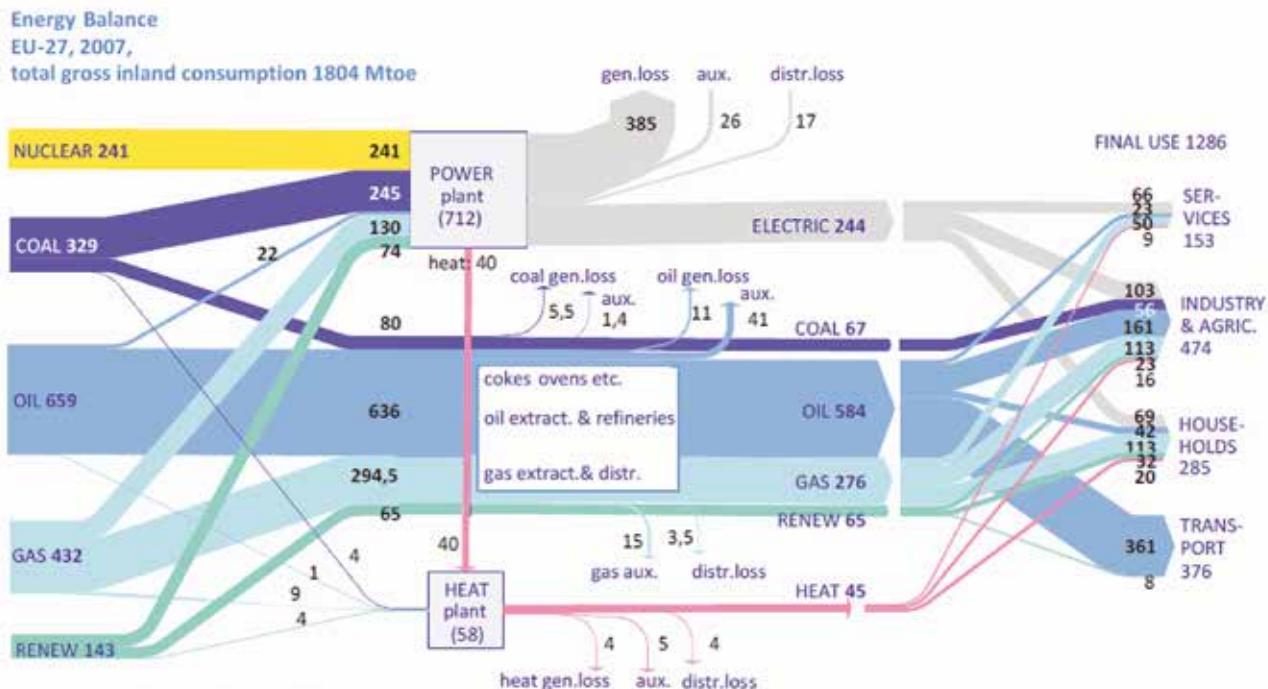




EL ANÁLISIS DE COSTES APLICADO AL DISEÑO SOSTENIBLE DE PRODUCTOS



EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

CIE Automotive

EROSKI

euskaltel

FAGOR

GAMESA

IBERDROLA

ORMAZABAL
velatia

VICINAY
CADENAS S.A.
The future of mooring

© Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Septiembre 2014

edita

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial
Gobierno Vasco
Alda. Urquijo, 36 – 6º Planta- 48011 Bilbao
www.ihobe.net - www.ingurumena.net
Tel.: 900 15 08 64

diseño y maquetación

dualxj comunicación&diseño

contenido

Este documento ha sido elaborado por el equipo técnico del Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial y el de su sociedad de gestión ambiental, Ihobe.

depósito legal

BI-1523-2014

 Esta publicación ha sido elaborada con papel 100% reciclado



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

PRESENTACIÓN



El Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco ha establecido como uno de sus objetivos una colaboración público privada más eficaz para poner a disposición del tejido socioeconómico de la Comunidad Autónoma del País Vasco herramientas e instrumentos que ayuden a las empresas vascas a disponer de una posición de ventaja competitiva. En esta línea se están realizando varios estudios sobre los nuevos conceptos que, a buen seguro, regirán el tránsito hacia una economía más verde. Entre éstos se encuentran el diseño para el fin de vida, la durabilidad de los productos, la servitización, el consumo colaborativo, el valor reputacional de los aspectos verdes, etc. Para profundizar en estos ámbitos resulta necesario dotarse de métodos que evalúen el ciclo de vida de los productos y servicios desde una perspectiva ambiental, pero también complementada con las variables económica y social.

La cuestión clave a nivel global es garantizar las prácticas más sostenibles de producción y consumo. Para ello se considera que hay que ir más allá del enfoque tradicional, limitado al centro de producción, y utilizar el concepto ciclo de vida. Esto implicará pensar en los impactos ambientales, económicos y sociales del producto desde la extracción y procesamiento de las materias primas pasando por la fabricación, distribución, uso, mantenimiento y reparación, hasta el reciclado o eliminación final. El Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial pretende concienciar sobre la utilización de información integral y rigurosa en la toma de decisiones y ayudar a las empresas que desean reducir los impactos ambientales en el ciclo de vida de sus productos a la vez que generan mayor bienestar social y económico. Con este documento se quiere acercar a las empresas, instituciones y al consumidor, las herramientas más eficaces para calcular los costes de ciclo de vida y su relación con el comportamiento ambiental de los productos y servicios, siguiendo así las recomendaciones de la Hoja de Ruta de Eficiencia de Recursos de la Comisión Europea.

El análisis de costes del ciclo de vida refleja todos los costes asignables a un producto o servicio desde que se inicia la concepción de la idea hasta el final de su vida útil. En un análisis de costes del ciclo de vida, el conductor principal en la toma de decisiones es el coste, mientras que en un análisis ambiental del ciclo de vida se informa de los impactos ambientales potenciales que generan las decisiones de una empresa. Por ello, se pretende examinar la relación existente entre las visiones económica y ambiental de un producto o servicio para que las organizaciones obtengan una

mejor información, facilitando el desarrollo de productos y modelos de negocio más innovadores y eficientes, basados en el estudio del producto o servicio como un sistema único a lo largo de todo su ciclo de vida y generando, como consecuencia deseable, nuevos hábitos de consumo más sostenibles.

El Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco ha realizado una reflexión conjunta con 40 empresas vascas sobre la metodología de análisis de costes del ciclo de vida y contrastado la utilidad de esta metodología integrada en la gestión del ecodiseño y la compra responsable de productos y servicios. Igualmente, ha impulsado a través del Basque Ecodesign Center la aplicación piloto de esta metodología para obtener conclusiones validadas que hagan más efectivo el potencial despliegue de la herramienta.

La aplicación generalizada de estos análisis con sus diferentes enfoques, ambiental, económico y social, y el concepto holístico de la gestión del ciclo de vida resultan muy importantes para ayudar a las Administraciones, las empresas y la sociedad a ubicar una nueva pieza en el rompecabezas de la economía verde y sostenible, haciéndola más competitiva.

Javier Agirre Orcajo
Director General
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial
Gobierno Vasco

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ¿QUÉ ES UN ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA?	9
3. ¿POR QUÉ HACER UN ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA?	11
3.1. ¿QUIÉN PUEDE HACER UN LCC?	14
4. APLICACIÓN DE LCC EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO	15
5. LA SOSTENIBILIDAD DEL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	17
5.1. SOSTENIBILIDAD Y CICLO DE VIDA	17
5.2. ANALISIS AMBIENTAL DEL CICLO DE VIDA	19
5.3. ANÁLISIS SOCIAL DEL CICLO DE VIDA	20
5.4. ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA	22
6. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA DE LCC	29
FASE 1. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS, EL ALCANCE Y LA UNIDAD FUNCIONAL	30
FASE 2. REALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE COSTES	32
FASE 3. AGREGACIÓN DE LOS COSTES POR CATEGORÍAS	34
FASE 4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	36
7. EJEMPLOS DE ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA	37
8. CONCLUSIONES	43
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
10. ANEXOS	46
ANEXO I. METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS COSTES DEL CICLO DE VIDA	46
ANEXO II. APLICACIÓN SECTORIAL DE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE LOS COSTES DEL CICLO DE VIDA	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Costes ocultos en la gestión de residuos	9
Figura 2 - Perfil de costes de varios productos	10
Figura 3 - Distribución de costes e impactos ambientales de un producto	10
Figura 4 - Gráfica del menor coste del ciclo de vida	13
Figura 5 - Respuesta de las empresas de la Comunidad Autónoma del País Vasco	16
Figura 6 - Datos a considerar por unidad de proceso en estudio LCSA	18
Figura 7 - Peso relativo de las categorías de impacto asociado a un pupitre escolar	20
Figura 8 - Ejemplo de categorías de impacto social intermedias y finales	21
Figura 9 - LCC de dos centrales térmicas de carbón y gas natural	26
Figura 10 - Alcances de los diferentes tipos de LCC	27
Figura 11 - Diagrama de las fases del LCC	29
Figura 12 - Elementos de coste para un LCC	32
Figura 13 - Comparativa LCC de dos modelos de autobuses	39
Figura 14 - Comparativa estudio LCC de dos lavadoras	40
Figura 15 - LCC de un sistema de reciclado de residuos de aparatos electrónicos (RAEE)	42
Figura 16 - Coste ciclo de vida de un edificio	53
Figura 17 - Esquema de costes ambientales internos del ciclo de vida	55
Figura 18 - Comparativa impactos ambientales vs. costes de dos prototipos	56
Figura 19 - Costes de producción parque eólico <i>offshore</i>	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Razones para realizar un LCC	12
Tabla 2 - Ejemplo de datos necesarios para estudio de LCSA	18
Tabla 3 - Ejemplo de LCC de una lavadora	23
Tabla 4 - Resultados de LCC y LCA de un lavadora	25
Tabla 5 - Ejemplo de LCC para el cambio de una caldera de agua caliente	38
Tabla 6 - Resumen de las metodologías de LCC	50
Tabla 7 - Aplicabilidad de LCC en productos/servicios adquiridos por la administración	52

1. INTRODUCCIÓN

En el País Vasco, cada año se compran productos que conllevan desechar alrededor de 1.1 millones de toneladas de residuos (datos de 2010), lo que supone no solo un importante impacto ambiental, sino también una pérdida de oportunidad de negocio. Estos residuos son en gran medida productos desechados que, a su vez, generaron otros residuos durante su fabricación y la de sus componentes. El modelo lineal de consumo actual derrocha recursos a través de un uso inapropiado o poco eficiente de los mismos, con el paradigma del consumo excesivo de productos para el hogar o el uso excesivo del transporte privado, y desaprovecha las oportunidades de mejora que disponen tanto el fabricante como el consumidor mediante su capacidad de compra de productos más verdes.

Los fabricantes disponen de la opción de incidir en esta mejora actuando para implantar especificaciones más exigentes y para comunicar claramente la vida útil de sus productos, dando la máxima información a los clientes. Todo ello con el objetivo de desarrollar productos más eficientes, económica y ambientalmente, y mantenerlos operativos durante más tiempo. Los equipos de diseño y los responsables de fijar las especificaciones de los productos deben incorporar herramientas que faciliten los mejores diseños de los productos, que los hagan más fiables y que conlleven reducción de costes y beneficios ambientales desde la perspectiva de todo su ciclo de vida.

El modelo lineal actual basado en “fabricar, usar, tirar” resulta muy intensivo en el consumo de recursos. Para solventar este problema, las empresas y sus cadenas de suministro deberían movilizarse en la implantación al menos de dos estrategias: por un lado, establecer formas de producción que logren una reducción efectiva del uso de los recursos energéticos y materiales, y por la otra, un desafío de mayor rango, migrar del modelo actual de negocio basado en la fabricación del producto, hacia nuevos negocios que incrementen la complejidad del producto y le incorporen más atributos de servicio. Actualmente, varias empresas están desarrollando estrategias de servitización que contribuirán a desmaterializar la economía. Las empresas impulsoras buscan un cambio de enfoque en el modelo de negocio desde el diseño, fabricación y venta de productos hacia el diseño y venta de un mix de productos y servicios que, de manera conjunta, sean capaces de satisfacer las necesidades de los diferentes clientes. La implantación de este tipo de estrategias empresariales posee un gran potencial para desvincular el éxito económico, basado en la venta de productos, del consecuente uso intensivo de materiales. Este nuevo planteamiento se fundamenta en la premisa de que los clientes no buscan poseer los objetos materiales sino el resultado que con éstos se puede conseguir, es decir, su función.

El fomento de un consumo más sostenible de la propia Administración Vasca se despliega a través del Programa de Compra y Contratación Pública Verde impulsado por el Gobierno Vasco, con un doble propósito: ofrecer a las empresas y organizaciones privadas un ejemplo a seguir e impulsar un mercado de productos y servicios más verdes. La capacidad de influencia de la Administración para extender un consumo más sostenible a través de su compra, se complementa con las herramientas de información sobre la compra verde que pone a disposición de los consumidores y responsables corporativos de compras, de forma que puedan identificar y comparar los diferentes productos que adquieren desde una perspectiva ambiental.

Debido al consumo intensivo, la disponibilidad de algunas materias primas se ha convertido en una preocupación política y económica tanto para los gobiernos como para las empresas. Los materiales escasos y preciosos son esenciales para muchos de los productos que usamos todos los días. Para afrontar este desafío será preciso diseñar pensando: 1) en la reutilización y la reparación de productos, dándoles una segunda o tercera vida, que no sólo beneficia al medio ambiente, sino que ahorra

dinero a las empresas y además, puede generar puestos de trabajo y obtener beneficios sociales, y también, 2) pensando en el reciclaje y en invertir en tecnologías comercialmente viables que permitan recuperar todos los materiales de los residuos, avanzando hacia un modelo económico circular en cuanto sus flujos de materiales.

9 CLAVES PARA GESTIONAR LA SOSTENIBILIDAD DEL PRODUCTO O SERVICIO

- Fomentar el concepto de ciclo de vida.
- Comprometerse con los clientes y suministradores.
- Conocer exactamente donde aporta valor el producto o servicio.
- Saber cuáles son y dónde están los aspectos ambientales críticos.
- Medir, monitorizar y administrar.
- Comprender que un residuo es un recurso.
- Mantenerse al día con los requisitos políticos y normativos.
- Utilizar el mejor conocimiento científico en la toma de decisiones.
- Garantizar la transparencia.

Fuente: Cefic®, 2013

2. ¿QUÉ ES UN ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA?

El *Life Cycle Costing-LCC* es el análisis de todos los costes asignables a un producto/servicio desde que se inicia la concepción de la idea hasta el final de su vida útil, por o para cualquier agente asociado a las fases de la vida del producto/servicio.

Los costes de un producto/servicio a lo largo de su ciclo de vida pueden ser fácilmente visibles como son los costes directos de la producción (costes de materias primas, energía y mano de obra) o pueden tener una menor visibilidad como son los costes indirectos para el fabricante (pérdida de productividad debida a los residuos) o los costes para la sociedad (problemas de salud por la contaminación). Adicionalmente, ciertas fases del ciclo de vida pueden presentar costes con una alta visibilidad (producción y distribución) y los incurridos en otras fases quedar más ocultos (fin de vida del producto) aunque a posteriori puedan tener un gran impacto sobre la organización. La figura 1 muestra un ejemplo de costes ocultos asociado a la de gestión de residuos.

El LCC, por tanto, incluye todos los flujos monetarios asociados a un producto durante toda su vida. Por ejemplo, en el caso de un automóvil, el LCC consideraría el coste del coche, el combustible, los fluidos, los repuestos, así como el desprenderse del vehículo al final de su vida, aspecto éste que puede ser coste o ingreso. También incluiría elementos menos visibles relativos a la protección ambiental como las tasas por la recogida de neumáticos usados, o tasas relacionadas con el peso del vehículo, su edad, potencia y consumo de combustible.

El LCC también permite analizar los costes de un producto desde diferentes perspectivas, fundamentalmente las del productor y el consumidor. En un automóvil, los diseñadores utilizan en la práctica el parámetro de los costes de producción, mientras los consumidores atienden al precio de compra, incluidos los impuestos. Superar la observación del precio de compra como único foco, permite a los usuarios comprender que un precio inicial más alto puede significar un producto más barato en el ciclo



Figura 1 – Costes ocultos en la gestión de residuos.

Fuente: WRAP, 2012.

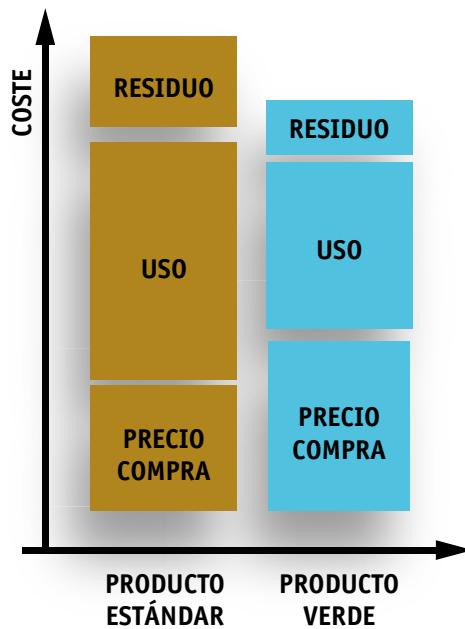


Figura 2 – Perfil de costes de productos.

completo de utilización, ya que, normalmente, el mayor coste de un producto/servicio viene asociado a la fase de uso y es asumido por el consumidor final (ver figura 2). Por ejemplo, según datos de la Comisión Europea, el 85% de los costes totales de un edificio no se refieren a la construcción o la compra sino al uso durante la vida del mismo.

Por último, la mejor oportunidad para reducir los costes y los impactos ambientales de un producto/servicio durante todo su ciclo de vida, ocurre en la fase de diseño, tal y como muestra la figura 3. Aproximadamente, el 80% de los costes y de los impactos ambientales se determinan en esa fase. Esto da una idea sobre las posibilidades de mejora, de innovación y de estrategias para el marketing, que ofrecen los análisis de ciclo de vida, tanto ambientales como de costes.

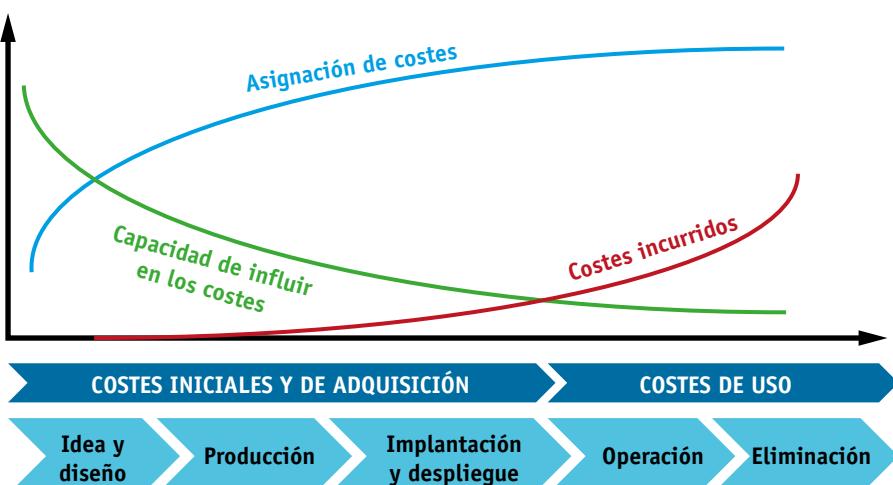


Figura 3 – Distribución de costes e impactos ambientales de un producto.

3. ¿POR QUÉ HACER UN ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA?

La realización de un análisis económico del ciclo de vida de un producto, como concepto general, comprendería un estudio de costes, un análisis de riesgos, un estudio RAMS (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, seguridad), un análisis coste beneficio, etc. Pero el principal objetivo de los análisis económicos para sus promotores suele ser predecir o calcular el coste total del ciclo de vida de un producto o servicio para tomar la decisión sobre una compra, optimizar un diseño, realizar un plan de mantenimiento o acometer una reingeniería del producto. Por tanto, aunque el LCC no ofrezca todos los datos económicos, resulta una información muy relevante para la toma de decisiones por parte de las empresas.

Los objetivos de un LCC son:

- Evaluar los costes relativos a los flujos monetarios del ciclo de vida de un producto y aquellos directamente ligados a los diferentes actores.
- Comparar los costes de distintas alternativas de productos, incluyendo los procesos y servicios asociados.
- Registrar y/o estimar mejoras de un sistema producto a lo largo de su ciclo de vida, incluidos cambios en los procesos, innovaciones, cambios de suministradores, tasas, etc.
- Identificar, en combinación con un análisis medioambiental del ciclo de vida (LCA), situaciones win-win (menor coste y menor impacto) y de posibles traspasos de costes o impactos entre fases del ciclo de vida de un producto.

Por tanto, el análisis de los costes del ciclo de vida permite:

- Conocer el coste total del producto durante su ciclo de vida completo, asumido por diferentes actores: suministradores, fabricante, distribuidores, usuarios y gestores de residuos.
- En el proceso de evaluación de ofertas de compra de bienes o servicios, comparar entre las diferentes opciones desde la perspectiva de su ciclo de vida.
- Identificar y evaluar las oportunidades de mejora de cara a reducir el coste total (por ejemplo, mediante sustitución de materiales, mejoras en la eficiencia energética, etc.).
- Realizar comparativas con otros productos, por ejemplo prototipos durante la fase de diseño, de cara a cuantificar los beneficios ambientales y económicos de las opciones de diseño (menor coste de producción, menor consumo energético para el usuario, mayor valorización del residuo, etc.)

Hay otras razones que han motivado a numerosas organizaciones a realizar un LCC tal y como se recoge en la tabla 1.

RAZONES PARA UN LCC	PRODUCTO	ORGANIZACIÓN
Desarrollo legislativo	Documentos Directiva ErP	Unión Europea
Compra responsable	Carreteras	Departamento de Transporte USA Estado de Illinois, Pensylvannia, Colorado...
Monitorización de sistemas	Infraestructuras ferroviarias	Operadores UE
Priorizar actividad de I + D	No precedero	United Technologies, USA
Mejoras del proceso	Materiales	Alcan, Canadá
Evaluar costes de la propiedad	Energía No perecedero	Departamento de Energía USA Ford, Alemania
Ánáisis de fiabilidad	Energía	Vattental, Suecia EDF, Francia
Justicia intergeneracional	Energía nuclear	EDF, Francia
Comparación de productos	Productos químicos	Akzo Nobel
Ánáisis de mantenimiento	Energía Producto de transporte	DB, Alemania
Ánáisis de ofertas	Servicios municipales	Halson, Canadá
Apoyo a ventas	Servicios del agua	Aqua-tech, Suiza ABB, Suecia Foro Internacional del acero inoxidable
Declaración ambiental del producto (EDP)	No perecedero Alimentación	ABB, Israle Fontis, Nueva Zelanda
Sustitución y actualización de equipamiento	Papel	Kemira, Finlandia
Planificación de tasas	Tasas de CO ₂	Unión Europea
Comunicación	Productos químicos	BASF, Alemania
Recomendaciones de compra	Vehículos	Oko-institut, Alemania

Tabla 1 – Razones para realizar un LCC.

Un caso concreto de aplicación está ligado al diseño de la normativa europea de producto donde el LCC desempeña un papel central. El anexo dos de la Directiva 2009/125/CE o Directiva de Ecodiseño (ErP) introduce el concepto LCC:

“En lo que se refiere al consumo de energía durante la utilización, debe fijarse el nivel de eficiencia energética o consumo de energía procurando que los modelos representativos de los productos tengan el mínimo coste del ciclo de vida para los usuarios finales, teniendo en cuenta las consecuencias de otros aspectos medioambientales.”

“El método de análisis del coste del ciclo de vida utiliza una tasa real de descuento facilitado por el Banco Central Europeo y una vida realista para el producto; se basa en la suma de las variaciones del precio de compra (derivado de las variaciones de los costes industriales) y los gastos de explotación derivados de los diferentes niveles de las opciones de mejoras técnicas, actualizadas durante la vida útil de los modelos de los productos considerados”. (...).

La visualización de la práctica de este concepto se representa en la figura 4. Para mejorar la eficiencia energética de un producto o su impacto ambiental, en general se espera realizar cambios en el diseño que aumentarán o disminuirán su precio. Algunos prototipos integran ajustes que pueden resultar rentables durante el período de vida útil del producto, mientras que otros no. En la figura 4 se observa,

que las opciones A y B mejoran el coste total y reducen impactos, mientras que las C y D mejoran ambientalmente pero van aumentando el coste. Finalmente, la aplicación de la mejor tecnología disponible (energéticamente más eficiente) conlleva un incremento sustancial del coste total respecto del producto inicial. Por lo tanto, la curva pasa por un mínimo llamado "el menor coste del ciclo de vida", concepto central de la Directiva ErP para fijar los límites de eficiencia energética de los productos.

Por último, siendo un método de evaluación de costes, para lo que no sirve un LCC es para realizar la contabilidad de una organización, ya que considera también los costes asociados a otros actores del ciclo de vida del producto.

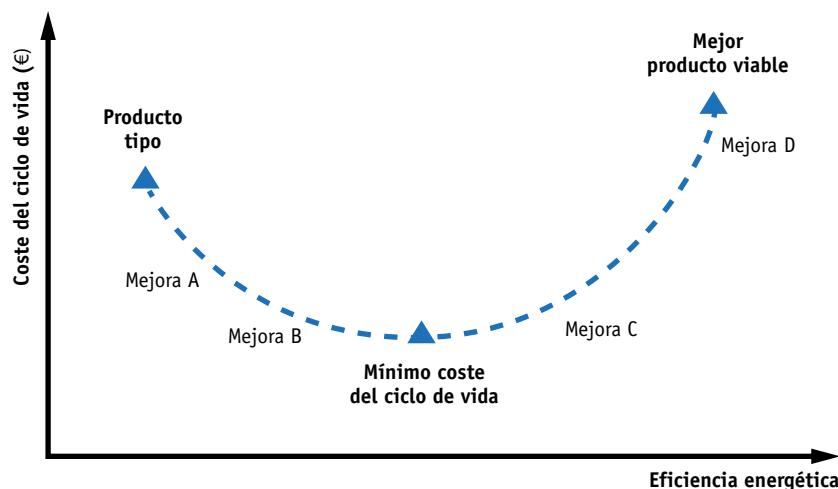


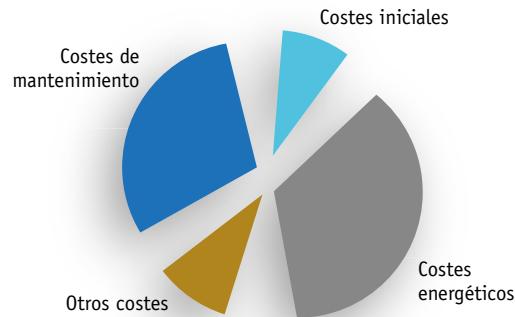
Figura 4 – Gráfica del menor coste del ciclo de vida.

EJEMPLO

→ El Foro Internacional del Acero Inoxidable (ISSF) promueve entre las empresas del sector prácticas para ayudarles en la toma de decisiones, desde la perspectiva de compra, fabricación y venta. Ha realizado estudios de ciclo de vida sobre infraestructuras como los puentes, equipos de bombeo, tuberías, electrodomésticos, etc...

→ El LCC sobre tuberías de acero inoxidable (A. Dusart et al., Sorbonne University, 2011) demuestra que son más baratas a largo plazo que las fabricadas con polímeros. Sin embargo la dinámica de compras de las empresas de construcción, atraídas por el bajo coste inicial, confiere a las de polímero una clara ventaja para su implantación. En este mismo trabajo se obtuvo como conclusión válida para los fabricantes de equipos de bombeo para desalinización, la necesidad de producir bombas más eficientes y con un menor mantenimiento. El trabajo sugiere que no se necesita reingeniería, ni diseño de nuevos equipos de bombeo, ya que únicamente mediante cambios en el equipo o en sus sistemas de control, se podría ahorrar entre un 30-50% de la energía consumida.

COSTE DEL CICLO DE VIDA TÍPICO DE UNA BOMBA DE TAMAÑO MEDIANO



Fuente: Hydraulic Institute/Europump. 2001

3.1. ¿Quién puede hacer un LCC?

De acuerdo a las metodologías de LCC disponibles y con su potencial de aplicación, así como el grado de adaptación a la realidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Y sin que resulte excluyente, se considera que las organizaciones en las que más rápida podría ser su aplicación son aquellas que:

- Dispongan de experiencia previa en temas relacionados con el LCC y empleen software específico de LCA en la realización de dichos estudios.
- Tengan experiencia previa en temas relacionados con Ecodiseño y Responsabilidad Social Corporativa (RSC).
- Estén certificadas de acuerdo a EMAS y las normas ISO-14001:2004 e ISO-14006:2011 (Ecodiseño).

A nivel sectorial resulta más sencillo identificar los ámbitos de mayor aplicabilidad de la herramienta. En este caso, la industria fabricante de productos regulados por la directiva de ecodiseño 2009/125/EU, los edificios que deberán adaptarse a la nueva directiva de eficiencia energética en el sector de edificación 2010/31/EU, el sector de automoción, el sector energético, las empresas de fabricación de equipos eléctricos y máquina herramienta, las de química y petroquímica, etc. son algunos de los sectores que más rápidamente pueden beneficiarse utilizando estas metodologías. Por último, la Administración Pública dispone de un amplio campo para su aplicación en los proyectos de infraestructuras y edificación, la compra de vehículos y material sanitario y la adquisición de servicios de energía, transporte, etc. (Ver anexo II).

4. APPLICACIÓN DE LCC EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

Del análisis realizado junto a representantes empresariales e institucionales sobre las potenciales aplicaciones del LCC y su utilidad para las organizaciones de la CAPV, se obtuvieron una serie de conclusiones:

- **Actualmente las empresas solo tienen en cuenta los costes internos que pueden dar lugar a un ahorro directo.** La empresa controla estos costes e introduce medidas para tratar de minimizarlos. Sin embargo, los costes que traspasan a sus clientes (costes de uso y de fin de vida) no se suelen evaluar a menos de que el propio cliente lo solicite. Debido a una demanda incipiente, algunas empresas vascas están llevando a cabo experiencias piloto para estimar en la fase de diseño los costes del ciclo de vida de sus productos.
- **Aunque existen otras herramientas, es clave facilitar la integración del LCC en la empresa.** Para ello es necesario disponer de normas que definan cómo medir el coste total. En el medio plazo, habría que aspirar a que en la fase de diseño las empresas incorporen el cálculo del coste total y no sólo los de adquisición o venta. Además, se detecta una necesidad de normalización que conecte las herramientas de LCA y LCC. Ambos aspectos, ambiental y económico, habría que tenerlos en cuenta desde la fase de diseño.
- **Existe una doble opinión respecto a legislar la aplicación de metodologías de LCC.** Considerando que la Directiva ErP ya lo integra a nivel general, se tiene el temor de que pueda perjudicar a la empresa europea frente a otras que no tendrían obligaciones al respecto. La potencial pérdida de competitividad al tener que cobrar más por haber minimizado otros costes del ciclo de vida es una cuestión que preocupa a la empresa. Sin embargo, también hay empresas que han visto en el mismo una oportunidad de negocio. Por otra parte, habría que solventar la dificultad de manejar correctamente la variable temporal que determina el fin de vida.
- **Resulta necesario fomentar una cultura de trabajo con la cadena de suministro para el impulso del LCC.** Desde el punto de vista del cliente, puede resultar complicado que la empresa privada interiorice estas cuestiones ya que el cliente está condicionado por los presupuestos anuales. Sin embargo, en muchas ocasiones se podría ver favorecido por la compra de un producto en el que si bien los costes de adquisición son mayores, los costes del ciclo de vida completo serán menores. De esta forma, si se logra ver más allá de los costes de adquisición y se contempla el ciclo de vida completo del producto, se estará alcanzando un doble objetivo, ahorrar costes y minimizar impactos ambientales. Éstas son cuestiones que la empresa debería interiorizar e integrar en su estrategia. Potenciando este aspecto, los fabricantes tendrían que trabajar con sus propios proveedores para fomentar la reducción de costes y de impactos ambientales.
- **Es preciso impulsar el consenso y unificación en el ámbito de las etiquetas.** Estas herramientas, originariamente creadas para facilitar al consumidor la identificación de productos, se han desarrollado tanto que se han convertido en algo complejo de manejar. La multitud de etiquetas que existen en el mercado impiden al consumidor reconocerlas. Se recomienda simplificar e integrar los sistemas de etiquetado para que el consumidor pueda tomar decisiones fundamentadas, así como incorporar información relacionada con el coste total a lo largo de su vida operativa.

Desde las diferentes ópticas y puntos de vista se constata el interés en las herramientas y metodologías de LCC. Salvar barreras, como la necesidad de consenso y normalización de la metodología, así como poner al alcance de las empresas herramientas que agilicen su aplicación, fomentarán su uso y, con ello, una mejora de la sostenibilidad y competitividad del tejido socioeconómico vasco.

La figura 5 recoge el contraste de otras cuestiones relacionadas que se plantearon a las empresas.

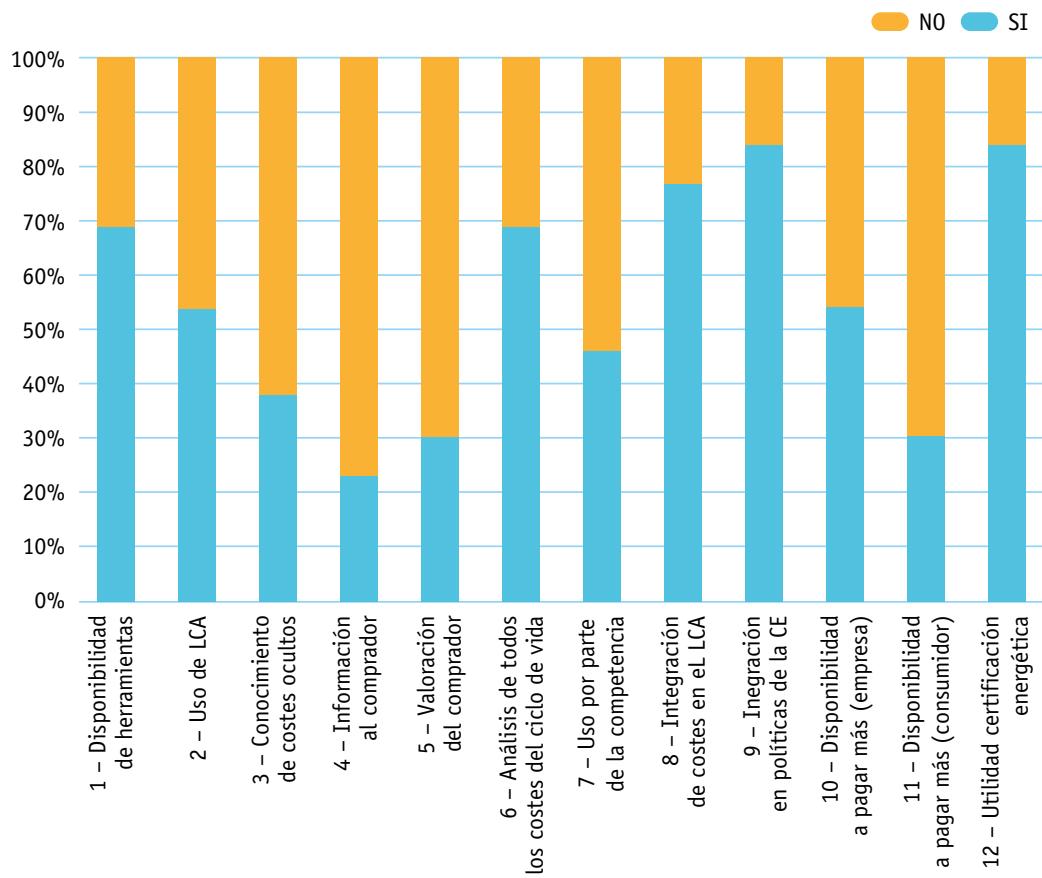


Figura 5 – Respuesta de las empresas de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

En línea con la percepción recogida a las empresas de la CAPV, se han llevado a cabo en otros países varios estudios de opinión para identificar las necesidades de las empresas y poder facilitar su uso. Dichas demandas tienen que ver con un mejor tratamiento fiscal a quien los aplique, una necesaria clarificación sobre cuándo y cómo realizar un LCC y una definición concreta de los tipos de costes que deberían considerarse. Así mismo, se identificaron necesidades para las empresas como disponer una mayor cualificación de los encargados de realizar el LCC, superar las incompatibilidades con otros objetivos financieros de los clientes y disponer de datos fiables para el cálculo.

5. LA SOSTENIBILIDAD DEL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS

5.1. Sostenibilidad y Ciclo de Vida

Dado su carácter holístico, sistémico y riguroso, el análisis ambiental del ciclo de vida (LCA) es la técnica más usada para compilar y evaluar información relacionada con los potenciales impactos de un producto. Así, el LCA observa los impactos potenciales de la extracción de recursos, el transporte, la fabricación, el uso y el reciclaje o eliminación de los productos. Esta técnica ha sido estandarizada en dos normas ISO-14040 y ISO-14044. El análisis de costes del ciclo de vida (LCC) sirve para calcular y administrar costes, especialmente en caso de inversiones importantes, y ha sido utilizada durante décadas para apoyar la toma de decisiones, casi siempre dese la única perspectiva del productor o comprador. Realizar un LCA y un LCC a un producto implica conocer de manera directa los flujos materiales, energéticos y monetarios.

Sin embargo, para tener una visión completa es vital expandir el enfoque actual para que integre los tres pilares de la sostenibilidad: ambiental, económico y social. Esto conlleva que las evaluaciones basadas en criterios ambientales, económicos y sociales deben realizarse desde una perspectiva global de análisis de la sostenibilidad en el ciclo de vida (LCSA). Por tanto, el cuadro se completaría teniendo en cuenta los impactos sociales de los productos/servicios en los actores del ciclo de vida: trabajadores, comunidades locales, consumidores y la sociedad misma.

Uno de los primeros métodos usados para medir la sostenibilidad de un producto fue el *Product line analysis* (Okoinstitut, 1987) que significó el preámbulo al análisis de ciclo de vida en los tres pilares. La "Iniciativa del Ciclo de Vida" del Programa de medio ambiente de Naciones Unidas (UNEP), en colaboración con la Sociedad para la Toxicología y la Química Ambientales (SETAC), ha promocionado desde el año 2002 la gestión del ciclo de vida como una parte clave de la respuesta al reto de la sostenibilidad. La propuesta de UNEP-SETAC se basa en una extensión hacia el análisis de sostenibilidad del ciclo de vida de un producto o servicio que se puede expresar como:

$$\text{LCSA} = \text{LCA} + \text{LCC} + \text{SLCA}$$

donde, LCA es el análisis ambiental del ciclo de vida; LCC es el análisis de costes del ciclo de vida y SLCA es el análisis social del ciclo de vida (Klöpffer 2008 y Finkbeiner et al., 2008) con ello se contribuye a una evaluación integrada que proporciona resultados relevantes en el contexto de la sostenibilidad de los productos.

De todas formas, esta ecuación resulta una simple aproximación, ya que este análisis no puede ser únicamente la suma de los resultados de cada análisis. En su desarrollo deberán cumplirse una serie de requisitos, como establecer una definición consistente de los límites del sistema considerado, evitar las dobles contabilidades, desarrollar métodos de cálculo de costes sociales, etc. aspectos sobre los que aún no se ha desplegado normativa homogénea y consensuada. Si bien se han descrito numerosos ejemplos, la metodología LCSA más conocida es la de UNEP-SETAC, pero el debate aún se encuentra en el ámbito académico.

Dicha metodología define las mismas cuatro fases de la ISO-14040 lo que permite que el proceso sea iterativo y sea posible redefinir cada fase en función de la fiabilidad y representatividad de los resultados obtenidos. Cuando el propósito es desarrollar un LCSA se recomienda establecer objetivos y alcance común a la hora de utilizar cada uno de los tres enfoques. La unidad funcional debe describir

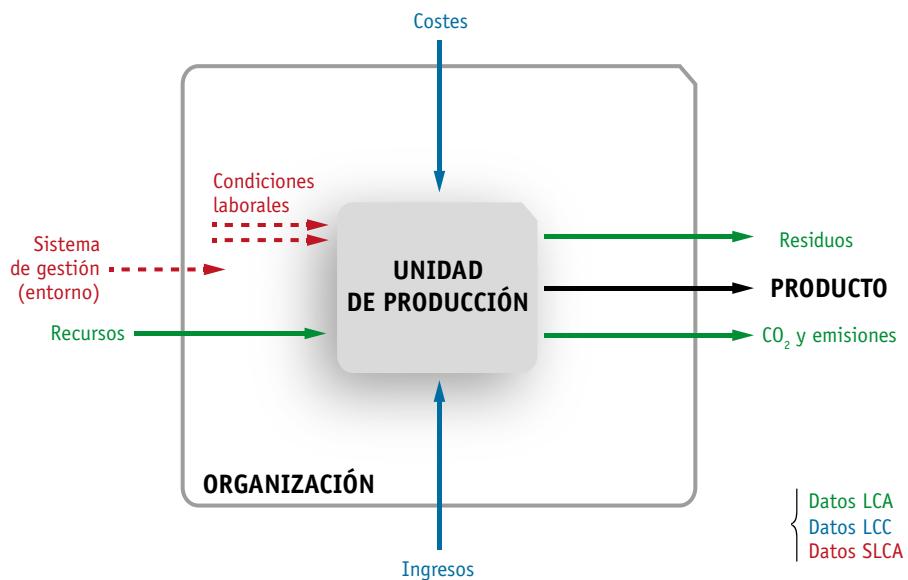


Figura 6 – Datos a considerar por unidad de proceso para un LCSA.

tanto la utilidad técnica como social del producto. Al definir los límites del sistema y las reglas de corte se requiere que, al menos, para cada una de las tres dimensiones contengan las unidades de proceso relevantes, aunque no lo sean en los otros estudios. Cuando se definen las categorías de impacto los aspectos transversales, multidimensionales, intergeneracionales y geográficos deberán tenerse en cuenta para identificar y evaluar las potenciales dobles contabilidades o traspasos entre fases. La figura 6 y la tabla 2 muestran ejemplos de datos que sería necesario recopilar para la realización de un LCSA en una unidad de proceso.

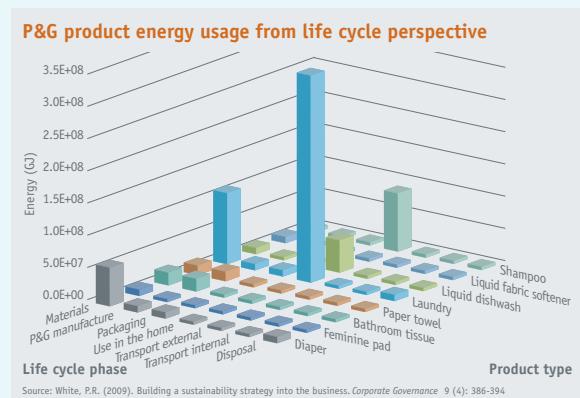
DATOS LCA	DATOS LCC	DATOS SLCA
Consumo de energía	Costes de combustible	Empleados totales
Recursos naturales	Coste tratamiento agua	Salarios
Uso de agua	Costes laborales	Accidentes
CO ₂	Coste materias primas	Trabajo infantil
NO _x	Costes de electricidad	Horas de trabajo
SO ₂	Retorno	Tipo de empleados

Tabla 2 – Ejemplo de datos necesarios para un estudio de LCSA.

Fuente: Traverso y Finkbeiner, 2009.

EJEMPLO

→ La Asociación Europea de Industrias Químicas (CEFIC) ha apostado por la promoción de una mayor sostenibilidad de los productos de este sector. En una publicación (Sustainability of products, 2013), reconoce que las tendencias más influyentes en la industria química son la emergencia del ecodiseño, la compra pública verde, la ecoetiqueta y otros enfoques de prevención de la generación de residuos. Para anticiparse en la gestión de estas fuerzas motrices, recomienda a las empresas comenzar a aplicar la evaluación del ciclo de vida de los productos, sin perder de vista el análisis de riesgos para la ciudadanía y la salud laboral de los trabajadores. En 2002, Procter&Gamble se anticipó y realizó un LCA a las categorías de productos más importantes de la compañía, tratando de identificar los puntos de consumo de energía en su ciclo de vida. Hoy día, la mayoría de los detergentes se fabrican aptos para su utilización en programas de lavado con agua fría.



5.2. Análisis ambiental del Ciclo de Vida

En los últimos años, el aumento de la conciencia del público en general y de la industria en particular, ha permitido a los gobiernos integrar el método LCA en la formulación de políticas como una base más objetiva para informar de las cuestiones ambientales. El LCA también resulta cada vez más aceptado por las empresas como fuente de información para la toma de decisiones estratégicas. Al igual que la Unión Europea con su Política Integrada de Productos (IPP), a nivel mundial, China, Japón, Australia y Estados Unidos están desarrollando actuaciones que promueven la aplicación del concepto ciclo de vida de productos. Los resultados obtenidos con esta herramienta se comunican a los consumidores a través de las etiquetas ecológicas, como una guía fácil para identificar los productos más respetuosos con el medio ambiente. Las ecoetiquetas son reconocidas como una interfaz clave entre los patrones de producción y consumo (UNEP, 2007). En los últimos años también han mostrado un fuerte aumento las declaraciones ambientales de producto (EPD) sobre todo en las transacciones entre empresas o de éstas con la Administración.

En resumen, el LCA es una técnica que se utiliza para evaluar los aspectos ambientales asociados con un producto durante su ciclo de vida. Según lo establecido en las normas ISO 14040 y 14044, se lleva a cabo en cuatro fases, que normalmente son interdependientes: a) definición del objetivo y ámbito de aplicación, b) elaboración del inventario del uso de recursos y de las emisiones, c) la evaluación del impacto y d) la interpretación de resultados.

A modo de ejemplo, se recoge el LCA que realizaron González et al. sobre la cadena de suministro de mobiliario de madera con el fin de determinar los impactos de la industria maderera sobre el medio ambiente. El LCA sirvió para evaluar los impactos ambientales del ciclo de vida de los pupitres para escuelas en México y obtener información sobre las áreas de mejora.

Las fases del ciclo de vida estudiadas fueron: la recogida de madera certificada (FSC) y su transporte; el corte en tablas, la fabricación de los tableros para los pupitres; la distribución a las escuelas y el uso de los pupitres desechados como combustible en una caldera industrial. Los resultados se normali-

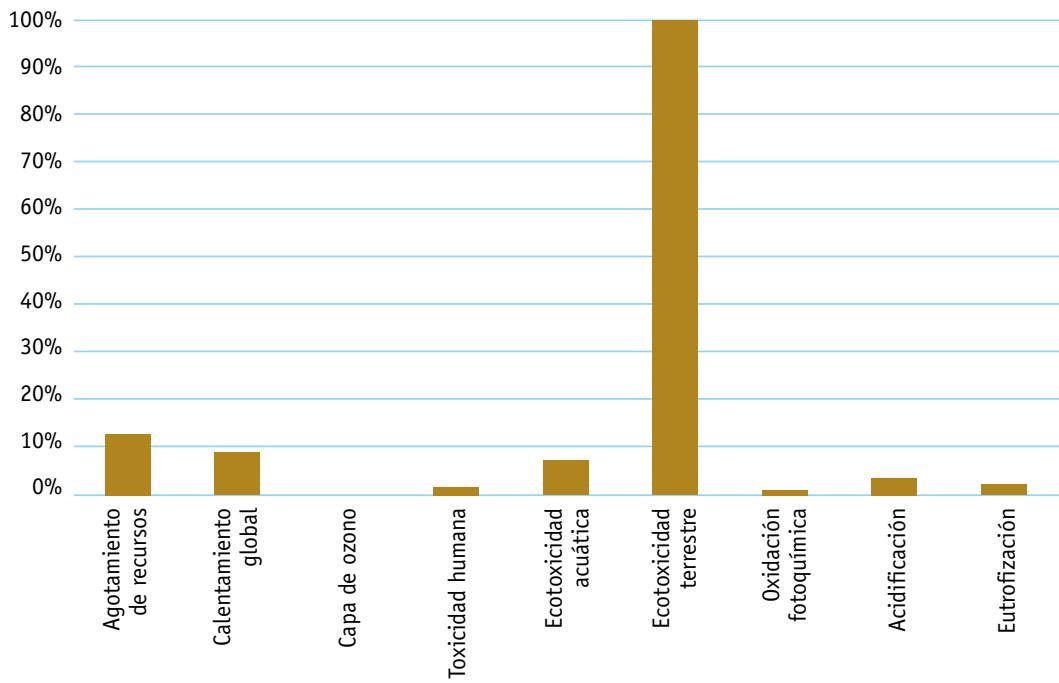


Figura 7 – Peso relativo de las categorías de impacto asociado a un pupitre escolar.

Fuente: UNEP/SITAC, 2011.

zaron de acuerdo a los valores globales para estimar la escala relativa de las diversas categorías de impacto sobre el ciclo de vida del pupitre. El impacto de mayor contribución se fijó al 100 % y todas las demás categorías de impacto se expresaron en relación a esa referencia (ver figura 7).

Los resultados del estudio mostraron que el secado es el paso de mayor consumo de energía y ofrece las mayores oportunidades de mejora. De este trabajo se identificaron ideas para mejorar a futuro el comportamiento ambiental en la vida del pupitre como son la búsqueda de nuevos métodos para cortar y secar las tablas con un menor consumo de combustible fósil, la identificación de sistemas de reutilización del serrín y el rediseño del pupitre para que dure más de ocho años.

5.3. Análisis social del Ciclo de Vida

El análisis social del ciclo de vida se define como el método de evaluación de los efectos positivos y negativos de los productos con incidencia social y socio-económica a lo largo de su ciclo de vida. Los impactos pueden estar vinculados a los comportamientos de las empresas, a los procesos socio-económicos o a los impactos sobre el capital social.

El método UNEP-SETAC (2009) se rige de acuerdo a las normas ISO 14040 y 14044 y sigue todas las fases de un análisis del ciclo de vida convencional: a) objetivo y alcance; b) inventario; c) evaluación de impactos y d) interpretación.

En la primera fase se definen el objetivo y alcance, la utilidad del producto, los grupos de interés involucrados y se señalan los límites del sistema.

En la fase de inventario hay que identificar las subcategorías de impacto o temas clave para el análisis social que se definen desde la perspectiva de los grupos de interés. Los grupos relevantes considerados por esta metodología son cinco: los trabajadores, la comunidad local, los consumidores, la sociedad en general y los agentes de la cadena de valor. Adicionalmente se pueden considerar otros grupos como la Administración, organizaciones no gubernamentales, alianzas, proveedores, accionistas, etc. El método propone 31 temas o subcategorías, pero al igual que para los grupos de interés, no son vinculantes y pueden ser adaptadas a las necesidades específicas. Con la ayuda de indicadores, se mide la situación de los diferentes temas para cada unidad de proceso (ver figura 8). Estos indicadores, para cada subcategoría, pueden consultarse en las hojas metodológicas publicadas por UNEP-SETAC (2010).

De cara a ponderar la importancia de los procesos en el sistema del producto, las guías de UNEP-SETAC proponen el uso de una variable de actividad. En la siguiente etapa, los impactos de los temas analizados pueden estimarse con respecto para las categorías definidas. Las guías mencionadas no proporcionan un método de evaluación, pero Franze y Ciroth (2012) han desarrollado un método para medir el impacto social que resulta adecuado para el enfoque de UNEP-SETAC. El método emplea una evaluación con una escala de calificación numérica que permite la consideración de información cualitativa, cuantitativa y semicuantitativa así como también la agregación, normalización y ponderación.

Para aplicar el método, primero se definen puntos de referencia de desempeño basados en estándares y acuerdos internacionales. Entonces, se evalúa el desempeño de la empresa empleando los datos de inventario recopilados y asignando valores. En una segunda etapa de evaluación, a partir de la conducta de la empresa, se calculan los impactos sociales con relación a las categorías de impacto definidas.

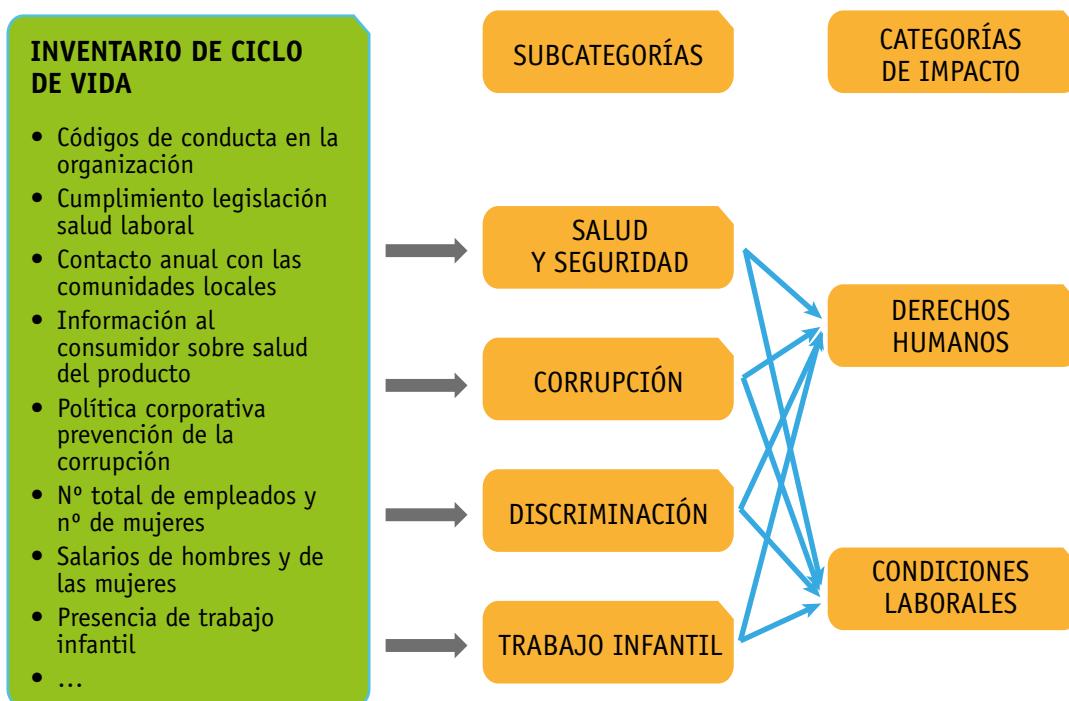


Figura 8 – Ejemplo de categorías de impacto social intermedias y finales.

Fuente: UNEP-SETAC (2011).

5.4. Análisis de Costes del Ciclo de Vida

El análisis de costes considera todos los flujos de costes significativos de un bien o servicio, expresados en términos monetarios, durante toda su vida. Un LCC comprende al menos la cuantificación de los costes de inversión o de compra (adquisición, transporte, instalación, seguros, etc.); operación (energía, agua, mantenimiento, reparación, rehabilitación, etc.); fin de vida (desmantelamiento, reciclado, eliminación, venta, etc.) y los ámbitos de longevidad y garantía del producto (ver tabla 3).

El LCC de un bien puede expresarse por una simple fórmula, siendo igual al coste de compra más el coste operación y mantenimiento más el coste de eliminación menos el valor residual. Sin embargo, poner un valor a cada variable en la fórmula anterior puede resultar difícil. Los costes futuros, sobre todo en períodos largos de tiempo, están sometidos a la incertidumbre que emana de factores tales como:

- Modo en que se utiliza el producto a lo largo del tiempo.
- Tipo y escala de los costes de utilización.
- Necesidad y costes de las actividades de mantenimiento.
- La inflación sobre cada uno de los costes individuales.
- La predicción del periodo de vida útil.
- La relevancia del precio de compra futuro del mismo producto frente al precio actual.

El proceso de elaboración de un LCC puede ser tan sencillo como elaborar una tabla de cálculo con el coste anual esperado o tan complejo como desarrollar modelos con escenarios basados en asunciones relativas a cada uno de las fuerzas o variables que afectan a ese producto. El alcance dependerá de cada organización y el uso que se le desea dar al estudio.

Entre los usos que pueden darse a un LCC se encuentran las siguientes:

- Evaluar y comparar alternativas de diseño.
- Evaluar la estrategia económica de proyectos y productos.
- Identificar los costes relevantes y sus causantes y las mejoras potenciales.
- Evaluar y comparar diferentes estrategias de uso de un producto, su inspección técnica, mantenimiento, etc.
- Evaluar y comparar las opciones de sustitución, rehabilitación, ampliación de vida útil o gestión final de instalaciones.
- Evaluar estrategias de asignación de fondos económicos a distintas actuaciones en el proceso de mejora o desarrollo de un producto.
- Evaluación de los criterios de garantía de un producto mediante los test de verificación.
- Información para la planificación financiera a largo plazo.

Al utilizar por primera vez un LCC resulta importante reconocer que no es una herramienta perfecta. La precisión y aplicabilidad del resultado dependerá de la fiabilidad de los datos, las asunciones realizadas, la tasa de descuento aplicada, la cuantificación de riesgos, etc. La predicción de ciertos costes con un alto grado de certidumbre, resulta en ocasiones un verdadero reto. En todo caso, los clientes y los consumidores se encuentran en el centro de la utilización del análisis de costes, y son ellos en el proceso de compra los que en mayor medida pueden incentivar el uso de estos estudios.

FASES CICLO DE VIDA		CANTIDAD	COSTE/UNIDAD	COSTE TOTAL (€)
FABRICACIÓN				
I+D	Mano de obra	0,5 h	40,0 €/h	20,00 €
Componentes	Acero	26,5 kg	1,5 €/kg	39,75 €
	Cemento	1 u	10,0 €/u	10,00 €
	Carborán (40%)	12,0 kg	1,8 €/kg	21,60 €
	Plásticos (PP)	3,0 kg	1,1 €/kg	6,60 €
	Aluminio	4,0 kg	1,8 €/kg	7,20 €
	Aglomerado	2,5 kg	0,9 €/kg	2,25 €
	Plásticos	2,0 kg	1,2 €/kg	2,40 €
	Vidrio	1 u	16,0 €/ku	16,00 €
	Cobre	1,0 kg	1,9 €/kg	1,90 €
	Electrónica	1 u	75,0 €/u	75,00 €
	Algodón agl.	0,5 kg	35,0 €/kg	17,50 €
	Cable	1,5 m	1,5 €/m	2,25 €
	Otros materiales	2,0 kg	7,0 €/kg	14,00 €
Manufactura	Electricidad	50,0 kWh	0,16 €/kWh	8,00 €
	Gas	40,0 kWh	0,05 €/kWh	2,00 €
	Agua y gestión agua residual	0,09 m ³	3,5 €/m ³	0,32 €
	Tratamiento residuos	7,0 kg	4,0 €/kg	28,00 €
	Otros servicios			15,00 €
	Mano de obra	1,3 h	25,0 €/h	33,00 €
	Depreciación e impuestos			20,00 €
USO				
Operación	Compra equipo	1 u	500,0 €/u	500,00 €
	Agua	10,17 m ³	4 €/m ³	281,00 €
	Electricidad	1.117 kWh	0,18 €/kWh	201,00 €
	Detergente	183,84 kg	1,76 €/kg	324,00 €
	Coste deposición			0,00 €
Mantenimiento		1 año	10,0 €/año	110,00 €
FINAL DE VIDA				
	Recogida	1 u	8,0 €/u	8,00 €
	Desmontaje	1 u	16,0 €/u	16,00 €
	Retorno desmontaje (reutilización)	1 u	-48,0 €/u	-48,00 €
	Reciclado	1	5,0 €	5,00 €
	Retorno reciclado	1	-15,0 €	-15,00 €

Tabla 3 – Ejemplo de LCC de una lavadora.

5.4.1. Relación del Análisis de Costes con el Análisis Ambiental

A pesar de que el LCC y el LCA son dos procedimientos distintos que se han desarrollado y aplicado como disciplinas separadas en el pasado, los paralelismos y las interrelaciones entre ambos conllevan la oportunidad de su integración para obtener el máximo valor en su aplicación práctica.

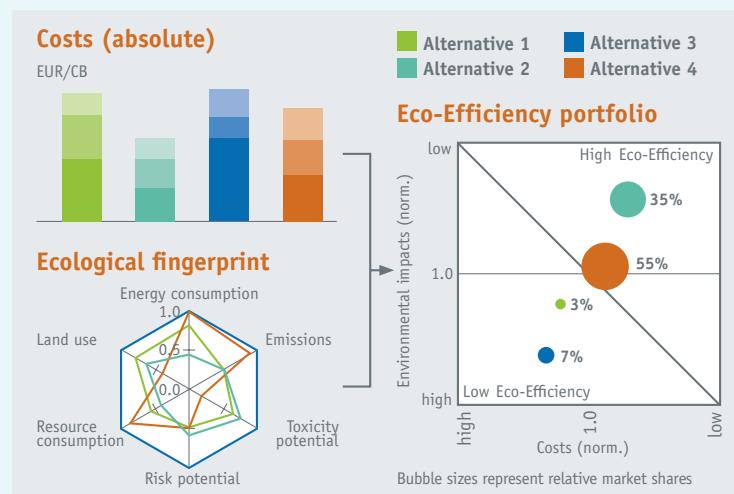
Ambos métodos tienen que ver con la evaluación a largo plazo de los efectos de la toma de decisiones. Requieren el análisis de una gama diversa de insumos, utilizan datos similares en el consumo de materiales y energía, tienen en cuenta el uso y el mantenimiento del producto o servicio, consideran las oportunidades para el reciclaje frente a la eliminación sin aprovechamiento y, por lo tanto, proporcionan una base racional para la toma de decisiones.

Sin embargo, las dos disciplinas se diferencian en función de los resultados, así el LCC combina todos los costes relevantes asociados a un activo, cuyos resultados se expresan en términos financieros como base para tomar decisiones de inversión o gasto, mientras que el LCA permite que se tomen decisiones sobre la base de los impactos ambientales potenciales, cuantificados y ponderados.

¿Cómo se pueden integrar el LCA y LCC? La secuencia de aplicación del LCC y LCA dependerán de las prioridades de la toma de decisiones por lo que se pueden dar diferentes enfoques para integrar los dos estudios. Así, mediante la ampliación de la fase de inventario del LCA se identifican los flujos de materiales y energía, cuantificando su impacto ambiental y también el valor monetario. En este caso, al realizar el estudio de costes de ciclo de vida conjuntamente con un estudio de LCA, la fase

EJEMPLO

→ La empresa BASF utiliza un enfoque integrado con base científica, denominado Análisis de Ecoeficiencia, para disponer información sobre la relación entre los beneficios económicos de un producto o tecnología y su impacto ambiental a lo largo de toda su vida. Los resultados del LCA en varias categorías de impacto se normalizan primero para generar la huella ecológica. En un segundo paso, la evaluación ambiental y los costes del ciclo de vida se combinan en un gráfico que muestra las dos dimensiones de la sostenibilidad. Este enfoque holístico detecta impactos relacionados con una unidad funcional en todas las etapas del ciclo de vida. BASF ha realizado más de 450 estudios de este tipo.



de inventario puede permitir compartir datos de los flujos de materiales o energía que entran o salen de un subsistema y asignar un coste o precio de mercado por unidad de flujo identificada (por ejemplo €/kg de material o €/kWh). Esta aproximación es muy útil cuando se emplean software de LCA que permiten incluir elementos de coste. Es importante recordar que si se pretenden realizar estudios integrados de LCA y LCC, es preciso fijar límites de sistema que sean equiparables, emplear la misma unidad funcional, etc. para garantizar que los resultados sean compatibles.

En otras ocasiones, se procede a la realización de análisis paralelos y su representación en gráficas bidimensionales de cara a analizar diferentes alternativas para el producto, considerando ambas perspectivas al mismo tiempo.

Por lo tanto, LCC y LCA pueden ser utilizados, bien uno junto al otro en un proceso de evaluación integrado, bien en cualquiera de los dos procesos, siendo uno entrada en el otro.

El ejemplo de la tabla 4 presenta los resultados del LCC, conjuntamente con los datos del LCA. La unidad funcional en este caso sería una lavadora, con una vida útil de 11 años. No se aplica tasa de descuento en este caso.

	FASE DE CICLO DE VIDA	COSTE FABRICANTE (€/unidad)	COSTE USUARIO (€/unidad)	CATEGORÍAS DE IMPACTO PRINCIPALES	IMPACTO (por unidad)
Perspectiva empresarial	I+D	20		Calentamiento Global	1657 kg CO ₂ eq
	Componentes	216		Acidificación	8 kg SO ₂ eq
	Manufactura	106		Eutrofización	2 kg Nitrógeno
Perspectiva consumidor	Precio compra		500		
	Uso y mantenimiento		916	Toxicidad Humana	0,001 kg benceno
	Final de Vida		57	Agotamiento de recursos	830 kg petróleo
COSTE TOTAL	1.473				

Tabla 4 – Ejemplo de resultados de LCA y LCC de una lavadora.

Fuente Hunkales (2008).

Otro ejemplo de aplicación práctica conjunta lo presenta el Laboratorio Nacional de Tecnologías Energéticas del Gobierno de USA que ha comparado dos centrales térmicas de carbón y gas natural en cuanto a los costes totales y relativos y los impactos ambientales (ver figura 9). Adicionalmente ha comparado las instalaciones actuales con la alternativa de disponer de captura y almacenamiento de carbono en ambas centrales. El coste relativo de la electricidad incluye todos los costes para la propiedad por unidad de energía generada, de hecho, este coste se utiliza para realizar comparaciones entre todas las fuentes de generación de electricidad. La realización conjunta de un LCC y un LCA sirvieron en este caso para conocer el comportamiento de las cuatro alternativas en cuanto a coste y las emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones atmosféricas, consumo de agua y uso del suelo.

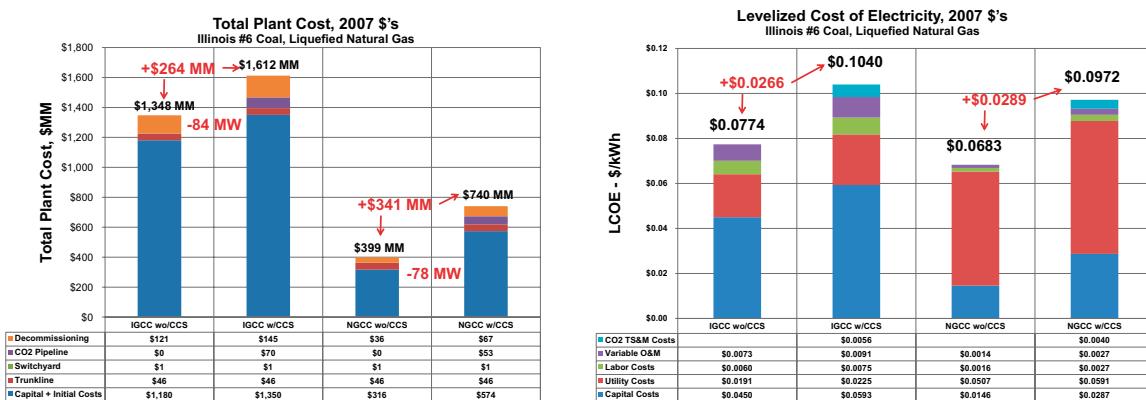


Figura 9 – LCC de dos centrales térmicas de carbón y gas natural.

Fuente: NREL, USA.

5.4.2. Tipos de Metodologías de LCC

El alcance y el objetivo de los análisis de los costes del ciclo de vida pueden variar significativamente, dependiendo del tipo de coste que se pretenda analizar, las fases del ciclo de vida a incluir o el punto de vista de dicho estudio (fabricante, consumidor, sociedad en general, etc.).

La clasificación más aceptada identifica tres tipos diferentes de análisis de los costes del ciclo de vida (ver figura 10):

- **Análisis Convencional de Costes del Ciclo de Vida.** Evaluación de los costes asociados a un producto durante su ciclo de vida, que son asumidos directamente por el productor principal o el usuario. Esta evaluación se centra en costes “reales” o “internos” y en ocasiones, no consideran los costes de final de vida o de uso, si son asumidos por terceras partes. Se suele focalizar en los costes incurridos por un único actor del ciclo de vida del producto.
- **Análisis de Costes de Ciclo de Vida con perspectiva ambiental.** Evaluación de todos los costes asociados a un producto durante su ciclo de vida que son asumidos por uno o más actores a lo largo de la vida del producto (suministrador, productor, usuario, consumidor, y/o responsable fin de vida). En general va asociado a un análisis ambiental del ciclo de vida, basado en las normas ISO-14040/44. Incluye también aquellos costes externos que se prevea internalizar en un futuro próximo, como pueden ser las tasas futuras a emisiones.
- **Análisis de Costes de Ciclo de Vida con perspectiva social.** Evaluación de todos los costes asociados a un producto durante su ciclo de vida que son asumidos por cualquier integrante de la sociedad (gobiernos, ciudadanía, etc.), tanto en el presente como en un futuro lejano. Estos análisis incluyen la evaluación de todos los costes externos o “externalidades”, entendiéndose como tales los cambios de valor causados por una transacción de negocios que no están incluidos en el precio o son efectos secundarios de la actividad económica.



- LCC con perspectiva social: otros costes externos
- LCC con perspectiva ambiental: costes internos de ciclo de vida y los costes externos que se prevé internalizar
- LCC convencional: costes internos, a veces sin fin de vida

Figura 10 – Alcances de los diferentes tipos de LCC.

5.4.3. Selección de la Metodología de Trabajo

Además de las metodologías descritas, se encuentran disponibles un gran número de modelos, normas y herramientas informáticas que se pueden utilizar para realizar un LCC. Incluso se han desarrollado métodos específicos para casos concretos (ver Anexos I y II). La selección de la metodología debe realizarla cada organización, una vez definido el objeto del análisis y el destino de la información que precisa obtener. En todo caso, en el presente trabajo, de acuerdo a una serie de criterios, se realiza una evaluación de metodologías de manera que pueda facilitar su elección a los usuarios potenciales. Esta evaluación se ha realizado en dos fases (ver Anexo I). En la primera de ellas se analizan los 3 tipos de LCC descritos, llegando a la conclusión de que **el LCC con perspectiva ambiental resulta la tipología de análisis de costes más adecuada para su aplicación general en nuestro entorno**. Dicha consideración se basa en los siguientes atributos:

- Considera todo el ciclo de vida del producto y de todas las partes implicadas en el mismo.
- Compatible con estudios de LCA y con la posibilidad de realización conjunta o de aprovechamiento de los datos del inventario.
- Utilidad de los resultados obtenidos para ayudar en la toma de decisiones durante el diseño del producto.
- Compatible con el análisis de sostenibilidad de ciclo de vida.
- Existencia de referencias internacionalmente reconocidas.
- Posibilita realizar el inventario de costes basado en la norma UNE-EN 60300-3-3:2009 “Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo de coste del ciclo de vida”.
- No incorpora aspectos de costes externos (externalidades), en algunos casos de difícil evaluación, justificación y comunicación.
- Permite su uso en las políticas de compra verde, al analizar los costes de los productos y servicios, considerando todo su ciclo de vida y las partes implicadas en el mismo.

A continuación, en una segunda fase, se han identificado varias metodologías de **LCC con perspectiva ambiental** y se han evaluado de acuerdo con los siguientes criterios: simplicidad, disponibilidad de software y bases de datos, coste de uso del software y las bases de datos, necesidad de adaptación, suministro de resultados claros y comprensibles, compatibilidad con actividades previas de LCA, aprovechamiento de resultados para ecodiseño y compatibilidad con actividades futuras en LCSA. En esta fase se han analizado 6 metodologías, destacando como las de mayor aplicabilidad **la metodología MEErP que utiliza la UE y el LCC desarrollado por UNEP-SETAC**.

En todo caso, esta valoración no debe considerarse en términos absolutos y será cada usuario el que elija la herramienta que mejor se adapte a sus necesidades. Los factores clave a considerar para la selección final por parte de una empresa de la metodología a usar son los objetivos que se persiguen con la realización del estudio y los intereses particulares de la empresa.

La Metodología MEErP (Methodology for the Ecodesign of Energy-related Products) puede ser una primera aproximación al cálculo de los costes del ciclo de vida ambiental del producto. Sin embargo, no es del todo compatible con estudios de LCA y SLCA, al no seguir por completo las reglas fijadas en las normas ISO-14040/44, ya que se trata de un análisis de ciclo de vida simplificado. Por ello, si el objetivo a medio plazo es compatibilizar los análisis ambientales y de costes con la realización de un análisis de sostenibilidad de ciclo de vida, considerando las tres dimensiones del mismo, la metodología más apropiada podría ser el LCC de perspectiva ambiental propuesto por UNEP-SETAC.

6. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA LCC

A continuación se detallan las fases propuestas para la realización del estudio de LCC de acuerdo a la metodología UNEP-SETAC (ver figura 11).



Figura 11 – Diagrama de las fases del LCC.

EJEMPLO

➔ Gamesa dentro de sus actividades en el Basque Ecodesign Center, ha realizado un LCC sobre el producto "Punto de Recarga de Vehículo Eléctrico". El objetivo del trabajo, fué realizar un análisis simplificado, empleando la metodología propuesta por UNEP-SETAC. "Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. Making informed choices on products", (2011). para conocer su grado de aplicabilidad por las empresas de la Comunidad Autónoma del País Vasco.



FASE 1. Definición de los objetivos, el alcance y la unidad funcional

Una buena definición de esta fase facilitará la recogida de datos en la siguiente fase de Inventario de costes y fijará las bases para una correcta interpretación de los resultados.

En esta fase se definirán los siguientes aspectos:

1. Objetivo del estudio, el producto/servicio que se analizará, motivaciones para su realización y lo que se pretende con el estudio, el público objetivo, la comunicación de los resultados, etc.
2. Alcance del estudio, fijando las etapas o fases del ciclo de vida a analizar, los límites del sistema y los aspectos que quedan dentro y fuera del estudio. Si se realiza conjuntamente con un LCA, los límites del sistema tienen que ser equivalentes, aunque no tienen por qué ser idénticos, ya que por ejemplo para un LCA la fase de diseño y desarrollo por lo general no es relevante, cuando sí lo es para un estudio de LCC. También se decidirá que procesos hacia arriba y hacia abajo se considerarán en el estudio, el nivel de detalle de los datos, etc.
3. Hipótesis de cálculo y asunciones necesarias, de acuerdo al objetivo y alcance del estudio, como pueden ser los criterios para desestimar algunos procesos o entradas.
4. Criterios de asignación de los costes, es decir, si se fabrican varios productos en una misma planta, definición de criterios para distribuir los costes para cada uno de ellos. La asignación en un LCA puede ser por peso de producto y para el LCC puede ser por horas de producción para ese mismo producto.
5. Tasa de descuento y su necesidad de empleo para analizar las inversiones a largo plazo. Este aspecto es relevante para la Fase 3, donde se agregan todos los costes, por ejemplo, empleando métodos como el valor actual neto (VAN).
6. Unidad funcional a emplear o referencia sobre la cual se recogerán los datos. La unidad funcional seleccionada debe reflejar la funcionalidad del producto. En cualquier caso, si el LCC se realiza conjuntamente con un estudio de LCA, la unidad funcional ha de ser la misma.
7. Estructura de desglose de costes y categorías de costes que se quieren analizar (mano de obra, energía, materiales, etc.)
8. Estructura de descomposición del producto, que permita identificar aquellos elementos representativos del mismo que tengan influencia significativa en las fases de ciclo de vida seleccionadas y en las categorías de coste definidas. Por ejemplo, se diferenciarán aquellos elementos que necesiten un mantenimiento diferente o que tengan un mayor consumo energético durante el uso (carcasa, motor, etc.).

9. Estimación de los recursos necesarios y la planificación que garantice que los resultados del LCC sirvan para la toma de decisiones. La implicación del área de contabilidad/finanzas de la empresa es clave al disponer de datos reales de los diferentes elementos de coste. Al objeto de extraer conclusiones y definir estrategias futuras, el equipo de trabajo ideal debería ser multidisciplinar, incluyendo a personas relacionadas con la I+D, el diseño, la manufactura, la logística, el mantenimiento y el marketing. El tiempo necesario para la realización de un LCC, depende del objetivo y alcance. Por ejemplo, si se incluye la cadena de suministro en el alcance, el tiempo del estudio se incrementará, tanto por la recogida de datos de los suministradores, como por su tratamiento y análisis.

EJEMPLO

→ La **unidad funcional** de referencia para el análisis fue una unidad de “Punto de Recarga de Vehículo Electrico” fabricado por GAMEZA. El **alcance del estudio** ha cubierto el ciclo de vida del producto, considerando las siguientes Fases:

- Diseño y desarrollo
- Manufactura
- Distribución/Instalación
- Operación/Mantenimiento
- Final de vida (Retirada y Eliminación).

→ Los **límites del sistema** aguas arriba del fabricante se fijaron en los suministradores de primer nivel para los dos tipos de materiales de envolvente, los componentes, el cableado y el embalaje.

→ Como **hipótesis de cálculo** se consideró que el precio repercutido en materiales, componentes o servicios por parte de los suministradores de primer nivel engloba los costes sin desglose de dicho componente o servicio. La vida útil del producto se estima en 10 años.

→ Se definieron tres posibles escenarios:

1. Uso intensivo considerando la electricidad traspasada al vehículo.
2. Uso normal considerando la electricidad traspasada al vehículo
3. Sin considerar la electricidad de recarga en el coste del producto.

→ Se consideraron:

- **Tasa de descuento** del 4%.
- **Tasa de incremento:**
 - Electricidad: 6% anual.
 - Costes laborales, materiales, servicios 0-2% anual.

FASE 2. Realización del Inventario de Costes

En esta fase se recogerán los datos teniendo en cuenta las categorías de coste elegidas, las fases del ciclo de vida consideradas y la estructura de descomposición del producto.

Para facilitar una recogida sistemática de los datos, resulta una ayuda trabajar con el concepto “elementos de coste” propuestos por UNEP-SETAC (2011), según el cual, el esquema de cada elemento de coste estaría representado por una matriz tridimensional, tal como refleja la figura 12.

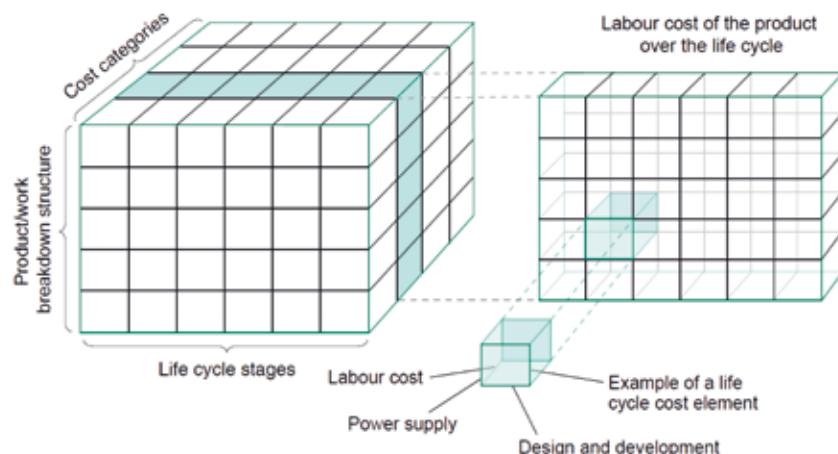


Figura 12 – Elementos de coste para un LCC.

Así, las Fases de Ciclo de vida podrían ser:

- 1) Concepto y definición del producto.
- 2) Diseño y desarrollo.
- 3) Fabricación.
- 4) Instalación.
- 5) Operación y mantenimiento.
- 6) Retirada y Eliminación.

Las Categorías de Coste que se podrían considerar son:

- 1) Mano de obra.
- 2) Energía.
- 3) Materiales.
- 4) Gastos generales (instalaciones, etc.).
- 5) Transporte.
- 6) Inversiones.
- 7) Otros.

En la norma UNE-EN-60300-3-3:2009, se indican otras categorías de coste posibles, desglosadas por diferentes niveles de detalle, en función del alcance del estudio.

En relación con la estructura de desglose de producto se podrían considerar de forma diferenciada aquellos elementos que tengan unos costes significativos en instalación o eliminación, aquellos que requieran un mayor mantenimiento o tasa de reemplazo, aquellos que presenten un mayor consumo energético, etc. Si no existe esta diferenciación clara, se puede analizar el producto en su conjunto (según la figura sería una sola fila en esa dimensión).

El seguimiento de esta estructura tridimensional de elementos de coste garantiza que se revisan todos los posibles elementos de forma sistemática, aunque es muy probable que algún elemento sea cero o bien sin coste significativo.

El nivel de desglose debe ser fijado con cautela, ya que un desglose muy grande puede conducir a la necesidad de recopilar mucha información, que en ocasiones no aporta valor añadido al estudio. Por ello se debería llegar a un compromiso entre el desglose que aporta valor al estudio y los recursos necesarios para la recopilación de la información.

Al realizar el estudio de LCC conjuntamente con un estudio de LCA, la fase de inventario permite compartir datos de los flujos de materiales o energía que entran o salen de un subsistema. En el caso de LCC, se podría asignar un coste o precio de mercado por unidad de flujo identificada (por ejemplo €/kg de materiales o €/kWh). Esta aproximación es muy útil cuando se emplea un software de LCA que permite incluir elementos de coste.

Sin embargo, cabe recordar que existen otros costes no directamente asociados a flujos de inventario de LCA, como podría ser los costes laborales, de inversiones, de marketing, etc., y por tanto dicha información debe ser recogida de forma independiente para completar el LCC.

La definición de las categorías de coste y la recogida de datos se hace algo más complicada cuando se ha incluido la cadena de suministro en el alcance del estudio, dado que cada país o región pueden tener diferentes sistemas de análisis de costes, tasas, etc. En todo caso, resulta recomendable guardar los datos recopilados, con sus hipótesis de cálculo, en una base de datos para futuras evaluaciones.

EJEMPLO

→ Las categorías de costes consideradas en el estudio de GAMESA han sido las siguientes:

- Mano de obra.
- Materiales/componentes.
- Energía
- Servicios
- Transporte
- Gestión emisiones/residuos

→ Para facilitar el análisis de costes, se han clasificado los diferentes componentes siguiendo la siguiente estructura de descomposición del producto: envolvente, componentes, cableado, embalaje y montaje.

→ De cara a facilitar la recogida de datos se desarrollan matrices de cálculo para cada fase del ciclo de vida, lo que facilita la recogida de los datos necesarios.

EJEMPLO MATRIZ: FASE DE FINAL DE VIDA

Categorías coste Desglose Producto	Mano de obra	Materiales y Componentes	Energía (electricidad, gas, etc.)	Servicios (agua, aire comprimido, etc.)	Transporte	Gestión emisiones (aire y agua residual) y residuos
Ejemplo Costes	Personal desinstalación, desensamblado,	Consumibles	Procesos final de vida	Procesos final de vida	Transporte de residuos	Gestión de residuos
Calderería:						
Envolvente						
Chapa						
Pintura						
Componentes						
Protecciones						
Medidor energía						
Control						
Lector						
Antena						
Conectores						
Cableado						
Embalaje						

FASE 3. Agregación de los costes por categorías

En esta fase se agregarán los elementos de costes en las categorías definidas en las fases anteriores. A la hora de agregar los diferentes costes en un valor único o indicador, como puede ser el Valor Actual Neto, es preciso considerar el efecto temporal de las diferentes categorías de coste seleccionadas, por ejemplo a través de la tasa de descuento fijada en la Fase 1.

La tasa de descuento habitualmente refleja el retorno esperado de una inversión, es decir, desde el punto de vista de un inversor privado, la rentabilidad que podría obtener por una inversión si no la invirtiera en el producto analizado. El valor de esta tasa de descuento puede variar en función de la organización que realiza el estudio. Así por ejemplo, para empresas privadas la tasa de descuento para las inversiones puede ir del 5% al 20%. Para proyectos públicos de larga vida útil, como las infraestructuras, la tasa de descuento suele ser del 2%.

La aplicación de una tasa de descuento también depende del objetivo del LCC. Como regla general se indica que si la vida de los productos es inferior a dos años, no es preciso utilizar esta tasa de descuento.

En la práctica, para cada coste que se prevea en el futuro, éste se debe cuantificar (valor futuro) y convertirlo a valor actual para poderlos agregar. La fórmula a emplear sería en este caso:

$$\text{Valor Actual} = \text{Valor Futuro} / (1+d)^n$$

donde "d" es la tasa de descuento (en tanto por uno) y "n" los años en que se prevea la inversión o coste desde el momento actual. Esta tasa de descuento se considera neta, es decir la resta los intereses esperados con la inflación. Así por ejemplo, la tasa de descuento media considerada por ejemplo en la Metodología MEErP de la UE es del 4% (intereses - inflación).

Para otros tipos de flujos, como la energía, el consumo de combustibles o los consumos de agua se puede estimar el aumento en el precio de los mismos con los años (generalmente se estima una tasa de aumento lineal), basado en estimaciones de organizaciones de referencia. Siguiendo el ejemplo de la Metodología MEErP, se estima una tasa de aumento del precio de la electricidad del 5% anual y del 2,5% para el agua.

En este caso concreto, se recomienda aplicar estas variaciones temporales a los flujos monetarios que se prevean en diferentes períodos de tiempo de la vida útil del producto, pero no a los resultados finales del LCC, dado que es preciso garantizar la compatibilidad con el LCA, donde los resultados se presentan invariables con el tiempo.

Si el usuario no dispone de un software para la realización del LCA que permita la inclusión de costes, se recomienda el desarrollo de hojas de cálculo para realizar dicha agregación, las cuales se pueden personalizar para cada tipo de empresa.

EJEMPLO

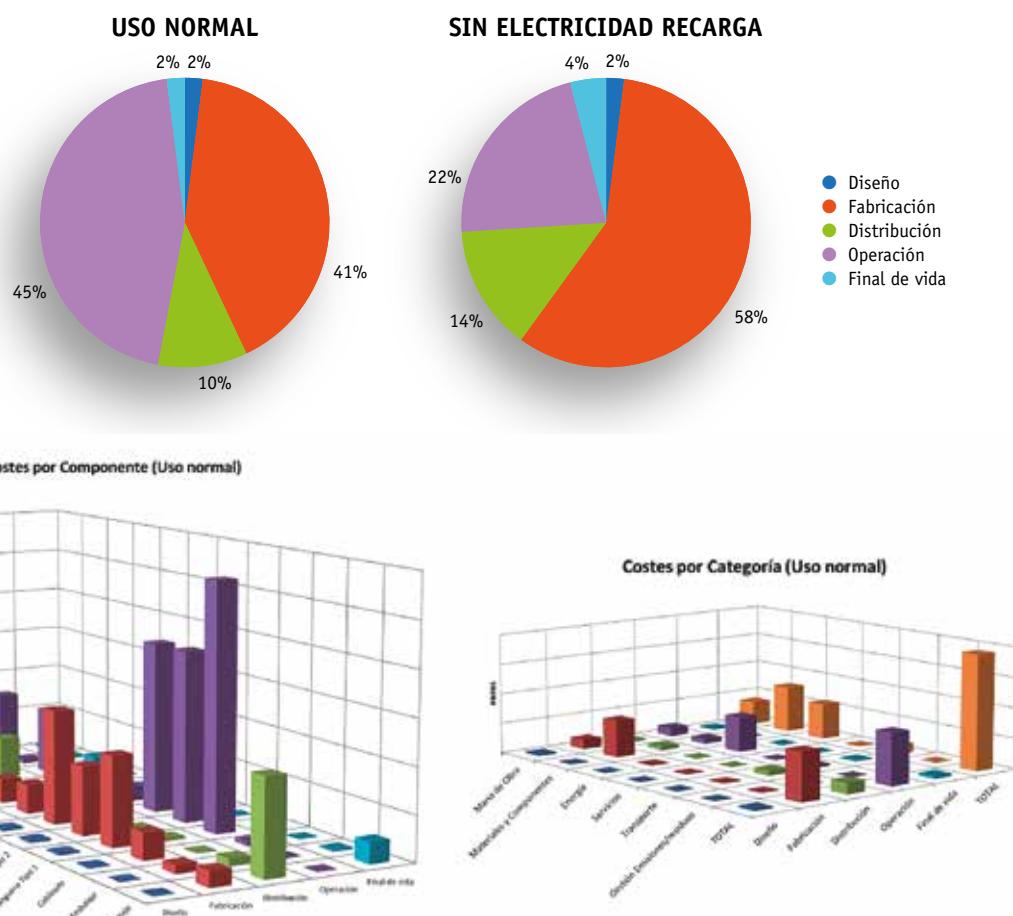
→ Este estudio ha permitido a GAMESA profundizar en un mapa de costes del producto en todo su ciclo de vida.

→ **Incluyendo el coste del consumo eléctrico de la recarga del vehículo** que no es directamente assignable al equipo:

- La Fase del ciclo de vida con mayor coste es la de Operación, que supone entre un 45-63% del coste en función del escenario de uso.
- La siguiente fase del ciclo de vida en importancia es la Fabricación, un intervalo del 28-41% del coste total en función del escenario de uso. Le sigue en importancia la distribución/instalación, mientras que la fase de diseño y la de fin de vida no representan contribuciones significativas.

→ **Sin considerar el coste del consumo eléctrico durante la recarga**, el consumo propio del equipo es bajo. Las conclusiones en este escenario fueron:

- La fase del ciclo de vida con mayor coste es la de Fabricación, seguida de la de Operación.
- La categoría de coste que más contribuye es la de materiales/componentes. El componente con mayor coste es la envolvente metálica, por sus costes de fabricación y de operación. Le sigue en importancia el pie del punto de recarga por sus costes de fabricación, distribución y operación.
- El consumo eléctrico propio del equipo en operación representa sólo un pequeño porcentaje del coste total del punto de recarga.



FASE 4. Interpretación de los resultados

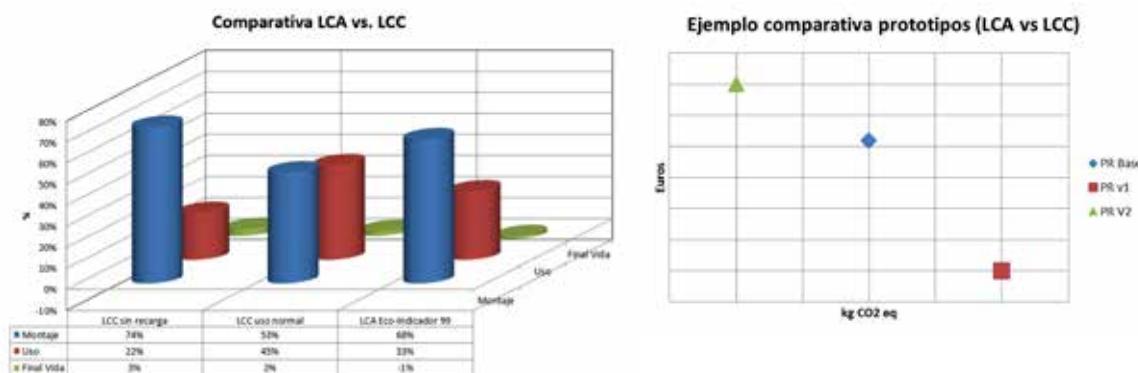
La interpretación de los resultados se realizará en base a las tres dimensiones de cada elemento de coste relevante para un estudio de LCC:

- por etapa del ciclo de vida
- por categoría de coste y
- por elemento de descomposición del producto.

Esta interpretación responderá a los objetivos y alcances definidos en la Fase 1 (por ejemplo, comparativa de alternativas, identificación mejoras, etc.).

Si se ha empleado una tasa de descuento, es recomendable realizar un estudio de sensibilidad para analizar el efecto de la misma sobre los resultados obtenidos.

A diferencia de las fases planteadas para un LCA, no existe una fase de evaluación del Impacto del ciclo de vida, con las etapas de selección, clasificación y caracterización de los impactos, ya que, en el caso del LCC, sólo se trata de un único indicador: el coste agregado en €.



EJEMPLO

- Del presente estudio, GAMESA ha extraído una serie de ideas de trabajo a futuro:
- Analizar en mayor detalle el ahorro potencial, que supondría la mejora de la eficiencia del equipo/componentes.
 - Revisar los escenarios de uso.
 - Profundizar en la fabricación para tener una visión más detallada de los procesos de producción y sus costes.
 - Revisar los costes considerados para el mantenimiento del producto.
 - Incluir otros costes indirectos para el proceso de diseño y fabricación.
 - Incluir los costes en la cadena de suministro.

→ Aunque se trata de indicadores diferentes (por ejemplo, el valor económico del final de vida representa un coste, mientras que para el LCA representa una carga ambiental evitada) el estudio conjunto de los resultados de LCA y LCC permite definir estrategias de ecodiseño.

→ De esta comparación GAMESA ha identificado una serie de posibles opciones de ecodiseño:

- Reducir el peso del Pie del Punto de Recarga.
- Optimizar el mantenimiento del producto durante su vida útil.
- Optimizar al máximo la operación de recarga.
- Aumentar la eficiencia energética de los componentes utilizados.
- Estudiar el número de vehículos simultáneos que pueden ser recargados a la vez en un mismo punto.
- Facilitar el desmantelamiento del producto al final de su vida útil,
- Comparar nuevas alternativas de diseño con el comportamiento de los diferentes prototipos desde el punto de vista ambiental y de costes.

7. EJEMPLOS DE ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA

EJEMPLO 1. Compra de una caldera aplicando un LCC

Este ejemplo describe el análisis que realiza un Departamento de compras de una empresa sobre dos ofertas que recibe para el cambio de una caldera de agua caliente. La opción A resulta más barata con la consecuente penalización en los costes de operación, mantenimiento y reparación. La segunda opción tiene un precio de compra más alto pero supone ahorros a largo plazo. Para visualizar claramente el concepto y uso práctico más inmediato de un LCC, se presenta una proyección de los costes a 15 años observándose que en este caso no hay ventajas económicas por pagar un precio más alto en la compra (ver tabla 5). En todo caso, se consideran factores adicionales como son:

- El menor consumo energético que favorece el rendimiento ambiental de la organización.
- El menor mantenimiento y reparación, que evita interrupciones del servicio.

CONCEPTO	COSTE TOTAL	AÑOS										
		1	2...	...8	9	10	11	12	13	14	15	
COMPRA DE UNA CALDERA (Tasa de descuento 10%)												
OPCIÓN A												
Inversión	50,2	50,2										
Rehabilitación	11,1			2,8		5,5				2,8		
Uso y Mantenimiento	45,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
Energía	15,7	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Total	122,0	54,2	4,0	6,8	4,0	9,5	4,0	4,0	4,0	6,8	1,0	
VAN	88,6	54,2		3,5	1,9	4,0	1,6	1,4	1,3	2,0	1,1	
OPCIÓN B												
Inversión	65,0	65,0										
Rehabilitación	7,0							1,5			5,5	
Uso y Mantenimiento	40,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Energía	11,3	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Total	123,8	68,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,0	3,5	3,5	9,0	
VAN	95,8	68,5		1,8	1,6	1,5	1,3	1,7	1,1	1,0	2,4	
ESCENARIOS SOBRE DIVERSAS TASAS DE DESCUENTO												
	5%			10%				15%				
OPCIÓN A	101,3			88,6				90,5				
OPCIÓN B	106,3			95,8				89,3				

Tabla 5 – Ejemplo de LCC para el cambio de una caldera de agua caliente.

Fuente: Australian Audit Office (2011).

EJEMPLO 2. Compra de autobuses para el transporte público

En un trabajo encargado por la Comisión Europea en 2007, se llevaron a cabo estudios de LCC en 11 grupos de productos para diferentes estados miembros de la Unión Europa (Rüdenauer et al. 2007). El objetivo de los estudios fue comparar los costes totales de dos versiones en cada uno de los grupos de productos seleccionados. Mientras que una de las versiones implicaba altos costes de inversión y menor demanda de recursos, la otra versión presentaba características opuestas (ver figura 13).

El LCC realizado a dos tipos de autobuses de transporte público en Alemania ofrece un ejemplo interesante. Una versión era un autobús EURO 4 (Directiva que fijaba límites de emisión para vehículos en el periodo 2005-08) y la otra versión un autobús convencional de gas natural (GNC). Ambos autobuses tenían capacidad hasta 80 pasajeros. Se calcularon los costes para un período de 10 años de vida, con un kilometraje anual de 60.000 Km., lo que supone un servicio total de transporte de 600.000 kilómetros, que sirvió como unidad funcional para ambas versiones.

Las categorías de coste consideradas fueron los costes de inversión, el IVA, el impuesto sobre vehículos de motor, los costes de combustible, los gastos de mantenimiento y los costes para su eliminación al final de su vida útil (en este caso, el valor de reventa).

Los precios de los combustibles dentro período considerado se incrementaron de acuerdo a la tasa de inflación de Alemania (2,0 % en marzo 2007) y para obtener el valor actual neto (VAN) se descontó la inflación de los ingresos, utilizando finalmente una tasa de descuento del 4,4 %, fijada a partir de los tipos de interés a largo plazo.

En los gráficos siguientes se pueden comprobar los resultados del estudio de LCC sobre las dos versiones del modelo autobuses de transporte público en Alemania. Las conclusiones señalaban que, a pesar de que el autobús GNG era un 11% más caro en términos de inversión, el coste total a los 10 años fue ligeramente inferior (un 4%). Esto se debió a los menores costes del combustible, ya que el GNC tiene menores impuestos.

	VERSIÓN 1 (US\$)	VERSIÓN 2 (US\$)
Inversión (US\$)	295.544	328.826
IVA (US\$)	20.688	23.018
Tasa de potencia (US\$)	0	0
Coste combustible (US\$)	299.451	220.155
Coste materiales mantenimiento (US\$)	185.085	190.457
Coste personal mantenimiento (US\$)	92.543	95.228
Coste eliminación (US\$)	-8.655	-8.655
TOTAL IVA (US\$)	884.657	849.029

Versión 1: Autobuses convencionales EURO 4; Version 2: Autobuses de gas natural.

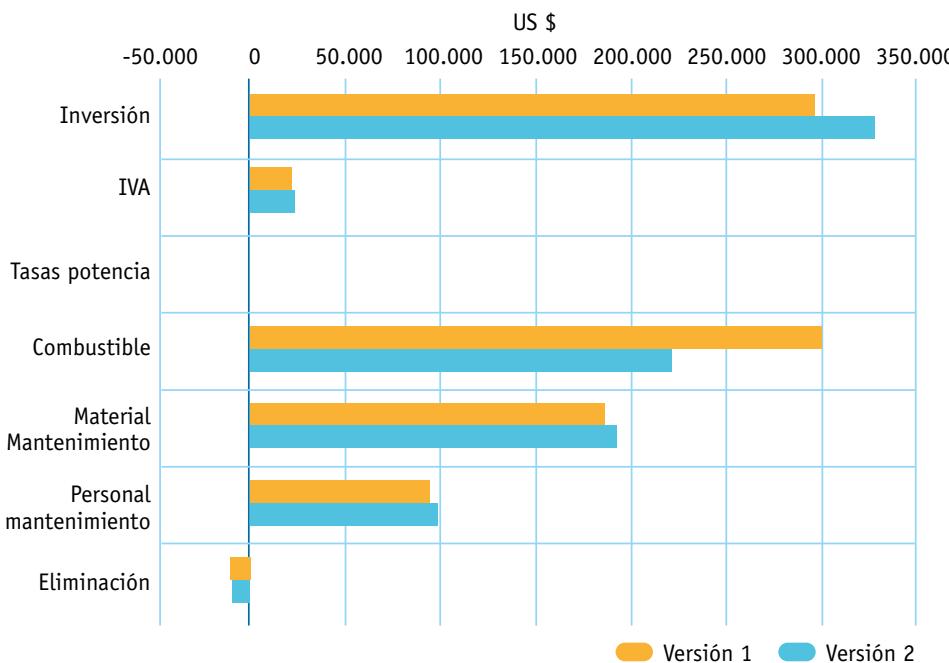


Figura 13 – Comparativa de LCC de dos modelos de autobuses.

Fuente UNEP-SETAC (2011).

EJEMPLO 3. Aplicación de LCC al diseño de una lavadora

Yamaguchi et al. realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el coste total (incluyendo los costes externos) de dos modelos de lavadoras. La primera lavadora representaba una versión antigua sin recirculación del agua mientras que la segunda versión incluía una opción de recirculación y, por lo tanto, un menor consumo de agua en el tambor de lavado. La unidad funcional se definió como la operación de lavado que se utiliza 535 veces por año con una carga de 8 Kg. de ropa cada vez (datos basados en una encuesta llevada a cabo en Japón). Con el fin de permitir las comparaciones, se asumió que ambas lavadoras utilizaban la misma cantidad de detergente. El agua y el consumo de electricidad en ambas versiones se comportaban de manera diferente, así la lavadora con recirculación de agua conseguía un ahorro de 90 litros y consumía más electricidad (es decir 35W adicionales durante 25 minutos o 0.145 kWh durante un lavado).

Los datos de inventarios de costes y la agregación por categorías de costes se recogieron de la contabilidad de una empresa fabricante de lavadoras. Los datos de la etapa de uso se recopilaron a través de cuestionarios cumplimentados por los usuarios del producto. Los costes sociales (externos) se calcularon mediante de la herramienta LIME y basándose en el inventario de datos de ambas versiones de lavadoras. En primer lugar, se calcularon los costes sociales, estimando la conversión de los daños o impactos en términos monetarios, lo que se realizó con el método que estima la disposición a pagar de los consumidores. En segundo término, se ponderaron los resultados y se alcanzó una sola cifra. Finalmente, los costes privados y los sociales (externos) se suman para proporcionar el análisis del coste total (ver figura 14).

En la Tabla se presentan los costes resultantes para cada etapa del ciclo de vida de las dos versiones de lavadoras. En el caso de la segunda versión de la lavadora, los costes de la planificación, la I+D y la fabricación aumentaron al añadir al equipo la bomba de recirculación de agua, pero los costes relacionados con el uso del agua disminuyeron. Los costes sociales también fueron menores, aunque

esta reducción no es significativa en comparación con la disminución del coste total (costes internos más costes sociales) de un 23,5 % de la lavadora con recirculación.

ETAPAS CICLO VIDA	VERSIÓN 1	VERSIÓN 2
	Consumo de agua (sin recirculación) (% coste total)	Consumo de agua (con recirculación) (% coste total)
Planificación e I+D	0,50	1,00
Fabricación	7,62	11,01
Transporte	0,38	0,44
Ventas	2,36	4,13
Corporación	1,36	1,94
Distribución	5,12	5,38
Uso: Electricidad	4,11	4,44
Uso: Agua	29,88	13,57
Uso: Depuración	23,25	10,44
Uso: Detergente	21,37	21,14
Eliminación	0,31	0,50
Costes sociales	3,74	2,56
Total	100,00	76,55

Aunque la versión 2 disminuye en un 31,6 % los costes sociales de la versión 1, los resultados muestran que los costes sociales son muy bajos, alrededor de un 3 % del coste total, lo que indica que están infraponderados en relación con los costes ambientales, por lo que para estudios posteriores, se recomienda utilizar mejores herramientas de cálculo de los costes sociales.

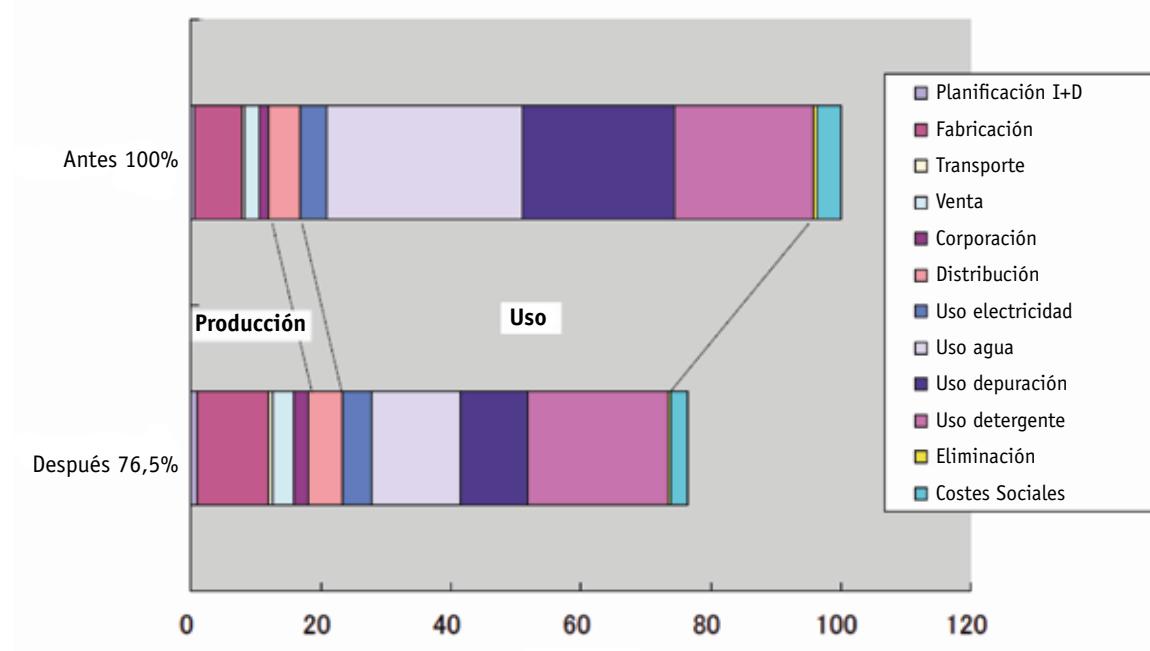


Figura 14 – Comparativa de estudios LCC de dos lavadoras.

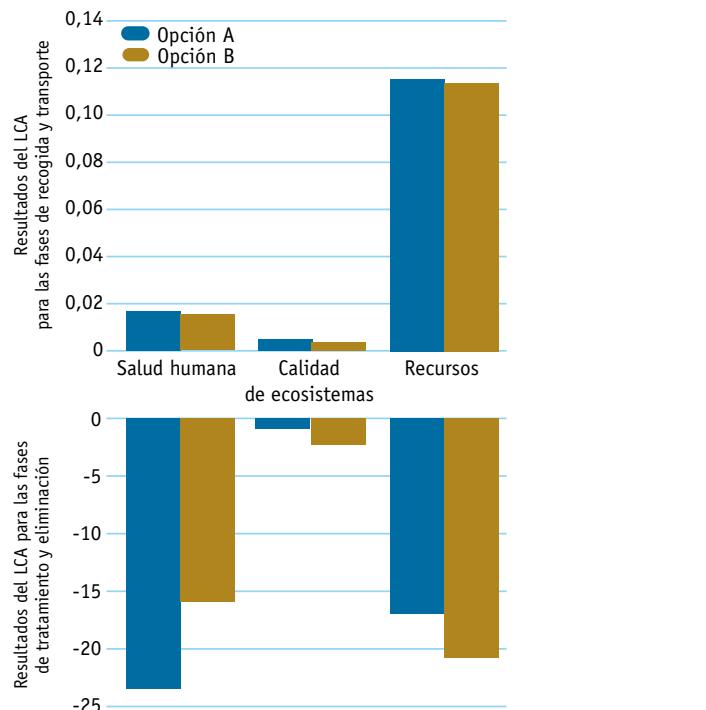
Fuente: UNEP-SETAC (2011).

EJEMPLO 4. Aplicación de LCC, como apoyo a un LCSA, en la selección de un sistema de reciclado de residuos (RAEE)

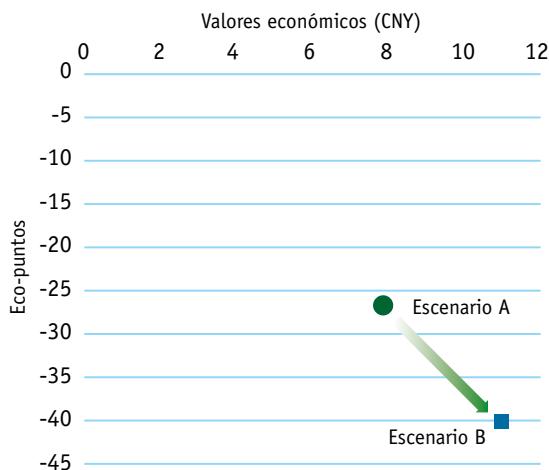
El análisis de sostenibilidad del ciclo de vida LCSA tiene un enorme potencial para ser aplicado en el campo de la gestión de residuos, por ejemplo, en relación a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Los RAEE son los residuos que más rápido han aumentado en el mundo. La recuperación, que es normalmente la opción preferible al final de su vida, no siempre resulta factible en el contexto local de muchos países debido a la situación tecnológica, económica, institucional y las limitaciones en el mercado.

El objetivo general del estudio realizado en China fue examinar los aspectos de la sostenibilidad de diferentes estrategias de gestión del fin de vida de los RAEE y proporcionar a los responsables políticos información para la toma de decisiones. Los objetivos específicos fueron: distinguir entre estrategias de reciclaje con el menor impacto medio ambiental; ayudar a los responsables a elegir los modos y costes de tratamiento de los residuos, identificar los impactos de las actividades de reciclaje de residuos y examinar las opciones de mejora.

La unidad funcional elegida para este estudio fue la gestión de un ordenador de escritorio sin pantalla. El sistema de gestión incluye la recolección, desmontaje, trituración, clasificación, recuperación de materiales y componentes y la eliminación de residuos. Se compararon dos sistemas diferentes: (A) recogida informal y (B) la recogida formal de residuos y sistemas de tratamiento.



COSTE - BENEFICIOS (yuanes chinos [CNY])	OPCIÓN A	OPCIÓN B
Pago por el RAEE	6,00	6,00
Transporte urbano	0,05	0,00
Transporte a larga distancia	1,40	1,40
Pretratamiento	0,20	1,00
Recuperación materiales	0,60	0,50
Pago de los consumidores	15,93	19,50
Valor añadido	8,68	10,60



CATEGORÍA STAKEHOLDER	SUBCATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Trabajadores	Salario	Bajo (30-50 CNY/día)
	Horas laborables	Alto (8-11 horas/día)
Sociedad	Puestos trabajo creados	700,00 (98% en sector informal)

Figura 15 – LCC de un sistema de reciclado de residuos de aparatos electrónicos (RAEE).

Fuente: UNEP-SETAC (2011).

Para llevar a cabo el LCA, se eligió el método del Eco-indicador 99. El análisis coste-beneficio fue la herramienta utilizada para el estudio socioeconómico. Los grupos de interés analizados dentro del LCSA incluyeron a los trabajadores y las comunidades locales estudiando los efectos sobre la salud humana, los salarios y la creación de empleo.

La figura 15 muestra los resultados del LCA ambiental, que indican que las opciones A y B son similares en las fases de recogida y de transporte, pero no así para el tratamiento y la eliminación, etapas en las que la Opción B tiene un menor impacto.

Los resultados del estudio mostraron que la Opción B ofrece más beneficios económicos aunque crea menos empleo. Sin embargo, la preservación de la salud y las condiciones laborales son mejores en la Opción B.

Las conclusiones que se alcanzaron fueron las siguientes:

- El reciclaje que incluye la recogida formal y el tratamiento de residuos (Opción B) ofrece mayores beneficios económicos y de salarios, así como menores impactos ambientales, debido a la mejor calidad y precios más altos de los materiales recuperados y el proceso de tratamiento más limpio.
- La Opción A ofrece más oportunidades para la creación de empleo pero un impacto en la salud más elevado. Por lo tanto, si la región local está interesada en la promoción de la mejora de la Opción A debe esforzarse para que los Departamentos gubernamentales responsables para la gestión de residuos diseñen políticas basadas en los resultados del LCSA y, mejorar los aspectos que están en desventaja con la otra opción.

8. CONCLUSIONES

- 1** Para caminar hacia una economía más verde con patrones de producción y consumo más sostenibles, se requieren técnicas objetivas, con base científica, que faciliten la generación de conocimiento y una mejor comprensión del sistema producto o servicio que permita lograr una mayor eficiencia en el uso de los recursos.
- 2** El análisis de la sostenibilidad del ciclo de vida tiene un gran potencial para ser utilizado por las empresas, los gobiernos, y otras organizaciones (organismos de cooperación internacional o de consumidores). Sin embargo el debate sobre estos análisis, se encuentra aún en el ámbito académico, no existiendo una guía o estándar internacionalmente reconocido para su desarrollo (especialmente en el análisis social). Por tanto, su aplicación generalizada debe disponer previamente de un mayor desarrollo metodológico de estandarización y reconocimiento a nivel global.
- 3** El abanico de metodologías y herramientas para la realización de estudios LCC es muy amplio y, en ocasiones, específicos para ciertos sectores (infraestructuras, edificación, etc.). Las empresas disponen de sus propias herramientas de evaluación de costes de sus productos, por lo que la recomendación general, sería adaptar las herramientas disponibles para incluir aquellos costes no considerados (por ejemplo, los costes de otras fases de ciclo de vida o costes indirectos no analizados).
- 4** Las metodologías con mayor grado de aplicabilidad para hacer un análisis de los costes del ciclo de vida junto con un análisis ambiental son la MEErP que utiliza la Comunidad Europea y el LCC de perspectiva ambiental de acuerdo a la metodología de UNEP-SETAC. Los factores clave para la selección final por parte de una empresa de la metodología a usar serían el objeto del estudio a realizar y los intereses de la empresa. La Metodología MEErP puede ser una primera aproximación a los costes del ciclo de vida ambiental del producto, sin embargo, no es del todo compatible con estudios del ciclo de vida ambiental y de sostenibilidad, al no seguir exactamente las normas ISO-14040/44. Si el objetivo es un análisis de costes detallado y, a medio plazo, la realización de un análisis de sostenibilidad de ciclo de vida considerando las tres dimensiones del mismo, una metodología apropiada podría ser la propuesta por UNEP-SETAC.

Recomendaciones

- ➔ Siempre es preciso fijar al inicio del LCC el objetivo y el alcance del estudio sobre todo siendo más aplicable a unos sectores que a otros.
- ➔ El valor actual neto tiene un gran impacto en los resultados de un análisis LCC por lo que se recomienda su aplicación utilizando diferentes escenarios (estudio de sensibilidad de los resultados).
- ➔ Es conveniente considerar cuidadosamente diferentes períodos en el tiempo de vida elegido, de acuerdo a diferentes escenarios. Será preciso conocer los flujos de caja esperados (costes/retornos) en cada periodo de tiempo futuro.
- ➔ La anticipación mediante la inclusión de costes futuros relacionados con una legislación más estricta y de los costes o beneficios futuros relacionados con los cambios en el mercado (por ejemplo, un aumento de la demanda del producto que conllevaría bajar los precios o un aumento del coste de las materias primas). Adicionalmente se podrá tener en cuenta las necesidades futuras de las industrias y los consumidores y los cambios sociales en diferentes áreas del mundo.
- ➔ Si se quiere utilizar el LCC como una herramienta de marketing o para la promoción del producto se pueden preparar hojas de información detallada en la que se pongan de relieve las ventajas comparativas de los productos, en términos de impacto ambiental y costes. Se recomienda una revisión crítica por terceros antes de su publicación, en especial si se comparan productos de otras organizaciones.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AICHE/CWRT. *"Total Cost Assessment Methodology. Internal Managerial Decision Making"* ISBN # 0-8169-0807-9 2000.
- Australian National Audit Office. *Life Cycle Costing. Better Practice Guide*. 2001.
- CEFIC. *Sustainability of products. What it's all about*. 2013.
- Ciroth A. y Franze J. *"Life Cycle Costing in SimaPro"*, 2009.
- Ciroth, A., Franze, J.: *LCA of an Ecolabeled Notebook – consideration of Social and Environmental Impacts Along the Entire Life Cycle*, Berlin. 2011.
- CML. *"A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 – General system characteristics"*. CPM report 1999:4. 1999.
- CML. *"A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 – Models and data of the default method"*. CPM report 1999:5. 1999.
- Davis Langdon. *"Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology. Literature Review"*. May 2007.
- Davis Langdon. *"Final Methodology. Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology"*. May 2007.
- Evans School of Public Affairs- Washington. *"Principles & Standards in the Use of Benefit-Cost Analysis"*. Benefit-Cost Analysis Center. Noviembre 2010.
- ExternE. *"Externalities of Energy Methodology 2005 Update"*. EUR 21951. IER Universität Stuttgart para el Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. European Commission. ISBN 92-79-00423-9. 2005.
- Finkbeiner M, Reimann K, Ackermann R (2008) *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) for products and processes*. SETAC Europe 18th Annual Meeting, Warsaw. 2008.
- Finnveden G., Eldh P., Johansson J. *"Weighting in LCA based on ecotaxes - Development of a mid-point method and experiences from case studies"*. The International Journal of Life Cycle Assessment (ISSN 0948-3349)(EISSN 1614-7502). Vol 11, página 81-88. 2006.
- Gluch P., Baumann H. *"The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making"*. Building and Environment 39 (2004) 571-580. 2004.
- Gonzalez, M., Mendez, C., Sojo, A., Suppen, N., Belmonte, A. and White, P. *Life Cycle Assessment of Mexican School Furniture*. Internal study provided by CADIS, Mexico. 2008.
- Hunkeler D., Lichtenvort K., Rebitzer G. (Editors) Ciroth A., Huppes G., Klöpffer W., Rüdenauer I., Steen B. y Swarr T. (Lead Authors). *"Environmental Life Cycle Costing"*. SETAC. CRC Press. ISBN: 1-880611-38-X. 2008.
- Huppes G., van Rooijen M., Kleijn R., Heijungs R., de Koning A. y van Oers L. *"Life Cycle Costing and the Environment"*. CML, April 2004.
- INNOTRACK 6th Framework Programme - TIP5- CT-2006-0314150- Report D 6.2.2 Benchmark of LCC tools. 2007.
- JRC Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability. *"ILDC Handbook. International Reference Life Cycle Data System. General guide for Life Cycle Assessment - Provisions and action steps and detailed guidance"*. European Commission. 2010.
- Kjellsson U. *"Development and use of UNILIFE and UNIDATA, the first agreed European Life Cycle Cost interface software"*. World Congress on Railway Research. November 2001. Ravemark D. DANTEs Life + Project (<http://www.dantes.info/>). Report on State of the art study of LCA and LCC tools. 2003.
- Kloepffer W. *Life cycle sustainability assessment of products*. Int J Life Cycle Assess 13(2):89–95. 2008.
- Lu, B.. *Integrated LCA of Obsolete PC Recycling System*, Research Center For Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Proceedings of the 2nd Life Cycle Management China Conference, Beijing. 2009.
- MEErP.- *"Final Report. Methodology for Ecodesign of Energy-related Products. MEErP 2011. Methodology Report Part 1: Methods"*. COWI Belgium sprl -in association with- Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK). Prepared for the European Commission, DG Enterprise and Industry. November 2011.

- OECD. "Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments" ISBN 92-64-01004-1 – © OECD 2006.
- Popoff F. y Buzelli D. "Full Cost Accounting". Artículo traducido y publicado por la revista Ambiente y Desarrollo bajo el título "Contabilidad de costos ambientales, un nuevo paradigma para la industria". Marzo 1993.
- Rüdenauer, I., Dross, M., Eberle, U., Gensch, C.-O., Graulich, K., Hünecke, K., Koch, Y., Möller, M., Quack, D., Seebach, D. and Zimmer, W. *Costs and Benefits of Green Public Procurement in Europe*, Öko-Institut e.V. in cooperation with ICLEI Europe, (commissioned by EU Commission, DG Environment, Brussels). 2007.
- Simões C.L., Costa Pinto L.M y Bernardo C.A. "Modelling the economic and environmental performance of engineering products: a material selection case study". International Journal of Life Cycle Assessment (2012) 17:678-688. April 2012.
- SMART SPP Project. "Guía del usuario de la herramienta CCV-CO₂, Guía visual para utilizar la herramienta de evaluación de los costes de ciclo de vida y CO₂ (Herramienta CCV-CO₂)". 2011.
- Sonnemann G., Castells F. Y Schuhmacher M. "Integrating Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes". Lewis Publisher 2004. ISBN: 1-56670-644-0 (2004).
- Swarr T.E., Hunkeler D., Klöpffer W., Pesonen H-L., Ciroth A., Brent A.C. y Pagan R. "Environmental Life Cycle Costing: A code of Practice". SETAC. 2011.
- Traverso M, Finkbeiner M. *Life Cycle Sustainability Dashboard*. Proceeding of the 4th International Conference on LCM2009, 6-9 September 2009, Cape Town, South Africa. 2009.
- UNE-EN ISO 14040:2006. "Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia" (2006).
- UNE-EN ISO 14044:2006. "Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices" (2006).
- UNEP-EEA.- *Sustainable consumption and production in South East Europe and Eastern Europe, Caucasus and Central Asia*. Joint UNEP-EEA report on the opportunities and lessons learned. 2007.
- UNEP-SETAC Life Cycle Initiative. "Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products". ISBN No: 978-92-807-3021-0. 2009.
- UNEP/SETAC Life Cycle Initiative: Methodological Sheets for 31 Subcategories of Impact – Draft for Consultation. 2010.
- UNEP-SETAC. - Life Cycle Initiative. "Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. Making informed choices on products". ISBN: 978-92-807-3175-0. 2011.
- Van Harmelen A.K., Korenromp R.H.J., van Deutekomb C., Ligthart T.N., van Leeuwen S.M.H., van Gijlswijk R.N. "The price of toxicity. Methodology for the assessment of shadow prices for human toxicity, ecotoxicity and abiotic depletion". Libro: "Quantified Eco-Efficiency Eco-Efficiency in Industry and Science" Volume 22, pp 105-125 (2007).
- Wood R. y Hertwich E.G. "Economic modelling and indicators in life cycle sustainability assessment". International Journal of Life Cycle Assessment. July 2012.
- Yamaguchi, H., Itsubo, N., Lee, S., Motoshita, M., Inaba, A., Ichinohe, M., Yamamoto, N. and Miyano. Y. *Lifecycle Management Methodology using Lifecycle Cost Benefit Analysis for Washing Machines*. Proceedings of the 3rd International Conference on Life Cycle Management, Zurich. 2007.

10. ANEXOS

ANEXO I. Metodologías para el Análisis de los Costes del Ciclo de Vida

a) Análisis convencional de los costes del ciclo de vida

Las primeras experiencias de utilización de los análisis convencionales de los Costes del Ciclo de Vida se dieron en los años 30 aplicadas a la compra de tractores por parte de la Oficina General de Contabilidad de Estados Unidos. El objetivo fue conocer, no únicamente el precio de compra, sino los costes asociados al uso y mantenimiento, y en menor medida, en el final de vida de sus adquisiciones. Posteriormente, los LCC convencionales se emplearon como herramienta para apoyar la toma de decisiones de organismos públicos o privados a la hora de adquirir equipos que requieran una gran inversión y tengan una larga vida útil, como sería el caso de edificios, plantas de generación de energía, vehículos de transporte o armamento.

EJEMPLO

METODOLOGÍA	DEFINICIÓN
Coste Total de Propiedad (<i>Total Cost of Ownership</i>)	Incluye todos los costes asociados con la investigación, desarrollo, compra, operación, soporte logístico y gestión final, incluyendo las infraestructuras de soporte que planifica, gestiona y ejecuta un sistema producto durante toda su vida.
Coste basado en la Actividad (<i>Activity Based Costing</i>)	Permite la construcción de un modelo económico de un negocio por secciones de actividad que proporciona la información de costes precisa y relevante para ayudar en la toma de decisiones.
Contabilidad del Coste Total (<i>Total Cost Accounting</i>)	Describe el análisis, a largo plazo y exhaustivo, de toda la gama de costes internos y ahorros como resultado de los proyectos ambientales de una organización.
Contabilidad del Coste Completo (<i>Full Cost Accounting</i>)	Evaluá los costes ambientales directos e indirectos de las operaciones de la organización. Esta metodología trata de costes directos, costes ocultos, costes asociados a contingencias de responsabilidad y costes intangibles.
Ánalisis de la Cadena de Valor (<i>Value Chain Analysis</i>)	Describe las actividades que tienen lugar en un negocio y las relaciona con un análisis de la fortaleza competitiva del negocio.
Ánalisis de Coste-Efectividad (<i>Cost Effectiveness Analysis</i>)	A partir de objetivos predefinidos (p. e. incrementar el reciclado del embalaje) identifica las opciones que permiten alcanzar dicho objetivo al menor coste.

Existen diferentes metodologías de LCC convencional. La diferencia entre ellas radica en el tipo de producto o servicio analizado, la categoría de costes considerados y su método de cálculo, y el objetivo final de dicho análisis, como por ejemplo, la viabilidad de una inversión o la comparativa entre diferentes productos.

Aunque existen normas o guías para determinados sectores o tipos de productos sin embargo, esta gran variedad de posibles metodologías de LCC convencional hace que a fecha de hoy no exista una norma o guía genérica globalmente aceptada y aplicable a todos los sectores. A continuación se presentan ejemplos de normas:

- **ASTM E917 - 05(2010).** Standard Practice for Measuring Life Cycle Costs of Buildings and Building Systems.

- **ASTM A930 - 09.** Standard Practice for Life Cycle Cost Analysis of Corrugated Metal Pipe Used for Culverts, Storm Sewers, and Other Buried Conduits.
- **ASTM F1675 - 09.** Standard Practice for Life Cycle Cost Analysis of Plastic Pipe Used for Culverts, Storm Sewers, and Other Buried Conduits.
- **ASTM A1068 - 10.** Standard Practice for Life Cycle Cost Analysis of Corrosion Protection Systems on Iron and Steel Products.
- **ASTM F2687 - 07.** Standard Practice for Life Cycle Cost Analysis of Commercial Food Service Equipment.
- **ASTM E2453 - 05.** Standard Practice for Determining the Life Cycle Cost of Ownership of Personal Property.
- **ISO 15663-1-2000.** Petroleum and natural gas industries - Life cycle costing- Methodology.
- **ISO 15663-2-2000.** Petroleum and natural gas industries - Life cycle costing- Guidance in application.
- **ISO 15663-3-2000.** Petroleum and natural gas industries - Life cycle costing-Implementation guidelines.
- **ISO 15686-5:2008.** Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing.
- **Guide to Computing and Reporting the Life Cycle Cost of Environmental Management Projects.** U.S. Department Of Energy. Office of Environmental Management. NISTIR 6968. 2003.
- **Final Methodology.** Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology. Davis Langdon Management Consulting for the European Commission. 2007.
- **SAE ARP 4293.** Life cycle cost. Techniques and applications.
- **UNE-EN 60300-3-3:2009.** Gestión de la confiabilidad. Parte 3-3: Guía de aplicación cálculo del coste de ciclo de vida (equivalente a IEC 60300-3-3:2004).
- **Normativas alemanas relacionadas:** VDI 2884, VDI 5200, VDMA 34160.

Para la aplicación de estas metodologías de LCC convencional, se pueden usar diferentes herramientas de cálculo que se usan en diferentes sectores y productos: compra verde, edificación, infraestructuras, etc. (ver Anexo II).

En conclusión, el abanico de metodologías y herramientas para la realización de estudios LCC convencional es muy amplio y en la mayoría de los casos se han diseñado específicamente para ciertos sectores. Si bien las más genéricas podrían ser empleadas por las empresas para la realización de análisis convencional de coste de ciclo de vida de sus productos, se debe considerar que las empresas ya disponen de sus propias herramientas de evaluación de costes de sus productos, por lo que la recomendación en este caso sería adaptar dichas herramientas para incluir aquellos costes no considerados hasta la fecha (por ejemplo, costes de las fases del ciclo de vida no considerados o costes indirectos no específicamente analizados) más que la adquisición de nuevas herramientas para la realización de LCC convencional.

b) Análisis de costes del ciclo de vida con perspectiva ambiental

El concepto de análisis de los costes del ciclo de vida con perspectiva ambiental se define como el análisis de todos los costes asociados al ciclo de vida de un producto que son asumidos directamente por uno o más actores en el periodo de vida del producto (suministrador, fabricante, usuario o consumidor y gestor final de vida), incluyendo asimismo aquellos costes externos relevantes que se prevean en un futuro (por ejemplo tasas futuras por emisiones, etc.). El LCC con perspectiva ambiental se diferencia básicamente del LCC convencional en que cubre todas las fases del ciclo de vida del producto e incluye todos los actores implicados.

Si bien algunas metodologías de LCC convencional intentan cubrir costes externos ambientales y de salud, por ejemplo la metodología de la Evaluación del Coste Total (*Total Cost Assessment*), la diferencia

con el LCC con perspectiva ambiental es que aquellas se enfocan principalmente a los costes incurridos por un único actor.

Por otra parte, el LCC con perspectiva ambiental se diferencia del LCC con perspectiva social, porque aquél únicamente cubre aquellos costes externos incurridos por los actores involucrados en el ciclo de vida del producto y que se prevean internalizar en un futuro cercano, mientras que el LCC con perspectiva social incluye todos los costes externos, incluyendo aquellos asumidos a largo plazo por la sociedad en general.

A continuación se describen brevemente algunas metodologías de LCC con perspectiva ambiental.

- **Contabilidad del coste completo (Full Cost Accounting)**

Si bien esta metodología está definida como LCC convencional, también permite evaluar costes ambientales directos e indirectos.

El objetivo sería poner precio a los bienes y servicios de modo que reflejen los costes ambientales reales, incluyendo los de producción, uso, reciclaje y eliminación. Así, en muchas ocasiones el consumidor elegiría el producto más ambiental, al ser al mismo tiempo el más económico, produciendo un cambio real hacia una conducta más sostenible.

- **Método Ecoeficiencia de BASF**

Esta metodología desarrollada por BASF permite evaluar productos y procesos desde el punto de vista ambiental y económico.

Es un método comparativo que evalúa alternativas empleando el enfoque LCA basado en las normas ISO-14040. Esta evaluación ambiental incluye el impacto asociado a la extracción de las materias primas, el uso del producto, así como las opciones de reciclado y eliminación final.

Las evaluaciones económicas se basan en el método del Coste Total de Propiedad, que incluye no sólo los costes de compra, sino también todos los aspectos asociados al uso del producto.

- **Análisis de Ciclo de Vida Económico Input-Output**

Con este método se pueden estimar los materiales y la energía necesarios, así como las emisiones resultantes de las actividades económicas.

El método amplia la información de las tablas input-output con datos no económicos, por ejemplo emisiones de CO₂ o Kg. de residuos generados por € de salida de un determinado sector industrial.

Las limitaciones de este método, de cara al diseño de productos, serían que se dispone de información agregada como media de todo un sector de un país; no es un enfoque ciclo de vida completo, sino más bien desde la “cuna hasta la puerta”; evalúa un número limitado de aspectos ambientales y no evalúa el impacto de las emisiones y el uso de recursos en el medio ambiente o las personas.

- **Metodología MEErP**

Esta metodología desarrollada para la UE se emplea en los estudios preparatorios que sirven de base para la regulación de diferentes familias de productos dentro del ámbito de la Directiva de Ecodiseño (2009/125/CE), de cara a analizar el perfil ambiental de los productos y realizar una valoración del impacto económico de la implementación de ciertas medidas de ecodiseño.

Para esta valoración económica, se identifican los costes de adquisición, instalación, reparación/mantenimiento y uso (consumos energéticos, agua y otros consumibles), ajustándolos al valor actual, basándose en los factores de descuento (interés – inflación) y de incremento (costes de la energía) correspondientes.

- **LCC propuesto por UNEP-SETAC**

Es la metodología desarrollada en este documento y pretende que los análisis de LCA, LCC y SCLA sean compatibles y que los tres sigan una estructura similar a la definida en las Normas ISO-14040/44 (2006).

Existen diferentes **aplicaciones informáticas** que soportan el análisis conjunto de LCC y LCA aun cuando se deba parametrizar externamente algunos aspectos no cubiertos por estas herramientas. Únicamente a título informativo se recogen las siguientes:

- El software **GaBi** permite analizar los factores de coste asociados a un proceso o flujo a través del ciclo de vida ambiental, ya que posibilita añadir factores como coste de la materia prima y energía, costes laborales, costes de transporte, costes indirectos, etc. por unidad de proceso o flujo.
- **SimaPro** permite crear un nuevo método de evaluación y luego ser completado con información sobre las categorías de impacto, subcategorías y los flujos que representan los impactos económicos.
- El software **Open LCA** permite incluir factores de coste. Para ello, es preciso primero crear flujos de coste, posteriormente asignar esos flujos de costes a procesos al ser tratados como emisiones y finalmente, calcular el inventario de costes.

Adicionalmente existen diferentes software que ayudan a realizar el análisis conjunto de LCC y LCA como el **BEES** (Building for Environmental and Economic Sustainability) desarrollado por el National Institute of Standards and Technology de Estados Unidos, el **EcoPro** para la gestión sistemática de los requerimientos de un proyecto constructivo y la metodología **MEErP** que dispone de unas hojas de cálculo que permite realizar el análisis ambiental y económico del producto de forma simplificada.

c) Análisis de costes del ciclo de vida con perspectiva social

El LCC con perspectiva social se destina a la evaluación de los costes asociados a un producto asumidos por cualquier integrante de la sociedad (por ejemplo, población o administraciones), tanto a corto como a largo plazo. Por tanto, cubre todos los costes externos o externalidades (normalmente en términos monetarios) asumidos por la sociedad en general.

Se entiende por "externalidades" los cambios de valor causados por una transacción de negocios que no están incluidos en el precio o son efectos secundarios de la actividad económica. La valoración monetaria de los costes externos es un tema complejo, dada la gran variedad de aspectos posibles a cubrir (por ejemplo, toxicidad, ruido, emisiones, escasez de recursos, agua, etc.) y la diferente afección de cada uno de ellos (efectos locales, efectos globales, etc.). Para poder evaluarlos, estos costes externos se deben poder medir, cuantificar y relacionar con la unidad funcional del sistema.

Dada esta complejidad, existen diferentes aproximaciones para evaluar estos costes externos:

- Basadas en estudios de mercado:
 - Disponibilidad a pagar, es decir, la máxima cantidad de dinero que una persona está dispuesta a pagar por un bien (o para evitar algún daño o algo indeseable).
 - Disponibilidad a aceptar, es decir, la cantidad mínima de dinero que una persona está dispuesta a recibir por perder un bien (o aceptar algo indeseable o daño).
- Basadas en valor de mercado:
 - Costes de los daños (o pérdidas de beneficios) causados por una alteración, por ejemplo, la estimación de los costes ocasionados por los efectos del cambio climático.
 - Costes de prevención, es decir los costes (o inversiones) necesarias para prevenir una determinada alteración, por ejemplo, evitar las emisiones de CO₂ mejorando la eficiencia de los sistemas.

Otras metodologías se basan en transformar los resultados de estudios LCA (por ejemplo, Kg. de CO₂-eq) en valores monetarios (por ejemplo, €/kg CO₂-eq), empleando alguno de los sistemas anteriormente indicados.

Entre éstas, la metodología más conocida es el **análisis coste beneficio** que consiste en un proceso sistemático para calcular y comparar beneficios y costes asociados a un proyecto, decisión o política gubernamental.

Esta metodología suele ser empleada por instituciones gubernamentales y otras organizaciones para evaluar determinadas políticas, para justificar una inversión o para comparar diferentes alternativas. El objetivo es incrementar el bienestar del usuario o destinatario de dicha política, con un menor coste económico.

En definitiva, no existe una guía o estándar internacionalmente reconocido y aplicado para el desarrollo de un LCC con perspectiva social. Las guías metodológicas de la OCDE, Departamento de Transporte del Estado de California y la propuesta por UNEP-SETAC serían las fuentes de información a emplear si se quiere implementar dicha metodología en un proyecto concreto.

ASPECTO	LCC CONVENCIONAL	LCC PERSPECTIVA AMBIENTAL	LCC PERSPECTIVA SOCIAL
Valor añadido respecto LCC convencional	n/a	Desarrollo conjunto con LCA y compatible con análisis de sostenibilidad	Considerado el coste de oportunidad y créditos
Sistema de producto	Ciclo de vida parcial, sin considerar final de vida (y en ocasiones, ni fase de uso)	Ciclo de vida completo	Ciclo de vida completo
Límites del Sistema	Sólo costes internos	Costes internos más costes externos que se prevea internalizar	Costes internos y costes externos
Actores o partes implicadas	Principalmente un actor único (ya sea el fabricante o usuario/consumidor)	Varios actores conectados a la vida del producto: fabricantes, cadena de suministro y consumidor final	Sociedad en su conjunto, incluyendo los gobiernos
Unidad de referencia	Bien o producto	Unidad Funcional	Sistema
Categorías de coste	Adquisición (I+D e inversiones) y propiedad (costes de operación y a veces de eliminación)	I+D, materiales, energía, maquinaria, mano de obra, residuos, control de emisiones, transporte, mantenimiento, tasas y subvenciones	Fabricación, operación, mantenimiento y daños ambientales.
Modelo de coste	Generalmente modelo cuasi-dinámico ¹	Modelo estado estacionario ²	Generalmente modelo cuasi-dinámico
Descuento de los flujos de caja	Recomendado	Recomendado	Recomendado
LCA de acuerdo a ISO-14040/44 (2006)	No	Si	Riesgo de doble contabilidad e inconsistencias
Estándares y guías	Si (para varios sectores)	No (sólo alguna referencia)	Si (parcialmente)
Herramientas de cálculo	Si (genéricas y específicas para diferentes sectores)	Si (incluidas en las de LCA) y herramientas simplificadas	Si (asociadas a los estándares y guías existentes)
Uso en Análisis de Sostenibilidad del ciclo de vida	No (diferente alcance)	Parcialmente. Propuesta de modificación indicadores económicos	Riesgo de doble contabilidad e inconsistencias

¹ Las magnitudes económicas varían uniformemente por unidad de tiempo.

² Las magnitudes económicas no están sujetas al tiempo.

Tabla 6 – Resumen de las metodologías de LCC.

ANEXO II. Aplicación sectorial de las metodologías de Análisis de los Costes del Ciclo de Vida

a) Compra pública

Cada vez más, los Gobiernos buscan adoptar metodologías que permitan demostrar a la ciudadanía como gestionan eficazmente el gasto público en la reducción de impactos y emisiones, en la información y protección del consumidor, en apoyo a las empresas ambientalmente más responsables y en mejorar el bienestar social, en general. La introducción de conceptos sociales en un análisis de costes es importante pero necesita de un alto grado de certidumbre, ya que son aspectos especialmente complejos de reflejar en un LCC. Por ejemplo, el cálculo de los costes ahorrados para la Administración del subsidio del desempleo evitado en caso de comprar un determinado bien, o los costes sanitarios que se han ahorrado al considerar la compra de alternativas de mayor rendimiento ambiental, resultan muy difíciles de estimar.

El uso del LCC en las Administraciones públicas está muy desarrollado en USA, Japón, Suiza y Noruega. Un segundo grupo de países del centro y norte de Europa, junto con Australia, presentan un nivel moderado en la extensión y aplicación de este concepto. Sin herramientas como el LCC, en general, resulta más complejo explicar que las compras, aunque puedan tener un sobrecoste inicial, éste se suele compensar con un menor mantenimiento, menor consumo de energía, menores riesgos, menores costes derivados de la contaminación y una mejora de la cohesión social por ejemplo en materia de creación de empleo.

EJEMPLO

→ MSR (Swedish Environmental Management Council)

- Herramienta general y específica para determinados equipamientos, como electrodomésticos (lavavajillas, frigoríficos y congeladores y lavadoras), cocinas profesionales, iluminación interna, iluminación externa, máquinas expendedadoras,...
- Evalúa el coste total de propiedad del equipo adquirido, incluyendo inversión inicial, mantenimiento, consumibles, coste de eliminación final, etc. El resultado se recalcula siguiendo el método de "valor actual", de cara a comparar costes futuros con los presentes.
- Permite la comparativa de diferentes productos y realiza análisis de sensibilidad de los resultados en función del valor del interés considerado.

→ SMART-SPP (Proyecto - *"Innovation through sustainable procurement"*)

- Diseñada para entidades públicas para analizar los costes de ciclo de vida y las emisiones de CO₂ de diferentes productos y servicios, permitiendo comparar ofertas durante la fase de adjudicación.
- Además de los costes de adquisición, tiene en cuenta los costes de funcionamiento, mantenimiento, impuestos y los costes para deshacerse del producto o su valor de reventa.
- Los resultados del análisis de costes del ciclo de vida (expresado en Valor Actual Neto) y las emisiones de CO₂ (expresadas en Kg. CO₂) se presentan en forma numérica y gráfica.

La gestión óptima de una compra pública necesita aún más pasos por parte de las Administraciones. Resulta todavía difícil la conciliación de los presupuestos de gasto e inversión y su gestión plurianual. Además, en ocasiones la adquisición y la utilización de un bien con sus costes relacionados no se gestionan por la misma institución. Todo ello favorece la compra de la opción más barata. A menudo, las Administraciones tienen que afrontar aspectos como la falta de competencias para realizar e interpretar un LCC, la escasa disponibilidad de datos relativos a los componentes, el desconocimiento sobre la durabilidad real del producto, la frecuencia de reparación y sustitución, etc. Para superar estas barreras es preciso desarrollar y difundir más casos prácticos (compra de edificios, oficinas, vehículos, etc.) que permitan observar los impactos locales y, en su caso, transnacionales y valorar mejor los efectos sociales y ambientales.

En la tabla 7 se recogen algunos de los productos o servicios que compran las Administraciones y en los que resulta más fácilmente aplicable la metodología de LCC.

PRODUCTOS	MUY APLICABLE	APLICABLE	POCO APLICABLE
Equipos de oficina y TIC	✗		
Vehículos	✗		
Iluminación interior	✗		
Iluminación exterior	✗		
Papel		✗	
Suministro de oficina			✗
Combustible	✗		
Mueble		✗	
Aparetaje polímeros	✗		
SERVICIOS	MUY APLICABLE	APLICABLE	POCO APLICABLE
Software			✗
Electricidad	✗		
Transporte	✗		
Mensajería y posta		✗	
Residuos	✗		
Catering		✗	
OBRAS	MUY APLICABLE	APLICABLE	POCO APLICABLE
Nuevos edificios	✗		
Rehabilitación	✗		
Líneas ferrocarril	✗		
Carreteras	✗		
Intervención paisajística		✗	

Tabla 7 – Aplicabilidad del LCC en productos o servicios adquiridos por la Administración.

b) Construcción y edificación

Dentro del sector de la construcción y edificación existen bastantes herramientas que evalúan el coste de ciclo de vida de los edificios e instalaciones. En este sector, la utilización del LCC tiene ya un largo recorrido, al tratarse de equipamientos de muy larga vida útil y que presentan costes importantes de uso y de mantenimiento (ver figura 16).

La consultora Davis Langdon realizó un análisis y evaluación de los diferentes enfoques de LCC, en diferentes países (2007) y desarrolló un marco metodológico para la estimación de los costes de ciclo de vida para edificios y bienes construidos, "Life Cycle Costing as a contribution to sustainable construction: a common European methodology". Esta guía se considera complementaria a la norma ISO 15686-5:2008. Edificios y activo construido - Planificación de la Vida de servicio - Parte 5: Coste de Ciclo de Vida.

Noruega también dispone de la norma NS 3454 "Life cycle costs for building and civil Works. Principles and classification" y han desarrollado una guía de cálculo. Adicionalmente, existe una base de datos donde se puede registrar cualquier edificio (escuelas, hospitales, oficinas, edificios industriales) y compartir información técnica y económica sobre los mismos.

COSTES DEL CICLO DE VIDA DE UN EDIFICIO

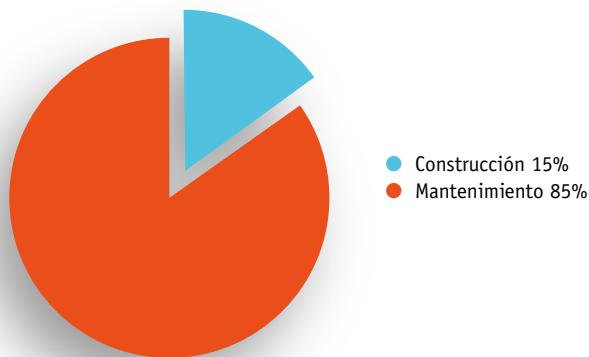


Figura 16 – Coste del ciclo de vida de un edificio.

EJEMPLO

→ **Building Life Cycle Cost Program, BLCC** (National Institute of Standards and Technology)

- Software BLCC realiza análisis económicos mediante la evaluación de la rentabilidad de edificios o componentes o sistemas de los mismos. BLCC también calcula medidas económicas para diseños alternativos, incluido el ahorro neto, tasa de ahorro a la inversión, la tasa interna de retorno y los años de amortización. Esta herramienta on-line dirigida a los diseñadores, constructores y fabricantes de productos incluye información ambiental y de coste de 230 productos del sector de la edificación. El perfil económico se mide empleando la norma ASTM E917 - 05(2010) la cual cubre los costes iniciales de inversión, reposición, operación, mantenimiento y operación y eliminación final.
- Manual de coste de ciclo de vida (Handbook 135 NIST), donde se detalla los principios del LCC empleado. Los valores de referencia de la metodología propuesta se actualizan anualmente como un suplemento a este Handbook (básicamente precios de la energía y tasas de descuento en Estados Unidos).
- Permite la comparativa de diferentes productos y realiza análisis de sensibilidad de los resultados en función del valor del interés considerado.

→ **LCCA Cal State** (California State University)

- Evalúa el coste de ciclo de vida de edificios, considerando diferentes alternativas para la envolvente, sistemas de ventilación y calefacción o sistemas de alumbrado. Permite seleccionar diferentes tipos de sistemas, incluyendo costes de instalación, recambio/ mantenimiento y uso.

→ **DEEP** (Diseminación de medidas de eficiencia energética en edificios públicos)

- La herramienta permite analizar el Valor Actual Neto (VAN) de diferentes alternativas, analizando costes de instalación, uso, mantenimiento y final de vida. La herramienta está muy focalizada a equipos que consumen energía durante su uso. Los resultados se presentan en gráficas que representan el VAN para las diferentes alternativas a lo largo de los años, así como su consumo energético, consumo de agua y emisiones de CO₂.

c) Sector químico y petroquímico

En este sector se han descrito numerosas referencias de aplicación de LCC para la compra de productos, optimización de diseño de un producto, etc.

Una iniciativa de Akzo Nobel ha desarrollado un método para estimar los costes ambientales internos del ciclo de vida, denominado ELCC (Environmental life cycle costs) y que incluyen los costes relativos a la toxicidad de un producto, las emisiones del producto o del proceso productivo, los de gestión ambiental de la empresa y las inversiones en I+D para reducir el impacto ambiental del producto (ver figura 17).

La combinación de un LCC y un ELCC permite evaluar la eficiencia de las inversiones ambientales y ayudar en la toma de decisiones. Akzo presenta la aplicación del ELCC para realizar una comparación entre dos productos y definir la estrategia de puesta en el mercado, tal y como muestra la figura 18.

La principal dificultad de esta aproximación al LCC está en la falta de una clara definición de los costes ambientales y en la estimación de los mismos, especialmente en las materias primas de las alternativas estudiadas, donde se depende de la disponibilidad de los datos de los proveedores.

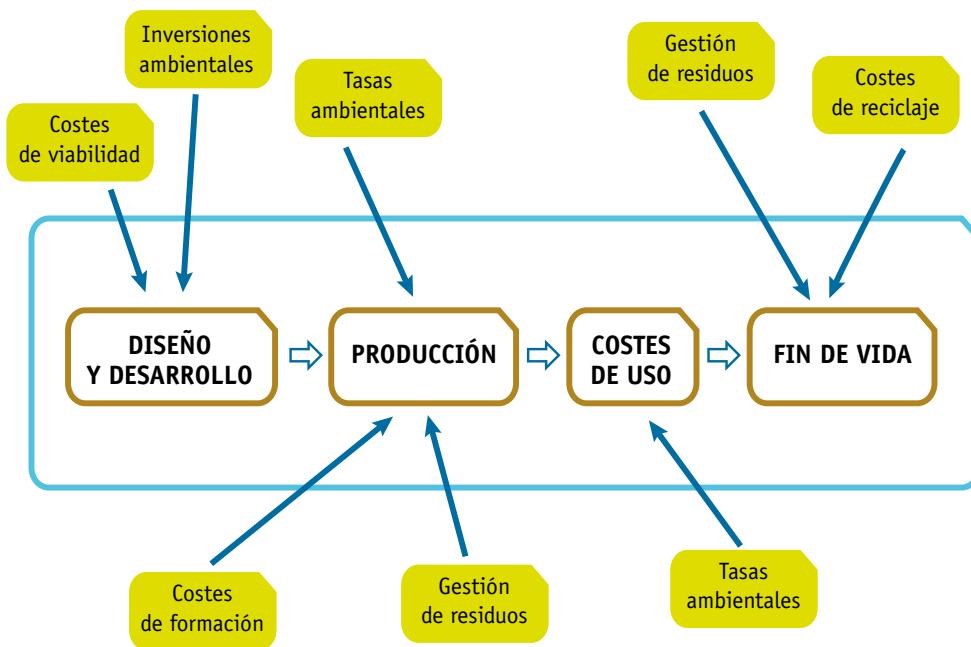


Figura 17 – Esquema de costes ambientales internos del ciclo de vida.

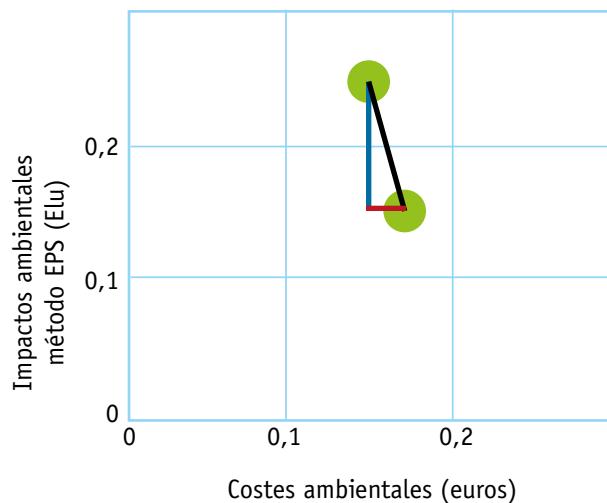


Figura 18 – Comparativa de impactos ambientales y costes de dos prototipos.

d) Sector eléctrico y bienes de equipo

En las plantas de generación eléctrica o del sector químico y petroquímico, el análisis LCC está ligado a la disponibilidad de la instalación, también denominado análisis RAM (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad) ya que la regularidad en la producción es uno de los aspectos clave para los gestores de las plantas.

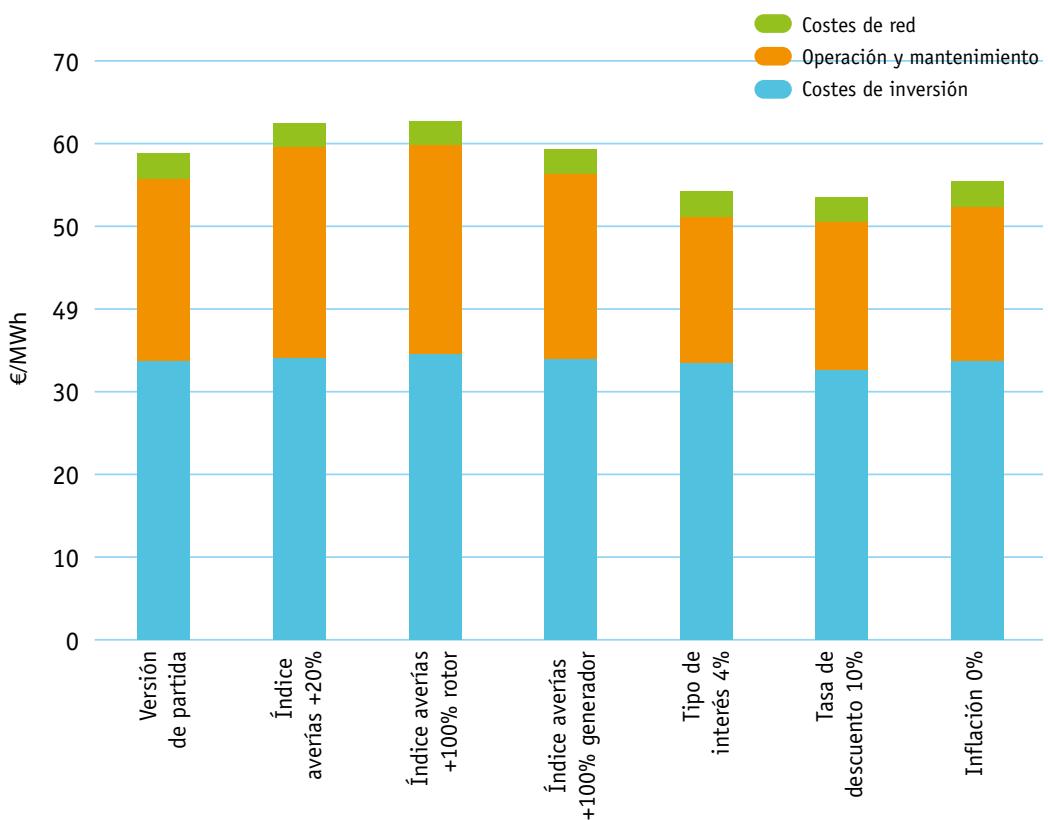


Figura 19 – Costes de producción del parque eólico off-shore.

Además, existen numerosas referencias de utilización en este sector de los estudios de LCC ligados a otros aspectos como la comercialización de bienes, al desarrollo de estrategias de mantenimiento en el sector eólico offshore, al cálculo de precios normalizados de la generación de electricidad, etc.

La universidad Chalmers de Goteborg ha desarrollado un modelo para determinar el coste del ciclo de vida de un parque eólico offshore. Teniendo en cuenta la dificultad para obtener datos basados en la experiencia de un número representativo de años se utiliza el método de simulación Monte Carlo para mostrar en una curva la incertidumbre asociada a distintas variables. El modelo muestra los costes e ingresos de un parque off-shore, así como el coste de la energía producida en un periodo de tiempo determinado. Igualmente este modelo permite mostrar los costes de producción en diferentes escenarios de tasa de fallo técnico, variabilidad de los tipos de interés, tasa de descuento, etc. tal y como recoge la figura 19.

e) Infraestructuras

Los principales operadores de infraestructuras ferroviarias de la UE realizaron un diagnóstico sobre el uso del LCC junto con un análisis RAMS (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad) para la monitorización de las infraestructuras ferroviarias. El uso de ambas herramientas es muy escaso en la actualidad ya que son conceptos y métodos que no están aún adaptados al sector. Este uso debería favorecerse a través de la colaboración entre operadores de infraestructuras mediante la utilización de las herramientas disponibles (DeCoTrack, VTISM, TETrAs).

En relación con la gestión de carreteras, varios países llevan años fomentando para la aplicación del LCC para la construcción y el mantenimiento de la capa de rodadura. En USA, numerosos Estados (Arizona, Washington, Colorado, Pennsylvania, etc.) han puesto en marcha programas de promoción de aplicación del LCC en la gestión de carreteras. El programa de promoción se despliega mediante talleres de capacitación, la elaboración de manuales, la herramienta Real Cost, etc. Los datos de entrada para el cálculo de costes con la herramienta Real Cost son el rendimiento de la capa de rodadura, el periodo y servicio estimado, los costes para los usuarios y la tasa de descuento. Los resultados obtenidos de la puesta en práctica de este programa han permitido por un lado, reducir el coste total y, por el otro, utilizar la reparación como mejor estrategia que la sustitución, en un periodo de tiempo determinado. Otras ventajas que se han encontrado en esta experiencia se refieren al establecimiento de una mejor comunicación entre la Administración y las empresas, una actualización del conocimiento para los técnicos, la justificación del coste a los usuarios, el establecimiento de prioridades en los períodos de menor disponibilidad presupuestaria y la transparencia hacia el público. Sin embargo, algunos autores piden precaución en la utilización del LCC en carreteras debido al grado de incertidumbre asociado a ciertos datos de entrada. Además, si el nivel de servicio previsto en distintas alternativas de diseño es muy diferente, resultaría más apropiado la realización de un análisis coste beneficio.

Otro ejemplo de uso en obra civil del LCC se ha reportado para construcción de las infraestructuras portuarias. En este caso se requiere un cuidadoso estudio sobre los tipos de estructura y su estabilidad externa, así como el diseño geométrico y sus dimensiones. En Corea se desarrolló un proceso de toma de decisión con el LCC como base de información. En este proceso en ocasiones resulta necesaria una aproximación probabilística para trabajar con diferentes variables de diseño. La viabilidad de esta metodología de trabajo se revisó mediante su aplicación a un caso real.

EJEMPLO

➔ **UNIFE-UNILIFE** (Asociación Europea de la Industria Ferroviaria)

- En la base de UNIDATA se recoge la información necesaria y permite el intercambio de información en la cadena de suministro. En UNILIFE, se realizan los cálculos propiamente dichos y se detectan posibles errores en los datos de entrada.
- Permite comparar diferentes ofertas de equipos o alternativas de diseño, introduciendo la información de los diferentes componentes en forma de árbol.
- Los resultados de coste se dividen en tres categorías: inversión, coste de operaciones anuales y costes de soporte, incluyendo mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y costes energéticos. El programa de relevancia a los costes asociados al mantenimiento preventivo y correctivo, debido a la tasa de fallo de los diferentes componentes.

➔ **Real Cost v.2.2** (Departamento de Transporte del Estado de California)

- Analiza los costes asociados a la pavimentación de las carreteras durante su ciclo de vida.
- Permite comparar diferentes tipos de alternativas en tipos de pavimentos, usos, etc... Dispone de una base de datos de materiales y permite definir, por ejemplo, el tránsito previsto para cada vía.
- Considera y analiza los costes iniciales, de uso, mantenimiento y reconstrucción, así como el valor remanente de servicio de instalación. Los resultados se expresan como la evolución del valor actual de las diferentes alternativas con el tiempo.



www.basqueecodesigncenter.net

www.ingurumena.net