

**María Alejandra Díaz Cáceres**  
madic2004@hotmail.com

**Javier Mauricio Martínez Gómez**  
javimar@uis.edu.co



# **M**odelo de análisis de ciclo de vida del producto asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza universitaria del ecodiseño.

*Life cycle assessment model assisted by informatic tools, as support of the ecodesign teaching strategies at university level*

## **Resumen**

*El ecodiseño es una metodología de innovación con miras a la disminución de impactos ambientales en el ciclo de vida del producto. La metodología de ecodiseño más conocida es el análisis de ciclo de vida (LCA). En este documento se presenta el diseño y evaluación de modelos de LCA asistidos por herramientas informáticas, como soporte a enseñanza del ecodiseño en una universidad colombiana. Mediante triangulación de datos provenientes de investigación mixta, se hizo diagnóstico de la enseñanza del ecodiseño, se definieron escenarios de mejora, se probaron modelos LCA y se propusieron mejoras en la enseñanza del ecodiseño. La participación activa de la comunidad académica permite vislumbrar un escenario propicio para la enseñanza del ecodiseño y su aporte al desarrollo sostenible.*

## **Palabras claves**

*Ecodiseño, Análisis de ciclo de vida (LCA), estrategias de enseñanza, sostenibilidad, software.*

## **Abstract**

*Eco-design is an innovation methodology with the objective of decreasing environmental impacts in the product life cycle. The best-known ecodesign methodology is life-cycle assessment (LCA). This document presents the design and evaluation of LCA models aided by informatic tools as eco-design teaching support in a Colombian university. Eco-design teaching diagnosis, improvement scenarios and strategies were defined by triangulation of data from mixed research and the testing of LCA models. The active participation of the academic community is the way to promote ecodesign teaching and its contribution to sustainable development.*

## **Key words**

*Ecodesign, Life Cycle Assessment (LCA), teaching strategies, sustainability, informatics tools*

# ***Modelo de análisis de ciclo de vida del producto asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza universitaria del ecodiseño\*.***

## ***Life cycle assessment model assisted by informatic tools, as support of the ecodesign teaching strategies at university level.***

21

**María Alejandra Díaz Cáceres\*\***

Diseñadora en ecodiseño.cl  
madic2004@hotmail.com

**Javier Mauricio Martínez Gómez\*\*\***

Director de Escuela Diseño Industrial Universidad Industrial de Santander  
javimar@uis.edu.co

La humanidad enfrenta en la actualidad problemas ambientales sin precedentes, consecuencia de un modelo económico lineal insostenible, basado en el crecimiento infinito, que ha aumentado la desigualdad y el agotamiento ambiental. En respuesta, la Organización de Naciones Unidas (ONU) ha puesto como meta alcanzar el desarrollo sostenible, lo cual significa "(...) satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (...)" (Comisión Mundial de Medio ambiente y Desarrollo, 1987, p.23).

El modelo económico actual genera impactos ambientales a gran escala, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final de los productos generados. Se estima que el 80% de la carga ambiental de un producto se determina en la fase de diseño (AENOR, 1998). La concepción de los productos compete a diversas profesiones, pero en gran medida al diseño industrial, pues este perfila las características del producto.

---

\* Artículo derivado del trabajo de grado realizado por María Alejandra Díaz Cáceres en la Universidad Industrial de Santander, por el cual se obtuvo el título de Diseñadora Industrial. Dirigido por Javier Mauricio Martínez Gómez y Miguel Enrique Higuera. Código DI28783/. Diciembre de 2014.

\*\* Diseñadora Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Diseñadora en Ecodiseño.cl

\*\*\* Doctor en Sistemas de Producción y Diseño Industrial, del Politécnico de Turín; Master en Informática e ingeniería de software, Especialista en Gestión y evaluación de proyectos y Diseñador Industrial, de la Universidad Industrial de Santander; Director de la Escuela de Diseño Industrial Universidad Industrial de Santander.

Como respuesta a esta urgencia de cambio, el ecodiseño o diseño para la sostenibilidad se enfoca en suministrar al diseñador metodologías y herramientas necesarias para generar productos y servicios menos impactantes con el medio ambiente. Existen múltiples métodos y herramientas que permiten cumplir esta función, como por ejemplo: el análisis de ciclo de vida (LCA), el Análisis de riesgo ambiental (ERA), el Despliegue de la Función de Calidad Ambientalmente Consiente (ECQFD), las Estrategias de diseño del ciclo de vida (LiDS), la Teoría inventiva de Resolución de Problemas (TRIZ), solo por nombrar algunos.

LCA es una de las metodologías más confiables en ecodiseño, pues permite determinar cuantitativamente el impacto ambiental que genera un producto a lo largo de su ciclo de vida, el cual comprende: extracción de materia prima, producción, transporte, venta, uso y disposición final. El LCA analiza las entradas (materia prima, agua, energía, mano de obra, recursos, etc.) y salidas (producto final, empaque, desechos, emisiones, etc) de un sistema productivo (Capuz, et al, 2004). El conocer el impacto ambiental generado en el ciclo de vida de un producto permite determinar los puntos críticos del sistema y vislumbrar los cambios de diseño fomentadores de su disminución.

Diversas herramientas informáticas facilitan dicha metodología, cuantifican la carga ambiental de los procesos y materiales utilizados para la producción de un objeto y proponen parámetros e indicadores que dan cuenta del impacto ambiental generado. Al implementar estas herramientas y promover la

práctica el enfoque de ciclo de vida, las escuelas de diseño industrial tienen la oportunidad de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje y generar en sus estudiantes un factor de cambio hacia la sostenibilidad.

Este estudio desarrolla, en primer lugar, una reflexión crítica del estado actual de la enseñanza del ecodiseño y la sostenibilidad en un caso estudio: la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander (EDIUIS). Seguidamente, se realiza un análisis de las herramientas y métodos de LCA para determinar su conveniencia dentro del modelo propedéutico y la estructura pedagógica de la EDIUIS, y así integrar la enseñanza del LCA con un conjunto de herramientas informáticas que se ajusten a los objetivos educativos del programa.

## Marco teórico

El desarrollo sostenible es considerado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo como aquel que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial de Medio ambiente y Desarrollo, 1987). McMichael, Butler y Folke definen la sostenibilidad como la transformación del estilo de vida humano para maximizar las oportunidades de que las condiciones sociales y medioambientales sustenten indefinidamente la seguridad humana, el bienestar y la salud (McMichael, Butler, & Folke, 2003). Ehrenfeld define la sostenibilidad como la posibilidad de que todas las formas de vida florezcan por siempre (Ehrenfeld, 2005). Por otra parte White realizó un estudio para

definir la sostenibilidad, analizando más de 103 significados; entre otros, los tres dados anteriormente y concluye que “La sostenibilidad continúa siendo un concepto elusivo. Significa diferentes cosas para diferentes personas y es difícil de definir. (...) Si la sostenibilidad es algo, es una visión del futuro” (White, 2013, p. 227).

Por otro lado, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el ecodiseño tiene como objetivo mejorar las ganancias, la competitividad y reducir impactos ambientales de un producto o servicio. También abarca aspectos como el componente social de la sostenibilidad y la necesidad de desarrollar nuevas maneras de satisfacer las necesidades del consumidor de una forma menos intensiva con respecto a recursos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2007).

Dentro de la bibliografía de metodologías de ecodiseño se encuentra que Ciceri, Garetti y Terzi definen el ciclo de vida como aquel que indica el completo rango de fases que se reconocen como etapas independientes que se pasan/siguen/completan por un producto, desde su concepción hasta su fin de uso (Cieri, Garetti, & Terzi, 2009). Asimismo, Glavič y Lukman definen el Análisis de Ciclo de Vida (LCA) como el proceso de desarrollo del producto que tiene en cuenta el completo ciclo de vida y considera aspectos medioambientales en todas las etapas de un sistema enfocado en el producto, que permite identificar los cambios para disminuir el impacto ambiental generado a través de ese ciclo de vida (Glavič & Lukman, 2007).

Otra de las metodologías

implementadas en ecodiseño es el Despliegue de la Función de Calidad Ambientalmente Consiente (ECQFD). Esta metodología introduce requerimientos y parámetros ambientales en el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para manejar la calidad del producto y su factor ambiental al mismo tiempo, como lo definen Masui, Sakao, Kobayashi e Inaba, para ser aplicado en las etapas iniciales del producto (Masui, Sakao, Kobayashi & Inaba, 2003). Para comprender la manera de aplicar ECQFD se revisaron los textos de Vinodh y Gopinath (Vinodh & Rathod, 2010) y Bereketli y Genevois (Bereketli & Genevois, 2013).

Además de LCA y ECQFD se hizo una revisión a la metodología propuesta por Brezet & van Hemel en el manual PROMISE, metodología compuesta por siete fases, además de ocho grupos de estrategias encaminadas a la ideación de productos más amigables con el medio ambiente (van Hemel & Brezet, 1997). Esta metodología también se conoce como Estrategias de diseño del ciclo de vida (LIDS). Las ocho estrategias son: desarrollo de nuevos conceptos, selección de materiales de bajo impacto, reducción de uso de materiales, optimización de las técnicas de producción, optimización de los sistemas de distribución, reducción del impacto ambiental durante el uso, optimización de la vida del producto y del fin de vida del sistema (Capuz et al., 2004).

Finalmente, se hizo una revisión de bibliografía de discusión a manera de marco de referencia de estudios que tuviesen objetivos o conclusiones afines al presente proyecto y que permitiesen soportar, confirmar y



controvertir las conclusiones referidas en la sección de discusión. Entre ellas se encuentra el modelo de diseño sostenible de Howarth y Hadfield, implementado en una escuela de diseño industrial de la Universidad de Bournemouth (Howarth & Hadfield, 2006) y el marco de herramientas de ecodiseño soportado en un prototipo de herramienta web, de Lofthouse, implementado en la Universidad de Loughborough (Lofthouse, 2006).

## Metodología

Se realizó un estudio de caso en la Universidad Industrial de Santander (UIS), universidad pública ubicada en el oriente colombiano, en el departamento de Santander. Ocupa el octavo puesto a nivel nacional en el ranking de las mejores universidades, realizado por Quacquarelli Symonds (Quacquarelli Symonds, 2014), y desde 1985 ofrece la carrera de diseño industrial, en la Escuela de Diseño Industrial (EDIUIS).

En primer lugar, para lograr mejor comprensión de modelos y herramientas de ecodiseño se realizó una revisión bibliográfica cuyo resultado permitió la conceptualización y el marco teórico. Para valorar la enseñanza del ecodiseño en la EDIUIS se implementaron métodos de investigación cuantitativa y cualitativa como vías de recolección de datos. Asimismo, se realizó una triangulación de las fuentes y los métodos para tener como resultado un cuadro de fortalezas y debilidades de la EDIUIS en ecodiseño y un conjunto de reflexiones y sugerencias que surgieron de la observación contextual.

Se realizaron dos entrevistas y una encuesta. Se entrevistó a seis profesores, de los 15 profesores de

planta pertenecientes a la EDIUIS y 17 Profesores cátedra. Para la valoración de las respuestas se usaron escalas cualitativas de tipo nominal y ordinal. Igualmente, se realizó una entrevista a cinco de los nueve estudiantes que cursaron la asignatura ecodiseño en el primer periodo académico de 2014, mientras que a los estudiantes que cursaron la asignatura en semestres anteriores participaron en una encuesta en línea, donde se buscó una ponderación cuantitativa obtenida de la identificación de categorías cualitativas. Se recibieron 43 respuestas de los aproximadamente 300 estudiantes que habían visto la asignatura, hasta la fecha.

A partir del análisis del marco teórico y los resultados obtenidos de las entrevistas y encuestas se proponen algunas alternativas de diseño de un modelo particular para la EDIUIS. Las sugerencias obtenidas sirvieron como criterios para su evaluación. Por último, gracias a la identificación de las fortalezas y debilidades, se logró proponer una serie de estrategias de enseñanza del modelo LCA acordes a las necesidades de la EDIUIS.

## Resultados

### Sobre la enseñanza del ecodiseño en la ediuís

### Debilidades

Respecto al plan de estudios de Diseño Industrial:

- La única materia que aborda directamente el tema de sostenibilidad es la materia ecodiseño, que se encuentra en el nivel VII del currículo y no posee prerrequisito de ninguna

otra materia. Las demás materias no abordan la sostenibilidad como factor de diseño, a menos que el estudiante así lo elija.

Respecto a las entrevistas y encuesta:

- Todos los profesores y alumnos señalaron debilidades y fallos en la enseñanza del ecodiseño, concluyendo que es necesario una revisión y replanteamiento de la manera de enseñar el tema.
- Dos de los seis profesores y todos los estudiantes entrevistados consideraron que la materia Ecodiseño es insuficiente para cubrir todos los temas de sostenibilidad y se encuentra aislada de las ramas principales de la carrera.
- Se percibe una falta de conocimientos por parte de los estudiantes en los temas de ecodiseño y sostenibilidad, evidenciado en que 3 de cada 5 entrevistados no conocían la relación entre los dos términos.
- Cuando se le preguntó a los profesores cuál era el objetivo de su materia, ninguno de ellos refirió tocar el tema de la sostenibilidad en su taller de diseño como argumento principal. Aun así, tres de ellos expresaron que se incluían algunos temas relacionados con el desarrollo sostenible como reducción, reciclaje o reuso.
- El 70% de los alumnos encuestados afirmaron no haber visto temas de sostenibilidad en otra materia antes de ecodiseño.
- Se evidenció una insatisfacción por

la incongruencia entre la enseñanza del ecodiseño y la exigencia de resultados objetuales en el proceso académico, ya que los prototipos convierten en basura una vez se realiza el proceso de evaluación.

Respecto a la revisión del programa de Ecodiseño:

- Aunque una de las competencias manifiestas en el programa de ecodiseño es “El estudiante conoce y aplica la normatividad medioambiental existente en los procesos de concepción, diseño, fabricación y utilización de producto”. En la materia ecodiseño, la enseñanza de legislación en sostenibilidad no se evidencia de manera explícita. Ninguno de los estudiantes entrevistados hizo mención a aspectos de reglamentación ambiental.
- Las metodologías expuestas en la materia ecodiseño son desmaterialización, ACV (Análisis de ciclo de vida), QFD (Quality function deployment), AMFE (Análisis modal de fallos y efectos), LiDS (PROMISE), Pareto y PLM (Product Lifecycle Management). Al respecto, los estudiantes entrevistados aseguraron conocer estas herramientas con la siguiente frecuencia: Desmaterialización 4/5, ACV 5/5, QFD 2/5, AMFE 1/5. Las demás no fueron mencionadas.

Aunque el plan de estudios hace referencia a varios textos, no son obligatorios ni se usan en el proceso de enseñanza. Al respecto, tres de los cinco estudiantes aseguraron necesitar de un libro guía.

## Fortalezas

Respecto al perfil del egresado:

26

El perfil del egresado sostiene que el diseñador industrial de la UIS debe ser un individuo “con elevados valores éticos y morales; con sentido de responsabilidad, práctico y económico, y que, a través de su capacidad creativa de análisis y síntesis, le permita tomar decisiones acertadas; y asumir posiciones de dirección, administración y liderazgo en la empresa y la sociedad.” (Universidad Industrial de Santander, 2012, p.34).

Respecto a las entrevistas y encuesta:

Los profesores consideran que el diseñador industrial está llamado a ser el líder del proceso de desarrollo de productos, aportando una visión holística, integral y sistémica del problema.

Tres de los seis profesores entrevistados expresaron que el egresado EDIUIS ha desarrollado una conciencia en lo sostenible, de manera “natural” a pesar de no ser el enfoque principal de la carrera.

Todos los profesores entrevistados reconocen la necesidad de fomentar el desarrollo sostenible desde la academia. De igual manera, todos los estudiantes coincidieron en la importancia de aplicar el ecodiseño. En promedio, los estudiantes encuestados calificaron como 4,63/5 la responsabilidad del diseñador industrial en la sostenibilidad.

Todos los profesores entrevistados consideran que es necesaria una planeación estratégica integrada de la

enseñanza de la sostenibilidad en la EDIUIS, por considerarla inexistente.

Todos los profesores coincidieron en que el tema de sostenibilidad debe verse en un nivel menor del plan de estudios. Cuatro de los seis profesores dijeron que desde primer nivel y los restantes dijeron que a partir de cuarto nivel.

Tres de los seis profesores consideran que es necesaria una mayor formación del cuerpo docente en el tema de desarrollo sostenible. Los tres restantes sostienen que el plantear requerimientos de sostenibilidad en los proyectos depende del docente. Esto indica que, según los profesores entrevistados, la enseñanza de la sostenibilidad está centrada en la educación y perspectiva de los docentes.

## Sugerencias

En esta sección cabe resaltar la importancia de las cuatro dificultades principales identificadas por los profesores: la transversalidad versus la linealidad de la enseñanza, la necesidad de preparar a los profesores en el ámbito de ecodiseño, la falta de tiempo en los talleres y la incongruencia entre políticas de gestión ambiental y enseñanza del ecodiseño.

Al respecto, se sugiere realizar una revisión conjunta que incluya a todos los profesores de la EDIUIS y los representantes estudiantiles, revisión que tenga en cuenta el presente trabajo y ponga a consideración las ventajas y desventajas anteriormente identificadas. Como apoyo se recopilan los siguientes puntos de revisión, sugeridos por docentes y estudiantes:



Revisar la forma de tratar los fundamentos de sostenibilidad. La transversalidad significa llevar el proceso académico desde los niveles iniciales del programa (p.ej. en los talleres de diseño I y II) y aumentar paulatinamente la profundidad de los contenidos; la linealidad implica aumentar el número de materias de ecodiseño y sostenibilidad a través del pensum.

Revisar los planes de capacitación del cuerpo docente para que se incluyan en las clases temas de sostenibilidad.

Revisar los posibles mecanismos para implementar estrategias de enseñanza de la sostenibilidad tales como: el uso de textos guías de trabajo, visitas a empresas que implementen el ecodiseño y trabajo interdisciplinar con otras carreras, ligadas a la sostenibilidad.

Revisar la posible reestructuración de la gestión ambiental de la escuela y de la universidad (p.ej. con el programa de manejo de residuos de la UIS y el sistema de gestión ambiental). Con especial énfasis en la destinación final de los trabajos entrega y la exigencia de resultados objetuales como son los prototipos en los talleres de diseño.

### **Diseño y evaluación de los modelos**

De conformidad con lo contemplado en el marco teórico, se identificaron tres métodos de mejor ambiental de producto y son frecuentemente utilizados en la academia (Charter & Tischner, 2001): LCA, ECQFD y LiDS. Estos tres métodos son compatibles entre sí y permiten identificar puntos susceptibles de mejora en la reducción de impacto ambiental.

De igual manera, se identificó que la herramienta mejor utilizada en el contexto EDIUIS es SolidWorks y por lo tanto, es aconsejable implementarla como la herramienta informática de soporte a los modelos propuestos. SolidWorks SustainabilityXpress es el módulo de sostenibilidad incluido en SolidWorks 2010, permite ver información LCA de las piezas individuales modeladas en ésta herramienta CAD (SolidWorks, 2014).

El modelo 1 consta de la implementación del modelo de LCA propuesto en la ISO 14040 (AENOR, 1998), que propone como pasos la definición del objetivo y alcance, seguido del inventario de ciclo de vida (LCI) y el análisis del inventario de ciclo de vida (LCIA) que se realiza con la ayuda del *software SolidWorks*. Este análisis es interpretado y permite tomar decisiones que disminuyan el impacto ambiental, las cuales son evaluadas en tiempo real en el software. De no confirmarse una mejora del factor sostenible del producto, se retoma el modelo de manera iterativa. El modelo se encuentra diagramado en la Figura 1.

El modelo 2 se basa en el modelo ECQFD propuesto por Bereketli y Genevois ((Bereketli & Genevois, 2013) que está compuesto por tres fases. Luego de la identificación de las necesidades del cliente, tomada de la lista provista por los autores y la determinación del peso de cada una de ellas, la fase I compara las métricas ingenieriles con las necesidades del cliente. Esto permite identificar cuáles métricas se relacionan en mayor grado con las necesidades identificadas. La fase II compara estas métricas con las partes del producto, indicando qué partes son más susceptibles a dar una

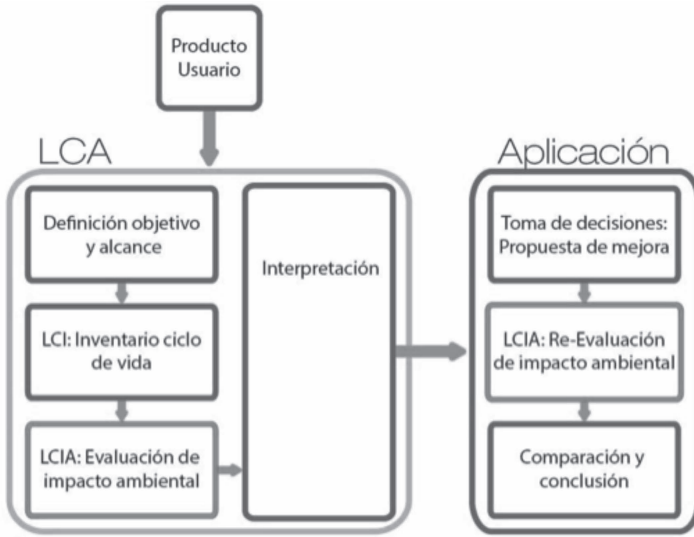


Figura 1 Modelo 1: Modelo LCA asistido por SolidWorks Sustainability

respuesta positiva en relación con las necesidades al ser modificadas. En la fase III las partes se relacionan con las estrategias de mejora proporcionadas por Bereketli y Genevois (2013). De esta manera se identifica cuál estrategia de mejora es aplicada a una componente del producto y cómo su relación una métrica ingenieril puede responder en mayor grado a las necesidades del cliente. Al igual que en el modelo

anterior, se toma una decisión en este aspecto y la disminución del impacto ambiental es confirmada por medio del módulo de sostenibilidad. De no confirmarse una mejora del factor sostenible del producto, se retoma el modelo de manera iterativa. El modelo se encuentra diagramado en la Figura 2.

El modelo 3 está basado en la

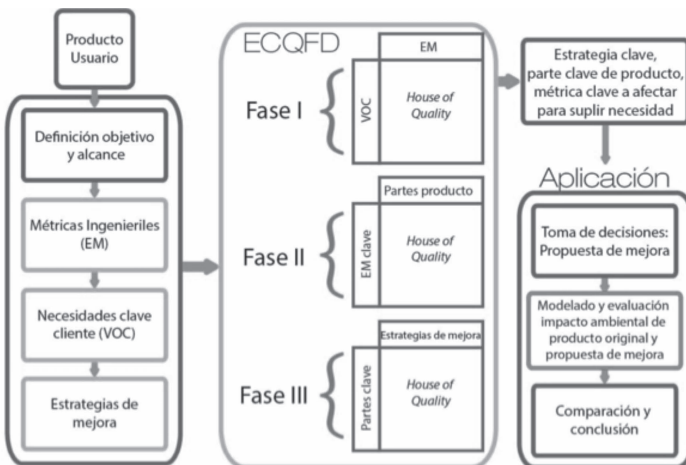


Figura 2. Modelo 2: Modelo ECQFD asistido por SolidWorks Sustainability

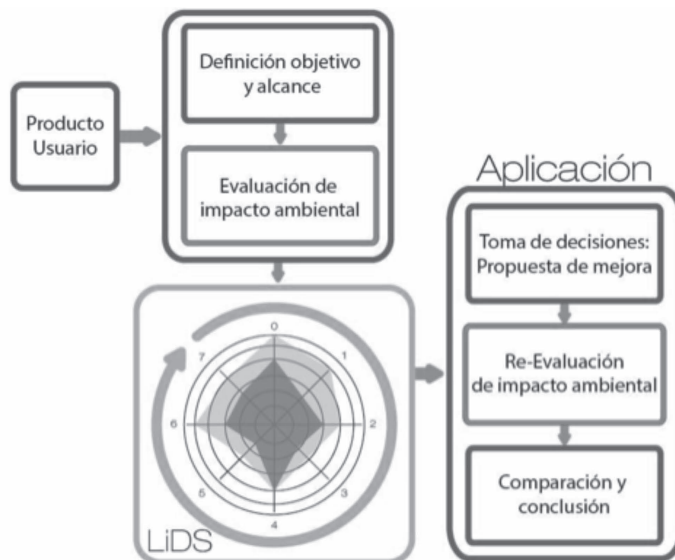
implementación de LiDS, propuesto en el manual PROMISE de Brezet & van Hemel (van Hemel & Brezet, 1997). El modelo inicia con la definición de los objetivos y alcances, se pasa a hacer un análisis de impacto ambiental inicial en SolidWorks. Paso seguido, se identifica cuál de las ocho estrategias de LiDS puede tener el mejor impacto positivo en el rediseño, y se aplica. La propuesta de mejora se analiza con ayuda del software de sostenibilidad de SolidWorks, validando la efectividad de la decisión tomada. De no confirmarse una mejora del factor sostenible del producto, se retoma el modelo de manera iterativa. El modelo se encuentra diagramado en la Figura 3.

Los tres modelos fueron evaluados en concordancia con el contexto EDIUIS y un caso de evaluación de un producto. Esta evaluación concluyó que el modelo 1 provee un balance apropiado entre tiempo de uso y disminución de impacto ambiental.

Debido a que LCA es aceptado ampliamente como la forma más importante de integrar conceptos y necesidades ambientales en el desarrollo del producto, como lo afirman Veshagh y Obagun (Veshagh & Obagun, 2007) además se considera esencial en la fase de toma de decisiones (Chang, Lee & Chen, 2014). El modelo 1 fue elegido para ser implementado con mayor prioridad que las otras alternativas. Cabe mencionar que todas las alternativas son modelos compatibles y pueden aplicarse en diferentes estadios de los proyectos académicos de diseño industrial para multiplicar el efecto de mejora ambiental.

### Propuesta de enseñanza del modelo final

Uno de los resultados de la valoración de la enseñanza del ecodiseño en la EDIUIS fue la necesidad de revisar la manera en la cual se enseña el ecodiseño. Existen



**Figura 3.** Modelo 3: Modelo LiDS asistido por SolidWorks Sustainability

tres escenarios de cambio diferentes: el primero, fortaleciendo la materia de ecodiseño existente; el segundo, aumentando el número de materias relacionadas y/o con énfasis en ecodiseño; y el tercero, integrando la enseñanza del ecodiseño como componente curricular de todos los talleres de diseño.

30

Este tercer escenario requiere un proceso de cambio curricular, que está programado para finales el año 2016; por lo tanto, el presente estudio propone los planes de estudio aplicables a los dos primeros escenarios, que servirán como preámbulo al cambio curricular.

Cada propuesta se vale del diagnóstico SQA, el cual se compone de tres preguntas que el estudiante debe plantearse a modo reflexivo: ¿Qué sé? ¿Qué quiero aprender? y ¿Qué aprendí? En la primera clase del

semestre se realizan las dos primeras preguntas y al final del semestre la primera y la última; de tal forma que el profesor cuenta con puntos de referencia para una evaluación previa y posterior a la materia. Este diagnóstico se realiza con el objetivo de mejora continua de la materia.

### El modelo en la materia ecodiseño

El semestre académico en la EDIUIS tiene una duración de 16 semanas y la materia ecodiseño tiene una intensidad horaria semanal de 9 horas, distribuidas de la siguiente manera: 3 horas de trabajo con el docente, es decir, clase presencial, y 6 horas de trabajo independiente por parte del estudiante. En la Tabla 1 se presenta la propuesta de contenidos, programación y evaluación en las 16 semanas del semestre.

**Tabla 1.** Propuesta plan de estudios ecodiseño

ECODISEÑO				
Semana	Actividad de clase	Trabajo independiente asignado	Evaluación	%
1	Introducción, diagnóstico o SQA	Documental HOME	Texto de opinión	5%
2	Clase magistral: Sostenibilidad, economía, ecología e historia	Leer Cradle to Cradle de Braungart y McDonough		
3	Ecodiseño, ingeniería ambiental, cradle to cradle y economía de servicios			
4	Clase teórica: D4X, 3R, ciclo	Leer artículo Glavic y		
5	Previo temas vistos		Previo 2	5%
6	Introducción proyecto modelo LCA	Definir objetivos y alcances (Protocolo)		
7	Clase teórica: LCI M	odelo LCI producto	Protocolo	5%

8	Clase teórica:ECQFD, LiDS, AMFE			
9	Clase teórico práctica uso de SolidWorks Sustainability	Elaboración análisis de impacto en SolidWorks Sustainability (SW)		
10	Revisión LCI y asesoría SolidWorks Sustainability	Propuesta de mejora (Alternativas)		
11	Asesoría de mejoras (Alternativas)		Informe SolidWorks Sustainability	10%
12	Revisión alternativas de mejora y selección de propuesta	Modelado y análisis en SW de propuesta elegida		
13	Asesorías individuales	Anteproyecto		
14	Entrega de anteproyecto		Anteproyecto	15%
15	Asesorías individuales	Prototipo final y presentación		
16	Entrega final y sustentación		Entrega final	40%

### Los modelos en las materias ecodiseño

Teniendo en cuenta la posibilidad de ampliar la materia ecodiseño a una rama o componente curricular de Diseño sostenible, se propone una adición de dos materias más al currículo, de tal forma que se puedan abarcar más temas con mayor

profundidad e implementar los tres modelos propuestos (LCA, ECQFD, LiDS). A continuación se presentan los planes de estudio de las tres materias.

El proyecto LiDS consiste en dar a la clase el mismo objeto a rediseñar. Se divide el salón en 8 grupos y se asigna a cada grupo una de las 8 estrategias LiDS a implementar y presentar una propuesta de mejora (Tabla 2).

**Tabla 2.** Propuesta plan de estudios ecodiseño I

**ECODISEÑO I**

Semana	Actividad de clase	Trabajo independiente asignado	Evaluación	%
1	Introducción, diagnóstico SQA	Documental HOME	Texto de opinión	10%
2	Historia del desarrollo sostenible	Leer Desarrollo a escala humana de Max-Neef		
3	Foro: Desarrollo a escala humana		Participación en foro	5%
4	Clase teórica: Métodos de ecodiseño			
5	Clase teórica: D4X, 3R.	Leer artículo Glavic y Lukman		
6	Previo temas vistos		Previo	25%
7	Introducción proyecto desmaterialización	Definir objeto a rediseñar		
8	Clase teórica: Métodos de desmaterialización.	Alternativas de desmaterialización		
9	Asesorías individuales. S	elección de propuesta		
10	Presentaciones proyecto desmaterialización		Presentación e informe proyecto	20%
11	Presentación proyecto LiDS.			
12	Clase teórica: LiDS	Alternativas de LiDS		
13	Asesorías grupales	Selección de propuesta		
14	Asesorías grupales			
15	Quiz LiDS			10%
16	Presentaciones de proyecto LiDS		Presentación e informe	30%



**Tabla 3.** Propuesta plan de estudios ecodiseño II

<b>ECODISEÑO II</b>				
<b>Semana</b>	<b>Actividad de clase</b>	<b>Trabajo independiente asignado</b>	<b>Evaluación</b>	<b>%</b>
1	Introducción, diagnóstico SQA	Documental obsolescencia programada	Texto de opinión	10%
2	Clase magistral: Cradle to Cradle y Economía de servicios	Leer Cradle to Cradle de Braungart y McDonough		
3	Foro: Cradle to cradle	P	articipación en foro	5%
4	Clase teórica: LCA	Leer artículo Chang, Lee y Chen		
5	Previo temas vistos		Previo 2	5%
6	Introducción proyecto modelo LCA	Definir objetivos y alcances (Protocolo)		
7	Clase teórica: LCI M	odelo LCI producto	Protocolo	5%
8	Clase teórica: Ecoindicadores			
9	Clase teórico práctica uso de SolidWorks Sustainability	Elaboración análisis de impacto en SolidWorks Sustainability		
10	Revisión LCI y asesoría SolidWorks Sustainability	Propuesta de mejora (Alternativas)		
11	Asesoría de mejoras (Alternativas)		Informe SW 1	0%
12	Revisión alternativas de mejora y selección de propuesta	Modelado y análisis en SW de propuesta elegida		
13	Asesorías individuales	Anteproyecto		
14	Entrega de anteproyecto		Anteproyecto	15%
15	Asesorías individuales	Prototipo final y presentación		
16	Entrega final y sustentación		Entrega final	30%

Tabla 4. Propuesta plan de estudios ecodiseño III

ECODISEÑO III				
Semana	Actividad de clase	Trabajo independiente asignado	Evaluación	%
1	Introducción, diagnóstico SQA	Documental Isla de plástico (VICE)	Texto de opinión 1	0%
2	Clase teórica: Riesgos a la salud de los materiales	Leer libro Sustainable Solutions de Charter y Tichner		
3	Clase teórico práctica: Repaso QFD			
4	Clase teórica: PLM			
5	Previo temas vistos		Previo 2	5%
6	Introducción proyecto ECQFD			
7	Asesoría selección objeto para rediseño.	Definir objetivos y alcances (Protocolo)		
8	Clase teórica: ECQFD	Definición necesidades	Protocolo	10%
9	Clase teórica: SimaPro, GaBi, openLCA			
10	Asesoría: Revisión y conclusión de fases	Propuesta de mejora (Alternativas)		
11	Asesoría de mejoras (Alternativas)			
12	Revisión alternativas de mejora y selección de propuesta	Modelado y análisis en SW de propuesta elegida		
13	Asesorías individuales	Anteproyecto		
14	Entrega de anteproyecto		Anteproyecto	15%
15	Asesorías individuales	Prototipo final y presentación		
16	Entrega final y sustentación		Entrega final	40%

### Conclusiones

Una de las fortalezas del presente estudio se evidenció a partir de su realización, pues generó espacios de reflexión en la comunidad universitaria: estudiantes, profesores y egresados. Producto de esta reflexión, el profesor de la materia ecodiseño, por iniciativa

propia y con el acompañamiento de los investigadores del presente proyecto, realizó un cambio sustancial al programa de la materia para el segundo semestre de 2014. Este cambio, a su vez, fue utilizado como base para la propuesta expuesta en este trabajo (Tabla 1). La reflexión continúa con los estudiantes, quienes

manifestaron satisfacción por haber participado en el estudio con sus opiniones y propuestas, además de expresar interés por conocer los resultados del presente estudio.

En segundo lugar, la valoración del estado actual de la enseñanza del ecodiseño permitió establecer el contexto en el cual se encuentra la EDIUIS en percepción, enseñanza y apropiación del conocimiento sobre ecodiseño. Todos los actores consultados en la EDIUIS coincidieron en la necesidad e interés de hacer la reflexión y el replanteamiento de la enseñanza del ecodiseño en la escuela. El estudio evidenció una falta general de conocimientos por parte de los estudiantes sobre los métodos y herramientas existentes en ecodiseño. En contraste, los actores consultados perciben que el diseñador industrial tiene responsabilidad directa con la sostenibilidad, contrario a los hallazgos por Howarth y Hadfield (2006, p.1128), quienes encontraron “preocupante la falta de conciencia de muchos jóvenes diseñadores en los temas de sostenibilidad, dado que perciben ésta responsabilidad como de alguien más”. (Howarth & Hadfield, 2006).

La mencionada valoración permitió hallar que la necesidad de una revisión conjunta de la comunidad académica con miras a determinar si la enseñanza del ecodiseño debe hacerse de manera lineal, transversal o conjugada, por medio de la planeación estratégica integrada de la enseñanza de la sostenibilidad en la EDIUIS. Esta revisión debe incluir la capacitación docente en sostenibilidad y la gestión ambiental y tratamiento de residuos

propios de la actividad académica; esto, con el objetivo de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica y reforzar la enseñanza del ecodiseño con el ejemplo.

En tercer lugar, las alternativas de modelo de ecodiseño se fundamentaron en el marco teórico y el contexto de la EDIUIS. Estas permitieron integrar el software de análisis de ciclo de vida (SolidWorks Sustainability) con tres metodologías de ecodiseño: LCA, ECQFD y LiDS. Todos estos modelos han sido ampliamente utilizados y pueden combinarse para llegar a generar propuestas de diseño más sostenibles, tanto en la academia como en la industria.

Finalmente, se propone a la comunidad académica dos escenarios de enseñanza del ecodiseño, que se espera sean validados y que generen una reflexión general sobre la enseñanza de la sostenibilidad en la EDIUIS.

Las competencias desarrolladas con este tipo de estrategias pedagógicas muestran una tendencia positiva en la toma de decisiones orientadas hacia la sostenibilidad, dotando a los profesionales de herramientas que integren factores ambientales en el proceso de diseño de manera práctica, articulando guía, información y educación, tal como lo sostienen anteriores estudios (Lofthouse, 2006). Aumentar la conciencia sostenible en la academia, enseñando la importancia y aplicabilidad del ecodiseño, permite responder a uno de los principios de Hannover (citado en Mc Donough, 1992): Buscar mejoramiento constante a través del compartir del conocimiento.

## Referencias

AENOR (1998). Norma UNE-EN ISO 14040:1998. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructura.

Bereketli, I. & Genevois, M. E. (2013). An integrated QFDE approach for identifying improvement strategies in sustainable product development. *Journal of cleaner production* (54), 188-198.

Capuz, S., Gómez, T., Vivancos, J. L., Viñoles, R., Ferrer, P., López, R. Y Bastante, M. J. (2004). *Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Valencia: Alfaomega.

36

Chang, D., Lee, C. & Chen, C. (2014). Review of life cycle assessment towards sustainable product development. *Journal of cleaner production*, Volumen 83, 2014, Páginas 48–60.

Charter, M. & Tischner, U. (2001). *Sustainable Solutions*. Sheffield: Greenleaf Publishing.

Cieri, D., Garetti & Terzi. (2009). *Product Lifecycle Management Approach for Sustainability*. Proceedings for the 19th CIRP Conference.

Comisión Mundial de Medio ambiente y Desarrollo (1987). *Nuestro futuro común*. Oxford: Oxford University Press.

Ehrenfeld, J. (2005). The roots of sustainability. *MIT Sloan Management Review*, 46(2), 23-25.

Glavič, P. & Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, Volumen 15, 2007, 1875 - 1885.

Howarth, G. & Hadfield, M. (2006). A sustainable product design model. *Materias & Design* (27), 1128-1133.

Lofthouse, V. (2006). Ecodesign tools for designers: Defining the requirements. *Journal of Cleaner Production* (14), 1386-1395.

Masui, K., Sakao, T., Kobayashi, M., & Inaba, A. (2003). Applying quality function deployment to environmentally conscious design. *International Journal of Quality & Reliability Management* (20), 90-106.

Mc Donough, W. (1992). *The Hannover Principles*. Charlottesville: William McDonough Architects.

McMichael, A., Butler, C. & Folke, C. (2003). New visions for addressing sustainability. *Science* (302), 1919-1920.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2007). *Diseño para*

---

la sostenibilidad: Un enfoque práctico para las economías en desarrollo. Bonn: Delft University of Technology.

Quacquarelli Symonds (2014). QS Latin American Universities. Recuperado de [http://www.topuniversities.com/university-rankings/latin-american-university-rankings/2014#sorting=rank+region="+country=357+faculty="+stars=false+search=](http://www.topuniversities.com/university-rankings/latin-american-university-rankings/2014#sorting=rank+region=)

SolidWorks (2014). SolidWorks sustainability software. Recuperado de <http://www.solidworks.es/sustainability/sustainability-software.htm>

Universidad Industrial de Santander (2012). Estatuto General. Bucaramanga: Ediciones UIS.

37

van Hemel, C. & Brezet, H. (1997). Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. UNEP Industry and Environment.

Veshagh, A. & Obagun, A. (s.f.). Survey of sustainable life cycle design and management. En: *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Buisnesses* (pp. 237-242). Londres: Springer.

Vinodh, S. & Rathod, G. (2010). Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design. *Journal of cleaner production* (18), 833-842.

White, M. (2013). Sustainability: I know it when I see it. *Ecological Economics* (36), 213-217.