



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

LA SOSTENIBILIDAD EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

Itziar Jaén Maritorea

Pedro Villanueva Roldán

Pamplona, 14 de Febrero 2013

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
1.1	PLANTEAMIENTO.....	1
1.2	EL DISEÑO INDUSTRIAL.....	2
1.3	INFLUENCIA MEDIOAMBIENTAL EN EL DISEÑO INDUSTRIAL.....	2
1.4	DEL DISEÑO CONVENCIONAL AL DISEÑO SOSTENIBLE.....	3
1.5	OBJETIVOS.....	4
<b>2</b>	<b>SOSTENIBILIDAD.....</b>	<b>5</b>
2.1	INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	5
2.2	DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD.....	6
2.3	INFORME BRUNDTLAND.....	8
2.3.1	PRINCIPIOS.....	9
2.3.2	OBJETIVOS.....	9
2.3.3	INDICADORES.....	10
2.4	LA ECO-EFICIENCIA.....	12
<b>3</b>	<b>HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS AMBIENTAL PARA EL DISEÑO SOSTENIBLE.....</b>	<b>14</b>
3.1	INTENSIDAD MATERIAL POR UNIDAD DE SERVICIO (MIPS).....	14
3.2	DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA (DAE).....	15
3.3	HUELLA ECOLÓGICA.....	16
3.4	VALORACIÓN DE LA ESTRATEGIA AMBIENTAL (VEA).....	17
3.5	LISTAS DE COMPROBACIÓN (LC).....	18
3.6	MATRIZ MET.....	20
3.7	EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE DISEÑO (ECD).....	21

3.8 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) .....	21
3.9 RUEDA ESTRATÉGICA DEL ECODISEÑO .....	22
3.10 ECOINDICADORES .....	23
<b>4 PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE DISEÑO.....</b>	<b>24</b>
4.1 DISEÑO DEL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO .....	24
4.1.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).....	25
4.1.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL ACV.....	26
4.1.3 FASES DEL CICLO DE VIDA .....	27
4.1.4 NORMATIVA ISO 14040 .....	28
4.1.5 ETAPAS DEL ACV .....	29
4.2 INGENIERÍA CONCURRENTE .....	33
4.2.1 INTRODUCCIÓN.....	33
4.2.2 FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE.....	34
4.2.3 TENDENCIAS EN LA EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE	42
4.3 INGENIERÍA VERDE .....	42
4.3.1 PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE.....	43
4.3.2 PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA VERDE .....	44
4.4 BIOMÍMESIS O BIOMIMETISMO .....	45
4.4.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO BIOMIMÉTICO .....	45
4.4.2 ETAPAS DEL DISEÑO BIOMIMÉTICO .....	46
4.4.3 EJEMPLOS DE DISEÑOS BIOMIMÉTICOS .....	49
4.4.4 OTROS MÉTODOS DE DISEÑO BIOINSPIRADO .....	51
4.5 ECODISEÑO .....	52
4.5.1 INTRODUCCIÓN AL ECODISEÑO.....	52
4.5.2 ETAPAS DEL ECODISEÑO.....	55
4.5.3 ESTRATEGIAS DE ECODISEÑO .....	55
4.5.4 METODOLOGÍAS .....	56
4.5.5 NORMATIVA.....	59

<b>5</b>	<b>SOBRE EL MÉTODO CRADLE TO CRADLE.....</b>	<b>60</b>
5.1	REDISEÑANDO LA FORMA EN QUE HACEMOS LAS COSAS.....	60
5.2	DESCRIPCIÓN .....	64
5.3	CONCEPTOS CLAVE DEL CRADLE TO CRADLE.....	65
5.3.1	CIRCUITOS CERRADOS.....	65
5.3.2	CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE LA CUNA A LA TUMBA .....	67
5.3.3	CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE LA CUNA A LA CUNA. BASURA = ALIMENTO .....	68
5.3.4	PRINCIPIOS BÁSICOS DEL C2C .....	71
5.4	CRITERIOS DE APLICACIÓN Y CERTIFICACIÓN .....	72
5.4.1	SALUBRIDAD MATERIAL.....	76
5.4.2	REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL .....	83
5.4.3	USO DE ENERGÍA RENOVABLE .....	86
5.4.4	ADMINISTRACIÓN DEL AGUA .....	88
5.4.5	RESPONSABILIDAD SOCIAL.....	91
5.5	PROCESO DE CERTIFICACIÓN.....	94
5.5.1	INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN .....	94
5.5.2	EVALUACIÓN DEL PRODUCTO.....	94
5.5.3	REVISIÓN Y OPTIMIZACIÓN.....	96
5.5.4	AUDITORÍA .....	97
5.5.5	EMISIÓN DE LA CERTIFICACIÓN Y RENOVACIÓN .....	98
5.6	DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN .....	99
<b>6</b>	<b>EJEMPLO DEL PROCESO DE CERTIFICACIÓN C2C .....</b>	<b>102</b>
6.1	MUDARSE A LOS NUTRIENTES BIOLÓGICOS: PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE MATERIALES .....	103
6.2	DESMONTAJE .....	111
6.3	RECICLABILIDAD Y RECICLAJE FRENTE A CONTENIDO RENOVADO.....	113
6.4	CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DFE FINAL DEL PRODUCTO .....	118
6.5	EVALUACIÓN Y PASOS SIGUIENTES.....	121

<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>124</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>126</b>
	8.1 PÁGINAS WEB .....	126
	8.2 LIBROS .....	127
	8.3 REVISTAS .....	128

# 1 PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

## 1.1 PLANTEAMIENTO

La elección de este tema como proyecto fin de carrera nace del documental “Comprar, tirar, comprar” emitido en TVE 2. El documental trata de la obsolescencia programada. En él se analiza el modelo de consumismo y demuestran con ejemplos cómo los fabricantes pasaron de crear productos robustos y con la mayor vida útil posible a reducirla deliberadamente para incrementar su consumo.

Un ejemplo muy significativo que utilizan para explicar este hecho y que constituyó el punto de partida del documental, fue una bombilla de una estación de bomberos del condado de Livermore (California), que está en funcionamiento desde 1901. A principios del siglo XX, el reto de las compañías era fabricar bombillas con la mayor durabilidad posible. En cambio, el descenso de consumo que ocasionaba esta gran durabilidad de las bombillas, ocasionó que Philips, Osram y General Electric, que entonces eran los mayores fabricantes de bombillas, establecieran un acuerdo para la fabricación de bombillas con un máximo de 1000 horas de duración.

Es en el documental donde hablan de un nuevo método de diseño, el diseño Cradle to Cradle que me genera cierta curiosidad, pues difiere radicalmente de los métodos de diseño convencional, y en gran parte de aquellos que buscan ser respetuosos con el Medio Ambiente. Citan un libro: *Cradle to Cradle (De la cuna a la cuna). Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*, que me decido a comprar y que me motiva a analizar y estudiar las diferentes metodologías de diseño para la sostenibilidad, comparándolas con el Cradle to Cradle, como tema principal del proyecto.

## 1.2 EL DISEÑO INDUSTRIAL

El diseño industrial se define como la técnica de concebir objetos que puedan ser fabricados en serie por la industria.

A la hora de diseñar nuevos productos o mejorar los ya existentes, el primer paso es analizar qué funciones debe desarrollar. Para ello hay que conocer, definir y acotar el problema, y buscar la mejor solución de diseño para que el nuevo producto desarrolle las funciones para las que ha sido diseñado en base a las necesidades. Las necesidades tendrán que estar bien definidas e identificadas para poder crear las especificaciones y características que requiera nuestro producto.

Sin embargo, los métodos de producción industrial convencionales y las estructuras de consumo actuales no son sostenibles.

## 1.3 INFLUENCIA MEDIOAMBIENTAL EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

La evolución hacia una sociedad moderna y la noción de los problemas ambientales ocasionados por la producción industrial convencional, han hecho que la sociedad tenga cada vez mayor concienciación ambiental. La necesidad, una vez descubierto el problema, de regular y establecer un marco común de trabajo, llevó a instaurar Sistemas de Gestión medioambiental. Estos sistemas complementaron lo Sistemas de Gestión de la calidad, mejorando las actividades de las empresas.

A lo largo de estos últimos años se han desarrollado diferentes herramientas y metodologías para el diseño de productos o servicios, así como para integrar en metodologías de diseño convencionales y solventar los problemas de sostenibilidad.

Además el desarrollo de estas metodologías que buscan la sostenibilidad no tienen como único fin un diseño que respete el medio ambiente, sino que añade valores a las empresas, aumenta su competitividad, disminuye la utilización de recursos...

Encontramos muchos nombres para estas estrategias; el ecodiseño, la ingeniería verde, el diseño concurrente... Las cuales difieren en cuanto a la forma en que se diseña, las herramientas, las etapas, los niveles de contaminación permitidos... pero todas buscan un único fin, que es el cuidado del entorno y el diseño responsable con el Medio Ambiente.

La innovación de los productos, va de la mano de la sostenibilidad, pues ambas tienen su función dirigida al cambio y al futuro. La innovación es esencial para el crecimiento económico del país y para colocarse en una posición competitiva con respecto a los demás países del mundo.

## **1.4 DEL DISEÑO CONVENCIONAL AL DISEÑO SOSTENIBLE**

El diseño de productos industriales se relaciona directamente con el entorno que nos rodea ya que toma materias primas y energía, y cede residuos y emisiones en todas las etapas de lo que denominamos el ciclo de vida del producto. El ciclo de vida del producto inicia con la obtención y consumo de materias primas y finaliza con la eliminación del producto, una vez desechada por el usuario.

Por tanto pasamos de la concepción basada únicamente en el producto y sus requerimientos, a un nuevo enfoque en el que se tiene en cuenta todo el sistema, es decir, teniendo en cuenta todo aquello que se relaciona con el producto a lo largo de su vida (materias primas, procesos, consumos, embalajes, transportes...).

De esta manera es sencillo realizar un esquema en el cual queden claramente identificadas las entradas y las salidas del proceso de producción del producto que suponen un impacto ambiental, de manera que podamos minimizarlas y ordenarlas en función del nivel de riesgo para el Medio Ambiente.

## **1.5 OBJETIVOS**

Con este proyecto se pretende analizar los diferentes métodos y las herramientas de diseño que actualmente se incorporan en los procesos de diseño de productos en la industria, particularmente los métodos de diseño sostenible o aquellos respetuosos con el Medio Ambiente.

Analizar cada uno de ellos, ver cómo se implantan estos diseños en las empresas, que relación guardan entre sí y si difieren mucho entre ellos. Además explicar el método de diseño Cradle to Cradle, y ver cuales son las ventajas con respecto de los métodos anteriores.

Destacar los puntos fuertes del Cradle to Cradle para difundir su forma de entender el diseño, sus valores y motivar que todo aquel al que le interese el diseño entienda la importancia de todos los criterios sobre los cuales este método se rige.

Y por último reflexionar sobre cómo actúan las empresas a la hora de implantar esos métodos, cuales son sus motivos e inquietudes, si buscan un verdadero progreso a la hora de diseñar, más acorde con los problemas y necesidades actuales o si se ciñen únicamente al cumplimiento de la norma en cuanto a las cuestiones medioambientales.

## **2 SOSTENIBILIDAD**

### **2.1 INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE**

El objetivo principal del desarrollo sostenible es compatibilizar el desarrollo industrial con la preservación del entorno natural.

Las relaciones entre el medio natural y el industrial son interdependientes; el medio natural cumple varias funciones que hacen posible la satisfacción de las necesidades humanas para el desarrollo industrial, pero provocan, en mayor o menor medida, una alteración del medio natural.

Los recursos naturales son la base sobre la cual se apoyan muchos procesos productivos que serían impensables en su ausencia, y forman parte de la producción de gran cantidad de bienes económicos. Los efectos que el crecimiento económico tiene sobre los recursos naturales y ambientales empezaron a considerarse en la década de los años setenta en los países más industrializados y se llegó a cuestionar la viabilidad de determinados modelos de desarrollo.

El 20% de la población mundial vive en los países industrializados, consume un 80% de los recursos naturales del mundo y produce alrededor de veinte veces más contaminación por persona que los países menos industrializados.

El medio natural actúa además como receptor de los residuos y desechos generados por la sociedad en sus procesos de producción y consumo, residuos que, hasta cierto límite, puede absorber y transformar. Esto ha conducido a un deterioro medioambiental y como consecuencia, a la adopción de políticas medioambientales basadas en el desarrollo sostenible.

El término desarrollo sostenible apareció por primera vez en el Informe Brundtland, realizado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1987. Y definen el desarrollo sostenible, como “aquél que atiende a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”.

## 2.2 DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD

El concepto de sostenibilidad se ha extendido rápidamente y alcanzado todas las escalas sociales, llegando a situarse como la base de la actividad gubernamental, industrial, empresarial, económica o social.

El desarrollo sostenible encierra tres dimensiones: la económica, la social y la ambiental, de manera que un modelo de desarrollo podrá calificarse como sostenible si es viable económicamente, justo o equitativo desde un punto de vista social y soportable en el tiempo desde un punto de vista ambiental.

En la figura siguiente podemos observar la interrelación de las tres dimensiones, que componen un desarrollo sostenible completo:

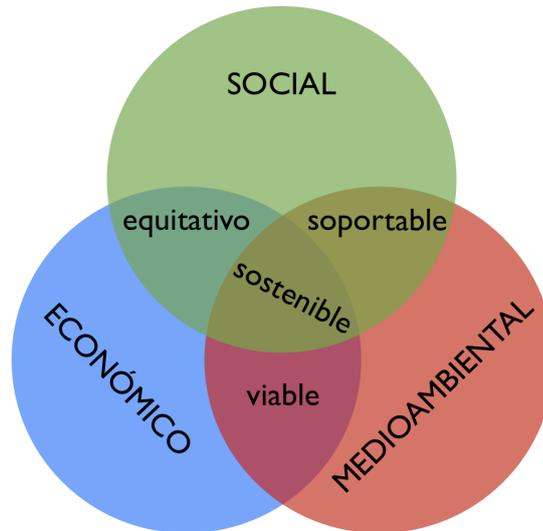


Figura 1. Desarrollo sostenible completo

En la dimensión ambiental o ecológica, los escenarios sostenibles deben estar en equilibrio, utilizando los recursos mínimos necesarios. La reducción de los flujos de recursos ( o desmaterialización) es uno de los principios mas importantes.

Los ámbitos de actuación son el ACV, el ecodiseño, la ecología ambiental....

La dimensión social pone de manifiesto la igualdad, la seguridad, la libertad y la justicia. El principal objetivo es la distribución equitativa de recursos, el derecho al as necesidades básicas y un entorno social saludable donde se respeten los derechos humanos y la multiculturalidad con igualdad de oportunidades y sin discriminación.

Los ámbitos de estudio se basan en la mejora social llevando a cabo acciones como la erradicación de trabajo infantil, las relaciones industriales saludables entre empleado y empresa...

La dimensión económica se refiere al crecimiento económico de la calidad, la viabilidad de acciones y la valoración adecuada de los recursos naturales. El modelo económico planteado tiene como base lo local, para conseguir una producción equitativa y distribuida en las regiones, donde se llevarán a cabo las actividades a pequeña escala.

Los ámbitos de estudio mejora e implantación son: la liberación de impuestos a la tierra, la inversión social responsable, el circuito cerrado del producto...

La interrelación de las tres dimensiones proporcionara un desarrollo social, ecológico y productivo dentro de los límites naturales establecidos, dentro del respeto y de los niveles saludables del planeta, imitando su gestión equitativa de recursos.

## **2.3 INFORME BRUNDTLAND**

A finales de 1983, el secretario general de las Naciones Unidas pidió a la primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland, que creara una comisión para examinar los problemas ambientales. Durante tres años, se trabajó en generar un informe para el cambio global con los objetivos de reexaminar cuestiones críticas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo, formular propuestas realistas para hacerles frente, proponer nuevas fórmulas de cooperación internacional, aumentar los niveles de concienciación y compromiso de los individuos...

El informe describe dos futuros: uno viable y otro que no lo es. En el segundo la especie humana continúa agotando el capital natural y en el primero los gobiernos adaptan el concepto de desarrollo sostenible y organizan estructuras nuevas, y más equitativas, que empiezan a cerrar el abismo que separa a los países ricos de los pobres. Un abismo en lo que se refiere a la energía y los recursos, ya que es el principal problema ambiental de planeta.

### 2.3.1 PRINCIPIOS

Según el Informe Brundtland, los principios del desarrollo sostenible son los siguientes:

- El principal objetivo del desarrollo sostenible es el de satisfacer las necesidades y aspiraciones del ser humano:
- El desarrollo sostenible necesita un crecimiento económico allí donde las necesidades esenciales no se satisfacen.
- El desarrollo sostenible solo es posible si la evolución demográfica concuerda con el potencial productivo de los ecosistemas.
- El desarrollo sostenible exige la conservación de los recursos genéticos y el mantenimiento de la diversidad biológica.
- El desarrollo sostenible requiere que los efectos nocivos sobre el aire, el agua y otros elementos comunes a la humedad se reduzcan al mínimo, de forma que se preserve la integridad del sistema.

### 2.3.2 OBJETIVOS

Los objetivos del desarrollo sostenible, según el Informe Brundtland, son:

- La recuperación del crecimiento pero con una modificación de la calidad del mismo.
- La satisfacción de las necesidades humanas esenciales del conjunto de la humanidad en lo referente al empleo, la alimentación, el agua y al sanidad.

- El domino de la demografía.
- La preservación y la valoración de la base de los recursos.
- La nueva orientación de las técnicas y la gestión de riesgos.
- La integración de las consideraciones relativas a la economía y al medio ambiente en la toma de decisiones.

En síntesis, este informe esta centrado en la necesidad del desarrollo de los países menos favorecidos, y contiene preocupaciones muy precisas sobre los problemas globales que afectan al ambiente planetario y su relación con el modelo de desarrollo de los países industrializados. En todo el informe está presente la noción de equidad.

El concepto de sostenibilidad es lo suficientemente genérico como para haber sido implantado en distintos medios académicos y políticos, sin embargo, un análisis exhaustivo de la definición, revela que el desarrollo sostenible lleva implícitas al menos dos condiciones: el crecimiento económico, para poder satisfacer las necesidades de la generación presente, y la conservación de unos mínimos productivos, para garantizar la continuidad del crecimiento en el futuro.

### **2.3.3 INDICADORES**

En el Informe Brundtland se proponen los siguientes indicadores de sostenibilidad:

- Impacto cero, el balance global de la operación de la actividad humana no ha de suponer una deseconomía cuando se internalizan los costes ambientales.

El saldo global de las actividades humanas vendría dado por lo beneficios derivados del crecimiento económico menos los costes ambientales asociados al mismo.

Si el saldo resultante es positivo, podemos hablar de economías, si fuese negativo, hablaríamos de deseconomías.

- Eficiencia ambiental. Reducción del consumo de materias primas y energía por unidad de producción

Este criterio se corresponde con el termino ecoeficiencia . El aumento del nivel de vida y el crecimiento demográfico llevan inevitablemente a un consumo de recursos naturales cada vez mayor. Mientras no se alteren las leyes naturales que regulan los recursos renovables, ni se descubran nuevos yacimientos de recursos no renovables, la alternativa es aprovechar los recursos existentes a máximo y disminuir a mínimo su consumo.

- Promoción de la redistribución de la renta. Redistribuir el exceso de sobreconsumo de los países ricos en favor de los pobres.

Este criterio se refiere a la dimensión social del desarrollo sostenible y defiende la distribución equitativa. Si generalizáramos el consumo de un habitante del primer mundo a todos los habitantes del planeta, necesitaríamos 4 o 5 planetas, por tanto es imposible extrapolar el modelo económico de los países desarrollados a todos lo países del mundo.

- Promoción del desarrollo en lugar del crecimiento.

Relacionar el aumento del nivel de vida de un lugar con el crecimiento demográfico, valorar la transición desde el aumento en el uso de los recursos al desarrollo cualitativo. Hace hincapié en los aspecto no materiales del desarrollo. Una sociedad no puede considerarse avanzada si no están garantizados los derechos humanos más elementales. No se trata de crecer a cualquier precio, sino de mejorar el nivel de bienestar de los ciudadanos.

- Equilibrio demográfico. Adecuado desarrollo demográfico que evite grandes desequilibrios en la distribución de la población.

Para conseguir el modelo de desarrollo sostenible, hay que tener en cuenta, entre otros aspectos, la reducción del consumo de materia y energía mediante la mejora de la eficiencia de los procesos de obtención de productos, de su reutilización, del reciclaje y de la eficiencia de recursos durante su vida útil

## 2.4 LA ECO-EFICIENCIA

La ecoeficiencia consiste en el uso eficiente de los recursos naturales. Su esencia está en producir más con menos, utilizar menos recursos naturales y menos energía en el proceso productivo, reducir desechos y contaminación.

La ecoeficiencia de un producto o servicio podría definirse como el cociente entre el valor del mismo y el impacto ambiental causado a lo largo de su ciclo de vida.

La ecoeficiencia busca lograr la eficiencia económica de las empresas a través de la eficiencia ecológica, concretamente en la necesidad de reducir el consumo de recursos naturales y disminuir la producción de residuos, consiguiendo así un desarrollo sostenible que una los criterios ambientales con los económicos y sociales.

Desde que se creó el concepto de ecoeficiencia (los empresarios del Consejo Empresarial Mundial por el Desarrollo Sostenible decidieron impulsar la ecoeficiencia como medida de lucha contra la degradación ambiental, a raíz de la cumbre de Río de Janeiro de 1992), ha tenido mucho éxito y para muchos se ha convertido en la estrategia principal de sostenibilidad, sin embargo hoy, dos décadas después, podemos ver que la ecoeficiencia no garantiza que un producto o servicio sea ecológico, de hecho ni siquiera garantiza reducir el impacto medioambiental.

Vamos a definir y diferenciar entre eficiencia y efectividad.

**EFICIENCIA:** Capacidad de disponer de recursos para conseguir un efecto determinado.

**EFFECTIVIDAD:** Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

La efectividad difiere de la eficiencia en el sentido que la efectividad hace referencia a la mejor utilización de los recursos, en tanto que la eficiencia hace referencia a la capacidad para alcanzar un objetivo, aunque en el proceso no se haya hecho el mejor uso de los recursos.

## 3 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS AMBIENTAL PARA EL DISEÑO SOSTENIBLE

### 3.1 INTENSIDAD MATERIAL POR UNIDAD DE SERVICIO (MIPS)

El análisis MIPS consiste en la cuantificación de los recursos materiales utilizados por un producto para desarrollar su función. Esta herramienta estima la cantidad de materias primas que han sido utilizadas directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida del producto.

El índice MIPS se obtiene del cociente entre el Input del material y el número de servicios ofrecidos por el producto a lo largo de su ciclo de vida.

$$\text{MIPS} = \frac{\text{entradas de material y energía} \times \text{factor de conversión por categoría}}{\text{unidad de servicio}}$$

Figura 2. Cálculo del cociente MIPS

Esta herramienta sólo identifica las etapas del ciclo de vida críticas respecto del consumo de materiales desde el punto de vista ambiental, sin embargo no considera aspectos importantes como el consumo de energía o las emisiones tóxicas.

## 3.2 DEMANDA ACUMULADA DE ENERGÍA (DAE)

Con esta herramienta se cuantifica la energía consumida por el producto a lo largo de todo su ciclo de vida. Con este análisis se ha de ser capaz de identificar las fases del ciclo de vida del producto que ocasionan mayores impactos ambientales y compararlas con distintas alternativas de diseño planteadas.

Para cada etapa del ciclo de vida pueden calcularse diferentes consumos de energía dependiendo del alcance que se quiera dar al análisis:

ETAPAS DEL CICLO DE VIDA	CONSUMO DE ENERGÍA			ALTERNATIVAS PLANTEADAS
	DIRECTO	ASOCIADO A MATERIALES	INDIRECTO	
Extracción de materias primas				
Procesado de materiales.				
Producción y montaje.				
Distribución.				
Uso y servicio				
Retiro				

Tabla 1. Análisis DAE

1. Consumo directo de energía durante la extracción y transporte de las materias primas, la fabricación, distribución, utilización y tratamiento de los residuos del producto.
2. Consumo de energía asociada a los materiales.
3. Consumo indirecto de energía relacionado con las infraestructuras necesarias para utilizar el producto, como por ejemplo, la producción de electricidad, combustibles, maquinaria, camiones, etc.

### **3.3 HUELLA ECOLÓGICA**

La huella ecológica es un indicador que representa la cantidad de territorio necesario para proporcionar los recursos consumidos por una persona, grupo, producto o actividad. Lo que indica la huella ecológica es cómo actúa la industria actual sobre el medio ambiente, mostrando la cantidad de recursos que se necesitarían si no se cambia el ritmo de vida de la sociedad actual.

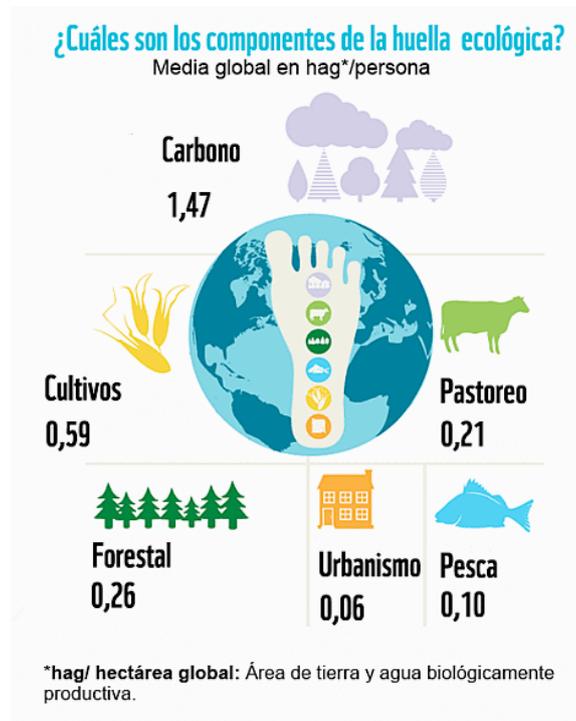


Figura 3. Indicadores de la huella ecológica

### 3.4 VALORACIÓN DE LA ESTRATEGIA AMBIENTAL (VEA)

Esta herramienta lo que hace es situar en un diagrama de tela de araña los diferentes grupos de estrategias importantes en un proceso de ecodiseño, con el fin de determinar las acciones de mejora asociadas y valorar su implantación en el producto, a la vez que permite introducir nuevas propuestas y ver la evolución que se plantea con las nuevas estrategias.

La VEA se resume en tres etapas:

- Determinación de las estrategias de mejora ambiental del producto.

- Valoración cualitativa de las acciones de mejora seleccionadas para cada etapa del ciclo de vida, en función de su grado de implantación.
- Representación gráfica de la posición estratégica ambiental.

Esta herramienta no sólo se utiliza en el proceso de diseño de un solo producto, también se utiliza para comparar varios productos.

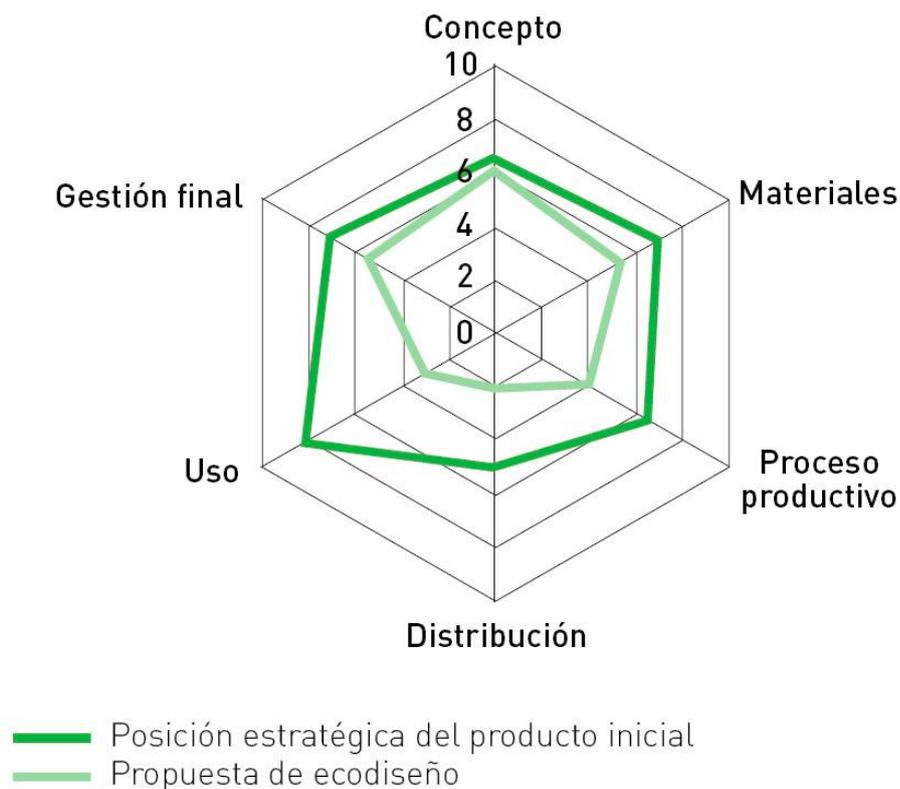


Figura 4. Gráfico VEA

### 3.5 LISTAS DE COMPROBACIÓN (LC)

Las listas de comprobación consisten en una serie de preguntas acerca del ciclo de vida del producto, que ayudan a identificar cuáles son sus puntos fuertes y débiles en el proceso de diseño y de producción de nuestro producto desde el punto de vista ambiental.

Normalmente, la aplicación de estas preguntas es rápida y no es necesario tener experiencia previa.

Estas son algunas de las preguntas de las listas de comprobación, agrupadas en función de las etapas de diseño:

*¿Cómo responde su producto a las **necesidades sociales**?*

- *¿Cuáles son las funciones principal y auxiliares del producto?*
- *¿Cumple el producto estas funciones eficaz y eficientemente?*

*¿Qué problemas pueden surgir durante la **producción y obtención de materiales y componentes**?*

- *¿Cuántos y qué tipos de plástico son utilizados?*
- *¿Cuántos y qué tipos de aditivos son utilizados?*
- *¿Cuántos y qué tipos de metales son utilizados?*

*¿Qué problemas pueden surgir durante el **proceso de producción** dentro de su empresa?*

- *¿Cuántos y qué tipos de procesos de producción se utilizan (incluyendo conexiones, tratamientos superficiales, impresiones y etiquetado)?*
- *¿Cuántos y qué tipos de materiales auxiliares son necesarios?*

*¿Qué problemas pueden surgir durante la **distribución** del producto hacia el consumidor?*

- *¿Qué tipo de envases y embalajes se utilizan (volumen, peso, materiales, reutilización)?*
- *¿Qué tipos de sistema de transporte son utilizados?*

*¿Qué problemas pueden surgir durante el **uso, mantenimiento o reparación** del producto?*

- *¿Cuánta y qué tipo de energía se necesita, directa o indirectamente?*
- *¿Cuántos y qué tipos de consumibles se necesitan?*
- *¿Cuál es la vida útil desde el punto de vista técnico?*

*¿Qué problemas pueden surgir durante la **valorización y el vertido** del producto?*

- *¿Cómo se gestiona el producto actualmente?*
- *¿Se están reutilizando componentes o materiales?*
- *¿Qué componentes pueden ser reutilizados?*

### 3.6 MATRIZ MET

La Matriz MET muestra los materiales utilizados (M) , la energía consumida (E) y las emisiones tóxicas (T) generadas durante las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto.

La organización sistemática (en una matriz) de la información ambiental importante relacionada con el producto permite identificar los fallos o virtudes desde el punto de vista ambiental.

La información incluida en la matriz deberá ser cuantitativa si es posible, o cualitativa si no se disponen de suficientes datos. El tiempo necesario para cumplimentar la matriz depende de la complejidad del producto y de los datos disponibles sobre su ciclo de vida.

La estructura de la matriz MET básica es la siguiente:

	Materiales	Energía	Emisiones tóxicas
Producción de materiales y componentes			
Distribución			
Uso/Utilización			
Mantenimiento/Vida útil			
Fin de vida			

Figura 5. Matriz MET

### 3.7 EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE DISEÑO (ECD)

La ECD consiste en analizar la generación de residuos asociados a las distintas etapas del ciclo de vida de un producto. Analiza conceptos relacionados con los impactos de los desechos asociados a las distintas etapas del ciclo de vida, el aumento de residuos así como su reciclaje o su reutilización.

### 3.8 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

El ACV es un método para evaluar el impacto o las cargas ambientales de un producto asociadas a su ciclo de vida.

El concepto de ciclo de vida de un producto industrial se define como: *“las etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto”* (Sociedad de Toxicología Ambiental y Química, SETAC).

En todas las fases del ciclo de vida de un producto consumen recursos materiales y de energía que se transforman y constituyen el producto final, acompañado de las correspondientes emisiones, residuos y desecho correspondientes a cada una de las fases.



Figura 6. Fases del ciclo de vida

### 3.9 RUEDA ESTRATÉGICA DEL ECODISEÑO

La rueda estratégica del ecodiseño es una herramienta para seleccionar y comunicar las estrategias de Ecodiseño. Consiste en un modelo conceptual que muestra todos los campos de interés del ecodiseño, intentando evitar que se solapen. Estos campos están agrupados en ocho estrategias que corresponden a los ocho ejes de la rueda:

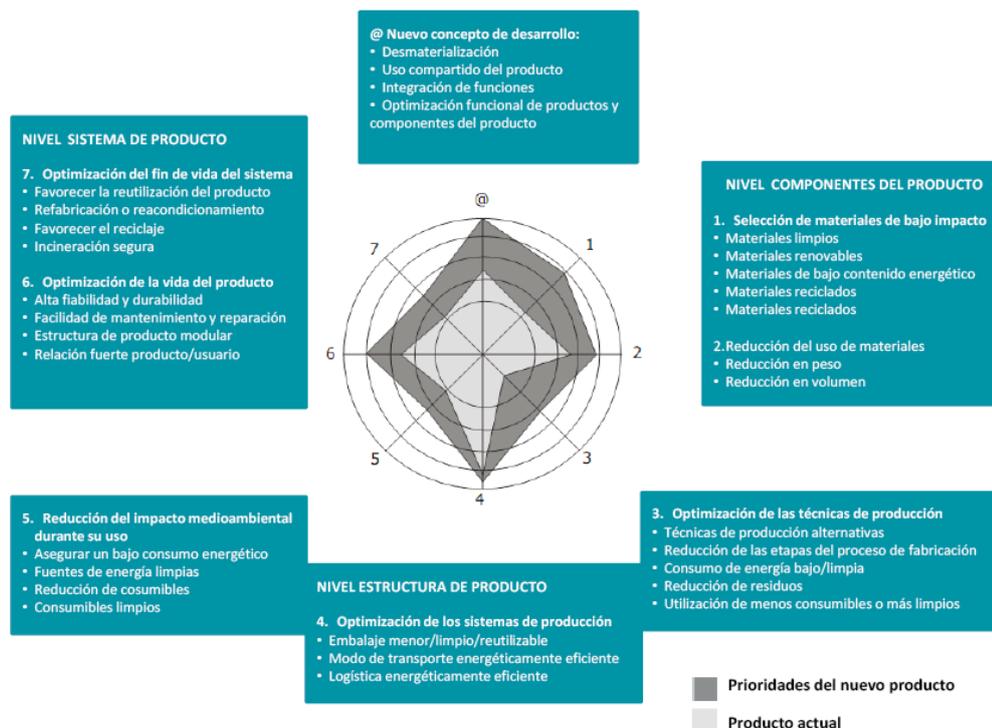


Figura 7. Rueda estratégica de Ecodiseño

La mayor parte de las estrategias están relacionadas con el ciclo de vida del producto, excepto la primera, que estudia en que medida las necesidades de los usuarios están cubiertas.

### 3.10 ECOINDICADORES

Expresan el impacto ambiental de un proceso o producto, a lo largo de todo su ciclo de vida, a través de un valor numérico con unidad propia que se denomina Punto (Pt).

Cuanto mayor es el valor, mayor es el impacto ambiental. El uso de los ecoindicadores se realiza tras la definición de los impactos ambientales en el análisis de ciclo de vida.

Es por lo tanto una herramienta que completa el análisis de ciclo de vida y ayuda a su comprensión. Los valores de los ecoindicadores, aunque no existen para todos los productos o actividades, se han obtenido experimentalmente en función de modelos de daños y ciertos condicionantes tales como el factor suerte, ajustes, etc.

Los resultados de los modelos de daños se analizan y se ponderan para obtener el valor del indicador en función del daño causado sobre la salud humana, a la diversidad de especies, a los recursos y al entorno, entre otras.

## 4 PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE DISEÑO

### 4.1 DISEÑO DEL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO

El objetivo del diseño del ciclo de vida consiste en minimizar los riesgos e impactos ocasionados por toda la vida de un producto. Es necesaria una adaptación de la función del diseño tradicional en la que se incorporen requerimientos ambientales, funcionales, técnicos... pero no es un método que difiera completamente del tradicional, sin embargo, es esencial para conseguir un diseño más respetuoso con el medio ambiente.

El impacto ambiental de un producto inicia con la extracción y procesado de las materias primas y termina cuando la vida útil del producto finaliza, convirtiéndose en un residuo que ha de ser gestionado adecuadamente. Durante la fabricación, las empresas deben evaluar el impacto ambiental que tiene su proceso, y tienen la responsabilidad sobre el impacto que ocasionan las partes involucradas en el proceso hasta que el producto llega al consumidor, ya sean proveedores, distribuidores....

Esta cadena, que va desde el nacimiento hasta la tumba del producto, es lo que denominamos ciclo de vida de un producto.

### 4.1.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

El ACV de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto. Básicamente se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que se utilizan mas rápido de cómo se reemplazan o cómo surgen nuevas alternativas.

Por este motivo, la reducción de recursos implica también una reducción de residuos originados, pero ya que estos se seguirán produciendo, el ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable( desde el punto de vista ambiental) minimizando todo lo posible los impactos ocasionados en la generación del producto.

El ACV lo describe la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) como: *“una alternativa para evaluar el grado de impacto que tienen los sistemas o procesos productivos en el medio ambiente”*.

El ACV evalúa los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados a un producto mediante :

- La definición del objetivo y del alcance del producto.
- La recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema.
- La evaluación de los posibles impactos medioambientales asociados a esas entradas y salidas.

- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos planteados.

### 4.1.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL ACV

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. En 1969 fue realizado el primer ACV por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y con ello las emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años 60 y fueron incorporando diferentes prácticas como por ejemplo, los cálculos energéticos.

Entre 1970 y 1974, la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) realizó nueve estudios de envases para bebidas y llegó a la conclusión de que los ACV no eran viables para pequeñas empresas pues suponían altos costes.

A partir de los años 80 se incrementó la aplicación del ACV. Esto fue debido a dos grandes cambios:

- Los métodos para cuantificar el impacto del producto se repartían en distintas categorías de problemas ambientales.
- Los estudios de ACV comenzaron a estar a disposición pública.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), principal organización que ha desarrollado las cuestiones científicas acerca del ACV, formuló en 1993 el primer código internacional : Código de prácticas para el ACV, con el fin de homogeneizar la metodología.

Esto impulsó el desarrollo masivo de ACVs.

La ISO apoyó esta homogeneización y ayudó a establecer una estructura de trabajo, uniformizar métodos, procedimientos, terminologías...

### 4.1.3 FASES DEL CICLO DE VIDA

El ACV tiene en cuenta los flujos de materiales, los energéticos, y todas sus transformaciones desde la adquisición de las materias primas hasta el destino final de los residuos. Resumiendo, el diseño y el uso de los productos, consumen recursos que se convierten en residuos que se acumulan en la biosfera. Las fases del ciclo de vida son las siguientes:

- Extracción de materias primas
- Procesado de materiales.
- Producción y montaje.
- Distribución.
- Uso y servicio
- Retiro
  - o Reutilización, refabricación y reciclaje
  - o Aprovechamiento energético u otro tipo de aprovechamiento.
  - o Deposición en vertedero

#### 4.1.4 NORMATIVA ISO 14040

Serie de normas ISO 14040:

Las siguientes normas e informes técnicos han sido producidos por la ISO dentro de la serie 14040 (Gestión ambiental - Análisis de Ciclo de Vida):

- ISO 14040: Norma sobre Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura (1997). Ofrece una visión general de la práctica, aplicaciones y limitaciones del ACV en relación a un amplio rango de usuarios potenciales, incluyendo aquellos con un conocimiento limitado sobre el ACV.
- ISO 14041: Norma sobre Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Definición de Objetivos y Alcance y Análisis de Inventario (1998). Recoge los requerimientos y directrices a considerar en la preparación, aplicación o revisión crítica del análisis del inventario de ciclo de vida (la fase del ACV referente a la recogida y cuantificación de los consumos y emisiones relevantes que se producen en el ciclo de vida de un producto).
- ISO 14042: Norma sobre Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (2000). Ofrece una guía sobre la fase del ACV consistente en la evaluación de impactos (que tiene por objeto la evaluación de los impactos ambientales potenciales y significativos a partir de los resultados del análisis de inventario).
- ISO 14043: Norma sobre Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Interpretación del ciclo de vida (2000). Ofrece una guía sobre la interpretación de los resultados del ACV en relación con la definición de objetivos del estudio, incluyendo una revisión del alcance del ACV, así como del tipo y calidad de los datos utilizados.

- ISO/TR 14047: Norma sobre Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Ejemplos de aplicación de la ISO 14042(2003).
- ISO/TS 14048: Norma sobre Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Normalización de datos e información para una evaluación de ciclo de vida (2002).
- ISO/TR 14049: Norma de Gestión Ambiental - Análisis de Ciclo de Vida - Ejemplos de aplicación de la ISO 14041 (2000).

### **4.1.5 ETAPAS DEL ACV**

Un estudio de ACV se compone de cuatro etapas fundamentales.

#### **4.1.5.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE**

En esta primera fase del ACV se establece el producto o servicio que se va a analizar, y se definen los objetivos que se pretenden alcanzar.

El objetivo y alcance se definen en función de objetivo que se persigue. Es en esta fase donde se concreta el motivo por el que se lleva a cabo y se indica de forma clara qué se persigue, por qué se hace ese estudio y a quien van a comunicar los resultados del estudio.

Las principales acciones que componen la definición del alcance son:

- La definición de la unidad funcional

La unidad funcional se define como la “cuantificación de las funciones identificadas de producto o servicio” y “proporciona una referencia clara de la asignación de entradas y salidas del proceso o servicio considerado”.

Un sistema puede tener mas de una función pero si pretendemos comparar dos sistemas diferentes, es preciso que desarrollen la misma función., de modo que para compararlos habrá que eliminar el impacto de aquellas funciones del sistema más grande que no desarrolle el sistema más pequeño o añadir al sistema pequeño el impacto de las funciones adicionales del grande.

- El establecimiento del sistema y sus limites

El sistema y sus limites irán en función de los objetivos a alcanzar. Se tienen que tener en cuenta limites temporales, geográficos, limites entre la tecnosfera y el sistema natural y limites dentro del sistema tecnológico.

Si se quiere analizar el producto desde su extracción hasta su eliminación, los limites de sistema incluirán todas la etapas del ciclo de vida.

- El análisis de la calidad de los datos

#### **4.1.5.2 INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA**

Es la fase mas laboriosa de todo el ACV y consiste en una recopilación de datos para cuantificar la entradas y salidas de materia y energía del sistema estudiado. Es la fase más larga y que hay que desarrollar con más cuidado, pues lo errores que se cometan pueden afectar a los resultados finales.

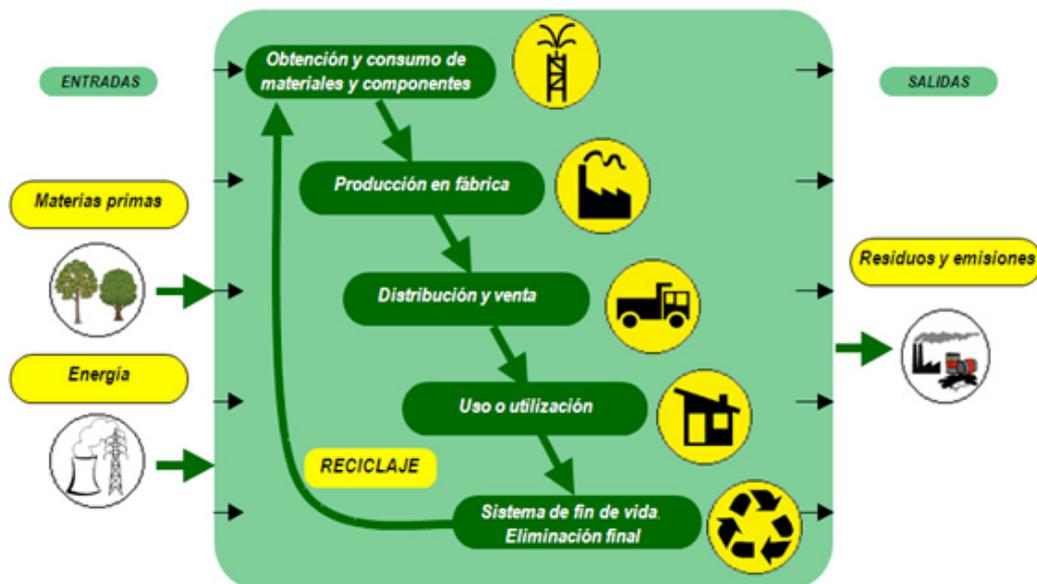


Figura 8. Definición y etapas del ciclo de vida

Basándonos en la descripción preliminar del sistema en la fase de objetivos y alcance, se define detalladamente el sistema, incluyendo los subsistemas interrelacionados, y es conveniente realizar diagramas de flujo para la identificación de conexiones entre los diferentes subsistemas.

#### 4.1.5.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO

La evaluación del impacto en el ciclo de vida (EICV) es un proceso que trata de convertir la información obtenida en el inventario en algo interpretable.

Esta fase consta de las siguientes subetapas:

- **Selección de las categorías de impacto.** Indicadores de categoría y modelos de caracterización.
- **Clasificación.** Agrupación de los datos del inventario según su potencial impacto en las distintas categorías de impacto ambiental que hayamos agrupado.
- **Caracterización.** Evaluación del efecto total del sistema del producto sobre cada una de las categorías de impacto ambiental.
- **Normalización.** Consiste en contrastar los resultados de la caracterización con respecto a un valor de referencia para ver su relevancia.
- **Valoración.** Permite determinar la importancia relativa de las distintas categorías de impacto con la finalidad de obtener un resultado único o un índice ambiental. La valoración entre las categorías es un paso difícil debido a la subjetividad del proceso y es por ello por lo que se realiza pocas veces.

La selección de categorías ambientales, la clasificación y la caracterización son etapas obligatorias, mientras que la normalización y la valoración son etapas opcionales.

#### 4.1.5.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Esta es la última fase del ACV donde se combinan los resultados del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, o ambos, con los objetivos y el alcance planteados, para establecer conclusiones y recomendaciones. Generalmente incluye las siguientes etapas:

- **Análisis de contribución.** Mediante este análisis se identifican las principales cargas ambientales e impactos.

- **Análisis de los puntos conflictivos del ciclo de vida.** Una vez se conocen, será sobre estos elementos sobre los que deben dirigirse las medidas de mejora o innovación.
- **Análisis de sensibilidad de los datos.** Este análisis ayuda a identificar los efectos que la variabilidad, lagunas o incertidumbre que los datos tienen sobre el resultado final del estudio e indican el nivel de fiabilidad del mismo.
- **Conclusiones y recomendaciones finales del ACV.**

## 4.2 INGENIERÍA CONCURRENTENTE

### 4.2.1 INTRODUCCIÓN

El término Ingeniería concurrente surge alrededor de 1980 como la plataforma que engloba a todas las técnicas que se utilizan para desarrollar productos robustos, de alto valor en todas la etapas de su ciclo de vida.

En 1986 El Institute for Defense Analysis (IDA) define la ingeniería concurrente como:

*Un esfuerzo sistemático para un diseño integrado, concurrente del producto y de su correspondiente proceso de fabricación y servicio. Pretende que los encargados del desarrollo desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del Ciclo de Vida del Producto (CVP), desde el diseño conceptual hasta su disponibilidad, incluyendo la calidad, costo y necesidad de los usuarios.*

En la actualidad la Ingeniería Concurrente (IC) es una metodología establecida. El impacto favorable que ha tenido no sólo en la forma en que las empresas realizan sus operaciones, sino en los ahorros que su uso procura y el éxito comercial de los productos y servicios que se logran al aplicarla son incuestionables.

Las técnicas individuales de la Ingeniería Concurrente evolucionan en respuesta al desarrollo de materiales y procesos de manufactura, cambios en los requisitos de los mercados y gustos de los clientes, legislación y competencia global.

## **4.2.2 FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE**

De acuerdo a Carles Riba y Arturo Molina los fundamentos de la Ingeniería Concurrente se dividen en 5 temas:

### **4.2.2.1 CONCEPTO DE CICLO DE VIDA**

El ciclo de vida de un producto, como he mencionado en el apartado anterior, es el conjunto de etapas que recorre un producto desde su concepción individual destinada a satisfacer una necesidad hasta su fin de vida.

La consideración del ciclo de vida y los recursos del ciclo de vida para los distintos procesos productivos, constituye una de las bases fundamentales en las que se apoya el el concepto de Ingeniería Concurrente.

#### 4.2.2.2 EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS DEL PROCESO DE DISEÑO

La dinámica de los mercados actuales exige una evolución de las metodologías, técnicas y herramientas de diseño. Los productos de hoy se diseñan con el objetivo de posicionarse en el mercado enfocado a los requerimientos del cliente. Podemos diferenciar entre dos modelos de diseño.

- Modelo de ciclo básico de diseño

Las actividades que integran este ciclo básico son: análisis, síntesis, simulación y evaluación. Es un ciclo fundamental que se puede aplicar de forma iterativa a distintas etapas del proceso de diseño.

- Modelo de etapas

Podemos identificar dos tipos de modelos, los elaborados en centros de investigación y los utilizados en la industria como una particularización de los mismos. Algunas metodologías clásicas pueden ser enmarcadas dentro de 4 fases de proceso de diseño:

***Ideación:*** Se definen las necesidades de mercado y los requerimientos del producto. También se elaboran planes de trabajo que permitan identificar la secuencia entre actividades.

***Desarrollo conceptual y básico:*** En la fase de diseño conceptual se desarrollan las alternativas de solución sobre el producto funcional. Para lograr esto, se realizan actividades de análisis que permiten comparar productos análogos o principios básicos que pueden ser de utilidad en el desarrollo del concepto; actividades de síntesis, que integrarán los principios o ideas para generar las alternativas conceptuales; y actividades de

simulación y evaluación para estimar el comportamiento de las alternativas generadas y seleccionar las mejores.

**Desarrollo avanzado:** Incluye toda la documentación de ingeniería que aportan la base para la fabricación del producto. (Diseño de detalle)

**Lanzamiento:** Fabricación de prototipos para evaluar el diseño e incluso se diseña el proceso de producción y se comienza con la manufactura del producto.

El desarrollo de productos puede ser visto como un proceso de transformación de información, donde se parte de información importante recolectada, y se obtienen algunas conclusiones o definiciones a partir de dicha información. En este proceso, el diseñador tiene la responsabilidad de definir correcta y claramente los parámetros, características, atributos y toda la información que será útil en la definición del producto. Esto deriva en 3 grupos de actividades:

- *Actividades de análisis:* representan la descomposición de algo complejo en sus elementos, el estudio de estos elementos y sus interrelaciones.

- *Actividades de síntesis:* representan la unión de elementos para producir nuevos efectos y demostrar que tales efectos crean un nuevo orden. Involucran la investigación y el descubrimiento, la composición y la combinación.

- *Actividades de evaluación:* representan la fase de definición del problema o proceso de diseño que se está resolviendo. Las combinaciones o composiciones definidas en las actividades previas deben ser evaluadas para elegir aquella que satisfaga de mejor manera el desempeño de la solución.

Para llevar a cabo estas actividades es conveniente clasificar los métodos útiles para cada fase de actividad dentro de las cuatro fases de diseño ya establecidas. Estos métodos se seleccionan y adaptan en función del tipo de producto y de los resultados deseados.

#### 4.2.2.3 FAMILIA, PORTAFOLIO Y GAMA DE PRODUCTOS

La ingeniería concurrente, a concebido el diseño de productos o sistemas sin limitarse sólo a dar respuesta a los requerimientos de su función principal, es decir, para lo que ha sido creado, sino para los requerimientos de las restantes etapas de su ciclo de vida (desarrollo, fabricación, distribución, transporte, comercialización, mantenimiento y fin de vida.).

Pero un producto pocas veces se utiliza de forma aislada de otros productos, por lo tanto encontramos una segunda perspectiva a la hora de concebir y diseñar un producto o servicio, centrada en la interacción con otros productos, de manera que optimice costes en la producción y facilite su adaptación a las necesidades durante su utilización.

Debido a esta preocupación por las interrelaciones entre los productos, se analizan dos dimensiones, la dimensión diacrónica (ciclo de vida) y la dimensión sincrónica (gama de productos) de un producto. Vamos a verlo a través de un ejemplo:

*Una cocina doméstica:*

*Por un lado, están los industriales que proporcionan (fabrican, instalan, montan) los elementos del sistema (calentador de agua, instalación de gas, muebles modulares de cocina...). La preocupación del diseño desde la perspectiva del ciclo de vida (dimensión diacrónica), han ido mejorando estos productos.*

*Más recientemente, también se ha ido prestando atención en estructurar el diseño de la variedad de productos que requiere el mercado, a fin de ahorrar costes de fabricación (dimensión sincrónica, en el ámbito de la empresa).*

*El objetivo principal es procurar la mayor rentabilidad de sus productos.*

*Por otro lado, existe el configurador (diseñador, instalador) que coordina e*

*integra los distintos sistemas: equipos (cocina, horno, nevera...); instalaciones (suministros de agua fría y agua caliente, de corriente eléctrica...); y muebles y armarios (accesibles, agradables, con buena capacidad).*

*El objetivo principal del configurador es obtener el comportamiento óptimo y la mayor rentabilidad del sistema (dimensión sincrónica en el ámbito de la actividad: cocina doméstica).*

*Ello muestra que la dimensión sincrónica de los productos que conviven en un mismo entorno y en un mismo momento es tanto o más importante que la dimensión diacrónica que contempla las distintas etapas del ciclo de vida de cada uno de ellos.*

Dentro de las agrupaciones de productos (dimensión sincrónica) distinguimos:

#### FAMILIA DE PRODUCTOS:

Agrupación de productos que conviven e interaccionan en las etapas de origen, comparten elementos en su diseño, fabricación e implantación.

#### PORTAFOLIO DE PRODUCTOS:

Agrupaciones de productos que conviven e interaccionan en las etapas de destinación, es decir, que comparten elementos en su uso y mantenimiento.

#### GAMA DE PRODUCTOS:

Agrupación de productos necesarios para una actividad que resuelve de forma óptima tanto los condicionantes de origen (usar eficazmente los recursos de diseño y fabricación) como las oportunidades de destinación (ofrecer la máxima satisfacción a los usuarios de esta actividad).

Este tercer concepto, Gama de productos, nace de la redefinición de los anteriores para apoyar la elaboración de una nueva estrategia de concepción y diseño de los productos necesarios para una actividad.

Para la determinación de la gama de productos y su correspondiente portafolio, primero se establece la familia de procesos de la actividad y sus contextos: secuencia de tareas, tareas comunes, tareas específicas...

Y después, se establecen los productos de proceso para cada contexto. La gama de productos esta formada por el conjunto de productos de proceso que intervienen en una familia de procesos. Se articulan estos productos de proceso a través de la asociación de tareas de cada producto, al identificar productos que intervienen en varios procesos, los módulos comunes a varios productos...

El diseño de la gama de productos proporciona una segunda gran oportunidad de innovación y es la base para diseñar el portafolio de una empresa.

#### **4.2.2.4 ARQUITECTURA DE PRODUCTO Y MODULARIDAD**

El concepto que ofrece mayores posibilidades de innovación desde el punto de vista competitivo en el comportamiento de un producto, es el diseño de su arquitectura.

El concepto de arquitectura de un producto incluye las reglas y principios de estructuración de sus elementos y relaciones a fin de lograr ventajas competitivas en cualquiera de las distintas etapas de su ciclo de vida.

La arquitectura de un producto se define a través del establecimiento de las reglas de diseño y la definición de los módulos, las interfases y las plataformas.

### REGLA DE DISEÑO:

Es cualquier regla conceptual, tecnológica, constructiva, comercial establecida por una persona o colectivo destinada a dirigir y orientar el diseño de un producto o sistema. Las reglas de diseño alcanzan los siguiente aspectos:

- Principios de pertenencia. Distribución de las funciones entre los módulos del producto o sistema.
- Protocolos de interfase. Descripción de las interacciones entre los módulos del sistema y de los módulos del sistema con el sistema exterior.
- Protocolos de integración y estándares de verificación. Procedimientos de integración y de configuración de las parte de un sistema, y estándares para la verificación del funcionamiento del sistema en su conjunto y de cada parte.

### MÓDULO, INTERFASE Y PLATAFORMA

**Módulos:** Parte de un producto o sistema delimitado a través de jerarquizar la información asociada en información visible (relación modulo-exterior) o en información oculta (relación módulo-módulo).

**Interfase:** Superficie (real o virtual) entre un modulo y su exterior con la información visible asociada.

**Plataforma:** conjunto de recursos comunes (reglas de diseño, módulos, interfases) compartidos por varios productos y que responden a una arquitectura favorable para el conjunto de productos implicado ( familia de productos o portafolio de productos).

*Ejemplo Producto:* Lavadora-centrifugadora doméstica

*Arquitectura:* Máquina rígida

*Reglas de diseño:* Carga frontal; Dimensiones y capacidad de acuerdo con su ubicación habitual; Factor de centrifugación bajo.

*Módulos:* Mueble-base (soporte, puerta, unidad de control); Envoltente;

Tambor y eje; Tapa frontal del tambor.

*Interfases:*

Máquina/suelo (unión atornillada); Grupo flotante/base (unión rígida);  
Máquina/ exterior (suministros de agua y electricidad; desagüe; Entrada  
para jabón, suavizante); máquina/usuario: panel de control.

## PRINCIPIOS DE ESTRUCTURACIÓN MODULAR

- Personalización en el diseño: escalonamiento, estrechamiento, pautas de diseño.
- Personalización en la fabricación: Fabricación a medida.
- Personalización en el montaje: modularidad de componentes permutados, modularidad de componentes compartidos, modularidad de bus, modularidad seccional, modularidad de apilamiento.
- Adaptación después de la producción: ajuste, adaptación, extensión.

### 4.2.2.5 FLUJO DE INFORMACIÓN EN EL PROCESO DE DISEÑO

En el diseño de productos existen diferentes tipos de proyectos, los que incluyen una variación o mejora de productos o los de nuevo desarrollo. Pero independientemente de las causas por las que se procede al diseño, un proyecto se realiza en base a satisfacer unas necesidades.

Una vez que las necesidades de los clientes han sido detectadas y analizadas, se definen cuidadosamente los requerimientos y se aplica la metodología de diseño que más acorde sea para nuestro producto.

Para conseguir que el diseño evolucione desde que se detecta la necesidad hasta un diseño acabado y materializado, es necesario que la información relacionada con el mismo, evolucione desde un estado conceptual hasta un nivel completamente detallado.

La definición, formalización y estructuración de la información que hay que definir durante el proceso de diseño puede ayudar al diseñador a definir qué conoce al inicio de cada tarea y qué debe obtener al final de la misma. Es por ello que la información debe ser definida de forma explícita y estructurada para permitir avanzar en el proceso de diseño, teniendo claro el objetivo que hay que satisfacer en cada etapa sin ambigüedades. De esta manera nos aseguramos que el diseño final cumpla los requerimientos iniciales del proyecto.

### **4.2.3 TENDENCIAS EN LA EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE**

La ingeniería concurrente es una metodología establecida, pero sigue evolucionando sobre todo conforme a:

- Los desarrollos en materiales y procesos de manufactura.
- Los cambios en los requisitos de los mercados y los gustos de los clientes.
- La legislación existente en las diferentes regiones del mundo.
- La competencia global.

## **4.3 INGENIERÍA VERDE**

La ingeniería verde (IV) es el diseño, la comercialización y el uso de procesos y productos, técnica y económicamente viables, minimizando tanto la generación de contaminación como el riesgo para la salud humana y el medio ambiente.

Cuando es aplicada en una fase temprana del proceso de diseño de producto, mayor es el impacto y la rentabilidad.

Pero la Ingeniería Verde surge de la ampliación de la Química Verde (QV), que es una filosofía encauzada a prevenir la generación y/o uso de sustancias nocivas a la salud y el medio ambiente, a través del rediseño de procesos químicos.

Este movimiento ha adquirido mucha importancia debido a los fuertes problemas de salud y al terrible impacto ambiental ocasionados por algunos productos derivados de procesos químicos ineficientes. Estos procesos causan contaminación y la mayoría de ellos no reprocesan los productos secundarios o residuos industriales; por lo tanto, es necesario mejorar su producción mediante un diseños apropiados e inocuos.

Para lograr este fin, la QV se basa en principios químicos e ingenieriles que garanticen la obtención de los productos deseados con una disminución de costos en el procesado y en los problemas ambientales que de estos se deriven.

### **4.3.1 PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE**

Los principios de la química verde se pueden resumir en 12 y están inspirados en la Inherencia (unión indivisible por naturaleza o separable sólo mentalmente) y el análisis del ciclo de vida.

	<b>Principio</b>	<b>Concepto</b>
1	Prevención de residuos	Prevenir un residuo es mejor que tratarlo tras ser creado.
2	Economía atómica	Elaborar métodos de síntesis en los que se maximiza la incorporación de todos los materiales al producto final.
3	Síntesis químicas menos peligrosas	Siempre que sea posible, emplear síntesis que empleen y generen sustancias no tóxicas para la salud humana y el medio ambiente.
4	Diseño de productos químicos seguros	Minimizar la toxicidad lo máximo posible de las sustancias químicas empleadas.
5	Disolventes seguros	Tratar de reducir o evitar el uso de sustancias auxiliares siempre que sea posible o emplear sustancias inocuas en caso de que sean necesarias.
6	Eficiencia energética en el diseño	Considerar en el diseño los impactos económico y medioambiental de los requerimientos energéticos. Trabajar a temperatura y presión ambiente siempre que sea posible.
7	Emplear materias primas renovables	Emplear materias primas renovables y agotarlas hasta que sea posible, en tanto en cuanto sea viable técnica y económicamente.
8	Reducción de productos derivados	Minimizar o evitar la derivación de grupos (protección y des-protección, modificación de procesos físicos/químicos, uso de grupos para bloquear).
9	Catálisis	El empleo de agentes catalíticos, tan selectivo como sea posible, proporciona velocidades superiores que en condiciones estequiométricas, mejorando el aprovechamiento de materia y energía.
10	Diseño para degradación en productos inocuos	Los productos químicos deben diseñarse para que tras su función puedan ser degradados en productos inocuos que no persistan en el medio ambiente.
11	Análisis en tiempo real para prevenir la polución	Emplear metodologías analíticas a tiempo real permitiendo una monitorización y control previo del proceso en la formación de sustancias peligrosas.
12	Productos químicos seguros para evitar accidentes	Tratar de emplear sustancias químicas que minimicen el potencial de accidentes, incluyendo escapes, explosiones o fuego.

Tabla 2. Principios de la química verde

### 4.3.2 PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA VERDE

	<b>Principio</b>	<b>Concepto</b>
1	Diseño óptimo	Los diseñadores deben esforzarse por asegurar que los productos, que entran y salen de un proceso, sean lo menos peligrosos posible.
2	Prevención	Es preferible evitar un residuo en su origen que tratarlo una vez formado.
3	Optimización de energía	Las operaciones de separación y purificación deben diseñarse para minimizar el consumo de materia y energía.
4	Máxima eficiencia	Diseñar productos, procesos y sistemas (PPSs) maximizando eficiencia en masa, energía, tiempo y espacio.
5	Producción bajo demanda	Controlar la producción según la demanda de cada momento, sin desperdiciar materia y energía en producción de excedentes.
6	Preservar tal cual es	Conservar la entropía y complejidad como una inversión cuando el producto es reciclado o reutilizado.
7	Ciclo de vida	Considerar la durabilidad del producto en el diseño.
8	Cantidad exacta	Diseñar para la capacidad adecuada, no tratando de aumentar la producción en un diseño de dimensiones reducidas.
9	Minimizar la diversidad de material	La diversidad de productos debe minimizarse para garantizar que, tras un despiece, se mantenga el valor de los componentes.
10	Intensificación energética	En el diseño de PPSs debe incluirse la integración e interconexión entre energía y flujos de materia disponibles.
11	Doble uso	Los PPSs deben diseñarse para posibles aplicaciones posteriores tras su uso habitual.
12	Fuentes Renovables	Las entradas de materia y energía deben renovarse hasta que se agoten.

Tabla 3. Principios de la ingeniería verde

## 4.4 BIOMÍMESIS O BIOMIMETISMO

La biomímesis es la rama de la ciencia que estudia los sistemas naturales para conocer su estructura y funciones con el propósito de encontrar la inspiración para nuevas tecnologías innovadoras que resuelvan problemas y satisfagan las necesidades humanas. Imita las formas que la naturaleza utiliza en su soluciones efectivas.

La palabra biomímesis nace de la palabra “bio” que significa vida y la palabra “mímesis” que significa imitar.

Sus principios se asientan en la innovación y la eointeligencia natural, pues el objetivo es diseñar como lo hace la naturaleza, que después de miles de millones de años de experiencia, ha desarrollado los modelos más eficientes, funcionales, adecuados y duraderos.

Janine Benyus ( Autora del libro Biomimicry y presidenta del Instituto de Biomimética) define el biomimetismo como una forma de diseñar que mejora la calidad de vida fomentando y creando ambientes humanos integrados y no contaminantes, el diseño y desarrollo de productos y servicios inspirados en la naturaleza, se basan en mecanismos de funcionamiento natural. Son organismos que sobreviven a partir de la luz solar utilizando solo la energía imprescindible, integrándose en forma y función con su ecosistema, aprovechando como alimento los residuos de otros organismos diferentes, respetando y fomentando la diversidad.

### 4.4.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO BIOMIMÉTICO

El diseño biomimético se centra en los modelos naturales consiguiendo soluciones sostenibles que traslada de los ecosistemas, las formas, técnicas y procesos que la naturaleza utiliza para resolver sus propios problemas.

Estos procesos no son sencillos pues requieren una metodología ordenada que establezca los pasos y permita el alcance progresivo de los niveles siguientes:

- Imitar la forma de los elementos naturales
- Imitar los procesos naturales
- Imitar el funcionamiento de los ecosistemas

Para lograr los anteriores niveles, se establecen las siguientes características propias de los sistemas naturales:

- Su función se lleva a cabo gracias a la luz solar, usando solo la energía necesaria
- Adecuan forma y función según las posibilidades
- Reciclan todo
- Recompensan la cooperación
- Acumulan diversidad
- Contrarrestan los excesos desde el interior
- Utilizan la fuerza de los límites
- Aprenden de su contexto
- Cuidan de las generaciones futuras

#### **4.4.2 ETAPAS DEL DISEÑO BIOMIMÉTICO**

Para trasladar todas las características a un proceso de diseño biomimético, se establecen 6 etapas integradas en una espiral de diseño biomimético.

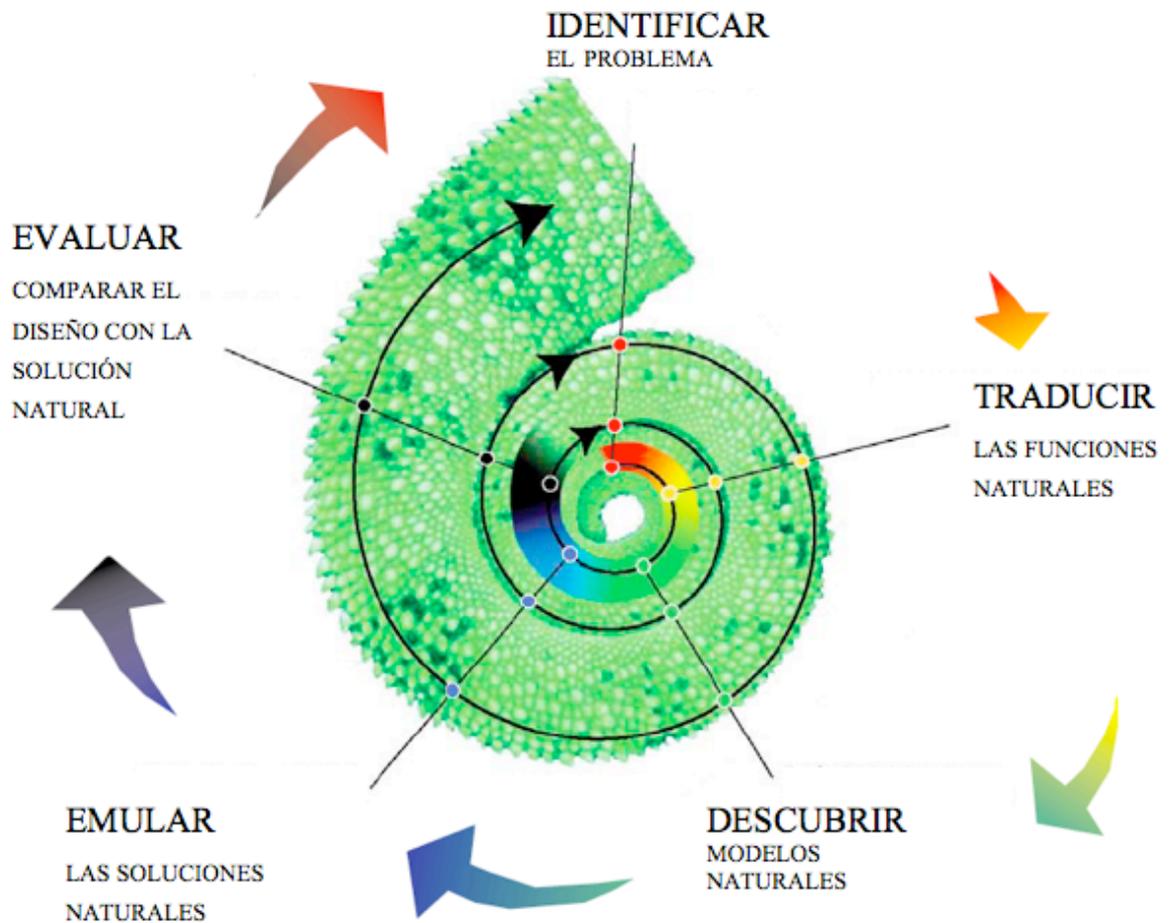


Figura 9. Etapas del diseño biomimético

## 1. IDENTIFICAR EL PROBLEMA A RESOLVER

Se elabora un informe de diseño donde se establecen y describen los detalles sobre el problema a resolver. De esta manera se conoce el núcleo del problema y se pueden identificar las especificaciones de diseño necesarias para abordar la función del diseño.

## 2. TRADUCIR

Consiste en identificar y transformar la función del diseño como si fuera a ser realizada por la naturaleza. Para ello habrá que investigar o imaginar como desempeñaría la naturaleza esta función.

## 3. DESCUBRIR LOS MODELOS NATURALES

Hay que investigar y estudiar los métodos o modelos naturales que mejor se adapten a nuestro problema a fin de encontrar patrones a seguir en el proceso de diseño.

## 4. EMULAR LAS ESTRATEGIAS NATURALES

Desarrollar conceptos e ideas basadas en los modelos naturales. Observar detalladamente las formas, funciones y ecosistemas de la naturaleza para imitar sus procesos y lograr que la función que queremos que nuestro diseño desempeñe sea la más completa posible.

## 5. EVALUAR LA SOLUCIÓN

Hacer una comparación entre el diseño y la solución natural. Evaluar el producto según los principios de la vida natural e identificar nuevas formas de mejorar y optimizar el diseño.

## 6. IDENTIFICAR

Se desarrolla de nuevo una fase identificativa para cerrar el ciclo de la espiral. Una vez conseguida una solución, no es definitiva, pues así como la naturaleza lo hace, hay que realizar pequeños ciclos de realimentación para aprender, adaptarse, evolucionar y actualizarse constantemente para alcanzar las soluciones más efectivas.

### 4.4.3 EJEMPLOS DE DISEÑOS BIOMIMÉTICOS

- TREN BALA Vs MARTÍN PESCADOR



Figura 10. Comparación del martín pescador con el frontal del tren Shinkansen

El tren bala japonés Shinkansen (West Japan Railway Company) se diseñó para una velocidad máxima superior a los 400Km/h, pero tenía un problema: los cambios de presión en las entradas y salidas de los túneles, provocaba ruido aerodinámico (verdaderos estampidos sónicos).

Para solucionarlo, después de pasar horas diseñando y probando en túneles de viento, el ingeniero Eiji Nakatsu, que era un gran aficionado a las aves, recurrió a los diseños de la naturaleza para solucionar el problema.

Encontró la respuesta en el martín pescador, este pájaro se zambullía en el agua a gran velocidad y de manera tan aerodinámica que no causaba apenas distorsiones ni salpicaduras en la superficie del agua.. Así pues, el ingeniero modeló la cabina del tren a modo del pico y la disposición del cuello y la cabeza del martín pescador, justo en el momento en el que éste entraba al agua.

El tren solucionó su problema de ruidos y además consiguió mejorar su velocidad un 10% y emplear un 15% menos de energía.

- TEGIDO DE BAÑADOR Vs PIEL DE TIBURÓN

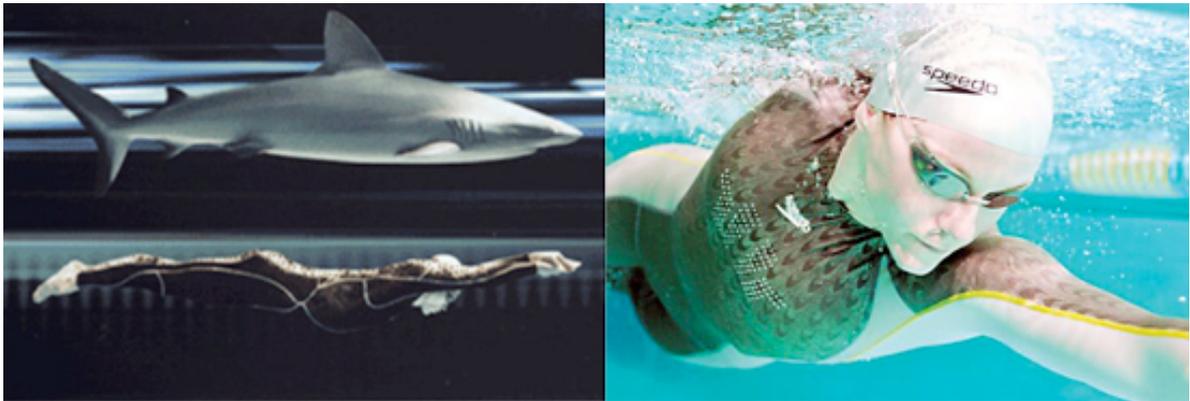


Figura 11. Comparación del tiburón con la nadadora que lleva el bañador Fatskin FSII

El bañador Fatskin FSII de Speedo, imita el la piel hidrofóbica (que repele el agua) del tiburón, permitiendo reducir la fricción ( mejora aerodinámica), aumentar la velocidad y reducir el esfuerzo.

Científicos de todo el mundo estudian tejidos, polímeros y recubrimientos inspirados en la capacidad para repeler el agua de la piel de tiburón para aplicarlos al casco de barcos y submarinos, o el fuselaje de los aviones. Pero los mismos avances también pueden aplicarse en actividades deportivas y de ocio, como la natación, como hemos visto en el ejemplo anterior.

Hay una compañía, Sharklet Technologies, que está desarrollando este diseño en las superficies de los hospitales para prevenir bacterias, ya que es preferible prevenir las bacterias a impregnar todos los productos con antibacteriales y demás productos agresivos que además se quedan obsoletos, pues las bacterias van evolucionando y venciendo esos obstáculos. No dejan de ser parches que no eliminan el problema de raíz.

## **4.4.4 OTROS MÉTODOS DE DISEÑO BIOINSPIRADO**

### **4.4.4.1 DISEÑO SISTÉMICO**

El diseño sistémico se refiere a un proceso de diseño y desarrollo de productos en el que no sólo se tiene en cuenta la resolución del problema o la necesidad a satisfacer, también tiene en cuenta el contexto de la solución y el resto de sistemas vinculados al problema como el mercado, los usuarios, la normativa, el Medio Ambiente...

Los objetivos que plantea son :

Una red interrelacionada: Relaciones internas y externas al sistema donde todos los componentes participan en el funcionamiento y mantenimiento del mismo.

Entradas = salidas: Los residuos de un sistema se conviertan en recursos para otro sistema, cerrando así el ciclo del producto y mejorando las relaciones entre los sistemas.

Auto-regeneración: Sistemas auto-reproductivos que permiten una evolución conjunta de sus componentes.

Actividades integradas en el medio: El ser humano debe interactuar en el sistema como un parámetro más.

Actuar de forma local: Fomentar el uso local ( personas, culturas, materiales de la zona...) ayuda a resolver problemas mediante la creación de nuevas oportunidades.

### **4.4.4.2 DISEÑO REGENERATIVO**

El diseño regenerativo es un enfoque de diseño orientado a la teoría de sistemas.

Se basa en el diseño de productos y sistemas que llevan a cabo procesos con los cuales puedan regenerarse (renovar, reutilizar y reciclar) los materiales de los que están

compuestos y sus propias fuentes de energía. Este diseño integra las tres dimensiones de la sostenibilidad: ecología, economía y equidad.

Este enfoque de diseño centra sus principios en el biomimetismo y plantea las soluciones imitando ecosistemas naturales, para utilizarlas en los sectores industriales y sociales.

Para poder llevar a cabo un diseño regenerativo el equipo de diseño ha de estar formado por especialistas de las tres dimensiones de la sostenibilidad y deben conseguir trasladar al diseño los patrones de pensamiento sistémico para conseguir interpretar los diseños naturales.

## **4.5 ECODISEÑO**

### **4.5.1 INTRODUCCIÓN AL ECODISEÑO**

El ser humano a lo largo de los años ha producido un deterioro del medio ambiente por sus prácticas descontroladas sobre el mismo, a fin de llevar un control sobre estas actuaciones nace el ecodiseño.

El ecodiseño, también llamado “Diseño para el medio ambiente”, consiste en integrar los aspectos ambientales en la concepción y desarrollo de un producto, con el objetivo de mejorar su calidad y, a la vez, reducir los costes de fabricación, a través de metodologías basadas en el estudio de todas las etapas de su vida desde la obtención de materia prima hasta su eliminación y reciclado una vez desechado.

Los factores motivantes para la aplicación del ecodiseño podemos clasificarlos en motivantes externos e internos.

### MOTIVANTES EXTERNOS

- **ADMINISTRACIÓN:** Cumplir con la legislación y regulación actual y futura.
- **MERCADO:** Dar respuesta al mercado y a la demanda de clientes (Industriales y finales).
- **COMPETIDORES.** Distinguirse de la competencia mediante la aplicación de Ecodiseño y así obtener una ventaja competitiva con la que adelantarse a la competencia
- **ENTORNO SOCIAL.** Responsabilidad con el Medio Ambiente de manera que mejore la imagen de la empresa.
- **ORGANIZACIONES SECTORIALES:** Muchas organizaciones sectoriales motivan a las empresas que tengan en cuenta el Medio Ambiente.
- **SUMINISTRADORES:** Innovaciones tecnológicas que mejoran la relación Producto-Medio Ambiente.

### MOTIVANTES INTERNOS

- **AUMENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO.** El ecodiseño consigue aumentar la calidad ambiental del producto a través de factores tales como la funcionalidad, la fiabilidad en el funcionamiento, la durabilidad o la posibilidad de reparación.
- **MEJORA DE LA IMAGEN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA.** Mejorado el proceso productivo y el producto mejorará la imagen tanto del producto como de la empresa.

- **REDUCCIÓN DE COSTES.** La aplicación del Ecodiseño permite reducir costos de manera inmediata, mediante mejoras directas en el producto, y a largo plazo, mediante la implantación de criterios ambientales de funcionamiento en la empresa.
- **PODER DE INNOVACIÓN.** Incrementar el poder de innovación de la empresa tanto en el producto como en su producción.
- **SENTIDO DE LA RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL DEL GERENTE.** La conciencia de la importancia del desarrollo sostenible entre los encargados del desarrollo de productos impulsa a las empresas a iniciar proyectos piloto de ecodiseño.
- **MOTIVACIÓN DE LOS EMPLEADOS.** La aplicación del ecodiseño mejora la salud y seguridad laboral, que afecta directamente a los empleados que se enorgullecen de pertenecer a una empresa concienciada con el Medio Ambiente.

Una vez marcado el objetivo del proyecto, se establecen los diferentes niveles de alcance de aplicación del ecodiseño:

Nivel 1: Mejora del producto introduciendo mejoras que aumenten su calidad ambiental.

Nivel 2: Rediseño del producto existente para crear uno nuevo.

Nivel 3: Nuevo producto innovando en su concepto y definición.

Nivel 4: Definición de un nuevo sistema innovando su conjunto o familia de productos no existentes.

## 4.5.2 ETAPAS DEL ECODISEÑO

- **Preparación del proyecto:** Se establece el equipo de proyecto, se elige el producto a diseñar, se determinan los factores motivantes y se recopila toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- **Información del impacto ambiental:** Se toma un producto de referencia y se analizan los aspectos en los que debemos aplicar una mejora medioambiental.
- **Ideas de mejora:** Se genera un pliego de condiciones para el desarrollo del producto evaluando las ideas de mejora generadas con la información recopilada.
- **Desarrollo de conceptos:** Se desarrollan diferentes alternativas conceptuales que posteriormente serán evaluadas, y se seleccionará la alternativa definitiva.
- **Producto en detalle:** Deberán definirse todos los detalles del nuevo producto.
- **Plan de acción:** Se definen las medidas de mejora ambiental a aplicar al producto y a la empresa.
- **Evaluación:** Se evalúan los resultados ambientales del proyecto de forma periódica.

## 4.5.3 ESTRATEGIAS DE ECODISEÑO

En el proceso de diseño se requiere una evaluación ambiental del ciclo de vida del producto, ya sea para establecer los principales aspectos ambientales a reducir, como para evaluar la mejora lograda con el Ecodiseño. Por tanto, el análisis ambiental se debe realizar considerando en ciclo completo del producto e incluyendo también los elementos que forman parte de su sistema.

Además, para llevar a cabo estas metodologías se tienen en cuenta las 8 estrategias de Ecodiseño que son:

- Seleccionar materiales de bajo impacto.
- Reducir el uso de material
- Seleccionar técnicas de producción ambientalmente eficientes
- Seleccionar formas de distribución ambientalmente eficientes
- Reducir el impacto ambiental en la fase de utilización
- Optimizar el Ciclo de Vida
- Optimizar la función

#### **4.5.4 METODOLOGÍAS**

El objetivo de las metodologías del ecodiseño es obtener una perspectiva general de los impactos ambientales del producto a lo largo de su ciclo de vida e identificar los aspectos y prioridades que haya que implantar en el proceso de Ecodiseño.

Así las metodologías son una suma de herramientas y planteamientos que buscan conseguir objetivos que mejoren la calidad y la imagen del producto, reduciendo costes y cumpliendo la normativa medioambiental, que se basan en una serie de etapas cuya estructura básica no cambia.

##### **4.5.4.1 METODOLOGÍA PILOT**

Esta metodología permite encontrar medidas para la mejora de un producto con respecto al medio ambiente de forma rápida pues se implementa directamente en las etapas de desarrollo del producto.

Ofrece tres puntos de vista del ecodiseño, la vida del producto (donde se aprende todo sobre el ecodiseño), desarrollo (se aplica el ecodiseño a los nuevos productos) y mejora (rediseño de productos existentes).

FASES DE ECODISEÑO	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA
<b>1. Selección del producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qué producto va a ser seleccionado</li> <li>• Cuál es el producto principal de la empresa o con el mayor impacto ambiental</li> <li>• Rediseño o nuevo producto</li> </ul>
<b>2. Formación del equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo multidisciplinar</li> <li>• Consultor ambiental</li> <li>• Mediador</li> </ul>
<b>3. Definición del marco de proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores que motivan el proyecto</li> <li>• Objetivos</li> <li>• Periodos de tiempo</li> <li>• Responsables</li> <li>• Presupuestos</li> </ul>
<b>4. Preparación del proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recogida del producto, equipo, marco del proyecto...</li> </ul>
4.1. Pensando en el ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de las fases del proyecto</li> <li>• Análisis de las entradas y salidas del sistema</li> <li>• Valoración del impacto ambiental del producto</li> </ul>
4.2. Selección de estrategias y medidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las áreas de mejora</li> <li>• Identificación de las estrategias adecuadas</li> </ul>
4.3. Implementación del desarrollo del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar aspectos ambientales a mejorar</li> <li>• Búsqueda de soluciones aplicables al producto</li> <li>• Definir la solución en detalle</li> </ul>
4.4. Coordinación de la gestión medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer las estrategias y medidas</li> <li>• Integrar objetivos medioambientales de producto en el Sistema de Gestión Medioambiental</li> <li>• Hacer seguimiento de los objetivos</li> </ul>

Tabla 4. Fases y etapas del ecodiseño con la metodología Pilot

Se basa en la clasificación de cada producto en categorías ( A, B, C, D y E) según las medidas específicas que requiera, ya que su impacto ambiental será diferente en cada una de las etapas de su ciclo de vida. Y después se procede con los siguientes pasos:

1. Selección del producto nuevo o rediseñado.
2. Formación del equipo multidisciplinar.

3. Definición del marco de proyecto (motivantes, objetivos, tiempos, costes...)
4. Preparación del proyecto:
  - ACV ( Definición de las fases del producto, análisis de entradas y salidas, valoración de impactos ambientales...)
  - Selección de estrategias y medidas ( identificación de las áreas de mejora y estrategias adecuadas)
  - Implementación del desarrollo de producto ( identificación de aspectos de mejora y definición de una solución en detalle)
  - Coordinación ambiental (Establecer estrategias, medidas, integrar objetivos medioambientales y hacer un seguimiento de los productos)

#### **4.5.4.2 METODOLOGÍA PROMISE**

Esta metodología nace de el manual PROMISE ( Acrónimo de “Desarrollo de productos con el medio ambiente como estrategia de innovación”) publicado por el gobierno holandés en 1994. Éste fue revisado y completado con la colaboración de diferentes organismos y publicado por el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) bajo el nombre de “Ecodiseño: un enfoque prometedor para la producción y el consumo sostenibles” .

En él se expone claramente una metodología de ecodiseño estructurada en siete fases y unos módulos específicos que profundiza en aspectos y herramientas necesarias para el desarrollo de las fases del proyecto.

FASES DEL ECODISEÑO	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA
1.Organización del proyecto de Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conseguir la aprobación de la Dirección</li> <li>• Establecer un equipo de trabajo</li> <li>• Trazar planes y preparar el presupuesto</li> </ul>
2.Selección del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los criterios de selección</li> <li>• Decidir</li> <li>• Definir el informe de diseño</li> </ul>
3.Establecimiento de la estrategia de Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el perfil medioambiental del producto</li> <li>• Analizar los puntos a favor internos y externos</li> <li>• Generar opciones de mejora</li> <li>• Estudiar su viabilidad</li> <li>• Definir la estrategias de ecodiseño</li> </ul>
4.Generación y selección de ideas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar ideas para el producto</li> <li>• Organizar un taller de ecodiseño</li> <li>• Seleccionar las ideas más prometedoras</li> </ul>
5. Detalle del concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convertir en operaciones las estrategias de ecodiseño</li> <li>• Estudiar la viabilidad de los conceptos</li> <li>• Seleccionar el más prometedor</li> </ul>
6.Comunicación y lanzamiento del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover internamente el nuevo diseño</li> <li>• Desarrollar un plan de promoción</li> <li>• Preparar la producción</li> </ul>
7.Establecimiento de actividades de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el producto resultante</li> <li>• Evaluar los resultados del proyecto</li> <li>• Desarrollar un programa de Ecodiseño</li> </ul>

Tabla 4. Fases y etapas del ecodiseño con la metodología Promise

#### 4.5.5 NORMATIVA

- Norma ISO 14006 de Ecodiseño : “sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño( que deroga la UNE 15301).

Los objetivos de la norma ISO 14006 persiguen, al igual que la UNE 150301, reducir el impacto ambiental de productos o servicios durante todos sus ciclos de vida.

Puesto que los requisitos de esta norma son prácticamente los mismos que para la UNE 150301, la transición para las empresas a esta nueva norma es muy sencilla.

## 5 SOBRE EL MÉTODO CRADLE TO CRADLE

### 5.1 REDISEÑANDO LA FORMA EN QUE HACEMOS LAS COSAS.

Estamos acostumbrados a pensar que la industria y el medio ambiente están en conflicto porque los métodos convencionales de extracción, fabricación y desecho son destructivos para el entorno natural.

Las bases del sistema productivo y economía industrial moderna, parten de la primera Revolución Industrial, que estuvo plagada de errores. Hoy en día trabajamos para solventar esos errores, pero no sólo para solventar el daño causado, sino para trabajar en la previsión de posibles consecuencias a corto y a largo plazo ocasionadas con nuestras acciones. No tendría sentido que para corregir un daño ocasionáramos otro mayor.

En la siguiente lista vemos las consecuencias más graves de la Revolución Industrial:

- Se han expulsado al año miles de millones de kilos de materiales tóxicos al aire, al agua y al suelo.
- Se han fabricado productos tan peligrosos que requerirán la vigilancia constante por parte de las generaciones futuras.
- Gigantescas cantidades de desechos.
- Producción masiva (Obsolescencia Programada).
- Destrucción y reducción de recursos naturales.

- Reducción de la diversidad de especies y culturas.

En el origen de la Revolución Industrial, estas consecuencias nunca estuvieron en la lista de industriales, ingenieros, inventores y demás creadores. De hecho la Revolución Industrial no fue planificada, fue una revolución económica, provocada por el deseo de producir de la forma más eficiente posible y hacer llegar la mayor cantidad de bienes a la mayor cantidad de personas a precios competitivos. Para ello casi la totalidad de los sectores industriales, cambió el sistema de trabajo manual al mecanizado, dando lugar a la producción en serie.

Además se requieren miles de complejas normativas legales, no para mantener intactos los sistemas naturales y las personas, sino para que no se envenenen demasiado rápido.

#### “EL ENGAÑO DE LA ECO- EFICIENCIA”

La eco-eficiencia consiste en buscar la máxima eficiencia de los procesos productivos, minimizando pérdidas y residuos. Este concepto ha tenido gran éxito y de él derivaron la populares 3 (o 4) R's = Reducir, Reutilizar, Reciclar y (Regular).

Las 3 R's se aplican a procesos y productos que no han cambiado su concepción ni su proceso de fabricación, por lo tanto, no implican una mejora:

Se utilizan **menos recursos**, pero siguen siendo usados de manera lineal. Se agotarán igualmente.

Se **reducen emisiones**, pero continúan existiendo, aunque más restringidas y controladas, algunas de ellas muy tóxicas.

Se **reducen los residuos**, pero no su producción. Es decir, cada vez se originan más residuos y además intentan redirigirlos hacia:

- *Incineración:* se pretende crear energía incinerando materiales valiosos convertidos en basura, pero se queman de manera poco controlada. Mezclan miles de productos, Dioxinas y multitud de compuestos que no se diseñaron para ser quemados, que se liberan y se acumulan en seres vivos y el entorno.

- *Reutilización:* Por ejemplo, el lodo resultante de la depuración de aguas. Se intenta reutilizar el lodo resultante de la depuración de aguas como fertilizante e incluso para pienso animal. Sin embargo, la gran acumulación de sustancias químicas presentes en las aguas residuales lo hacen imposible. Incluso en el caso del compostaje, los elementos “biodegradables” presentes en la basura como bolsas y envases, contienen demasiados productos químicos como para que ese compost sea inocuo.

- *Reciclaje:* Casi siempre se trata de “infraciclado”. Es decir, productos de alta calidad se van transformando en otros de menor calidad, y con los sucesivos reciclados acaban con una calidad muy inferior a la inicial, ya que no fueron diseñados para ese fin.

Por ejemplo :

- Aceros de alta calidad de motores (alta resistencia, inoxidable) se funden con la chapa de coche, su pintura, sus cables y su plástico para aplicaciones de acero de muy baja calidad, ya que el acero de calidad ahora está mezclado con diferentes materiales. Se pierden además elementos caros como el níquel y el cromo.

- Polietileno de botellas que se convierte en jerséis de poliéster, incorporando el antimonio y los estabilizadores, que no se han diseñado para estar en contacto con la piel.

Además, el reciclado de mezclas de productos provoca emisiones de Dioxinas durante la producción y los productos resultantes muchas veces necesitan tantos aditivos que puede hacer más inofensiva la fabricación de un producto nuevo que uno reciclado. Un ejemplo claro es el del papel reciclado, que necesita de un blanqueado agresivo (aunque no se utilice cloro) para eliminar las tintas químicas que contiene. Además, el papel resultante, más débil, se disgrega con mayor facilidad, enviando más partículas al aire.

Finalmente, se regula la emisión de tóxicos y residuos pero:

- Provoca, por ocasionar sobrecostes, que la industria busque “países menos regulados” para proveerse o incluso llevar allí su industria.
- Limita la presencia de materiales tóxicos emitidos, pero no se regula el diseño de los productos ni de los procesos productivos.
- No incentiva las soluciones positivas de diseño, sino que se limita a expedir “licencias para dañar” dentro de unos límites aceptables. No se premia a ninguna industria por emitir cero residuos.

La conclusión a la que llegamos es que algo falla en el diseño de base, y que la ecoeficiencia solo aplaza los problemas. Por tanto es un problema que hay que tratar de raíz. De ahí nace la eslogan del Cradle to Cradle (C2C) :

*“Rediseñando la forma en que hacemos las cosas”.*

## 5.2 DESCRIPCIÓN

La traducción literal y más usada de Cradle to Cradle (C2C) es *de la cuna a la cuna* aunque la traducción mas correcta sería *desde el origen al origen*.

Cradle to Cradle nace del arquitecto William McDonough y el químico Michael Braungart como una filosofía de diseño que promueve la producción de productos y servicios basados en patrones que se encuentran en la naturaleza, eliminando el concepto de residuo y dando prioridad a la salud y a la sostenibilidad.

Un claro ejemplo de esta filosofía es el ejemplo de un cerezo; símil que citan en su libro (Cradle to Cradle, Página 68):

*“Consideremos el caso del cerezo: miles de flores se transforman en frutos para pájaros, humanos y otros animales, para que el hueso pueda, eventualmente, caer al suelo, germinar, y crecer. ¿Quién, contemplando el suelo cubierto de pétalos de cerezo, no exclamaría, quejumbroso: ‘¡Cuánta ineficiencia y desperdicio!’? El árbol hace numerosas flores y frutos sin agotar su entorno. Una vez caídos sobre la tierra, sus materiales se descomponen y se rompen en nutrientes que alimentan a microorganismos, insectos, plantas, animales y al propio suelo. Aunque es verdad que el árbol fabrica su ‘producto’ en número mayor de lo que necesita para su propio éxito en un ecosistema, esta abundancia ha evolucionado (a lo largo de millones de años de prueba y error o, en términos de empresa, de I+D) para servir a numerosos y variados fines. De hecho, la fecundidad del árbol alimenta prácticamente a todo lo que tiene alrededor. ¿Cómo sería el mundo construido por los humanos si lo hubiera producido un cerezo?”.*

Como no podía ser de otra manera, para la fabricación del libro no se han utilizado ni pulpa de madera ni fibra de algodón. Está hecho de resinas plásticas y excipientes inorgánicos. El material no sólo es impermeable, duradero y reciclable por medios convencionales. Sino que es también un producto que puede ser desmontado y

recompuesto infinidad de veces en ciclos industriales, convirtiéndose en materia prima para un nuevo papel u otros nuevos productos.

El Cradle to Cradle no aspira a reducir los residuos reduciendo el consumo, sino a reinventar los procesos industriales para que los productos sean devueltos a la tierra como nutrientes, a los que llaman nutrientes biológicos, o vuelvan a la industria para ser reciclados, a los que llaman nutrientes técnicos.

## 5.3 CONCEPTOS CLAVE DEL CRADLE TO CRADLE

### 5.3.1 CIRCUITOS CERRADOS

La clave del cradle to cradle está en los circuitos cerrados. En lugar del diseño lineal, se trata de realizar un diseño cíclico que consiste en una consecución de etapas interrelacionada del producto que abarcan su ciclo de vida desde las adquisición de las materias primas o generación de recursos naturales, hasta su eliminación final.

Lo que dice el C2C es que la materia debe fluir, es decir, los materiales deben circular permanentemente en ciclos cerrados de producción y reciclaje. Los productos deben fabricarse a partir de componentes puros y fáciles de desmontar a fin de crear objetos fáciles de reciclar o por el contrario crear productos totalmente biodegradables que no necesiten ser reciclados en absoluto., a los que denominan productos *de la cuna a la cuna*. Lo fundamental es diseñar objetos que no mezclen elementos biológicos con elementos tecnológicos puesto que entonces son imposibles de recuperar, productos *de la cuna a la tumba*.

- Ejemplo de un zapato convencional de cuero.

Con este ejemplo vamos a comprender instantáneamente a que se refieren los creadores del C2C cuando hablan de cerrar el ciclo del producto, y por qué lo llaman “Híbrido monstruoso”.

*Hubo un tiempo en que el cuero se curtía con productos químicos de origen vegetal, que eran relativamente seguros, por lo que los residuos de su fabricación no constituían en realidad un problema .*

*Tras su vida útil, el zapato podía ser biodegradado o quemado de forma inocua. Pero el curtido vegetal requería cosechar árboles para obtener sus Taninos. En consecuencia, se tardaba mucho en hacer un par de zapatos y estos eran caros. En los últimos años los Taninos han sido reemplazados por el curtido con cromo, que es más rápido y más barato. Pero el cromo es caro y valioso para las industrias. Además el cuero de los zapatos se curte a menudo en países en vías de desarrollo en los que toman pocas precauciones, tal vez ninguna, para la protección de las personas y de los ecosistemas frente a la exposición al cromo; los residuos son arrojados a los cursos de agua cercanos o incinerados, y en ambos casos se distribuirán como tóxicos. Al cuero curtido añadimos las suelas de plástico que suelen contener plomo, el cual es liberado a la atmósfera conforme la suela se va degradando, y por último, una parte importante de pegamentos.*

*Finalizada su utilidad (vida útil), sus valiosos materiales técnicos y biológicos acaban en el vertedero y no pueden ser recuperados.*

### 5.3.2 CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE LA CUNA A LA TUMBA

La mayoría de los productos de hoy en día, creados con materiales valiosos cuya extracción y fabricación requirieron esfuerzo y gastos, por su diseño acaban siendo residuos irrecuperables.

Para cada producto que se fabrica:

-Se extraen materias primas de recursos naturales por todo el mundo.

-Después de varios procesos de tratamiento y fabricación, muchos de ellos de alto riesgo tóxico y realizados en países sin excesiva reglamentación, se transportan varias veces de un lado a otro del planeta. El producto se fabrica casi del mismo modo en todo el mundo y básicamente bajo la premisa de “talla única”. Se use donde se use, el producto es el mismo.

-Se manufacturan, existiendo pérdidas en este proceso y anteriores, los productos en sí contienen sólo el 5% de los materiales necesarios para su fabricación. Y se vuelven a transportar, muchas veces de manera innecesaria debido a los sistemas actuales de logística.

-Es comprado por el “consumidor”, que no lo consumirá, (excepto comida, medicamentos y cosméticos) sino que lo utilizará durante un tiempo muy inferior a la durabilidad prevista de los componentes y después lo tirará.

-El producto será enviado a un vertedero o será incinerado. De esa manera, sus componentes, algunos de alto valor, se perderán para siempre y sus restos y cenizas ocasionaran daños al medioambiente y personas de manera importante. En EEUU, el 90% de las materias primas extraídas acaban desechadas sin posibilidad de recuperación.

### **5.3.3 CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE LA CUNA A LA CUNA. BASURA = ALIMENTO**

Todos los seres vivos, sin excepción, convierten en nutrientes todo lo que excretan, de manera que el ciclo se cierra de manera infinita, al mismo tiempo que hacen crecer todo el conjunto, convirtiéndolo en abundancia y riqueza sin dañar el total ni a ninguna de las partes.

Sin embargo, la industria, ya desde el inicio de la humanidad, pero muy aceleradamente las últimas décadas, no funciona de este modo: Toma recursos, los mezcla, los utiliza y los desecha, pero difícilmente pueden ser utilizados de nuevo por la forma en que los han creado (su diseño). Sin embargo, todo lo que crea la industria puede convertirse en nutrientes biológicos y nutrientes técnicos, si se diseñan con esa perspectiva, pero siempre se han ignorado.

De la misma manera que lo hace cualquier ser vivo y el medio natural, es posible crear productos y edificios de manera que, causando el mínimo impacto en todo su proceso de fabricación, permita un uso totalmente satisfactorio cumpliendo con todos sus cometidos y sin provocar el más mínimo daño al entorno y a las personas. Y que al final de su utilización sea, bien reutilizado del mismo modo, o bien su desecho pueda ser aprovechado como nutriente biológico (por ejemplo, fertilizante o combustible sin emisión de tóxicos o dioxinas al ser quemado) o como nutriente técnico, es decir, sus componentes valiosos puedan ser recuperados y volver a ser utilizados de la manera lo más directa posible, como materia prima, sin pérdida de propiedades (por ejemplo, las cajas de embalaje de los camiones Ford de los años 30 se convertían al llegar al destino en la caja del propio camión).

De esta manera la sociedad, aún causando un impacto evidente y necesario en el entorno, progresa haciendo progresar también al medioambiente, ya que le aporta más recursos de los que le extrae. Todo ello redundando en un ahorro importante de medios y esfuerzos sociales y económicos.

A continuación explicaré detalladamente estos dos ciclos.



Figura 10. Metabolismo biológico y técnico

### 5.3.3.1 METABOLISMOS BIOLÓGICOS Y TÉCNICOS

- METABOLISMOS BIOLÓGICOS

Los materiales que fluyen de manera óptima a través del metabolismo biológico se llaman nutrientes biológicos (por ejemplo, el ciclo del nitrógeno). Según la definición de los productos C2C, los nutrientes biológicos son biodegradables y no suponen un peligro inmediato o eventual a los sistemas vivos. Pueden ser utilizados para fines humanos y ser devueltos al medio ambiente para alimentar otros procesos biológicos.

#### Ejemplo

La tela de tapicería *Climatex Lifecycle* es un buen ejemplo. Es una mezcla de fibras naturales libre de pesticidas, teñida y procesada íntegramente con productos no tóxicos. Todos los componentes se han seleccionado según criterios de salud humana y

medioambiental. ¿El resultado? “**Una tela tan sana que podría comerse**” aseguran los fabricantes. Cuando la tela se desgasta, se devuelven al medio donde se degrada naturalmente, regresa a la tierra en forma de nutriente para alimentar nuevos ciclos biológicos.

Es tan sana que de hecho los recortes de tela que sobran en el proceso de fabricación se utilizan en los clubs de jardinería como abono orgánico para el cultivo de frutas y hortalizas. Sin embargo, el retorno a la tierra también depende de la utilización apropiada de la tela: Las sustancias utilizadas para tratarla y limpiarla también deben ser compatibles con el metabolismo biológico.

- **METABOLISMOS TÉCNICOS**

Un nutriente técnico es un material, con frecuencia sintético o mineral, que se mantiene de forma segura en un sistema de circuito cerrado de fabricación, recuperación y reutilización, manteniendo su valor a través de muchos ciclos de vida del producto (materia prima de calidad). Según la filosofía Cradle to Cradle, el producto debe ser utilizado por el cliente pero el fabricante debe ser su propietario. Así el fabricante mantiene la propiedad de unos materiales valiosos para su reutilización mientras que los clientes reciben el servicio del producto sin asumir la responsabilidad de su reciclaje (un eco-arrendamiento).

### **Ejemplo**

Las baterías de coches son necesarias para el almacenamiento y suministro de energía eléctrica pero representan un riesgo para los clientes y el medio ambiente por contener materiales peligrosos. En Estados Unidos y en Europa, para reducir el riesgo de la liberación de materiales peligrosos, se han creado incentivos económicos para fomentar el retorno a los lugares autorizados. Las baterías usadas se envían a las fundiciones de plomo, el plástico y el ácido se recuperan para su uso en pilas nuevas. Más del 95% de todo el

plomo y el plástico recuperado se recicla, convirtiendo a las baterías de coches en el producto de consumo que más se recicla. El sistema de los circuitos cerrados nunca será perfecto y el mundo natural y el tecnológico estarán siempre comunicados en mayor o menor medida, por eso, en el caso de las baterías para los coches, McDonough y Braungart recomiendan sustituir el plomo por alternativas más seguras (por ejemplo, el litio, zinc) que proporcionan un rendimiento comparable.

### **5.3.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL C2C**

Son tres los principios básicos sobre los que se asienta el sistema Cradle to Cradle:

**Eliminar el concepto de residuo.** Todo se debe diseñar para ser nutriente de otra cosa (Desechos = Alimento). Este principio tiene un título que puede ser engañoso. Lo que prima no es que los desechos se conviertan en el alimento de otra cosa, sino que lo que no sirve en un lado (sean considerados desechos o no), puede servir en otro. En la naturaleza los materiales residuales del metabolismo de un organismo dado pueden constituir el alimento de otro. El sistema Cradle to Cradle se deshace del concepto de desechos porque estos equivalen a recursos.

**Utilizar energía renovable.** Todo se debe producir utilizando la energía de la radiación solar incidente en la actualidad. El concepto Cradle to Cradle (C2C) da por hecho la dependencia de las fuentes de energía renovables que, en última instancia, proceden del sol, es decir, la energía solar, eólica o hidráulica y distintas biofuentes innovadoras, siempre que cumplan los requisitos del primer principio del sistema C2C y no compitan con las cosechas de alimentos.

**Contribuir a la diversidad.** Los sistemas naturales funcionan y prosperan a través de la complejidad. En comparación con las soluciones estándar de la revolución industrial y la uniformidad tan altamente apreciada por la globalización, la naturaleza sostiene una gran cantidad casi interminable de variedad y diversidad. Cada ser vivo ha desarrollado una respuesta única a su entorno inmediato que garantiza su bienestar y contribuye al equilibrio del sistema en concierto con el resto de seres vivos con los que interacciona.

En lugar de ofrecer las soluciones genéricas de la ingeniería tradicional, los diseños que celebran y apoyan la diversidad y la localidad cumplen mejor su función original, al tener en cuenta las interacciones con los sistemas naturales en los que se enmarcan.

El C2C traduce sus tres principios básicos a cinco criterios que pueden ser aplicados y evaluados cuantitativamente, para su posterior certificación.

## **5.4 CRITERIOS DE APLICACIÓN Y CERTIFICACIÓN**

Los criterios C2C evalúan la seguridad de un producto para los seres humanos y el medio ambiente y también el diseño de los ciclos de vida en el futuro.

Este programa proporciona las directrices necesaria para que las empresas implementen el C2C centrándose en el uso de materiales seguros que se puedan desmontar y reciclar como nutrientes técnicos o se comporten como nutrientes biológicos.

De estos productos se evalúan la seguridad para la salud humana y el medio ambiente, el diseño para el reciclaje o el compostaje, y los procesos responsables de fabricación.

Un producto certificado debe cumplir con los criterios de cinco categorías:

- Salubridad material
- Reutilización del material
- Uso de energía renovable
- Administración del agua
- Responsabilidad social

Hay cuatro niveles de certificación de producto: Básico, Plata, Oro y Platino.

Para obtener el certificado en un nivel, un producto deberá cumplir con los criterios mínimos para ese nivel en las cinco categorías de criterios que he listado anteriormente.

#### *Descripción general de los niveles de certificación*

### **BÁSICO**

- Todos los productos químicos en el producto que se identifiquen hasta 100ppm (0,01%) deberán contemplarse como parte de su composición.
- No contener PVC, cloropreno, o químicos relacionados en cualquier concentración.
- Todos los materiales y productos químicos tendrán que evaluar su toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.

- Habrá que desarrollar una estrategia para optimizar los productos químicos problemáticos.
- Todos los materiales serán definidos como nutrientes técnicos para ser reciclados o como nutrientes biológicos para convertirse en abonos.

### **PLATA**

- Cumplir todos los requisitos del nivel BÁSICO.
- El contenido de hidrocarburos halogenados deberá ser <100ppm.
- El contenido tóxico de metales pesados (Pb, Hg, Cd, Cr +6) deberá ser <100ppm.
- La reutilización del material deberá tener una puntuación  $\geq 50$ .
- Deberá de cuantificarse la energía necesaria para la fabricación.
- Se tendrán que caracterizar las fuentes de energía y desarrollar estrategias para la inclusión de energías renovables.
- La compañía tendrá que adoptar directices con respecto a la gestión del agua.

## **ORO**

- Cumplir todos los requisitos de los niveles BÁSICO y PLATA.
- No contener productos químicos problemáticos (los evaluados como RED) en el producto.
- Tener un plan para la recuperación del producto y cerrar el ciclo.
- La reutilización del material deberá tener una puntuación  $\geq 65$
- Usar energías renovables para el 50% de la fabricación.
- Caracterizar y cuantificar el uso del agua.
- Completar una auditoría de las prácticas de responsabilidad social.

## **PLATINO**

- Cumplir todos los requisitos de los niveles BÁSICO, PLATA Y ORO.
- Recuperación activa de los productos, cerrando el ciclo.
- La reutilización del material deberá tener una puntuación  $\geq 80$
- Usar energías renovables para el 100% de la fabricación (del producto final) y el 50% de la fabricación de la cadena de suministro.
- Implementar medidas innovadoras para mejorar, la conservación del agua y la calidad del agua.

- Completar una certificación de responsabilidad social externa (certificación hecha por terceros para garantizar la transparencia).

### **5.4.1 SALUBRIDAD MATERIAL**

#### *TRANSPARENCIA DEL MATERIAL*

El diseño de la cuna a la cuna requiere materiales, definidos como nutrientes técnicos o biológicos, que sean seguros y saludables para los seres humanos y el medio ambiente.

Habrá que identificar todos los materiales presentes en el producto acabado, para ello se dividirá el producto en subconjuntos hasta llegar a su composición química en materiales homogéneos.

Cualquier material presente en 100ppm o más en el producto acabado, deberá ser contemplado en la composición; sin embargo las siguientes sustancias se deberán informar a cualquier nivel:

- Metales pesados tóxicos como el plomo, mercurio, cromo y cadmio.
- Pigmentos, tintes y otros colorantes.
- Los ftalatos.
- Compuestos orgánicos halogenados.

Por ejemplo una silla seguirá el procedimiento siguiente:

Primero será dividida en las partes por las que esta constituida: respaldo posterior, conjunto de asiento, mecanismo de inclinación, cilindro neumático, la base y las ruedas.



Figura 12. Despiece de una silla de oficina

A continuación, cada uno de estos conjuntos se dividirá en subconjuntos o materiales.

Las ruedas, por ejemplo, se dividen en: rueda de nylon, eje de acero, perno, etc. Finalmente, cada material tiene que ser analizado en sus ingredientes constitutivos hasta llegar a la formulación química de todos ellos.

### *DEFINICIÓN DE NUTRIENTE BIOLÓGICO O TÉCNICO*

El producto deberá ser definido con respecto a un ciclo apropiado (técnico o biológico) y todos sus componentes se definirán como nutrientes biológicos o técnicos, según al ciclo al que correspondan. En el caso en el que el producto combinara nutrientes técnicos y biológicos, deberán ser fácilmente separables.

En este apartado no existe ningún reglaje pues es más un criterio estratégico.

### *CARACTERIZACIÓN DEL INGREDIENTE*

Todos los materiales deberán ser caracterizados en función de su impacto sobre la salud humana y sobre el medio ambiente. Una vez identificados, se evaluará el riesgo que presenta cada componente o producto químico tanto por su propia composición como por su combinación y uso en el producto acabado.

Esta evaluación se ilustra mediante un código de colores:

**VERDE**: Poco o ningún riesgo asociado a esta sustancia. Uso preferente.

**AMARILLO**: De menor a moderado riesgo asociado a esta sustancia. Aceptable para uso continuo a menos que exista una alternativa verde disponible.

**ROJO**: Alto riesgo asociado al uso de esta sustancia. Desarrollar una estrategia para eliminarlo.

**GRIS**: Datos incompletos. No puede ser caracterizado

### *DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS DE SALUD HUMANA:*

#### ***Prioritarios***

- Carcinogenicidad: Potencial de causar cáncer.
- La alteración endocrina : Potencial para efectuar negativamente la función hormonal y impacto en el desarrollo.
- Mutagenicidad: Potencial para dañar el ADN.
- Teratogenicidad: Potencial para dañar el feto.
- Toxicidad para la reproducción: Potencial de afectar negativamente el sistema reproductivo.

#### ***Adicionales***

- Toxicidad aguda: Potencial de causar daño a la exposición inicial, a corto plazo
- Toxicidad crónica: Potencial de causar daño a la exposición repetida, exposición a largo plazo la irritación de la piel y de las membranas mucosas. Potencial para irritar los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- Sensibilización: Potencial para provocar una reacción alérgica después de la exposición a la piel o las vías respiratorias.

- Otros: Cualquier característica adicional (por ejemplo, la inflamabilidad, la piel potencial de penetración, etc.) de interés para la evaluación general, pero no incluidos en los criterios anteriores.

*DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS DE SALUD AMBIENTAL:*

- Toxicidad para los peces: Medida de la toxicidad aguda para los peces (tanto de agua salada y de agua dulce).
- Toxicidad fauna: Medida de la toxicidad aguda para organismos invertebrados acuáticos.
- Toxicidad flora: Medida de la toxicidad aguda para plantas acuáticas.
- Persistencia/Biodegradación: Tasa de degradación de una sustancia en el medio ambiente (aire, suelo o agua).
- Bioacumulación: Capacidad de una sustancia para acumularse en el tejido graso y magnificar la cadena alimentaria.
- Impacto Climático: Medir el impacto que una sustancia tiene sobre el clima (por ejemplo, el agotamiento de la capa de ozono, el calentamiento global, etc.)
- Otros: Cualquier característica adicional de interés para la evaluación general, no incluida en los criterios anteriores.

### *DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS DE LA CLASE DEL MATERIAL:*

Las clases de materiales siguientes se anotan de color **ROJO** debido a la preocupación que en algún momento de su ciclo de vida, pueden tener un impacto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente. En el caso de los organohalogenados, tienden a ser persistentes, bioacumulativos y tóxicos, o pueden formar subproductos tóxicos si se incineran.

- Contenido organohalogenados: La presencia de un carbono - halógeno (es decir, cloro, bromo, o flúor).
- Contenido de metales pesados: La presencia de un metal pesados tóxicos (por ejemplo, antimonio, arsénico, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Plomo, Mercurio, Níquel, etc.).

### *OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRATEGIA*

Requerido para BÁSICO y PLATA.

Una vez que todos los componentes problemáticos (sustancias evaluadas y catalogadas con el nivel de riesgo **ROJO**) han sido identificados, habrá que desarrollar una estrategia para la eliminación o sustitución de dichas sustancias, que será sujeta a revisiones, para determinar si el progreso es suficiente como para merecer la certificación C2C.

Para los productos que contiene madera, el aprovisionamiento no puede tener origen en un bosque en peligro de extinción.

### *FORMULACIÓN DEL PRODUCTO OPTIMIZADO*

Requerido para ORO y PLATINO.

Habrà que demostrar que los materiales o productos químicos evaluados en **ROJO** han sido eliminados de la formulación. Y en el caso de utilizar madera, esta no puede tener origen en un bosque en peligro de extinción.

### *NORMAS DE EMISIONES DEL CRADLE TO CRADLE®*

Requerido para ORO y PLATINO.

Deberà demostrarse el cumplimiento de las normas de emisión Cradle to Cradle® que se enumeran a continuación:

- TVOC (Total de compuestos orgánicos volátiles) < 0,5 mg/m<sup>3</sup>.
- VOCs (compuestos orgánicos volátiles) < 0,01 TLV (valor del umbral límite) o MAK (Concentración máxima permitida en el lugar de trabajo). Se toma el menor valor.
- COVs individuales (emisiones de los productos en construcción) < 0,01 valores TLV o MAK .
- Sin VOC detectables que se consideran cancerígenos conocidos o presuntos, disruptores endocrinos, mutágenos, toxinas reproductivas, o teratógenos.
- Tiempo de eliminación: 7 días para TVOCs y COVs.

### *PORCENTAJE DE COMPONENTES EVALUADOS “VERDES”*

Requerido para PLATINO.

El solicitante deberá demostrar para la certificación que el material o producto esté compuesto al menos por un 50% de componentes evaluados como **VERDES**.

Los productos que sean de madera deberán estar certificados por el FSC (Forest Stewardship Council ).

### **5.4.2 REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL**

El Cradle to Cradle tiene por objeto eliminar el concepto de residuo. Para ello promueve un diseño que fomenta la reciclabilidad del producto para usos futuros.

Esta categoría premia a los productos que contienen materiales reciclados o renovables y están diseñados para ser nutrientes técnicos o biológicos en los ciclos de vida futuros.

A mayores niveles de certificación, los fabricantes cierran el ciclo de vida útil del producto.

#### *DEFINIR CICLOS DE VIDA ADECUADOS*

Requerido para BÁSICO.

Demostrar la intención de optimizar el producto como nutriente técnico o nutriente biológico, o ambos si el producto es “separable”.

Requerido para PLATA, ORO y PLATINO.

Demostrar que el producto ha sido diseñado como nutriente técnico o biológico con éxito, que han sido seleccionados los materiales químicos apropiados para apoyar el metabolismo para el que fue diseñado el producto, y además, declarar que se trabaja en el desarrollo de un plan para la recuperación al final del ciclo de vida útil del producto.

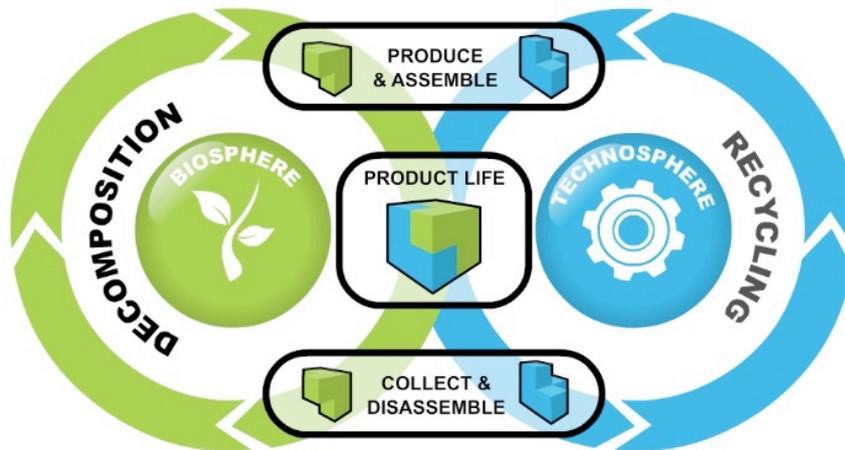


Figura 13. Desmontaje para inclusión en cada metabolismo

## DEFINIR EL PLAN DE RECUPERACIÓN

Requerido para ORO y PLATINO.

Hay que demostrar que existe un plan definido para la recuperación del producto que incluya los siguientes elementos:

- **Ámbito de aplicación:** extensión de la labor de recuperación.
- **Línea de tiempo:** cuando se iniciará la recuperación real.
- **Presupuesto:** compromiso de los recursos (coste total, mano de obra, equipos...)

Además puede incluir componentes externos a la cadena como el reciclaje, el transporte...

## CÍRCULO CERRADO ACTIVO

Requerido para PLATINO.

Demostrar que el plan de recuperación se ha implementado. El organismo de certificación juzgará la validez y eficacia caso por caso, pues los sistemas de fabricación pueden ser muy variados.

## PUNTUACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE NUTRIENTES

No hay ningún requisito de puntuación para la reutilización de nutrientes para la certificación BÁSICA.

Para PLATA, ORO y PLATINO, habrá que demostrar el nivel de reutilización de nutrientes, para ello se realiza un cálculo que consiste en una combinación entre la capacidad de reciclado o compostaje y el contenido de material reciclado o renovable en el producto.

*Puntuación reutilización de nutrientes =*

$$\left( \frac{(\% \text{Reciclable o compostable} \times 2) + (\% \text{ reciclado o renovable})}{3} \right) \times 100$$

*Por ejemplo para un producto X que está formado por componentes que son un 80% reciclables y que contiene un 40% de contenido reciclado, el cálculo será:*

$$\text{Puntuación de reutilización de nutrientes} = \left( \frac{(0,80 \times 2) + (0,40)}{3} \right) \times 100 = 67$$

Según sea PLATA, ORO o PLATINO, necesitaremos las siguientes puntuaciones:

*Puntuación  $\geq 50 \rightarrow Plata$*

*Puntuación  $\geq 65 \rightarrow Oro$*

*Puntuación  $\geq 80 \rightarrow Platino$*

*El ejemplo anterior, al obtener una puntuación de 67, recibirá la certificación Oro.*

A efectos de la certificación, el contenido reciclado se cuenta sólo si esta bien, por ejemplo, si el reciclado contiene materiales evaluados como **ROJO**, no se cuenta como contenido reciclado.

Además, un material debe ser fácilmente separable para ser considerado reciclable. Si dos materiales diferentes, cada uno por sí mismo son fácilmente reciclables, pero están irreversiblemente unidos, ninguno será considerado reciclable.

### 5.4.3 USO DE ENERGÍA RENOVABLE

Los impactos del cambio climático han demostrado los problemas ambientales y económicos asociados a depender de los combustibles fósiles para cubrir nuestras necesidades energéticas.

El C2C está trabajando hacia un futuro de independencia energética mediante el aprovechamiento del “ingreso solar incidente”, refiriéndose a todos los recursos renovables, incluyendo ,la solar, la eólica, la biomasa, la hidroeléctrica...

El objetivo es gestionar las emisiones de carbono de la forma más eficiente y eficaz posible, teniendo en cuenta las circunstancias individuales y los activos disponibles. El

C2C postula que una economía óptima de carbono es aquella donde la energía se deriva de las actuales fuentes de energía renovable.

### *CARACTERIZACIÓN DE LA ENERGÍA*

Para todos los niveles de certificación, se deberían facilitar los datos que describen la cantidad de energía; tanto la cantidad total, como la requerida para cada proceso.

### *ESTRATEGIA DESARROLLADA PAR EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES*

Requerido para los niveles PLATA, ORO y PLATINO.

El objetivo final es que todos los insumos energéticos provengan de la que llamamos “ingreso solar incidente”. Los ingresos de energía solar corriente actuales incluyen la geotérmica, eólica, biomasa, hidráulica y fotovoltaica.

Una vez la energía haya sido caracterizada, habrá que desarrollar una estrategia para suministrar dicha energía, que contemple una línea de tiempo y unas metas.

### *USO DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA FABRICACIÓN*

Requerido para los niveles ORO y PLATINO.

Habrà que demostrar que la estrategia desarrollada para el uso de energías renovables se ha aplicado y que el 50% de la energía necesaria para la fabricación y montaje final del producto es renovable.

### *USO DE ENERGIAS RENOVABLES PARA EL PRODUCTO COMPLETO*

Requerido para el nivel PLATINO.

Habrà que demostrar que a menos el 50% de la energìa necesaria para fabricar el producto completo, es decir, la huella energètica del producto sin incluir el transporte, proviene de energìa renovable.

Tanto en ORO como en PLATINO, si los certificados de energìa renovable se compran, tienen que ser certificados *Green-e*, de lo contrario no son considerados válidos.

## **5.4.4 ADMINISTRACIÓN DEL AGUA**

A pesar de que el agua pueda parecer un recurso barato, abundante y renovable, solo el 3% de toda el agua en el mundo es utilizable. Por tanto, a menos que una cantidad de agua potable igual a la que se retira sea devuelta a los acuíferos, èsta no puede considerarse un recurso renovable.

### *DIRECTRICES DE GESTIÓN DEL AGUA*

Requerido para PLATA, ORO y PLATINO.

Habrà que crear o adoptar un conjunto de principios que ilustren fàcilmente las estrategias para la protecci3n, preservaci3n de la calidad y el suministro de recursos hídricos. Por ejemplo:

- Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible - Principios de agua (<http://www.wbcsd.ch/web/publications/sinkorswim.pdf>).
- Sostenibilidad - Agua (<http://www.gemi.org/water/resources/hannover.htm>).

- Principios de Gestión del Agua del Ministerio de la Protección del Agua, Tierra y Aire del Gobierno de la Columbia Británica ([http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan\\_protect\\_sustain/water\\_conservation/wtr\\_cons\\_strategy/basics.html](http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/water_conservation/wtr_cons_strategy/basics.html)).

### *AUDITORÍA DE AGUA*

Requerido para ORO y PLATINO.

Deberá realizarse una auditoria de agua en la planta de fabricación, que significa que todo el agua que fluye asociada a la fabricación o montaje del producto están caracterizados (fuentes de agua, consumos y descargas).

#### *Fuentes de agua:*

- Describir los tipos de fuentes de agua de la instalación.
- Determinar si se encuentra o no la instalación dentro de un humedal o adyacente a él.
- Definir la cuenca. Buscar y reportar la cuenca dentro de la cual la instalación opera.
- Documentar la siguiente información:
  - Consulta de la "Evaluación de la salud de la cuenca."
  - ¿La instalación o el efluente de agua aparece como deteriorada en los informes desarrollados por las autoridades estatales o locales?
  - ¿Cuáles son los problemas de agua de la zona?

Teniendo en cuenta la naturaleza global de este programa de certificación, las adaptaciones en otros países podrían ser aplicables.

#### Consumo de agua:

- ¿Cuánta agua se utiliza por unidad de producto producido?
- ¿Qué medidas se han tomado para conservar los recursos hídricos?

#### Descargas de agua:

- Cumpla o exceda las regulaciones estatales de calidad de agua según lo dispuesto en el NPSDES (Sistema nacional de eliminación de la contaminación en las descargas de agua) de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.).
  - Instalaciones principales: No pueden ser catalogadas de que están en incumplimiento significativo (SNC)
  - Instalaciones menores: No se pueden aparecer listadas como instalaciones que incumplen las regulaciones de el NPSDES.
  - Cualquier documentación de la instalación que no haya sido designada como SNC o como infractor crónico, tiene un período de dos años antes de fecha de aplicación.
- Poseer la lista de permisos y el nombre del coordinador designado para la instalación del agua.

- Teniendo en cuenta la naturaleza global de este programa de certificación, podrían ser aplicables adaptaciones metodológicas específicas en otros países para que también fuera aplicable.

#### MEDIDAS DE CONSERVACIÓN INNOVADORAS

Requerido para PLATINO.

Deberá demostrarse que la instalación se ha puesto en marcha con las medidas adoptadas para reducir el consumo de agua para uso doméstico y sanitario. Y contener la documentación necesaria.

#### MEDIDAS DE ALTA INNOVADORAS

Requerido para PLATINO.

Deberá demostrarse que la instalación ha puesto en marcha proyectos innovadores para la recuperación, el reciclado o la preservación de la calidad del agua. Deberán estar documentados cualquiera de los nuevos métodos o procesos empleados para la mejora de la calidad del agua, como pueden ser humedales construidos, techos verdes, compost...

### **5.4.5 RESPONSABILIDAD SOCIAL**

Celebrar la diversidad es uno de los principios centrales del Cradle to Cradle ®, donde se promueve la salud, la seguridad y los derechos de las personas y el planeta.

#### *ÉTICA CORPORATIVA*

Requerido para BÁSICO, PLATA, ORO y PLATINO.

Se deberá demostrar la adopción de los objetivos de desempeño social y ético siguientes:

- Abordar las prácticas laborales justas, corporativas y la ética personal (por ejemplo, relación con el proveedor, comportamiento competitivo, integridad, servicio al cliente, y comunidades locales...).
- Firmado por el Presidente.
- Desarrolladas internamente dentro de la empresa o adoptado como un conjunto de principios otra organización, como el Pacto Mundial de Naciones Unidas([www.unglobalcompact.org](http://www.unglobalcompact.org)) o Principios Globales de Sullivan ([www.thegsp.org](http://www.thegsp.org)).

#### COMIENZO DEL PROCESO DE ACREDITACION SOCIAL

Requerido para ORO y PLATINO.

Habrà que demostrar que la organización ha iniciado el proceso de obtención de la acreditación de terceros (certificación externa realizada por un tercero) y que se está comenzando el proceso de autoevaluación interna y recogiendo los datos para los criterios de certificación con los siguientes atributos:

- Internacionalmente aceptados.
- Aceptados dentro de la propia industria.
- Como mínimo, deben evaluarse los siguientes componentes de las prácticas de trabajo:
  - Trabajo infantil.

- Trabajo forzoso.
- Salud y seguridad en el trabajo.
- Libertad de asociación y negociación colectiva.
- Discriminación.
- Disciplina / acoso.
- Horas de trabajo.
- Compensación.
- Sistemas de certificación sugeridos:
  - SA8000 (Social Accountability International) ([www.cepaa.org](http://www.cepaa.org)).
  - WRAP (Worldwide Responsible Apparel Production) ([www.wrapapparel.org](http://www.wrapapparel.org)).

Todos los datos existentes se deberán presentar al organismo de certificación, ya que los datos realizan un seguimiento de todas las instalaciones y productos con el objetivo de obtener el certificado Cradle to Cradle ®.

Por último, el solicitante deberá demostrar que la organización capacita a todos los empleados de la empresa y los trabajadores de las plantas de ensamblaje de contratos en materia de normas de la compañía para las empresas y la ética personal.

## ACREDITACION DE TERCEROS O EXTERNA

Requerido para PLATINO.

Se deberá demostrar que la organización cumple con los requisitos de certificación en todas las instalaciones donde el producto es fabricado y ensamblado.

Además deberá de presentarse una prueba de que todos los miembros de la compañía han aprobado las declaraciones con respecto a los objetivos de desempeño social y ético, así como implementar cualquier mejora necesaria en el lugar de trabajo.

## 5.5 PROCESO DE CERTIFICACIÓN

### 5.5.1 INVESTIGACION Y APLICACIÓN

Hay que investigar sobre cuales son los criterios de certificación y los documentos a presentar.

Estos documentos serán enviados a MBDC para su revisión y un representante MBDC revisará el proceso que hay que seguir para obtener un producto certificado con el sello Cradle to Cradle y hará una aproximación de los costos y el tiempo. Los precios son muy variados, pueden oscilar entre 5.500 y 75.000 \$, el precio se incrementa dependiendo de la complejidad química del producto.

### 5.5.2 EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

La mayor parte del proceso de certificación consiste en la recopilación de datos, ya que tiene que emitirse un documento donde se refleje una lista completa de materiales (BOM), que debe ser aceptada, antes de comenzar el proceso.

***Información necesaria para BASICO y PLATA:***

- Formulaciones completas de todos los ingredientes utilizados en el producto.
- Contenido reciclado y peso de todos los materiales usados en el producto.
- Energía anual necesaria para la fabricación del producto y fuentes de energía utilizadas.
- Directrices de administración de agua.
- Directrices de ética corporativa.

***Información necesaria para ORO:***

- Datos de la emisiones.
- Datos que demuestren que la fabricación final use, al menos, un 50% de energía renovable.
- Una auditoría de agua.
- Documentación de una auditoría social interna y acreditación de que la responsabilidad social por parte de un tercero está en marcha.

***Información necesaria para PLATINO:***

- Datos que demuestren que el producto final acabado es alimentado con un 100% de energía renovable.

- Documentación que describa las estrategias innovadoras empleadas para mejorar la calidad del agua de descarga o reducir su uso.
- Documentación de que un tercero, haya completado la acreditación social.

Esto se elabora en colaboración con un director de proyecto asignado por MBDC cuya misión es ser el guía durante el proceso de certificación. Se hace una visita al lugar de la instalación y se observa el proceso de fabricación y el montaje final del producto.

A continuación el representante de MBDC presenta el paquete de certificación y la documentación pertinente al Instituto de Innovación de Productos Cradle to Cradle (C2CPH) para su revisión.

El C2CPH es el organismo que certifica los productos C2C. Es una organización sin ánimo de lucro creada para lograr una transformación a gran escala en la manera de hacer las cosas.

### **5.5.3 REVISIÓN Y OPTIMIZACIÓN**

Una vez que está claro a lo que queremos aspirar, el siguiente paso es revisar y optimizar el producto para satisfacer los niveles requeridos por el Cradle to Cradle.

Si se encuentra algo problemático en el producto para superar la certificación, se ofrece la opción de trabajar con los propios asesores o consultores y proveedores de servicio del programa de certificación a fin de que recomienden posibles soluciones o colaboraciones con otros grupos que busquen semejantes alternativas.

El instituto de innovación de productos cradle to cradle, comparte información, lecciones aprendidas, ingredientes reales en los productos... sin temor de que este acto de generosidad lo ponga fuera del negocio.

*“Nuestra misión es proveer un estándar de mejora continua de la calidad para guiar a los fabricantes de productos y diseñadores en hacer las cosas seguras y saludables para nuestro mundo”.*

Están desarrollando una base de datos abierta y pública de los productos químicos alternativos "preferidos", materiales y procesos. Estos ayudarán a las empresas a reformular o rediseñar y crear nuevos productos. Muchas empresas líderes ya están compartiendo sus listas de materiales preferidos, entendiendo que la mayoría de los compradores responden a una total transparencia. Entienden que todos se benefician de utilizar materiales o procesos seguros y saludables.

#### **5.5.4 AUDITORÍA**

La solicitud de certificación debe ser revisada por un auditor. El C2CPII trabaja con un equipo de auditores que llevan a cabo una evaluación interna de la documentación presentada por los consultores para garantizar la veracidad. El auditor proporciona una confirmación de que el producto cumple con los requisitos exigidos.

La razón de que el instituto realice auditorías externas, garantiza la adherencia a las directrices del proceso. Además existen auditorías al azar que garantizan la integridad y la transparencia del proceso.

### 5.5.5 EMISIÓN DE LA CERTIFICACIÓN Y RENOVACIÓN

El C2CPII revisará el paquete de certificación y la documentación de apoyo; si todas las condiciones se cumplen y el auditor le da el visto bueno, el C2CPII emitirá el certificado correspondiente al nivel alcanzado.

un plan para la recuperación al final del ciclo de vida útil del producto.



Figura 14. Marcas de certificado C2C

Este certificado es válido para un año a partir de la fecha de certificación, y debe renovarse anualmente.

*Información de los requerimientos para recertificación anual:*

- BOM resaltando los cambios en materiales o proveedores.
- Avances en la eliminación gradual de sustancias problemáticas (si es necesario).
- Cantidad de energía (si es diferente a la inicial).
- Todos los documentos adicionales si el solicitante está buscando una certificación de nivel superior.

## 5.6 DIFICULTADES DE IMPLANTACIÓN

### INCONVENIENTES DE LOS PROYECTOS C2C

- Existen muy pocos productos o materiales con certificación C2C en Europa, esto implica tener que desplazar el material, y por tanto, aumentar el transporte y desarrollar a una empresa que lo procese. Esto provoca un freno en su utilización y en la extensión del conocimiento.
- No existe formación por parte de los usuarios implicados en el desarrollo del producto o material (operarios, obreros, empresarios o clientes), que valoren el valor añadido de un producto cradle to cradle.
- En España no existe la mentalidad de inversión.
- Se catalogan como riesgo las novedades sin aplicaciones previas.
- Las empresas pequeñas no lo pueden implantar a no se que todos los distribuidores con los que trabajan ya lo hayan implantado con anterioridad.

### ALGUNOS EJEMPLOS DE EMPRESAS ESPAÑOLAS:

- Santa & Cole

Santa & Cole es una empresa de Barcelona que se dedica entre otras cosas al diseño de elementos de mobiliario urbano, que obtuvo el certificado medioambiental CRADLE TO CRADLE SILVER en su banco NeoRomántico Liviano 100% aluminio como podemos ver en la siguiente figura.



Figura 14 . Banco NeoRomántico

El banco posee una estructura de aluminio acabada con un recubrimiento plástico y un asiento formado por listones de extrusión de aluminio de acabado anodizado.

Contiene un 95% de material reciclado y es reciclable en un 99%. Está pensado para ser montado y desmontado con facilidad y el 27% de la energía utilizada para su fabricación proviene de fuentes renovables.

- Burdinola

Burdinola es una cooperativa vasca dedicada a la fabricación de material de laboratorio que obtuvo la certificación CRADLE TO CRADLE SILVER para su mesa de laboratorio MV Gres 20.



Figura 12. Mesa de laboratorio MV

### **FACTORES A DESTACAR EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS C2C**

El proceso de trabajo en la elaboración de un producto C2C, el estudio comienza con un desglose del material, que implica un gran número de elementos a examinar.

El impacto de estos elementos, aunque parezcan insignificantes, no lo son y pueden originar consecuencias graves. Pero no solo eso, si tu compras un producto cualquiera en el que no se tienen en cuenta estas pequeñas cantidades, tu crees que no las tiene, así que en realidad es un engaño que relata muy bien el refrán *“ojos que no ven corazón que no siente”*.

Dejando a un lado la NO generación de residuos, que obviamente es uno de los mayores factores a destacar de este método, también minimiza la energía a utilizar, el material necesario, estudia la relación entre los materiales, la toxicidad, la reciclabilidad...

## 6 EJEMPLO DEL PROCESO DE CERTIFICACIÓN C2C

EVALUACIÓN DE LOS PROGRESOS HACIA EL CRADLE TO CRADLE DE LA SILLA MIRRA.

El primer producto que la compañía Herman Miller diseñó con expectativas a obtener el certificado Cradle to Cradle fue la silla Mirra. Para ello utilizó la herramienta de evaluación DfE (Design for the Environment, diseño para el Medio Ambiente).

Según la página oficial de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU), el Programa de Diseño para el Medio Ambiente (DfE), es una iniciativa voluntaria que forja alianzas entre diversos grupos de interesados, con el fin de:

- Incorporar los asuntos de interés ambiental en los parámetros tradicionales del mundo de los negocios: 'costo' y 'resultados'.
- Crear incentivos para que se produzca un cambio de conducta que fomente la mejora permanente del medio ambiente.

Para lograr sus fines, el programa utiliza la experiencia y el liderazgo de la EPA a fin de comparar los riesgos ambientales y humanos relativos, y la compensación entre el rendimiento y los costos de las tecnologías alternativas y las tradicionales. El programa DfE distribuye información sobre su labor a todas las partes interesadas y ayuda también a las empresas a implementar las nuevas tecnologías que el programa identifica.



Figura 15. Silla Mirra

A lo largo del proceso de diseño mediante el proceso DfE se realizaron una serie de cambios en el diseño, como por ejemplo la selección de un material completamente diferente para la columna vertebral de la silla, un aumento del contenido reciclado en sus componentes, la eliminación de todos los componentes de PVC y el diseño de la silla para un desmontaje rápido.

## 6.1 MUDARSE A LOS NUTRIENTES BIOLÓGICOS: PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE MATERIALES

A continuación, Herman Miller trabaja con MBDC para evaluar el grado en que el producto fabricado usa materiales seguros y para ello se calcula la “puntuación química del material”. En la siguiente figura se ilustran las ocho etapas clave implicadas en el cálculo de la puntuación química del material.

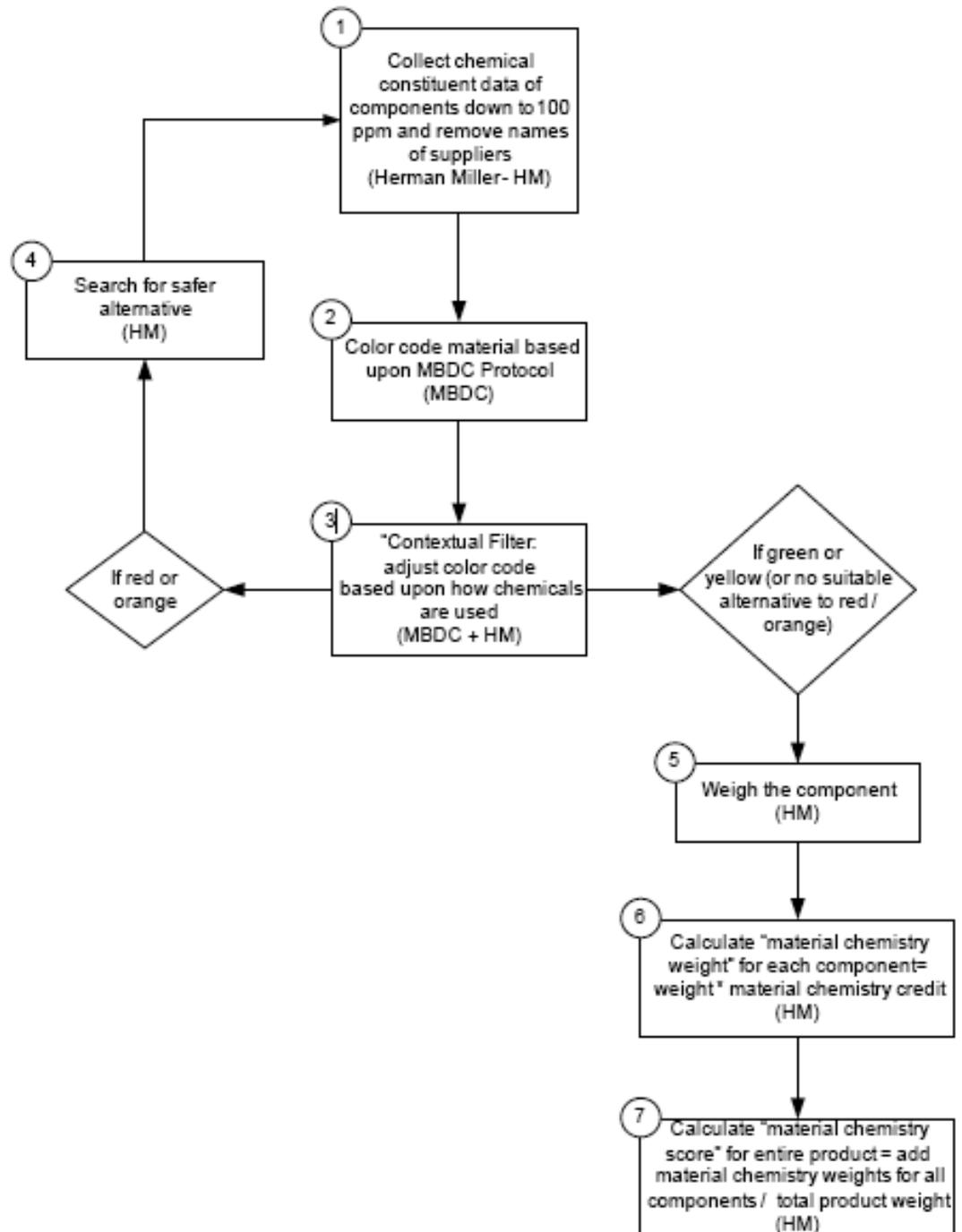


Figura 14. Esquema de evaluación de materiales

En la **primera etapa** Herman Miller requiere a sus proveedores los datos de los constituyentes químicos (hasta las 100 ppm) de todos los componentes previstos para el uso del producto.

Para la silla Mirra, esto significó la recopilación de datos sobre 180 componentes diferentes que se construyen en gran parte a partir de cuatro tipos de materiales: acero, plástico, aluminio y espuma.

En peso, las proporciones de material de la silla son: acero - 56%, plásticos - 29%, de aluminio - 12%, espuma - 2%, y otros - 1%. Entre los “otros” son los polvos utilizados para el recubrimiento del acero y el aluminio.

La identificación de los componentes químicos de los materiales tales como los plásticos, colorantes y recubrimientos resultó ser muy difícil. Los componentes y formulaciones varían en toda la cadena de suministro petroquímica y además no existen estándares industriales como en el caso de los metales, y sus fabricantes consideran sus formulaciones patentadas.

Los primeros intentos para reunir los datos fracasaron pues los proveedores no respondieron con los datos de los constituyentes químicos de sus productos.

A partir de esto se dieron cuenta de que para recolectar estos datos, era necesario un enfoque diferente. Herman Miller desarrolló relaciones más estrechas con sus proveedores de materiales y para recopilar los datos, el equipo de Herman Miller organizó reuniones con los más de 200 miembros de su cadena de suministro y explicó la finalidad de la recogida de datos, como los utilizarían y que el negocio futuro dependía de que les facilitaran los datos. Casi todos los proveedores aportaron la información pertinente sobre los componentes después de hacer firmado acuerdos de no divulgación.

Para evitar incidencias con los proveedores de información comercial (ICC), Herman Miller asignó a un ingeniero químico como el único propietario de los datos de la ICC.

Las preferencias de Herman Miller eran trabajar dentro de una establecida cadena de suministro que realizara grandes inversiones en la educación de los proveedores acerca de los objetivos y requisitos del programa DfE, ya que el apoyo de los proveedores es crucial.

La interacción habitual entre el equipo de DfE y un proveedor es:

1. Presentar el programa ecodiseño.
2. Explicar el proposito de la evaluación del material.
3. Guiar al proveedor a través del inventario del material.
4. Proporcionar información sobre el material evaluado.
5. Trabajar con los proveedores para encontrar materiales de entrada sustitutos o en su caso, nuevos materiales.
6. Si el proveedor se niega a proporcionar datos o no es capaz de hacer los cambios necesarios en la formulación, buscar un proveedor alternativo.

Por ejemplo en el diseño de la silla Mirra hubo un proveedor que se negó a revelar los aditivos para la fabricación de su plástico de polipropileno, así que seleccionaron otro proveedor dispuesto a compartir esos datos.

Una vez se reciben los datos de los constitutivos químicos, se introducen en la base de datos de Herman Miller y la información se envía a MBDC sin nombrar el proveedor ni el nombre comercial del producto.

La silla Mirra incluyó 40 materiales diferentes constituidos a partir de otras 200 sustancias químicas diferentes.

En la **segunda etapa** MBDC utiliza su protocolo de evaluación de materiales en base a una evaluación de riesgos de cada uno de los componentes químicos utilizados en la fabricación del material y los clasifica en una de las cuatro categorías existentes:

**VERDE**: Poco o ningún riesgo asociado a esta sustancia. Uso preferente.

**AMARILLO**: De menor a moderado riesgo asociado a esta sustancia. Aceptable para uso continuo a menos que exista una alternativa verde disponible.

**ROJO**: Alto riesgo asociado al uso de esta sustancia. Desarrollar una estrategia para eliminarlo.

**NARANJA**: Datos incompletos. No puede ser caracterizado

Para cada constituyente químico en un material, MBDC evalúa su perfil de riesgo en base a la salud humana y los puntos finales ecológicos y se asigna una clasificación de color a ese producto químico.

En la **tercera fase**, MBDC evalúa como Herman Miller utiliza los materiales y decide si hay que ajustar la calificación a la baja, por ejemplo de rojo a amarillo, debido a una exposición mínima.

Como parte del proceso, MBDC utiliza un “filtro contextual” que evalúa un peligro identificado en el contexto de su uso real, por ejemplo, el carbón negro si se evalúa por sí mismo sería rojo ( es cancerígeno cuando las partículas se inhalan) sin embargo, si se utiliza en un polímero cuyo uso se destina a las fases de reciclaje , la evaluación se cambiaría a amarillo.

En la **cuarta etapa**, Herman Miller busca alternativas a los materiales que fueron calificados como rojos por MBDC.

Su objetivo para la silla Mirra y todo el lanzamiento de nuevos productos es utilizar materiales que se clasifican como verdes o amarillos, pues los materiales con productos químicos rojos incluyen retardantes de llama bromados (BFR), cromados hexavalentes, y policloruro de vinilo (PVC).

La espuma de poliuretano contiene retardantes de llama bromados. Estos fueron eliminados cuando el equipo de diseño decidió no utilizar los materiales tradicionales de espuma para el asiento y la espalda. Aunque el motivante principal no fue el ambiental, sino proporcionar aireación para el confort térmico, que llevó al desarrollo del Airweave™ y TriFlex™, materiales que proporcionan mayor confort, al mismo tiempo que mejoraban el rendimiento de la silla.

En 2001, Herman Miller hizo un compromiso para eliminar el uso del PVC en el lanzamiento de nuevos productos, cumpliendo con el protocolo de materiales de MBDC. Su eliminación fue un reto significativo sobre todo en la búsqueda de alternativas adecuadas para los materiales de PVC de los reposabrazos.

Los requisitos de rendimiento del reposabrazos incluyen: resistencia a la abrasión, resistencia a la rotura, estabilidad UV y la comodidad. Estas necesidades que se cubrían de manera satisfactoria con el PVC, no eran fáciles de encontrar. La lista de opciones incluía los copolímeros hidrogenados SEBS (estireno-etileno/butileno-estirreno) y las poliolefinas termoplásticas (TPO), pero no proporcionaban la resistencia a la abrasión requerida, y la alternativa TPO era demasiado pegajosa.

Se acercaba la fecha de lanzamiento de la silla Mirra y no se había encontrado ningún material alternativo al PVC. El equipo de DfE estaba presionado por el equipo de compras, que quería quedarse con el PVC, pues era conocido su rendimiento y su costo. Finalmente el equipo de diseño lo sustituyó por poliuretano termoplástico (TPU), que superó todos los requerimientos, aunque a un coste ligeramente mayor.

La dirección decidió que la decisión comercial era correcta, teniendo en cuenta que el objetivo era eliminar el PVC y tener en cuenta el medio ambiente, y el aumento de costes en los reposabrazos fueron contrarrestados por otras opciones de materiales y diseño que redujeron el coste total de la silla.

De la **quinta a la séptima etapa**, Herman Miller calcula la puntuación química del material de todos sus productos a través de:

- Identificación del peso de cada componente (quinta etapa)
- Multiplicación del peso del componente por su puntuación referente al código de color, que se traduce en tanto por ciento : Verde = 100%, Amarillo = 50%, Naranja = 25%, y Rojo% = 0 (etapa seis).
- La suma del peso del material químico de cada producto, dividida por el peso total del producto para calcular la puntuación química del material del producto completo (séptima etapa).

En la siguiente tabla, se detalla cómo se calcula la puntuación química del material para la ficticia ECOsilla:

CHA-1234		ECO Chair							
Bill of Material						Material Chemistry			
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	Rating	Wt Credit (%)	Wt Credit (g)	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	Yellow	50%	1250	
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	Yellow	50%	300	
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	Green	100%	42	
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	Orange	25%	6.5	
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	Yellow	50%	13	
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	Orange	25%	101	
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	Red	0%	0	
					<b>3,599</b>			<b>1,713</b>	<b>47.6%</b>

Tabla 5. Puntuación química de ECOsilla

En el transcurso de su desarrollo, la puntuación química final de la silla Mirra aumentó del 47% al 69%. Un cambio que mejoró fundamentalmente esta puntuación fue la eliminación de los productos de PVC. El desglose del código de color de los materiales respecto del peso en la silla Mirra fueron :Amarillo = 53% y Verde = 47%. . Los materiales verdes de Mirra incluyen ciertas cantidades de acero y aluminio.

## 6.2 DESMONTAJE

Herman Miller evaluó la facilidad de desmontaje de productos en base a cuatro preguntas:

1. ¿Puede el componente ser separado como un material homogéneo, sin otros materiales unidos?

Los materiales mixtos, si son inseparables, tienen poco o ningún valor en los programas de reciclaje. El objetivo es que el desmontaje es crear componentes individuales que puedan tener valor cuando se reciclan.



Figura 15. Desmontaje silla Mirra

2. ¿Puede el componente ser desmontado utilizando herramientas comunes como un destornillador, un martillo y un par de alicates?

El objetivo es que las sillas sean fáciles de desmontar en cualquier lugar del mundo.

3. ¿Se tardan menos de 30 segundos en desmontar el componente?

El equipo de desarrollo de producto desmontó muchos productos y llegó a la conclusión de que cualquier componente que tarde en desmontarse más de 30 segundos, es demasiado largo.

4. ¿Es el material identificable y marcable?

Si las partes no están marcadas, los desmontadores no sabrán cómo reciclarlos.

Cada componente recibe una puntuación de desmontaje, 100% si las cuatro respuestas a las preguntas anteriores son si, y 0% si las cuatro preguntas a las respuestas anteriores son no.

La puntuación de desmontaje para cada componente se multiplica por su peso y la puntuación de desmontaje final, es la relación del peso total del desmontaje respecto del peso total de la silla. En la siguiente tabla se muestra cómo se calcula la puntuación de desmontaje para la ECOsilla.

CHA-1234		ECO Chair										
Bill of Material						Disassembly Assessment				Disassembly Score		
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	#1	#2	#3	#4	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	Yes	Yes	Yes	Yes	100%	2,500	
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	No	Yes	Yes	Yes	0%	0	
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	Yes	Yes	Yes	Yes	100%	42	
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	Yes	Yes	Yes	Yes	100%	26	
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	Yes	Yes	Yes	No	0%	0	
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	Yes	Yes	Yes	No	0%	0	
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	Yes	Yes	Yes	No	0%	0	
					<b>3,599</b>						<b>2,568</b>	

Tabla 6. Puntuación de desmontaje de ECOsilla

El objetivo de Herman Miller para todos los lanzamientos de nuevos productos era que tuvieran una puntuación de desmontaje del 100%. La silla Mirra se acercó. A lo largo del desarrollo de la misma, la puntuación de desmontaje pasó del 40% al 93% en la silla final. Muchas de las funciones se han añadido para mejorar la facilidad de desmontaje.

En la figura anterior ( Figura 15) se presentan todos los componentes desmontados de la silla Mirra. La espuma utilizada en los brazaletes y el asiento de suspensión no pueden ser reciclados (Figura 15, derecha), ya que contienen múltiples materiales que no se separan fácilmente. Lo que se hizo entonces, fue etiquetar esas partes especificando el material en la fase de diseño, de tal manera que no supusieran un coste adicional al final del proceso, pues ya estaban identificados.

### **6.3 RECICLABILIDAD Y RECICLAJE FRENTE A CONTENIDO RENOVADO**

Al final de su vida útil, los componentes de la silla Mirra pueden ser reciclados una y otra vez en el mismo componente o convertirse en nutrientes biológicos que sirvan de abono para el suelo. Herman Miller evalúa la capacidad de reciclaje o compostaje de un componente en base a tres criterios:

1. ¿Es el material un nutriente técnico o biológico y puede ser reciclado (o convertido en compost) dentro de una infraestructura de reciclaje? En caso afirmativo, el componente recibe una puntuación de 100%.

2. ¿Puede el componente ser infraciclado (reciclado, pero en un producto de menor calidad) y tener una infraestructura de reciclaje para recolectarlo y reciclarlo? En caso afirmativo, el componente recibe una puntuación de 50%.

3. ¿Hay una infraestructura de reciclaje del componente? Sino la hay, el componente recibe una puntuación del 0%.

La puntuación de reciclado de cada componente se calcula multiplicando el porcentaje de reciclado por el peso del componente. La puntuación del reciclado final es la relación del peso del reciclado total y peso total de la silla .En la siguiente tabla se muestra como se calcula la puntuación de reciclado para la ECOsilla:

CHA-1234		ECO Chair											
Bill of Material						Recyclability			Recycled / Renewable Content			Recyclability + Rec./Ren. Content Score	
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score	Wt'd Ave. (g)	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	100%	2,500		28%	700		2050	
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	50%	300		0%	0		225	
123458	4	FASTENE R - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	100%	42		20%	8.4		33.6	
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	0%	0		0%	0		0	
123461	4	CONNECT OR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	100%	26		0%	0		19.5	
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	50%	202		0%	0		151.5	
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	0%	0		0%	0		0	
					<b>3,599</b>		<b>3,070</b>	<b>85%</b>		<b>708</b>	<b>20%</b>	<b>2,967</b>	<b>69%</b>

Tabla 7. Puntuación de reciclado de ECOsilla

El objetivo de Herman Miller es lograr un ranking de reciclaje del 75% para todos los productos.

La reciclabilidad es de particular preocupación en los plásticos, que son más difíciles de reciclar que los metales que tienen una infraestructura de reciclaje bien establecida.

Entre los plásticos de uso común para mobiliario están:

- Nylon 6 y PET (tereftalato de polietileno) que pueden ser despolimerizados, haciendo posible el primer paso a la recirculación. Existe una infraestructura de reciclaje bien establecida para reciclaje de botellas de PET que puede servir de base para los demás productos de PET.
- Las poliolefinas - polietileno (PE) y polipropileno (PP) - pueden ser infraciados y existe una infraestructura de reciclaje bien establecida para PE de alta densidad (HDPE).
- Los polímeros de estireno - acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), poliestireno de alto impacto (HIPS), y poliestireno (PS) - y policarbonato (PC) pueden ser reciclados, aunque la infraestructura de reciclaje no está bien desarrollada.
- El PU, que se utiliza en los apoyabrazos de la silla Mirra, carece de una infraestructura de reciclaje bien desarrollada, aunque es un material reciclable.
- El cloruro de polivinilo (PVC) tiene una infraestructura de reciclaje mínima y es difícil de reciclar en nuevos productos, pero la mayor preocupación para la industria de reciclaje es que el PVC es el principal contaminante en el proceso de reciclaje de PET. Si el PVC se mezcla con el PET durante la re-procesamiento, puede formar ácidos que degradan la estructura física y química de PET, provocando que se vuelvan quebradizos y amarillos y bajan el valor del PET reciclado.
- Los plásticos termoestables no son reciclables.

Los materiales no reciclables están hechos de un material compuesto de fibra de vidrio que está hecho de tres fibras de plástico diferentes. En la siguiente figura se puede ver la evaluación de la capacidad de reciclaje de plásticos de Herman Miller.

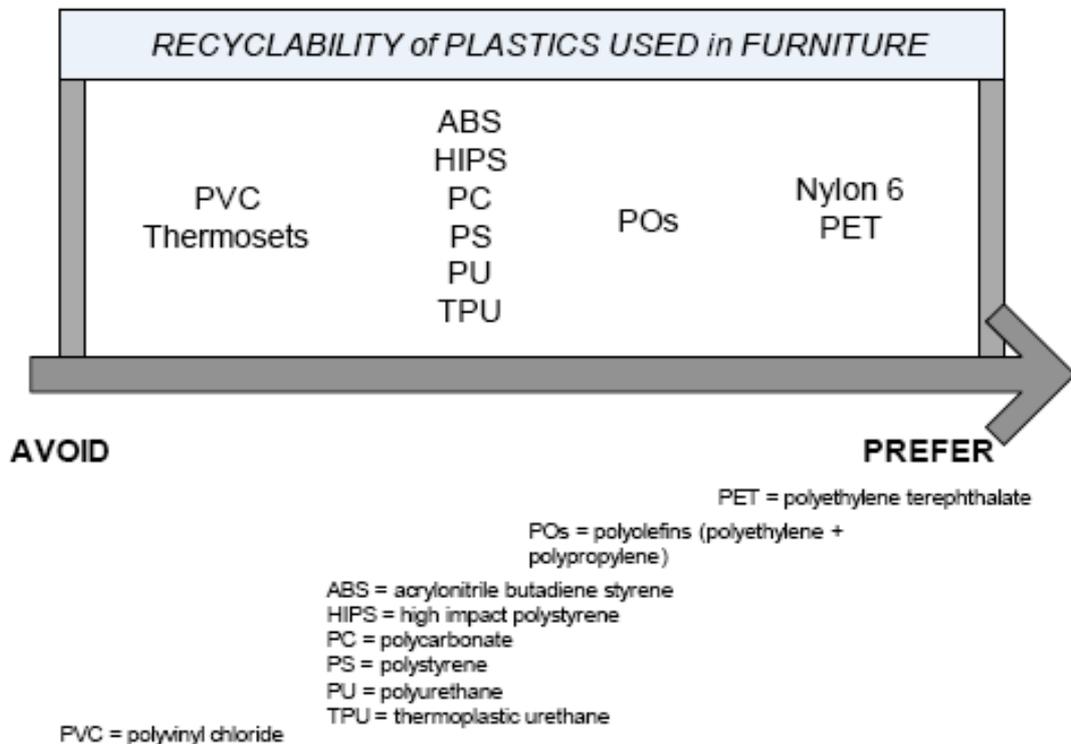


Figura 16. Evaluación de la capacidad de reciclaje

A lo largo del desarrollo de la silla Mirra, su puntuación de reciclabilidad aumentó del 75% al 96%. En las fotos del desmontaje, se muestran las partes de la silla Mirra que son y que no son reciclables (Figura 15, izquierda y derecha respectivamente).

Un cambio importante realizado durante el desarrollo de la silla para aumentar su reciclabilidad fue un cambio en el diseño de la columna. Diseñado originalmente a partir de acero sobremoldeado con una capa delgada de plástico (que no podía ser reciclado ni desmontado en menos de 30 segundos), el equipo de DfE desafió el ingenio para crear un componente sostenible.

El resultado fue una solución verdaderamente innovadora. La columna de la silla Mirra se construyó a partir de dos componentes compuestos en un 100% de nylon, fácilmente reciclable y menos costoso que el diseño original acero.

Los materiales no reciclables son el asiento Airweave, que estaba hecho de tres fibras diferentes de plástico y los brazaletes de espuma, que eran una combinación de espuma de PU fijada permanentemente a un sustrato de plástico.

El método para calcular la puntuación del contenido reciclado o renovable es sencillo:

El porcentaje en peso de un componente fabricado con materiales reciclados, es igual a la puntuación de contenido reciclado para ese componente.

La puntuación de contenido reciclado se multiplica por el peso del componente para calcular el peso reciclado de cada componente.

La puntuación del reciclado final, es la relación entre el peso total reciclado y el peso total de la silla.

En la tabla siguiente se muestra como se calcula la puntuación del contenido reciclado y la puntuación combinada reciclabilidad / contenido reciclado.

El combinado reciclabilidad / contenido reciclado es un promedio ponderado del reciclado (75%) y contenido reciclado (25%).

CHA-1234		ECO Chair												
Bill of Material						Recyclability			Recycled / Renewable Content			Recyclability + Rec./Ren. Content Score		
Part #	Qty	Description	Material - Print	Supplier	Wt (g)	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score	Wt Credit (%)	Wt (g)	Final Score	Wt'd Ave. (g)	Final Score	
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	100%	2,500		28%	700		2050		
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	50%	300		0%	0		225		
123458	4	FASTENER R - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	100%	42		20%	8.4		33.6		
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	0%	0		0%	0		0		
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	100%	26		0%	0		19.5		
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	50%	202		0%	0		151.5		
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	0%	0		0%	0		0		
					<b>3,599</b>		<b>3,070</b>	<b>85%</b>		<b>708</b>	<b>20%</b>	<b>2,967</b>	<b>69%</b>	

Tabla 7. Puntuación del contenido reciclado

## 6.4 CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DfE FINAL DEL PRODUCTO

La herramienta de evaluación del producto DfE calcula una puntuación única para cada producto. Para obtener esta puntuación, Herman Miller realiza los siguientes pasos:

- Calcula la puntuación final DfE para cada parte del producto. La puntuación está determinada por la puntuación en cada una de las tres categorías de evaluación: química del material, desmontaje y contenido reciclado o renovable. Estas tres puntuaciones multiplicadas por 1/3, se suman y se dividen por el peso potencial total para crear la puntuación final DfE del producto:

$$\frac{\frac{1}{3} \text{ Material Chemistry Score (g)} + \frac{1}{3} \text{ Disassembly Score (g)} + \frac{1}{3} \text{ Recyclability-Recycled/ Renewable Content Score (g)}}{\text{Total Potential Weight (g)}} = \text{Final DfE Score for each part}$$

Figura 16. Cálculo de la puntuación final DfE del producto

- Los pesos de las tres categorías se suman de manera equitativa, sin embargo, dentro de la última categoría, la reciclabilidad tiene un peso mayor que el contenido reciclado.
- Se suman las puntuaciones DfE de las tres categorías multiplicándola por 1/3 y se dividen por el peso total para calcular la puntuación DfE final.

La puntuación DfE final del producto ficticio (ECOchair) es de un 62,6% .

La silla Mirra, obtuvo una puntuación DfE final del 70,6%, lo que representó un aumento del 43% en mejoras ambientales con respecto al diseño inicial.

CHA-1234		ECO Chair				DfE Score		
Bill of Material						DfE Score		
Part #	Qty	Description	Material	Supplier	Wt (g)	DfE Weight: Mat. Chem. + Dis-assembly + Recyclability (g)	Potential DfE Wt	Final Score
123456-BK	1	FRAME, SEAT	16 Ga. 1008-1010 Steel	Frame Inc.	2,500	1933.3	2500	77.3%
123457	1	PAN - SEAT	20% GF Polypropylene	Molders Plus	600	175.0	600	29.2%
123458	4	FASTENER - PU	Sintered Metal	Fastener Land	42	39.2	42	93.3%
123459	4	FASTENER - ST	Spring Steel	Fastener Land	1	0.8	1	76.7%
123460	4	BUMPER	Super Rubber	Importers R'Us	26	10.8	26	41.7%
123461	4	CONNECTOR CLIP	Nylon 6/6	Molders Plus	26	10.8	26	41.7%
123464	2	ARM ASSY, RH & LH	380 Aluminum	Importers R'Us	404	84.2	404	20.8%
123468	2	O-RING	Silicone Rubber Fill	Importers R'Us	1	0.0	1	0.0%
					<b>3,599</b>	<b>2,253.4</b>	<b>3,599</b>	<b>62.6%</b>

Tabla 8. Puntuación final de ECOsilla

Todos los datos recogidos durante el proceso de diseño de la silla Mirra y de los demás componentes que Herman Miller desarrolla, se incorporan a una base de datos que permite al personal de diseño la consulta en futuros proyectos de diseño.



Materials and Mechanical Properties Database

**Print Specification: Steel - SAE 1008 Cold Rolled**

Info	Property Name	Property Description	Info	Property Name	Property Description
ⓘ	HMI Code	100015	ⓘ	HH/EcoTax Score	Green
ⓘ	Purchasing Commodity	Steel	ⓘ	Green Certification	
ⓘ	Purchasing Sub-Commodity	Raw Steel	ⓘ	Total Recycle Renewable Content	20%
ⓘ	Material Commodity	Steel	ⓘ	Post Consumer Recycled Content	0%
ⓘ	Material Sub-Commodity	Steel	ⓘ	Post Industrial Recycled Content	0%
ⓘ	Material Name		ⓘ	Renewable Content	0%
ⓘ	Material Trade Name	SAE 1008 Cold Rolled	ⓘ	Recyclability	100%
ⓘ	ASTM Recycling Code		ⓘ	Sustainability Certification	
ⓘ	Material Distributor		ⓘ	Material ID	000000229
ⓘ	Material Manufacturer	Inland Steel			
ⓘ	Manufacturer Hyperlink	<a href="http://www.inland.com">http://www.inland.com</a>			

**Material Comments**

Info	Comment Type	Comment Text
ⓘ	General	Minor impurities in the steel are Yellow as assessed in the content of material. Overall assessment is Yellow based on the presence of impurities.
ⓘ	Typical Use	General grade steel coil.
ⓘ	Special Properties	Weldability (spot, projection, butt, and fusion) and brazability are excellent. Applications include embused, cold headed, cold upset, and cold pressed parts and forms.
ⓘ	Recycled Content Notes	Industry average.
ⓘ	Recyclability Notes	Steel is a technical nutrient.

Tabla 9. Base de datos del inventario de Herman Miller.

**6.5 EVALUACIÓN Y PASOS SIGUIENTES**

Los impactos de la implementación del diseño DfE en la silla Mirra fueron muy positivos. Hubo un ligero aumento en el costo debido a la sustitución del PVC de los reposabrazos, pero fue compensado con la disminución en el coste de la columna rediseñada en un acero recubierto de nylon.

Mediante la incorporación de las consideraciones ambientales en las primeras etapas de diseño, Herman Miller minimizó los costes y los impactos del ciclo de vida de la silla.

La compañía también creó una ventaja de mercado con su nuevo producto mediante el desempeño ambiental y el alto rendimiento de producto.

El tiempo es siempre un obstáculo en el proceso de desarrollo de productos. Los equipos de desarrollo de productos necesitan un acceso rápido a la calidad, sobre todo cuando se alteran los materiales a mitad de camino a través del proceso.

Herman Miller aprendió la forma de incorporar la calidad ambiental en el diseño de productos por parte de los equipos de diseño. Sin embargo, el tiempo adicional necesario para incorporar el DfE en sus productos se espera que disminuya una vez que los ingenieros se familiaricen con el proceso.

Factors	Impact
Quality	No Impact ↔
Time to Market	No Impact ↔
Engineering	Slight Increase ↑
Material Costs	Increases and Decreases ↓↑
Market Features	Increased Functionality ↑

Tabla 10. Impactos de la implementación del en la silla Mirra

En el ejemplo de silla Mirra ilustra el valor de incorporar el DfE en el proceso de diseño y la necesidad de herramientas para evaluar los progresos, así como los desafíos de crear un verdadero producto de la cuna a la cuna.

Tan exitoso como la silla Mirra fue el empleo de los principios de la cuna a la cuna.

La herramienta de evaluación utilizada (DfE) sin embargo, es una herramienta desconocida y no tiene un funcionamiento tan transparente como la intención de su metodología.

## 7 CONCLUSIONES

Una vez analizados los diferentes métodos y herramientas de diseño respetuoso con el medio ambiente, y el método Cradle to Cradle, he llegado a la conclusión que los métodos que hoy en día están integrados en las empresas, como el ecodiseño, representan grandes avances en cuanto a la sostenibilidad se refiere, no obstante, son métodos nacidos de la evolución de métodos anteriores, a los que se les ha incluido las mejoras necesarias para combatir los problemas a los que se ha ido enfrentando la sociedad.

El Cradle to Cradle en cambio, no es una evolución de ningún otro método sino que cambia radicalmente la manera de diseñar.

La implantación del Cradle to Cradle no es fácil, pues las pequeñas empresas que depende de proveedores, no pueden obtener el certificado C2C a menos que los productos de dichos proveedores dispongan de la certificación. Es por eso por los que está costando su difusión, pues si las empresas grandes no se inclinan por adoptar estos métodos de diseño, para las pequeñas supone un esfuerzo demasiado grande que es difícil de asumir.

Hay que subrayar del método Cradle to Cradle el hecho de que sus diseños no generen residuos. Esta forma de diseño es completamente innovadora respecto de las demás pues la mayoría de los métodos los reducen, aun que sea al máximo, pero no los elimina. El biomimetismo si que se acerca o intenta buscar maneras de no generar residuos y operar como lo hace la naturaleza, pero es un requisito imprescindible del método la no generación de residuos.

El C2C por lo tanto trae consigo la ventaja de no tener que tratar residuos. Una ventaja a nivel ambiental, pero también a nivel económico.

Del Cradle to Cradle destaco también su intención de no optar por diseños “menos malos” sino por “diseño buenos”, como podemos leer en el libro de William McDonough y Michael Braungart :*CRADLE TO CRADLE. Rediseñando la forma en que hacemos las*

*cosas*, matizan lo que es la ecoefectividad y explican las grandes diferencias con respecto a la ecoeficiencia, que son términos que nos parecen equivalentes pero que se alejan considerablemente si los estudiamos aplicados al diseño de un producto, por ejemplo, ambos tienen como finalidad cumplir con el objetivo para el cual se ha diseñado el producto, pero los pasos para llegar a ese objetivo son muy diferentes.

La industria no suele ser receptiva a la hora de invertir en la sostenibilidad. Hoy en día un poco más, debido a que el impacto de la crisis ha provocado que las empresas se reinventen y se conviertan en empresas más competitivas diferenciándose del resto en las cuestiones ambientales, pero en general se ciñen al cumplimiento de la normativa vigente.

Para ello habría que impulsar el desarrollo hacia proyectos y metodologías de este tipo, y buscar que la normativa se vaya reinventando para que la industria se esfuerce no solo en cumplir la normativa sino en adelantarse a ella.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

### 8.1 PÁGINAS WEB

- <http://www.actividades-mcp.es/gestionresiduos/2011/02/cradle-to-cradle-redisenando-la-forma-en-que-hacemos-las-cosas/#comment-560>
- <http://www.mbdc.com/default.aspx>
- <http://www.mcdonough.com/full.htm>
- <http://www.osman.es/>
- <http://www.c2ccertified.org/>
- <http://www.ecointelligentgrowth.net/eng/index.html>
- <http://www.ted.com/>
- [http://www.epa.gov/oppt/greenengineering/pubs/basic\\_info.html](http://www.epa.gov/oppt/greenengineering/pubs/basic_info.html)
- <http://www.ni.com/white-paper/7257/en>
- <http://www.ecolaningenieria.com/es/ingenieria-ambiental/ecodisenio>
- <http://www.ecosmes.net/cm/navContents?!=ES&navID=info&subNavID=1&pagID=6>
- <http://www.ecodiseño.cl/>

## 8.2 LIBROS

- ECODISEÑO. Un nuevo concepto en el desarrollo de productos. Félix Sanz Adán, Servicio de Publicaciones Universidad de la Rioja, 2003.
- CRADLE TO CRADLE. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. William McDonough, Michael Braungart, Ed. MCGRAW-HILL, 2005.
- DIMENSIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA RSC. Aurelia Bengochea Morancho, Ed. Gesbiblo S.L., 2010.
- EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. Fernando Kramer, Ed. Catarata, 2003.
- ECODISEÑO. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Salvador Capuz Rizo, Tomás Gómez Navarro. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, 2002.
- ECODISEÑO Y ANALISIS DEL CICLO DE VIDA- Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribián. Ed. Universidad de Zaragoza, 2010.
- ANALISIS DEL CICLO DE VIDA. Como herramienta de gestión empresarial. Alfonso Aranda Usón. FC editorial, 2006.
- Diferenciación espacial en la metodología de Analysis del Ciclo de Vida. Tesis Doctorales. Grupo de Ingeniería Ambiental y Bioprocesos. Universidad de Santiago de Compostela, 2008.

- ANALISIS DE CICLO DE VIDA. Aspectos Metodológicos y casos prácticos. G.Clemente, N. Sanjuan, JL.Vivancos. Ed. UPV2005.
- INGENIERIA CONCURRENTE. Una metodología integradora. Carles Riba, Arturo Molina. Ed. UPV, 2006.
- GUÍA PRÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DEL ECODISEÑO. Ed. CEPYME Aragón, 2007.
- MANUAL PRÁCTICO DE ECODISEÑO. IHOBE, Sociedad Pública Gestión Ambiental, <http://www.ihobe.net/Publicaciones>
- TESIS DOCTORAL. Elaboración de una metodología basada en la ergonomía de producto y ecodiseño aplicada al mobiliario escolar. Validación metodológica del producto. Gustavo Adolfo Rosal López, Universidad de Oviedo, 2011.
- ECODESIGN. A promising approach to sustaninable production and consumption. Brezet H., van Hemel. Ed. UNEP, 1997.
- ECODISEÑO. Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C). F. Aguado, M. Estela, J.R. Lama y V.M: Montero. Ed. RC Libros, 2011.

### 8.3 REVISTAS

- INGENIERÍA QUIMICA N° 458. Ingeniería verde (Págs. 168-175). J.I. Gómez Cívicos, 2008.
- INGENIERÍA QUÍMICA N°. 444. Nuevas bases para el diseño de procesos industriales sostenibles (Págs. 106-113), María José Cocero Alonso, J. García, L. Pérez , 2007.

- CIENCIACIERTA N°.18 . Ingeniería Verde: la forma de prevenir los desastres ecológicos. I. Zapata González., 2009.