudios comparativos; se define el sistema a estudiar y sus límites; en esta etapa definimos la calidad de los datos, las hipótesis y el nivel que se alcanzará; también se define la unidad funcional (UF) de modo que sea posible asociar las entradas

y salidas del sistema. En la fase de inventario se recopilan y cuantifican los datos que ayuden a concretar las entradas y salidas tanto de materia como de energía del sistema, incluyendo el uso de recursos (materias primas, energía, agua, etc.), y las emisiones al aire, agua y suelo que se produzcan. La etapa de evaluación de impactos, es un proceso técnico que va dirigida a conocer y a evaluar la magnitud y cuán importante son los impactos ambientales potenciales de un sistema a lo largo de su CV. La evaluación se desarrolla en etapas, que se diferencian entre las obligatorias y opcionales. Por último, está la etapa de interpretación de resultados que nos proporcionará una información coherente con el objetivo y alcance definido, con la que obtendremos conclusiones y recomendaciones en la toma de para el destinatario (UNE- Asociación Española de Normalización a, 2006).

3.- PRÁCTICAS de ECODISEÑO en el rediseño de un sistema de desplazamiento para silla de ruedas autopropulsables en terrenos no uniformes.

En este apartado se va considerar una empresa con un nivel tres de madurez en la evolución y de capacidad. Esto significa que ya integra el ecodiseño en el desarrollo del producto (tiene un enfoque ambiental) y las prácticas de gestión se formaliza en procesos documentados y se asignan las responsabilidades y los recursos para respaldar la práctica.

Para realizar el rediseño (prácticas operativas), nos vamos a basar en la metodología de ecodiseño de IHOBE, que consta de siete etapas y da como resultado productos con mejoras en su ecoeficiencia e incorpora los factores motivantes en el diseño (IHOBE, 2000).

3.1.- Análisis del sector

En esta etapa se hará una investigación sobre los competidores que existen en el mercado, esto implica el análisis de los diferentes diseños que encontremos para el desplazamiento de sillas de ruedas por terrenos no uniformes.

En la Figura 3, nos encontramos con la “Silla de ruedas Hipocampo playa” (Tipo 1). Es práctica para playa, campo y nieve gracias a su bajo centro de gravedad y ruedas anchas. Se adapta tanto a niños como adultos y se puede usar de forma autónoma. Además, al ser desmontable, se transporta fácilmente. Los materiales utilizados son aluminio anodizado, acero inoxidable, espuma tipo neopreno, espuma hidrófoba, y ruedas son tipo todoterreno. Su precio es de 2990 € y pesa 15 kg. (Ortoweb, 2021).

Figura 3. Tipos de sistemas de desplazamiento por terrenos no uniforme. Fuente: (Ortoweb, 2021), (OrtopediaMIMAS,2021), (Moverte.com,2021), (Odoor.org,2021)



El Tipo 2 (Figura 3), es una silla de ruedas denominada “anfibia todoterreno” es apta para bañarnos en el mar, desplazarnos por la arena, ir a la montaña o movernos con ella en el día a día. Es regulable (además de tener diferentes tallas), plegable y con

elementos extraíbles. Sus materiales son metálicos inoxidable, la silla de ruedas se caracteriza por su resistencia. Pesa 15 kg y su precio 890 € (Ortopediamimas,2021).

En el Tipo 3 (Figura 3), tenemos una tumbona movilidad reducida para playa. Sus dos grandes ruedas permiten desplazarse por cualquier tipo de superficies (playa, piscina...) y recomendado para personas con grandes dificultades físicas. El chasis está fabricado de aluminio y tornillería de acero inoxidable. Su peso es de 8 kg y cuesta 935 € (Moverte.com,2021).

La Tipo 4 (Figura 3), representa una silla de ruedas todo terreno asistida. Funciona en terrenos blandos, superficies irregulares, húmedos, abrasivos y puede recorrer largas distancias. Sus ruedas son tipo globo y pivotantes en la zona delantera. Su estructura es de acero inoxidable, cuesta alrededor de 2500 € (Odoor.org, 2021).

Por último, en la Figura 3 nos encontramos con un accesorio tipo de rueda delantera que facilita el acceso a la playa o montaña (Tipo 5). Es fácil de quitar y poner, esta eleva las ruedas delanteras, convirtiendo en una silla en tres ruedas y todoterreno. Puede ser rígido o plegable y se puede circular por superficies irregulares (hierba, tierra o nieve). La estructura es de aluminio, pesa 2,2 kg y tiene un precio alrededor de los 600 €. (Ortoweb, 2021).

Tras el estudio, se decidió hacer el rediseño del accesorio Tipo 5, ya que no exige al usuario tener que adquirir una segunda silla que conlleva a tener un mayor espacio para su almacenamiento y un coste superior.

3.2.- Materiales

Se han analizado diversos tipos de materiales que se encuentran presentes en los accesorios comercializadas actualmente (García & García, 2018).

3.3.- Preparación del Proyecto

Tras la formación de equipo, se decidió diseñar un accesorio para sillas de ruedas para desplazarse por terrenos no uniformes. Los factores motivantes que los determinaron:

Los factores motivantes externos seleccionados son:

- Administración: para cumplir UNE EN ISO 14040:2006
- Mercado: Demanda de productos sostenibles y funcionales
- Competidores: Los aspectos ambientales son una parte de la calidad de los productos.

Los factores motivantes internos seleccionados son:

- Reducción de costes: reduciendo peso o de materiales, así como como el precio para el usuario
- Poder de innovación: usando materiales sostenibles
- Sentido de responsabilidad medioambiental del gerente

3.4. – Aspectos Ambientales

Se realizará un perfil medioambiental del producto a rediseñar (Figura 4). Para ellos realizaremos una Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para evaluar los impactos ambientales en el ciclo de vida (UNE- Asociación Española de Normalización b, 2006). Tras el análisis se identificará oportunidades para la mejora ambiental en cada etapa del CV, se establecerán prioridades del diseño (se ha empleado un método cuantitativo para este estudio).

El objetivo del ACV, es un análisis comparativo del impacto ambiental entre el accesorio de referencia con el rediseño a realizar. Para ello se plantea un estudio simplificado destinado a obtener información para determinar el comportamiento medioambiental de cada uno de ellos.

El ACV simplificado se ha llevado a cabo utilizando el software SimaPro (SimaPro 8.0.4.28 (PRé, 2016), la metodología ReCiPe Endpoint 1.06 (Esnouf et al., 2018) (Goedkoop et al., 2009) y la base de datos (BBDD) Ecoinvent 3. Las Categoría de Impacto que entran en este estudio aparecen en la Tabla 1 (Goedkoop et al., 2009).

Tabla 1. Categoría de Impactos (Pedraza & García, 2018)

Categoría de Impacto	Abr.	Categoría de Impacto	Abr.
Cambio Climático	CC	Eutrofización Agua Dulce	EUA
Disminución de Ozono	O	Ecotoxicidad Terrestre	ET
Toxicidad Humana	HT	Ecotoxicidad del Agua Dulce	EA
Oxidante Fotoquímico	OF	Ecotoxicidad Marina	EM
Formación de Partículas	MP	Ocupación De Tierra Agrícola	OTA
Radiación Ionizante	RI	Transformación de Tierra	TT
Cambio Climático Ecosistemas	CCE	Agotamiento de Metales	AGM
Acidificación Terrestre	AT	Agotamiento de fósiles	AGP

Tabla 2. Inventario Tipo 5 (Elaboración propia basado en Ortoweb, 2021, PRé, 2016)

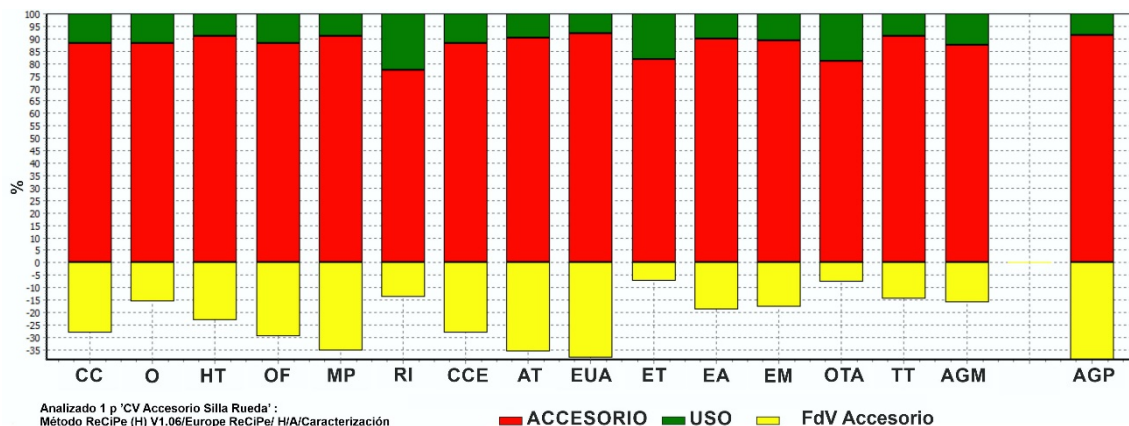
Material	kg	Pieza	Proceso
Aluminio	0,95	Adaptador/ Horquilla/Eje	Aluminium removed by turning
Acero	0,5	Tornillos/Arandelas/Rueda	Steel, chromium steel 18/8
Poliuretano	0,126	Mango/Rueda	Polyurethane, flexible foam
Caucho	0,4	Rueda	Synthetic rubber
HDPE	0,1	Rueda	Polyethylene, high density, granulate
Fabricación		Material	Proceso
Torneado		Acero	Chromium steel removed by turning
Perforación		Acero /arandela	Chromium steel removed by drilling
Fabricación productos			Metal working, product manufacturing
Extrusión		Aluminio	Section bar extrusion
Pintura en polvo			Powder coat
Soldadura			Welding, arc
Moldeo		Caucho/PE	Injection moulding
Trabajo fábrica			Road vehicle factory
Energía		Rueda	Electricity, medium voltage
Gas natural			Heat, district or industrial, natural gas
Material	Ud.	Fase	Proceso
Agua	1/4 l/uso	Uso	Tap water, at user

Rueda	1	Uso
Material	Fase	Proceso
Aluminio	FdV	Aluminium (waste treatment) recycling of aluminium (50%)
Resto	FdV	Municipal solid waste (waste treatment)

Como UF seleccionada, un sistema de desplazamiento para silla de ruedas autopropulsables en terrenos no uniformes que tenga una vida útil de 6 años. Para definir el límite del sistema se ha seguido la recomendación de la norma. Se excluirán del estudio todas aquellas entradas al ciclo de vida que tengan una baja incidencia respecto al porcentaje total de la masa total de producto. Para facilitar el estudio se consideran procesos genéricos (incluye transporte). El flujo de referencia, de las entradas durante su uso consiste en: accesorio se limpia cada vez que se usa, considerando el uso de un tercio del año. El neumático se cambiará a los 3 años de uso. En cuanto al Fin de Vida (FdV), se considera que se recicla las partes de aluminio. El inventario obtenido se representa en las Tablas 2.

Tras la evaluación (Figura 4), el Montaje (extracción y fabricación) del Accesorio (Tipo 5) representa más del 80 % de la carga ambiental. El aluminio repercute en un 55% y la fabricación de las piezas de los que contienen este material más del 70%. Por otra parte, las ruedas intervienen en un 25%.

Figura 4. Caracterización del CV Tipo 5 (Elaboración Propia)



3.5. Ideas de mejora para el diseño del “Accesorio Referencia”

Se realizó una tormenta de ideas basándonos en la Ruedas Estratégica LIDS (Capuz & Gómez, 2002). A continuación, las ideas se valorización teniendo en cuenta la viabilidad técnica, económica, medioambiental y los factores motivantes definidos (Ihobe,2017) y se seleccionaron los siguientes criterios para el nuevo producto (García & García, 2018):

- Requisitos técnicos: funcional, peso ligero; material resistente y sostenibles, imagen innovadora,
- Requisitos ambientales: disminuir precio, minimizar neumáticos, facilidad en el mantenimiento, materiales reciclables; producción en menor número de etapas.

3.6. Generación de nuevos conceptos de producto

Tras la etapa anterior y teniendo en cuenta los requisitos definidos del nuevo producto, se muestran distintas soluciones conceptuales, de las cuales saldrá el diseño final (García & García, 2018) (Figura 5).

En la Figura 5 nos encontramos cuatro bocetos de los posibles diseños. El Boceto 1, es un patín con enganches rueda delantera. Esta pieza se fabricaría con ABS o polietileno para la superficie del patín, y la sujeción sería de pequeños trozos de tela de bajo impacto a medida (permite no se hunda en la superficie y puede patinar sobre ella). El Boceto 2, es un patín sistema encaje para rueda delantera. Esta pieza se fabricaría con polietileno a media de la rueda para un encaje adecuado, su función es la de no permitir que las ruedas delanteras de la silla de ruedas se encajen en la superficie. El Boceto 3, se compone de una rueda única de mayor tamaño, sustituta de las delanteras. Se trata de un rodillo delantero con la intención de levantar las ruedas delanteras de la silla de ruedas para que no se encaje en la superficie, se fabricaría todo con polietileno, aunque el rodillo tendría una textura rugosa. Y el Boceto 4, constaría de unas dobles ruedas. Estas se engancharán al eje principal. Se fabricaría con aluminio y polietileno.

Figura 5. Generación de ideas sistemas de accesorios desplazamiento por terrenos no uniforme (García & García, 2018)

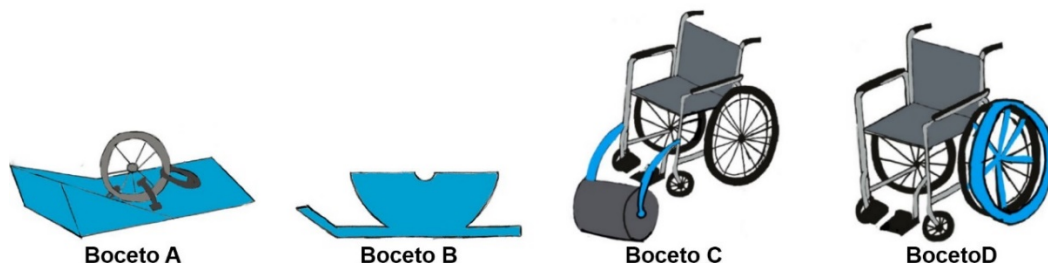


Tabla 3 Valoración de los diferentes conceptos (García & García, 2018)

Valoración de los Diferentes Conceptos				
Requisitos del Pliego de Condiciones	Boceto A	Boceto B	Boceto C	Boceto D
Funcionalidad	4	4	1	2
Peso ligero	1	2	3	5
Material resistente	3	3	4	3
Material sostenibles	2	1	2	3
Imagen innovadora	3	4	2	3
Disminuir precio	2	2	1	4
Minimizar ruedas	1	1	1	5
Fácil mantenimiento	3	2	2	3
Material reciclable	2	2	2	4
Menos etapas de fabricación	2	1	2	3
TOTAL	23	22	20	35

Para seleccionar el diseño final se hace una valoración en un intervalo del 1 al 5 de cada uno de los criterios técnicos y medioambientales seleccionados. Obteniéndose como mejor producto el Boceto D (Tabla 3) (García & García, 2018).

Figura 6. Producto en detalle (García & García, 2018)



3.7. Diseño en detalle del Acople Silla de Rueda

Este sistema “Acople Silla de Ruedas” (Figura 6), se compone de 8 piezas con una cierta curvatura la cual se encaja en la rueda de radio inferior, cada pieza tiene tres varillas que son las que hacen la fuerza de fricción contra el material de la superficie. Las varillas por la parte superior están atornilladas a las piezas curvadas y por la parte inferior se enganchan al eje, este eje se forma por dos piezas con 8 huecos y un anillo interno sobre el que se enlazan estas varillas. El mismo eje ejerce la fuerza que necesita para que todo quede perfectamente encajado y sin moverse, esto es gracias al diseño del tornillo roscado que permite autorregular la distancia desde el centro de la rueda hasta sus extremos. Además, tiene una cinta externa de refuerzo que se ajusta a las piezas, lo cual impide que en la distancia de una pieza a otra pueda anclarse en la superficie. Se ha diseñado con la intención de que se autorregule, porque, aunque todas las sillas de ruedas tienen las mismas dimensiones, siempre existe alguna excepción, por ello con este tornillo roscado se puede ajustar y por tanto adaptar para poder cumplir su función.

Tras realizar un estudio de materiales (García & García, 2018), se han seleccionado para las varillas una aleación de aluminio reciclado, para las 8 piezas curvadas y la cinta externa polietileno reciclable y la cinta es de látex. Para el eje central se usará ABS y acero inoxidable para la tornillería y los cáncamos. Con estos materiales reduciremos el peso, además de conseguir una producción sencilla. El plástico utilizado se trabaja por moldeo de inyección, haciendo el molde con la forma de nuestras piezas, el plástico fundido por las máquinas se inyecta en el molde a alta presión, esto se realiza para grandes cantidades. Al principio se producirán las piezas por impresión 3D hasta que se haga un hueco en el mercado. Para las varillas que son fabricadas con aleación de aluminio la cual se realiza por extrusión y luego se cortan a la medida requerida.

Al final del diseño se le han añadido unos patines delanteros, y estos se fabricarán también con polietileno, porque es un material con bajo impacto además de menor coste. Y por último se utilizará la aleación de aluminio para las varillas que necesita las piezas tanto para sujeción como para que todo esté bien ajustado sin posibilidad de movimiento. Se ha calculado el coste de este producto y al usuario le saldría un precio de 75 €, se ha conseguido una reducción importante (García & García, 2018).

3.7.1. Prototipo

Al realizar el prototipo (Figura 7), aunque cumplía su función, el usuario no podía desplazarse por sí mismo y la persona que le propulsa debía ejercer una gran fuerza. Así que se le añadió una cinta alrededor de las 8 piezas para que se deslice con mayor facilidad y menos esfuerzo. Para la autonomía del usuario, se han diseñado un par de patines unidos a una zona central por dos varillas, estos impiden que las ruedas pequeñas delanteras de la silla de ruedas se encajen en la superficie, junto al sistema de las ruedas grandes provocan que la fuerza para desplazarse sea menor, y que el desplazamiento se deslice de forma continua.

Figura 7. Prototipo (García & García, 2018)



Pero para conseguir la autonomía completa del usuario en algunas superficies, se puede añadir una rueda pequeña en el centro entre las varillas. Con este tercer apoyo conseguimos que el esfuerzo sea menor para el usuario y se desplace sin dificultad, cumpliendo la función que teníamos como objetivo.

3.8. Plan de Acción y Evaluación

En el Plan de Acción se abordarán aquellas medidas que se seleccionaron, pero no se han podido llevar a cabo en el diseño final (García & García, 2018).

Para evaluar el nuevo diseño, comprobamos que este cumple los Factores Motivantes definidos. El sistema del nuevo producto cuenta con los mismos límites que se establecieron en el primer ACV, aunque con menos consumo de agua y aumento de la vida de la rueda al no usarse en todas las superficies.

Tabla 3. Inventario (García&García,2018)

Material	kg	Pieza	Proceso
Polietileno	0,84	Patines /Piezas curvada	PET reciclado
ABS	0,15	Ejes central	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer
Aluminio	0,42	Varilla	Aluminium, cast alloy, aluminium scrap
Acero	0,10	Tornillos/Rueda	Steel, chromium steel 18/8
Poliuretano	0,09	Rueda	Polyurethane, flexible foam
Caucho	0,31	Rueda/Cinta	Synthetic rubber
HDPE	0,07	Rueda	Polyethylene, high density, granulate
Fabricación	Material	Proceso	
Torneado	Acero	Chromium steel removed by turning	
Perforación	Acero /arandela	Chromium steel removed by drilling	
Corte		Aluminium removed by drilling	
Extrusión	Aluminio	Section bar extrusion	
Pintura en polvo		Powder coat	
Moldeo	Caucho/PE	Injection moulding	
Trabajo fábrica		Road vehicle factory	
Energía	Rueda	Electricity, medium voltage	
Gas natural		Heat, district or industrial, natural gas	
Material	Ud.	Fase	Proceso

Agua	1/5 l/uso	Uso	Tap water, at user
Rueda	0,5	Uso	
Material	Fase	Proceso	
Aluminio	FdV	Aluminium (waste treatment) recycling of aluminium	
PET	FdV	PET (waste treatment)	

Se realizará un nuevo inventario (Tabla 3), con los datos expuestos en el apartado anterior, posteriormente se hará la Evaluación del Impacto (Figura 8) utilizando los mismos parámetros. La etapa de Montaje (extracción y fabricación) del “Acople” ha reducido de una manera importante su influencia en el perfil ambiental. Comprobamos que la etapa de disposición final debido a que se aumenta el porcentaje de reciclaje de los elementos que conforman el producto.

En la Figura 9 se muestra la comparativa entre los dos productos, donde se constata que el nuevo diseño tiene mejor desempeño ambiental. Esto se deberá sobre al uso de aluminio y PET reciclado, así como al aumento del reciclaje. Las cuatro categorías de impacto más destacadas tras la normalización son CC, HT, MP y CCE, y el “Acople Silla de Rueda” posee en todas ellas una puntuación menor del 80% que el “Accesorio-Tipo 5”.

Figura 8. ACV Acople Silla de Rueda (Elaboración Propia)

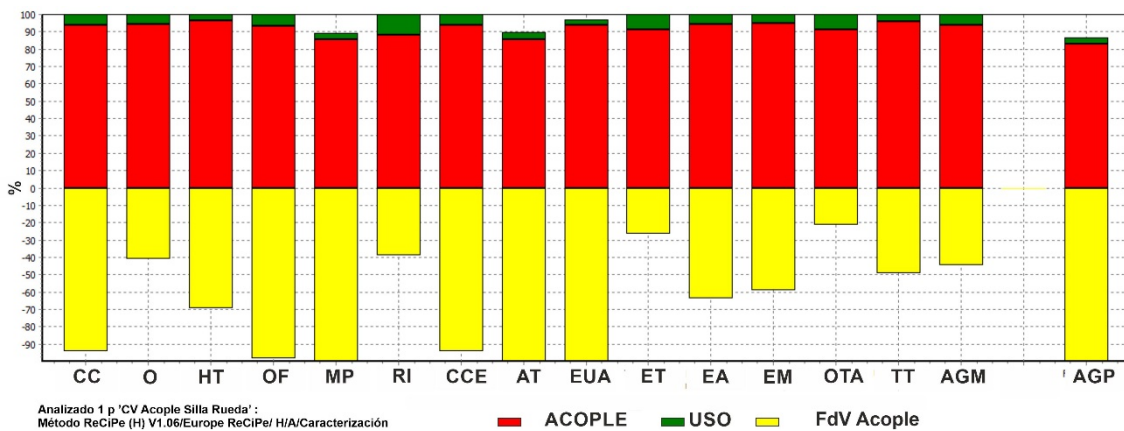
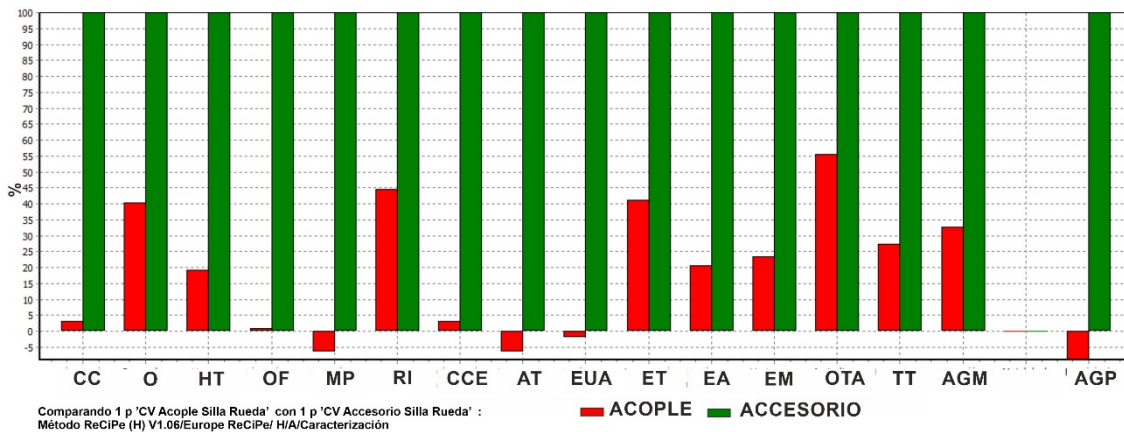


Figura 9. ACV Comparativo (Elaboración Propia)



4. Conclusiones

El nivel de método de aplicación y la madurez en ecodiseño de las empresas es muy importante para poder desarrollar las prácticas de gestión y operativas. A mayor madurez de las organizaciones estas prácticas se sistematizarán y los productos conseguirán tener mayor desempeño ambiental. Sería interesante identificar la aplicación del método y la madurez del ecodiseño en las empresas para poder proponer unos objetivos de mejora continua.

Una vez realizadas en el caso práctico propuesto las distintas fases del proyecto se ha logrado los objetivos principales. Hemos realizado el rediseño del accesorio de silla de ruedas para superficies no homogéneas, con los criterios ambientales consiguiendo un diseño que respeta el medioambiente, esto se ha conseguido a través de la metodología de EcoDiseño que hemos realizado. Además, se han conseguido los factores motivantes que originaron este trabajo.

- Se ha realizado “Prácticas Operativas” de Ecodiseño utilizando técnicas y herramientas adecuadas a la madurez de la empresa.
- Se ha realizado un Acople sostenible basándonos en la UNE EN ISO 14040:2006 y la UNE-EN ISO 14006:2020.
- El producto es funcional como se ha demostrado con los prototipos
- El precio es ocho veces más bajo.

Referencias

- Aguayo González, F.; Peralta Álvarez, M. E.; Lama Ruiz, J.R. & Soltero Sánchez, V.M. (2012). Ecodiseño, Ingeniería Sostenible de la Cuna a la Cuna (C2C). RC Libros; N.º 1 edición. ISBN 8493831263
- Capuz, S. & Gómez, T. (2002) Ecodiseño. Ingeniería del Ciclo de Vida para el desarrollo de productos sostenibles. Valencia. Rubes
- Cook, T. & Retechard, C., 2004. Métodos cuantitativos y cualitativos. Editorial Madrid-Morata, Madrid
- Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia, EDAD 2008 (Módulo de hogares), EDAD, (2008). Obtenido de: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176782&menu=resultados&idp=1254735573175
- Esnouf, A., Latrille, E., Steyer, J.P. & Helias, A. (2018). Representativeness of environmental impact assessment methods regarding Life Cycle Inventories. *Science of the Total Environment* 621 (2018) 1264–1271.
- García, I. & García, L. (2018). Sistema de desplazamiento para silla de ruedas autopropulsables en terrenos no uniformes. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Málaga.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. De, Struijs, J. & Van Zelm, R., 2009. ReCiPe 2008: a Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level
- Ihobe (2017). Oportunidades de negocio que ofrece el ecodiseño a las empresas del País Vasco. Obtenido de: <http://www.ihobe.eus/publicaciones/oportunidades-negocio-que-ofrece-ecodisenio-a-empresas-pais-vasco>

- IHOBE ,2000. Manual práctico de ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos. Disponible en <https://www.ihobe.eus/publicaciones/manual-practico-ecodiseno-operativa-implantacion-en-7-pasos>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2016. Clasificación de Tipo de Discapacidad – Histórica. https://www.inegi.org.mx/contenidos/clasificadoresycatalogos/doc/clasificacion_de_tipo_de_discapacidad.pdf
- Jabbour et al., 2018. , “There is no carnival without samba”: Revealing barriers hampering biodiversity-based R&D and eco-design in Brazil, *Journal of Environmental Management*, Volume 206, 2018, Pages 236-245, ISSN 0301-4797. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.019>
- Jiménez Lara, A. & Huete García, A., (2011). Estudio sobre el agravio comparativo económico que origina la discapacidad. Entidad editora: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; Universidad Carlos III de Madrid
- Jugend, D, Paula Pinheiro, M., Rojas Luiz, J.; Varandas Junior, A. & Cauchick-Miguel, P., (2020). Chapter 6 - Achieving environmental sustainability with ecodesign practices and tools for new product development. Editor(s): Charis M. Galanakis. *Innovation Strategies in Environmental Science*, Elsevier,2020. Pages 179-207. ISBN 9780128173824. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817382-4.00006-X>.
- Kim, H., Cluzel, F., Leroy, Y., Yannou, B. & Yannou-Le Bris, G. (2020). Perspectivas de investigación en ecodiseño. *Ciencia del diseño*,6 , E7.doi: 10.1017 / dsj.2020.5
- Moverte.com. Tumbona Oceanic Sun – Novaf. Recuperado el 3 de marzo de 2021 de <https://www.moverte.com/ayudas-playa-y-piscina/4024-tumbona-oceanic-sun-novaf.html>
- Naciones Unidas (UN) (2021). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado el 8 de abril de 2021 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Odoor.org. Silla de ruedas todo terreno asistida. Recuperado el 3 de marzo de 2021 de <https://www.oodoor.org/producto/silla-de-ruedas-todo-terreno-asistida/>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (1 diciembre de 2020). Discapacidad y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- OrtopediaMIMAS. Silla anfibia trial playa. Recuperado el 3 de marzo de 2021 de <https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-manuales/sillas-anfibias/4552-silla-anfibia-trial-playa.html>
- Ortoweb Medical SL. Recuperado el 3 de marzo de 2021 de <https://www.ortoweb.com>
- Paolo Cicconi, P., (2020). Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach, *Sustainable Materials and Technologies*, Volume 23, 2020, e00135, ISSN 2214-9937, Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00135>.
- Pedraza, C. M. & García, L. (2018). Diseño de un Mini Contenedor de residuos urbanos integrado en una “Isla Verde” del campus de la universidad de Málaga. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Málaga.

- Perpignan, C., Baouch, Y., Robin, V. & Eynard, B., (2020). Engineering education perspective for sustainable development: A maturity assessment of cross-disciplinary and advanced technical skills in eco-design, *Procedia CIRP*, Volume 90, 2020, Pages 748-753, ISSN 2212-8271. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.051>.
- Pigosso, D., Rozenfeld, H., C. & McAlloone. T., (2013). Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. *Journal of Cleaner Production* (59), 160-173
- PRé (2016) SimaPro. Introduction to LCA with SimaPro. Holanda. PRé
- Sierra-Pérez, J.; Domínguez, M. & Espinosa, M.M., (2014). El ecodiseño en el ámbito de la ingeniería del diseño. *Técnica Industrial* (308), 42-49
- UNE- Asociación Española de Normalización, (2006 a). UNE-EN ISO 14040: 2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida Principios y marco de referencia. Madrid, España.
- UNE- Asociación Española de Normalización. (2006 b). UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices. Madrid, España.
- UNE- Asociación Española de Normalización, (2015). UNE-EN ISO 14001:2020. Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Madrid, España
- UNE- Asociación Española de Normalización (2020). UNE-EN ISO 14006:2020. Sistemas de gestión ambiental. Directrices para incorporar el ecodiseño. Madrid, España.
- Urbano Pastusano, D. C. (2020). Aplicaciones del eco diseño como herramienta para el control de la contaminación ambiental. Universidad Santiago de Cali. Obtenido de: <http://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/4948>
- Van Hemel, C & Cramer, J., (2002). Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs. *Journal of Cleaner Production* 10, 439e453.
- Vezzolli, C. & Manzini, E., (2008). *Desig for Environment Sustainability*, first ed. Springer, London.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

