

**MODELO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO ASISTIDO POR  
HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS, COMO SOPORTE A LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA  
DE ECODISEÑO EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS**

**MARÍA ALEJANDRA DÍAZ CÁCERES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2014**

**MODELO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO ASISTIDO POR  
HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS, COMO SOPORTE A LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA  
DE ECODISEÑO EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS**

**MARÍA ALEJANDRA DÍAZ CÁCERES**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Diseñador Industrial**

**Director**

**JAVIER MAURICIO MARTÍNEZ GÓMEZ**

**Diseñador Industrial**

**Codirector**

**MIGUEL ENRIQUE HIGUERA**

**Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2014**

*A mi madre, con todo mi amor y admiración.*

*A Jorge Durán, nos vemos en el mundo de las ideas, loco.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a Flor de María Cáceres Manrique, quien ha estado siempre para mí, gracias mamá por tu paciencia y amor.

Agradezco a Luis Alfonso Díaz Martínez, gracias papá por apoyarme en todo momento y estar ahí cuando más te necesito.

Agradezco a Javier Mauricio Martínez Gómez. Llamarte amigo es una bendición, gracias por tu incansable apoyo.

Agradezco al equipo EcodAI, en especial a Alejandro Chacón, por la oportunidad de conocer gente maravillosa e iniciar mi camino por el ecodiseño.

Agradezco a mi familia, a mi hermana Margarita y a las Ovejas Negras. Son mi apoyo y orgullo.

Y finalmente agradezco a la UIS, mi segunda familia, que siempre llevaré en el corazón.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	16
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.1. Título.....	18
1.2. Objetivo general .....	18
1.3. Objetivos específicos .....	18
1.4. Descripción del proyecto .....	18
1.5. Propuesta de valor .....	18
1.6. Alcance del proyecto .....	18
1.7. Impacto esperado.....	19
2. MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.1.1. Introducción histórica .....	20
2.1.2. El hombre enfrenta los retos ambientales.....	22
2.2. Revisión bibliográfica .....	27
2.3. Conceptos clave .....	28
2.3.1. Desarrollo .....	28
2.3.2. Sostenibilidad .....	30
2.3.3. Ecoeficiencia y Ecoeficacia .....	32
2.3.4. Ecología Industrial y <i>Cradle to Cradle</i> (de la cuna a la cuna).....	33
2.3.5. Design for X.....	37
2.3.6. Ecodiseño.....	37
2.4. Revisión del estado del arte .....	38
2.4.1. Métodos de Análisis de Ciclo de Vida y Ecodiseño .....	38
2.4.2. Herramientas informáticas .....	42
3. METODOLOGÍA.....	47
3.1. Investigación cuantitativa y cualitativa .....	47
3.2. Metodología: Objetivos específicos, tareas y resultados.....	48
3.3. Consideraciones éticas .....	50
4. CAPÍTULO I: LA ENSEÑANZA DEL ECODISEÑO EN LA EDIUIS .....	51
4.1. Introducción .....	51
4.1.1. La Universidad Industrial de Santander .....	51

4.1.2. La Escuela de Diseño Industrial UIS.....	52
4.1.3. La asignatura Ecodiseño.....	54
4.1.4. Las estrategias de enseñanza .....	55
4.2. Formatos .....	55
4.2.1. Entrevista a profesores .....	55
4.2.2. Entrevista a alumnos.....	56
4.2.3. Encuesta a alumnos.....	57
4.3. Análisis de datos .....	58
4.3.1. Entrevista a profesores .....	58
4.3.2. Entrevista a alumnos.....	63
4.3.3. Encuesta a alumnos.....	65
4.4. Resultados.....	66
4.4.1. Debilidades.....	66
4.4.2. Fortalezas.....	67
4.4.3. Sugerencias .....	68
5. CAPÍTULO II: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELO LCA.....	69
5.1. Modelo 1: LCA.....	70
5.1.1. Definición producto usuario.....	71
5.1.2. Definición objetivo y alcance.....	71
5.1.3. LCI: Inventario ciclo de vida.....	72
5.1.4. LCIA: Evaluación de impacto ambiental.....	72
5.1.5. Interpretación.....	72
5.1.6. Toma de decisiones y Re-Evaluación de impacto ambiental.....	73
5.1.7. Comparación y conclusión .....	73
5.2. Modelo 2: ECQFD .....	73
5.2.1. Definición producto usuario.....	74
5.2.2. Definición objetivo y alcance.....	74
5.2.3. Necesidades clave del cliente (VOC).....	75
5.2.4. Métricas ingenieriles (EM).....	75
5.2.5. Estrategias de mejora.....	76
5.2.6. Fases de ECQFD.....	76
5.2.7. Toma de decisiones y Evaluación de impacto ambiental.....	77
5.2.8. Comparación y conclusión .....	77
5.3. Modelo 3: LiDS.....	77

5.3.1. Definición producto usuario.....	78
5.3.2. Definición objetivo y alcance.....	78
5.3.3. Evaluación de impacto ambiental.....	78
5.3.4. Aplicación de LiDS.....	78
5.3.5. Toma de decisiones y Re-Evaluación de impacto ambiental.....	79
5.3.6. Comparación y conclusión.....	79
5.4. Uso de <i>SolidWorks Sustainability</i> .....	79
5.5. Evaluación de los modelos.....	83
5.5.1. Modelo 1: LCA.....	85
5.5.2. Modelo 2: ECQFD.....	87
5.5.3. Modelo 3: LiDS.....	89
5.5.4. Comparación de impactos ambientales.....	91
5.6. Resultados.....	91
6. CAPÍTULO III: PROPUESTA DE ENSEÑANZA DEL ECODISEÑO.....	92
6.1. Cambios en ecodiseño.....	92
6.2. Ampliación del ecodiseño (Linealidad).....	93
6.3. Integración del ecodiseño (Transversalidad).....	95
7. CONCLUSIONES.....	98
7.1. Hallazgos.....	98
7.2. Fortalezas.....	99
7.3. Limitaciones.....	100
7.4. Recomendaciones.....	100
CITAS.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS.....	106

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Países según su índice de Desarrollo Humano. Tomado de Informe sobre desarrollo humano 2014. PNUD .....	29
Ilustración 2. Agentes implicados en el Desarrollo sostenible. Concepto de Charter, M., & Tischner, U. (2001). <i>Sustainable Solutions</i> . Sheffield: Greenleaf Publishing. Adaptado por autor.....	30
Ilustración 3. Diagrama del Triple Bottom Line. Adaptado de Braungart, M., & McDonough, W. (2005). <i>Cradle to Cradle</i> . Madrid: McGraw Hill. ....	31
Ilustración 4 Adaptado de Capuz, S., et al.(2004). <i>Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles</i> . Valencia: Alfaomega. ....	33
Ilustración 5. Diagrama de Ecología Industrial complementado. Fuente: Autor.....	34
Ilustración 6. Diagrama <i>Cradle to Cradle</i> . Concepto de Braungart, M., & McDonough, W. (2005). <i>Cradle to Cradle</i> . Madrid: McGraw Hill. Adaptado por autor .....	35
Ilustración 7 Modelo de referencia de las fases del ciclo de vida. Adaptado de Cieri, D., Garetti, & Terzi. (2009). <i>Product Lifecycle Management Approach for Sustainability</i> . Proceedings for the 19th CIRP Conference. ....	39
Ilustración 8. Rueda de las estrategias. Adaptada de van Hemel, C., & Brezet, H. (1997). <i>Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption</i> . UNEP <i>Industry and Environment</i> . ....	41
Ilustración 9 Vista de LCA en SimaPro para la producción de maíz en Estados Unidos. Tomado de Earth Shift. (2011). <i>SimaPro LCA Features</i> . Recuperado el 9 de Septiembre de 2014, de <a href="http://www.earthshift.com/software/simapro/features">http://www.earthshift.com/software/simapro/features</a> .....	43
Ilustración 10 Modelo de reciclado expuesto en GaBi. Tomado de <a href="http://www.gabi-software.com/software/gabi-dfx/functionalities/recycling-model/">http://www.gabi-software.com/software/gabi-dfx/functionalities/recycling-model/</a> .....	44
Ilustración 11 Selección de materiales y su respectivo impacto ambiental de SolidWorks Sustainability. Tomado de <a href="http://www.solidworks.es/sustainability/design-gallery.htm">http://www.solidworks.es/sustainability/design-gallery.htm</a> .....	45
Ilustración 12 Análisis de ciclo de vida en openLCA. Tomado de <a href="https://nexus.openlca.org/dataproviders">https://nexus.openlca.org/dataproviders</a> .....	46
Ilustración 13 Diagrama de Metodología del proyecto. Fuente: Autor .....	49
Ilustración 14 Plan de estudios de diseño industrial UIS. Adaptado de <a href="http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoMecanicas/escuelas/disenolIndustrial/programasAcademicos/disenolIndustrial/planEstudios.html">http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoMecanicas/escuelas/disenolIndustrial/programasAcademicos/disenolIndustrial/planEstudios.html</a> .....	53
Ilustración 15 Estructura de modelo. Fuente: Autor. ....	69
Ilustración 16 Tomado de AENOR. Norma UNE-EN ISO 14040:1998. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructura. s.l. : AENOR, 1998. Adaptado por autor. ....	70
Ilustración 17 Modelo 1: LCA. Fuente: Autor .....	71
Ilustración 18 Modelo 2: ECQFD. Fuente: Autor .....	74
Ilustración 19 Modelo 3: LiDS. Fuente: Autor. ....	77
Ilustración 20 Iniciar <i>SolidWorks Sustainability</i> . Fuente: Autor.....	80
Ilustración 21 Selección de material en <i>SolidWorks Sustainability</i> . Fuente: Autor.....	80
Ilustración 22 Selección de proceso de producción, lugar de producción y lugar de uso en <i>SolidWorks Sustainability</i> . Fuente: Autor .....	81
Ilustración 23 Impacto medioambiental calculado por <i>SolidWorks Sustainability</i> . Fuente: Autor ....	81
Ilustración 24 Buscar material similar en <i>SolidWorks Sustainability</i> . Fuente: Autor.....	82
Ilustración 25 Seleccionar un nuevo material en <i>SolidWorks Sustainability</i> . Fuente: Autor. ....	83
Ilustración 26 Producto de prueba: Regadera de tres piezas con materiales originales. Fuente: Autor.....	84

Ilustración 27 Informe de <i>SolidWorks Sustainability</i> del producto inicial. Fuente: Autor .....	84
Ilustración 28 Informe de impacto ambiental producto inicial. Fuente: Autor .....	85
Ilustración 29 Informe <i>SolidWorks Sustainability</i> prueba modelo 1. Fuente: Autor.....	86
Ilustración 30 Informe de impacto ambiental prueba modelo 1. Fuente: Autor .....	86
Ilustración 31 Informe <i>SolidWorks Sustainability</i> prueba modelo 2. Fuente: Autor.....	88
Ilustración 32 Informe de impacto ambiental prueba modelo 2. Fuente: Autor .....	89
Ilustración 33 Rueda de LiDS. Prueba modelo 3. Fuente: Autor.....	89
Ilustración 34 Informe <i>SolidWorks Sustainability</i> prueba modelo 3. Fuente: Autor.....	90
Ilustración 35 Informe de impacto ambiental prueba modelo 3. Fuente: Autor .....	90
Ilustración 36 El proceso de diseño en la EDIUIS. Fuente: Autor .....	96
Ilustración 37 Modelo de integración de la enseñanza de la sostenibilidad. Fuente: Autor.....	97

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Vocabulario de la Revolución Industrial y de la Revolución Sostenible. Tomado de Zimmerman, J. & Mihelcic, J. (2012). Ingeniería Ambiental: Fundamentos - Sustentabilidad - Diseño. Madrid: Alfaomega.....	22
Tabla 2 Fases de un proyecto de ecodiseño. Fuente van Hemel, C., & Brezet, H. (1997). Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. UNEP.....	40
Tabla 3 Casa de la calidad ( <i>House of Quality</i> ), parte del estudio de ECQFD. Tomado de Bereketli, I., & Genevois, M. E. (2013). <i>An integrated QFDE approach for identifying improvement strategies in sustainable product development. Journal of cleaner production</i> .....	42
Tabla 4 Variables y escalas para la encuesta a alumnos. Fuente Autor.....	57
Tabla 5 <i>House of Quality</i> : Batidora eléctrica. Fuente: Autor.....	73
Tabla 6 Fase I: VOC vs. EM. Prueba modelo 2. Fuente: Autor.....	87
Tabla 7 Fase II: EM vs. Partes. Prueba modelo 2. Fuente: Autor.....	87
Tabla 8 Fase III: Partes vs. Estrategias. Prueba modelo 2. Fuente: Autor.....	88
Tabla 9 Comparación de impactos ambientales para pruebas de modelos. Fuente: Autor.....	91
Tabla 10 Evaluación de alternativas de modelo por cumplimiento de características deseables....	91
Tabla 11 Propuesta plan de estudios ecodiseño. Fuente: Autor.....	93
Tabla 12 Propuesta plan de estudios ecodiseño I. Fuente: Autor.....	94
Tabla 13 Propuesta plan de estudios ecodiseño II. Fuente: Autor.....	94
Tabla 14 Propuesta plan de estudios ecodiseño III. Fuente: Autor.....	95

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A Plan de estudios Ecodiseño Primer Semestre de 2014.....	107
Anexo B Formato de encuesta a estudiantes.....	117
Anexo C Informe de ejemplo <i>Solidworks Sustainability</i> .....	119

## RESUMEN

**TÍTULO:** MODELO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO ASISTIDO POR HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS, COMO SOPORTE A LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DE ECODISEÑO EN LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL UIS\*

**AUTOR:** MARÍA ALEJANDRA DÍAZ CÁCERES\*\*

**PALABRAS CLAVE:** ECODISEÑO, ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA), ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA, SOSTENIBILIDAD, HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS.

### DESCRIPCIÓN:

Ante los problemas ambientales que enfrenta la humanidad y la necesidad de alcanzar el desarrollo sostenible, la reflexión sobre la enseñanza del ecodiseño en las universidades es imperativa. El ecodiseño brinda al ingeniero y al diseñador las herramientas y metodologías para diseñar productos y servicios menos impactantes con el medio ambiente. La metodología de ecodiseño más holística, precisa y recomendada se conoce como análisis de ciclo de vida (LCA). En éste documento se presenta el diseño y evaluación de varios modelos de LCA asistidos por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza de ecodiseño en la escuela de diseño industrial de la UIS. Mediante triangulación de datos adquiridos por investigación mixta, se llegó a un diagnóstico del estado actual de la enseñanza del ecodiseño en la escuela y la definición de tres escenarios de mejora. Seguidamente se diseñaron y probaron en un caso estudio, una serie de modelos LCA. Según cada escenario de mejora identificado, se propuso una mejora en enseñanza de las herramientas y metodologías de ecodiseño. La participación activa de la comunidad académica y su compromiso con el cambio permite vislumbrar un escenario de mejora continua de la enseñanza universitaria y a largo plazo el logro del desarrollo sostenible.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Javier Mauricio Martínez Gómez. Codirector: Miguel Enrique Higuera

## ABSTRACT

**TITLE:** LIFE CYCLE ANSSESSMENT MODEL ASSISTED BY INFORMATIC TOOLS, AS SUPPORT OF THE ECODESIGN TEACHING STRATEGIES IN THE SCHOOL OF INDUSTRIAL DESIGN AT UIS UNIVERSITY\*

**AUTHOR:** MARÍA ALEJANDRA DÍAZ CÁCERES\*\*

**KEYWORDS:** ECODESIGN, LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA), TEACHING STRATEGIES, SUSTAINABILITY, INFORMATIC TOOLS.

### DESCRIPTION:

As a response to the environmental problems faced by humanity and the need of reaching sustainable development, the reflection on university ecodesign education is imperative. Ecodesign gives engineers and designers the tools and methodologies to design less environmentally impacting products and services. The most holistic, precise and recommended ecodesign methodology is known as Life cycle Assessment (LCA). In this document the design and evaluation of various LCA models assisted by informatics tools, as support of the ecodesign teaching strategies in the school of industrial design at UIS University is presented. Using triangulation of mixed research investigation acquired data, a diagnosis if the current state of ecodesign education in the school was revealed, also three different improvement scenario where defined. The next step was designing and testing with a case study, three models of LCA. According to each improvement scenario identified, an improvement of the teaching strategies of the tools and methodologies of ecodesign where proposed. The active participation of the academic community and it's commitment to change allows the vision of a scenario of continuous improvement of the university education and on the long run, the achievement of sustainable development.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty. School of Industrial Design. Director: Javier Mauricio Martínez Gómez. Codirector: Miguel Enrique Higuera

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander (UIS) y la Escuela de Diseño Industrial UIS (EDIUIS) tienen como misión “la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos; la conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad. (...)” (1)

Es por ello que, en aras de la formación de ciudadanos de alta calidad ética, política y profesional, la UIS y la EDIUIS deben ser conscientes de la responsabilidad que sus egresados adquieren con la comunidad, la sociedad y en gran escala con la humanidad. La educación adquirida durante la formación profesional debe concientizar al estudiante sobre la responsabilidad en la toma de decisiones en los ámbitos económicos, sociales y ambientales.

Con respecto a la dimensión ambiental un egresado de la EDIUIS debe ser un profesional reflexivo sobre la situación del medio ambiente, conociendo la manera en que el desarrollo de su disciplina afecta a todos los seres humanos y el ecosistema.

Según el informe de la Organización de Naciones Unidas (ONU) de la Asamblea General sobre medio ambiente, el actual sistema económico y productivo es insostenible, y el desarrollo sostenible es aquel que “(...) satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (...)” (2)

La forma en la que el hombre toma y convierte los recursos naturales es insostenible y puede llevar a una catástrofe ambiental, es la advertencia que hace la ONU, el Club de Roma, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y diversos líderes ambientalistas. El hombre habita un mundo de recursos finitos, con un modelo económico cuyo objetivo es la favorabilidad monetaria infinita, generar ganancias a toda costa que benefician al factor económico por encima del factor social o el ambiental. El economista Chileno Manfred Max-Neef afirma al respecto: “La economía es un subsistema de un sistema mayor y finito: la biosfera. Por ende, el crecimiento permanente es imposible.” (3)

Se han identificado diversos responsables de este daño al medio ambiente. Entre ellos se encuentran el sector industrial, que genera desechos diariamente como sub-producto de los procesos que desarrolla como fumigación, tala y quema de bosques o explotaciones mineras. Inclusive, los mismos productos que se ofrecen en el mercado después de poco tiempo de uso se convierten en basura, que puede contaminar el ambiente y convertirse en un riesgo para la salud. Esta realidad es consecuencia del modelo económico, el modelo de consumo y la manera en que los productos son concebidos y elaborados.

Esta concepción de los productos compete a diversas profesiones, pero en gran medida al diseño industrial, pues éste perfila las características, cualidades y especificaciones del futuro producto. También es responsable del planteamiento de la relación hombre-naturaleza y en muchos casos de la toma de decisiones que atañen directamente dicha relación.

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. 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. (4) Esta metodología permite tomar decisiones con un enfoque de mejora medioambiental, disminuyendo el impacto ambiental que genera el proceso de producción, uso y desecho de los productos y servicios.

Existen múltiples métodos y herramientas que permiten evaluar el impacto ambiental o para sugerir estrategias de mejora, 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.

Particularmente, el LCA es una de las metodologías más implementadas en ecodiseño, y permite determinar el impacto ambiental que genera un producto a lo largo de su ciclo de vida, que comprende: Recolección de materia prima, producción, transporte, almacenamiento, venta, uso y disposición final. El LCA analiza las entradas (Materia prima, agua, energía, mano de obra, recursos, etc.) y salidas (Producto final, desecho de empaque, desechos de producción: Sólidos, líquidos, gaseosos, tóxicos, etc.) de un sistema productivo (5). El conocer el impacto ambiental generado por el uso y fabricación de un producto permite determinar los cambios y mejoras necesarios para hacerlo más amigable con el medio ambiente.

De igual manera, en el mercado se encuentran diversas herramientas informáticas diseñadas para realizar el LCA, que 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.

Implementando éstas herramientas, la EDIUIS tiene la oportunidad de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en el pregrado, al abordar el proceso de diagnóstico, análisis, evaluación e implementación del ciclo de vida del producto. Facilitando así la enseñanza práctica del Ecodiseño y la adquisición de competencias y capacidades, además de fortalecer un enfoque profesional de los egresados hacia el desarrollo sostenible.

Por este motivo el presente estudio desarrolla en primer lugar una reflexión crítica del estado actual de la enseñanza del Ecodiseño y la sostenibilidad en la EDIUIS. Después, 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 de diseño industrial.

Por consiguiente, el objetivo de éste proyecto es plantear un modelo de análisis de ciclo de vida asistido por herramientas informáticas y su correspondiente estrategia de enseñanza, acorde con las necesidades específicas de la profesión, las particularidades halladas en el caso estudio y el imperativo actual de llegar al desarrollo sostenible; con miras a soportar la enseñanza práctica del ecodiseño y la mejora de la capacidad, competencias y enfoque profesional de los egresados.

## **1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1. Título**

Modelo de análisis de ciclo de vida del producto asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza de Ecodiseño en la Escuela de Diseño Industrial UIS.

### **1.2. Objetivo general**

Diseñar un modelo de análisis de ciclo de vida del producto asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza de Ecodiseño en la Escuela de Diseño Industrial UIS.

### **1.3. Objetivos específicos**

- Comprender los modelos y las herramientas informáticas existentes para LCA, así como las estrategias de enseñanza de Ecodiseño disponibles en la academia.
- Valorar las estrategias actualmente utilizadas para la enseñanza del Ecodiseño en la EDIUIS, incluyendo el pensum actual, el perfil del egresado y las competencias evaluadas en la asignatura Ecodiseño.
- Diseñar y evaluar alternativas del modelo de LCA asistido por herramientas informáticas.
- Proponer una estrategia de enseñanza del modelo desarrollado como soporte a la enseñanza de Ecodiseño en la EDIUIS.

### **1.4. Descripción del proyecto**

La Escuela de Diseño Industrial busca fortalecer las capacidades y herramientas en Ecodiseño con las que cuenta el egresado. Se pretende diseñar estrategias de enseñanza novedosas, que implementen herramientas informáticas disponibles y que le permitan al estudiante realizar un LCA y le facilite la toma de decisiones con criterios de sostenibilidad.

### **1.5. Propuesta de valor**

Actualmente el mercado de software ofrece valiosas bases de datos y herramientas digitales que facilitan el LCA del producto, la determinación de impacto ambiental y la toma de decisiones sostenibles. Hoy por hoy estas herramientas no se enseñan en el plan de estudios de Ecodiseño en la EDIUIS. Suplir esta carencia puede significar una ventaja competitiva al diseñador industrial UIS, además de fortalecer sus principios, dándole una perspectiva encaminada a lo sostenible en el proceso proyectual.

### **1.6. Alcance del proyecto**

Este proyecto llega hasta planteamiento e implementación de un modelo de LCA asistido por herramientas informáticas de conformidad con los requerimientos específicos identificados en la EDIUIS, así como su facilidad de aplicación en la academia. El modelo servirá como soporte a la asignatura Ecodiseño para la formación integral en el desarrollo de pensamiento sostenible en los estudiantes de la EDIUIS.

### **1.7. Impacto esperado**

- Realizar un diagnóstico del estado actual del pensum EDIUIS, el perfil del profesional y al plan de estudios de Ecodiseño.
- Fortalecer las estrategias implementadas en la enseñanza del Ecodiseño.
- Generar un método integrado de LCA aplicable a los proyectos nacidos en la academia.
- Dar a conocer en la EDIUIS las herramientas informáticas disponibles en el mercado que permiten un LCA.
- Sentar las bases para la implementación de estrategias de educación holística del Ecodiseño en la EDIUIS, dando a los estudiantes las herramientas y criterios necesarios para realizar LCA a sus proyectos dentro y fuera de la academia.
- Participación en congresos y convocatorias de Ecodiseño y educación superior de diseño para divulgar los resultados del proyecto y la experiencia en la EDIUIS.

## **2. MARCO TEÓRICO**

A continuación se plantean las bases teóricas sobre las cuales se construye el presente trabajo. Este marco teórico consta en primer lugar de los antecedentes, divididos en dos partes: Una introducción histórica sobre la relación del hombre con el medio ambiente, tocando el tema de las revoluciones agrícola, industrial y ambiental. Y la segunda parte que resume los hechos históricos que marcaron la relación del hombre con el medio ambiente en los últimos tiempos.

En segundo lugar se expone las definiciones de algunos conceptos clave. Por último, se hace un análisis del estado del arte de las metodologías de LCA que se encuentran disponibles y las herramientas informáticas que lo facilitan.

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Introducción histórica**

Mucho antes de la Revolución Industrial o del apogeo de la agricultura, el hombre era nómada, viajando de un sitio a otro en busca de alimento. Sus pertenencias eran escasas, la mayoría degradables, a excepción de las primitivas herramientas de sílice y piedra, que generalmente se utilizaban hasta su total deterioro. Los humanos se trasladaban constantemente tomando recursos y dejando tras sus desechos, los cuales la naturaleza reabsorbía. Eran escasos, vivían poco y eran parte del sistema ambiental, de la cadena alimenticia y del equilibrio de las especies.

La ventaja evolutiva del ser humano, sin embargo, y que le valió el salto evolutivo y su distanciamiento de la cadena alimenticia, fue su capacidad de crear herramientas. Con ellas el hombre pudo defenderse de sus depredadores, permitiéndole desarrollarse y eventualmente asentarse por medio de la Revolución Agrícola.

El descubrimiento de la agricultura significó un cambio trascendental para el ser humano, el cual, dependiente ahora de la tierra, dio paso a una vida sedentaria que cambió para siempre su existencia. Se instauraron las primeras ciudades y urbes, que congregaban a los seres humanos en torno al comercio de los bienes cosechados. La revolución agrícola también impulsó conceptos acerca de la propiedad de la tierra como: Feudalismo, riqueza, estatus, comercio, dinero, poder, gremio, templo, ejército y ciudad. (6)

La mejora de la expectativa de vida pasó de 15 años a 30 años (7), esto llevó a un aumento poblacional, lo cual aumentó aún más el tamaño de las urbes. Hace 10.000 años, al inicio de la revolución agrícola, la población mundial ascendía a 10 millones y hacia 1750 había crecido a aproximadamente 800 millones. Las urbes también trajeron retos nuevos para el ser humano: El transporte, alcantarillado, infraestructura y salud pública necesitaron de un gobierno que regulara los ingresos que dejaba el comercio, naciendo así el tributo, el impuesto y el sistema fiscal. Así como crecían las ciudades, aumentaba el consumo de materias primas por parte de los humanos, los cuales fueron colonizando regiones más amplias en busca de nuevos recursos. (8)

En sus comienzos la agricultura primitiva devolvía al suelo nutrientes a través de desechos orgánicos, los agricultores rotaban los cultivos, permitiendo a la tierra fertilizarse naturalmente. Con el aumento poblacional y la invención de más y mejores herramientas de recolección; el hombre a través de la agricultura, la tala de árboles y la minería comenzó a apropiarse de más recursos de los que la naturaleza podía ofrecer. (9)

El ser humano prosperó en medio de guerras de toda índole. Perfeccionó sus técnicas de agricultura, ganadería, minería y otros métodos de recolección de recursos. El final del siglo XVII dio paso a la que sería la más grande revolución económica e histórica del hombre: La Revolución Industrial.

La Revolución Industrial logró multiplicar la productividad del trabajo humano, comenzando por las industrias del tejido de algodón y la producción de hierro, gracias al empleo de máquinas accionadas a vapor. Las economías industriales como Francia e Inglaterra comenzaron a producir muchos bienes y servicios que aumentaron el crecimiento económico de los países.

Antes de esta serie de cambios, los países tenían poca población y la expectativa de vida no pasaba de los 30 años. La mayoría de los Ingleses y Franceses trabajaba en el campo, produciendo pocos alimentos, suficientes para subsistir y unos pocos para vender. El comercio no era voluminoso y los medios de transporte eran rudimentarios. A finales de siglo XIX, en contraste con la situación previa, la mortalidad había descendido gracias a la seguridad alimenticia que propició la agricultura industrial, lo cual aumento la población en más de 6 mil millones de habitantes. El comercio aumentó su volumen, gracias a la gran cantidad de bienes producidos y la efectividad de los nuevos medios de transporte como el ferrocarril y el buque a vapor. (10)

Las primeras industrias se basaban en la utilización de recursos naturales aparentemente inagotables. El crecimiento económico precipitado llevó a una explotación incontrolada de las materias primas tales como: madera, hierro, arena, grano, ganado, carbón y petróleo para garantizar un crecimiento económico constante. (10)

En el siglo XIX el desequilibrio ambiental no suponía una preocupación. La naturaleza parecía llena de recursos, capaz de tomar los residuos del ser humano y su industria para su nutrición, devolviéndolos a un ciclo que generaría más riqueza. La historia de supervivencia del ser humano, además, le había enseñado a admirar y temer a la naturaleza. La cosmovisión occidental percibía a la naturaleza como una fuerza bruta y peligrosa que era necesario dominar y civilizar. (9)

Los desafíos actuales en medio ambiente nacieron en la revolución industrial, la cual sentó las bases para el desarrollo industrial y comercial. Transformar materias primas en bienes y servicios rentables (es decir, a bajo costo y gran escala) que generaran beneficios elevados fue y sigue siendo el mayor objetivo de muchas industrias. El factor social y el factor ambiental se posicionaron secundarios en la carrera económica.

En su libro Ingeniería Ambiental, Julie Zimmerman y James Mihelcic proponen una revolución sostenible que enfrente con innovación los retos actuales que se plantea la humanidad en materia económica, social y ambiental. Argumentan que la revolución que se está gestando traerá soluciones drásticas y necesarias, cambiando conceptos de la Revolución Industrial por conceptos verdes, como se ilustra en la tabla 1. Que faciliten la eficiencia ecológica, rediseñando la forma en la que se crea industria, según la nueva perspectiva del medio ambiente.

Revolución Industrial	Revolución Sostenible
Energía no renovable	Energía renovable
Desperdicio	Eficiencia
Cambio climático	Restauración ecológica
Consumo	Equidad de recursos
Acumulación	Justicia social y medioambiental
Toxicidad, smog, contaminantes orgánicos persistentes, disruptores endocrinos	Química verde
Transporte	Accesibilidad
Canales hidráulicos de hormigón	Desarrollos hídricos de bajo impacto con base en agua de lluvia y de tormenta
Islas de calor como uno de los efectos urbanos	Techos verdes
Bioacumulación	Biodiversidad
Diseño Industrial	Diseño verde
Producto Interno Bruto (PIB)	Índice de bienestar económico sostenible, índice de sostenibilidad medioambiental, indicador de progreso genuino

Tabla 1 Vocabulario de la Revolución Industrial y de la Revolución Sostenible. Tomado de Zimmerman, J. & Mihelcic, J. (2012). Ingeniería Ambiental: Fundamentos - Sustentabilidad - Diseño. Madrid: Alfaomega.

### 2.1.2. El hombre enfrenta los retos ambientales

En aras de hacer frente a múltiples efectos colaterales de la industrialización, síntomas del impacto que el hombre había alcanzado a generar sobre su planeta, se dieron varios hitos especialmente en la segunda mitad del siglo XX en los cuales se establecieron acuerdos, afirmaciones y responsabilidades sobre el daño al medio ambiente.

En la siguiente parte del presente documento, se hará una revisión cronológica de los hechos históricos, personajes, organizaciones, libros e informes que fueron fundamentales para la comprensión del medio ambiente y del impacto generado por el hombre en éste.

Estos documentos son aún referentes para el estudio de conceptos como desarrollo humano, medio ambiente, aumento demográfico, cambio climático e impacto ambiental entre otros; todos ellos referentes para la enseñanza y aplicación del Ecodiseño.

- Thomas Malthus: Ensayo sobre el principio de la población

Uno de los primeros eruditos en advertir sobre el peligro de la sobre población y sus graves consecuencias fue Thomas Malthus, quien a finales de siglo XVIII publicó su *Ensayo sobre el principio de la población*. La conclusión principal de dicho ensayo es: “El peso de la población es tan superior a la capacidad de la tierra para permitir la subsistencia del hombre, que una u otra forma de muerte prematura acabará por visitar a la raza humana” (11)

Malthus preveía un aumento en progresión exponencial en la población junto con un aumento en progresión aritmética en la producción agrícola de alimento, lo que causaría una situación de empobrecimiento que podría desembocar en una extinción de la especie humana y que Malthus pronosticó para el año 1880. Esta extinción humana se conoce como la Catástrofe Maltusiana, término que aún se usa en situaciones donde la supervivencia humana se ve seriamente amenazada.

Aunque el negativo panorama de Malthus no se cumplió, dado que la producción agrícola se multiplicó en el siglo siguiente, la mortalidad y natalidad se redujeron como sostiene la teoría de la Transición demográfica.

Malthus fue severamente criticado por su obra, ya que proponía como control de población las guerras, epidemias y el hambre, además de avocar por la no – reproducción. Una de las frases más controvertidas de su libro es:

“Un hombre que nace en un mundo ya ocupado, si sus padres no pueden alimentarlo y si la sociedad no necesita su trabajo, no tiene ningún derecho a reclamar ni la más pequeña porción de alimento (de hecho, ese hombre sobra). En el gran banquete de la Naturaleza no se le ha reservado ningún cubierto. La naturaleza le ordena irse y no tarda mucho en cumplir su amenaza” (11)

A pesar de las críticas y de que su predicción no se cumplió, Malthus es reconocido por poner en discusión la explosión demográfica y sentar las bases para un primer acercamiento al debate ambientalista. Su obra fue un hito y aún sigue vigente, dio paso a la creación de movimientos ambientalistas radicales como el Movimiento por la Extinción Humana Voluntaria (VHEMT), que insta a las personas a no reproducirse, e inspiró obras de ciencia ficción que ven en el control poblacional una herramienta de control social, como *Un mundo feliz* de Aldous Huxley.

Desafortunadamente esta manera de ver al hombre como el enemigo del medio ambiente desencadenó algunos de los sentimientos de culpabilidad que caracterizan a la mayor parte del ambientalismo actual. (9)

- Rachel Carson: Primavera Silenciosa

Rachel Carson es considerada una de las líderes del movimiento moderno ambientalista. Se destacó por su labor como mujer de ciencia al comunicar complejos conceptos científicos al público general mediante su estilo de escritura claro y preciso. Escribió varios libros, entre ellos *El mar que nos rodea*, publicado en 1951 y *Primavera Silenciosa*, publicado en 1962.

*Primavera Silenciosa* fue un éxito comercial poco después de su publicación. Capturó de manera dramática el hecho de que las aves cantoras enfrentaban problemas de reproducción y muerte prematura que se asocian con la manufactura y uso generalizado de químicos plaguicidas como el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano), que se había bioacumulado en sus cuerpos. Hasta entonces, el ambientalismo significaba protestar contra los daños obvios como la deforestación, la destrucción de la minería, la contaminación de las fábricas y la búsqueda de la conservación de paisajes apreciados. (9) Esta obra ponía en evidencia mediante datos irrefutables el daño que estos pesticidas producían en la naturaleza y conllevó a la prohibición del DDT en Estados Unidos y Alemania.

Algunos historiadores creen que Primavera Silenciosa fue el catalizador inicial que condujo a la creación del moderno movimiento ambientalista en Estados Unidos, incluyendo el establecimiento de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) así como la Federación Alemana para la Conservación del Medio Ambiente (BUND), la Federación de la Vida Salvaje Natural (WWF) y el Consejo de la Defensa de los Recursos Naturales (NRDC).

- Informe del Club de Roma: Los Límites del crecimiento

El Club de Roma es una Organización no Gubernamental (ONG) fundada en 1986, conformada por políticos y científicos preocupados por mejorar el futuro del mundo a largo plazo de manera interdisciplinaria y holística. Sus objetivos son fomentar la comprensión de los varios componentes interdependientes -económico, político, natural, y social- que conforman el sistema global en el que todos vivimos; para llevar ese nuevo entendimiento a la atención de los responsables políticos y el público en todo el mundo; y de esta manera promover nuevas iniciativas y acciones políticas. (6)

En 1972 el Club de Roma encargó al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el informe titulado *Los límites del crecimiento*, el cual desató el inicio de un movimiento que sería conocido como ecología política y otras corrientes político-filosóficas derivadas tales como el Ecofeminismo o el ambientalismo.

La conclusión del informe fue la siguiente: “Si el actual incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años.” (6)

Esta conclusión es resultado del análisis del comportamiento del medio ambiente, obtenido por el programa de simulación World3. Este programa pone a futuro el crecimiento de la población, el crecimiento económico y el incremento de la huella ecológica de la población sobre la tierra a través de 100 años, según los datos disponibles en esa época. La tesis principal es que “en un planeta limitado, las dinámicas de crecimiento exponencial (población y producto per cápita) no son sostenibles” (6) Es así como el planeta pone límites al crecimiento económico, al albergar recursos finitos como tierra, agua y aire, no renovables como minerales y combustibles fósiles y la capacidad del ecosistema para absorber la polución producto de la actividad humana, entre otros.

En este informe se plantean una serie de descubrimientos prácticos que mejorarían el funcionamiento de una sociedad en equilibrio, los cuales dependen del avance tecnológico y fundamentalmente de la enseñanza y práctica del Ecodiseño. Las propuestas relevantes para el presente trabajo son: Nuevos métodos de recogida de residuos, para disminuir la contaminación y hacer que el material desechado sea disponible para su reciclaje, técnicas más eficientes de reciclaje, para reducir las tasas de agotamiento de los recursos y un mejor diseño de los productos para aumentar la vida útil del producto y promover fácil reparación, por lo que la tasa de depreciación del capital sería ser minimizado. (6)

El 9 de mayo de 2012, el Club de Roma publicó un nuevo informe, titulado *2052 - Un pronóstico global para los próximos cuarenta años* publicado por Chelsea Green. En él, el autor Jorgen Randers, uno de los coautores de *Los límites del crecimiento* intenta responder a la pregunta: ¿Cómo se verá nuestro mundo dentro de cuarenta años? Este libro es parte de una campaña más grande llamada “2052” la cual pone a disposición de todos los datos y predicciones alcanzadas en el estudio. (12)

- Cumbre de la tierra Estocolmo: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, más conocido por sus siglas en inglés UNEP (*United Nations Environmental Program*) con sede en Nairobi, Kenia, es un programa creado por recomendación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Humano llevada

a cabo en Estocolmo en 1972. La UNEP en la actualidad coordina las actividades relacionadas con el medio ambiente, asistiendo a los países en la implementación de políticas medioambientales adecuadas así como a fomentar el desarrollo sostenible.

La creación de la UNEP en 1972 se dio en la Cumbre de la Tierra, primero de muchos encuentros internacionales sin precedentes organizados por Naciones Unidas. Hasta el momento se han celebrado cuatro Cumbres de la tierra: Estocolmo 1972, Rio de Janeiro 1992, Johannesburgo 2002 y Rio de Janeiro 2012.

El programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente tiene como misión proporcionar liderazgo y alentar la participación en el cuidado del medio ambiente inspirando, informando y facilitando a las naciones y los pueblos los medios para mejorar su calidad de vida sin comprometer la de las futuras generaciones. (13)

Su misión es proporcionar liderazgo y promover los esfuerzos conjuntos para el cuidado del medio ambiente, alentando, informando y capacitando a las naciones y a los pueblos para que mejoren su vida sin comprometer la de las futuras generaciones.

Sus actividades cubren un amplio rango de temas, desde la atmósfera y los ecosistemas terrestres, la promoción de las ciencias medioambientales y la difusión de información relacionada hasta la emisión de advertencias y la capacidad para responder a emergencias relacionadas con desastres medioambientales.

- El Informe Brundtland: Nuestro Futuro Común

El informe Brundtland, también conocido como Nuestro Futuro Común, es producto del trabajo de 900 días de la Comisión en Medio Ambiente y Desarrollo (WCED) de las Naciones Unidas y fue publicado en 1987.

La comisión independiente, liderada por la entonces ministra de ambiente de Noruega Gro Brundtland, fue encargada por la ONU de presentar un informe que propusiera un camino para el desarrollo sostenible. Nuestro Futuro Común contó con la participación de representantes de diversas naciones, científicos y expertos, institutos de investigación, representantes de la industria y organizaciones no gubernamentales, así como del público en general.

En este informe el desarrollo sostenible por primera vez se postulaba como un tema prioritario junto con el cuidado del medio ambiente. Uno de los principales resultados fue el proponer un acercamiento holístico integrado e interdisciplinario de la sociedad, la cultura, la economía y el ambiente. La comisión lanzó una advertencia sobre el mal uso de los recursos naturales y el medio ambiente, la sobrepoblación, la pobreza y la falta de desarrollo, y los definió como los cuatro retos humanos que las naciones deben enfrentar.

Gro Brundtland, la líder de la comisión explica en su conferencia sobre cambio climático y Nuestro Futuro Común, que “La economía inestable, el riesgo en el que se encuentran los ecosistemas, la inequidad interna y entre los países son síntomas y producto de los intereses de una minoría que han superado los intereses comunes, las responsabilidades comunes y el sentido común” (14)

Este informe tocó temas desde la seguridad alimentaria hasta la administración de espacios comunes como la Antártida, los océanos y el espacio. La importancia de éste informe es sobretodo

el aceptar la realidad y los retos de manera holística, como lo explica la propia Brundtland: “Es la primera vez en la historia humana que debemos confrontar nuestra responsabilidad sobre el destino de las generaciones futuras y no sólo el nuestro. Antes era suficiente con pensar en términos de nuestra propia supervivencia. Este ya no es el caso, y debemos aceptarlo” (14)

- Cumbre de la Tierra Río de Janeiro: Declaración de Río y Agenda 21 (1992)

En la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, participaron 108 gobiernos, entre ellos 108 jefes de Estado y de Gobierno. Unos 22.400 representantes de organizaciones no gubernamentales (ONG) atendieron, junto a 2005 personas aproximadamente en el Foro de ONG que se convocó paralelamente y al que se atribuyó estatus consultivo.

Los temas tratados incluyeron: la discusión sobre componentes tóxicos como el plomo en la gasolina, búsqueda de fuentes alternativas de energía a los combustibles fósiles, apoyo al transporte público y la creciente escasez de agua.

Los principales logros de la conferencia fueron la Convención para la Diversidad Biológica y el acuerdo sobre la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que más tarde llevaría al Protocolo de Kioto sobre el cambio climático.

Los principales documentos resultantes de las cumbres de la Tierra fueron: Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Agenda 21, Convención sobre la diversidad biológica y la Declaración sobre los bosques y masas forestales. Además se creó la Convención Marco sobre el Cambio Climático (UNFCCC) que dio paso al establecimiento de la conferencia anual sobre cambio climático, conocida como la Conferencia de las Partes (COP).

Los puntos más relevantes de la Declaración de Río y que más se relacionan con el presente trabajo son:

Principio 3: El derecho al desarrollo debe ejercerse de forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

Principio 4: A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse de forma aislada.

Más adelante y consecuencia de la Cumbre de Río la UNEP acordó una agenda de siete planes de acción, en el cual el segundo es: “Desarrollar productos y servicios eco eficientes” (5), lo cual atañe directamente al Ecodiseño, por ser uno de los métodos de desarrollo de productos eco eficientes, eco efectivos y amigables con el medio ambiente.

- Objetivos de Desarrollo del Milenio (MDG) (2000)

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio, también conocidos como Objetivos del Milenio (ODM), son ocho propósitos de desarrollo humano fijados en el año 2000, que los 189 países miembros de las Naciones Unidas acordaron conseguir para el año 2015. Estos objetivos tratan problemas mundiales de desarrollo, igualdad de género, salud pública, educación y medio ambiente. También se los conoce como los Objetivos de Sostenibilidad Globales.

Los ODM son: Erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad de géneros y la autonomía de la mujer, reducir la mortalidad infantil, mejorar

la salud materna, combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y fomentar la asociación mundial para el desarrollo.

## **Conclusión**

La anterior revisión histórica permite identificar diversos hitos y autoridades que resaltan la importancia de la implementación y consecuentemente la enseñanza del Ecodiseño. Dentro de los más importantes y que justifican el presente trabajo, se encuentra *los límites del crecimiento*, del Club de Roma que insta al desarrollo de: Nuevos métodos de recolección de residuos, técnicas más eficientes de reciclaje, y un mejor diseño de los productos. En especial éste último ítem se encuentra directamente relacionado al desarrollo del producto, proceso en el cual el diseñador industrial tiene responsabilidad directa.

De igual manera los Objetivos de Desarrollo del Milenio, objetivos comunes de todos los países pertenecientes a Naciones Unidas, incluyen el garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Este objetivo tiene una envergadura considerable, que atañe a la sociedad y el sistema de consumo, y por lo tanto a la manera en que se conciben los productos consumidos, propósito central del diseño industrial.

## **2.2. Revisión bibliográfica**

La revisión bibliográfica realizada para el presente trabajo se clasifica en tres tipos de bibliografía: La bibliografía de introducción al tema, la bibliografía de metodologías de ecodiseño y la bibliografía de discusión.

Dentro de la bibliografía de introducción al tema se realizó una revisión de los conceptos clave para comprender el problema. Entre ellos se encuentra la definición de desarrollo sostenible dada por la Comisión mundial de medio ambiente y desarrollo donde se manifiesta que: “El desarrollo sostenible satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades(...)” (2). 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 (15). Ehrenfeld define la sostenibilidad como la posibilidad de que todas las formas de vida florezcan por siempre (16). Por otra parte White realizó un estudio para llegar a una definición de sostenibilidad, analizando más de 103 definiciones, entre otras las tres dadas 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.” (17)

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 (18).

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 (19). Así mismo, 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 (20).

Otra de las metodologías implementadas en ecodiseño es el Despliegue de la Función de Calidad Ambientalmente Consiente (ECQFD), también conocido como Despliegue de la Función de Calidad para el Ambiente (QFDE). Ésta metodología introduce aspectos ambientales (requerimientos y parámetros ambientales) en el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para manejar la calidad del producto y la calidad sostenible del producto al mismo tiempo, como lo definen Masui, Sakao, Kobayashi e Inaba, para ser aplicado en las etapas iniciales del producto (21). Para comprender la manera de aplicar ECQFD se revisaron los textos de Vinodh y Gopinath (22) y Bereketli y Genevois (23).

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 (24). Ésta 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 optimización del fin de vida del sistema. (5)

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 (25) y el marco de herramientas de ecodiseño soportado en un prototipo de herramienta web, de Lofthouse, implementado en la Universidad de Loughborough (26).

### **2.3. Conceptos clave**

Para entrar en el tema del Ecodiseño y el Análisis de Ciclo de Vida es necesario hacer una exploración bibliográfica sobre algunos conceptos clave que permiten comprender el origen y objetivo de los acercamientos, estrategias y tácticas de Sostenibilidad. Estos conceptos se consideran clave debido a su constante mención en la bibliografía relacionada con Ecodiseño.

#### **2.3.1. Desarrollo**

El desarrollo es un concepto ambiguo que abarca muchos significados. Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE) el desarrollo es crecimiento y perfeccionamiento de un concepto y en el contexto social es: "(...) Progresar, crecer económica, social, cultural o políticamente." (27)

Un país desarrollado o industrializado, es un estado soberano que tiene una economía altamente desarrollada y avanzada infraestructura tecnológica en relación con otras naciones menos industrializadas. Por lo general, los criterios para evaluar el grado de desarrollo económico son el Producto Interno Bruto (PIB), el ingreso per cápita, el nivel de industrialización, la cantidad de la infraestructura general y nivel de vida general. Dentro de la ONU, al igual que dentro de la Organización Mundial del Comercio (OMC), no hay ninguna convención establecida para la designación de países "desarrollados" y países "en desarrollo". (28)

Los países desarrollados tienen economías postindustriales, es decir, el sector de servicios ofrece más riqueza que el sector industrial. Ellos se ponen en contraste con los países en desarrollo, que

están en el proceso de industrialización, o de los países no desarrollados, que son preindustriales y casi en su totalidad agraria. Los criterios para esta clasificación aún son tema de debate, dado que el producto interno bruto no es la manera más confiable de dictaminar el desarrollo de un país. (14)

Desafortunadamente muchas posturas económicas relacionan desarrollo con crecimiento de manera directa, pero los países con mayores ingresos no necesariamente tienen mayores niveles de desarrollo. En este sentido Max-Neef comenta: "Crecimiento no es lo mismo que desarrollo y desarrollo no necesariamente requiere de crecimiento. (...) El crecimiento es una acumulación cuantitativa. Desarrollo es la liberación de posibilidades creativas. Cada sistema vivo de la naturaleza crece hasta cierto punto y para de crecer. Tú ya no estás creciendo, ni él ni yo. Pero continuamos desarrollándonos. (...) El desarrollo no tiene límites pero el crecimiento sí." (3)

Un relativamente nuevo índice para la medición del desarrollo es el Índice de Desarrollo Humano, creado por el economista pakistaní Mahbub ul Haq y el economista indio Amartya Sen en 1990. Este índice tiene en cuenta educación, expectativa de vida e ingreso monetario. La Ilustración 1 muestra por tonalidades el Índice de Desarrollo Humano en el globo.

Según los autores, éste índice no tiene en cuenta la inequidad, que es la diferencia de la calidad de vida, ingresos y educación dentro de dos participantes de una misma sociedad. Las inequidades son desigualdades no naturales, injustas y evitables. Esta valoración de la desigualdad se basa en los principios universales de los derechos humanos (29). Las más comunes son inequidad de género, de raza y de ingreso económico.

Por lo tanto, el Índice de Desarrollo Humano es el grado de desarrollo que un país tendría si no existieran inequidades en su territorio. Aunque éste indicador es más completo para medir desarrollo que el PIB, aún no se ha aceptado como un valor definitivo para establecer desarrollo.

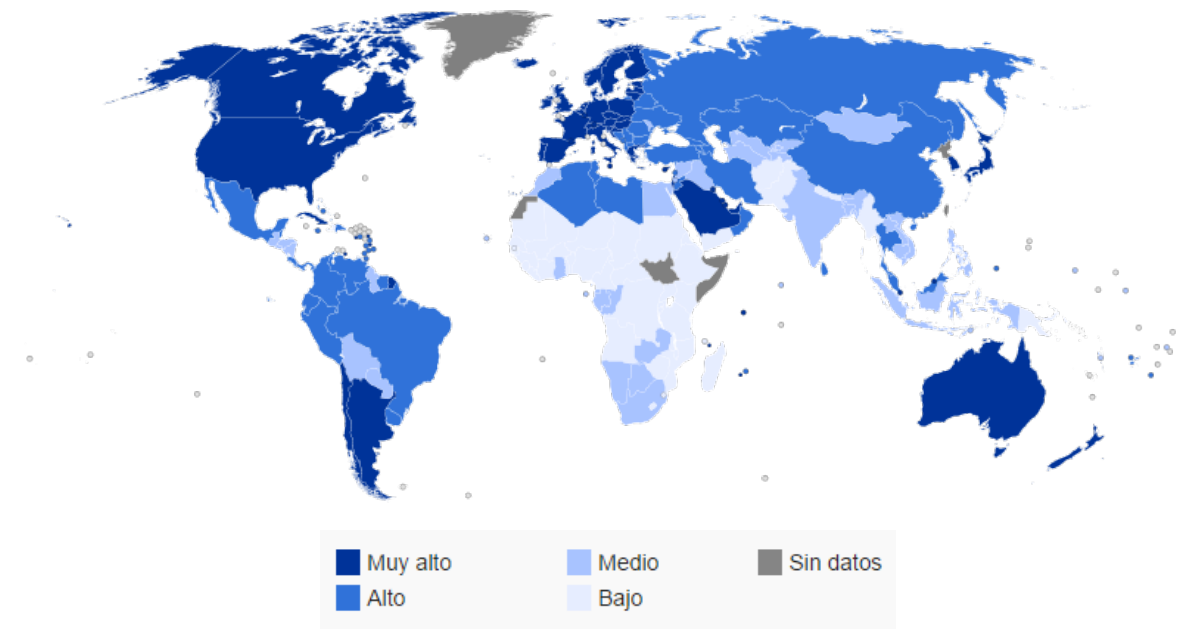


Ilustración 1. Países según su índice de Desarrollo Humano. Tomado de Informe sobre desarrollo humano 2014. PNUD

### 2.3.2. Sostenibilidad

En ecología la sostenibilidad se refiere a la capacidad de un sistema biológico de mantenerse vivo, diverso y productivo. En un sentido más amplio es la capacidad de un sistema o proceso de permanecer en el tiempo. También se define como: "(...) que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace, p. ej., un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes." (27)

La sostenibilidad incluye autoregulación, autoabastecimiento y armonía de un sistema. Con el creciente reconocimiento del mal funcionamiento del sistema económico y productivo del hombre, y dados los múltiples informes que apuntan a la insostenibilidad del hombre como especie mencionados anteriormente, se propone un cambio de paradigma necesario. El hombre debe ahora apuntar a desarrollarse y existir de manera sostenible, evitando así su propia erradicación. Se plantea entonces el concepto de desarrollo sostenible, también llamado sostenibilidad, que "(...) satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (...)" (2)

Algunos autores aseguran que el desarrollo sostenible debe entenderse como un sistema en el cual cuatro actores principales el sistema productivo humano como parte de un sistema mayor que debe ser equilibrado. La sociedad, la economía, la política y la naturaleza. (30) Las relaciones entre éstos tres actores se exponen en la Ilustración 2.

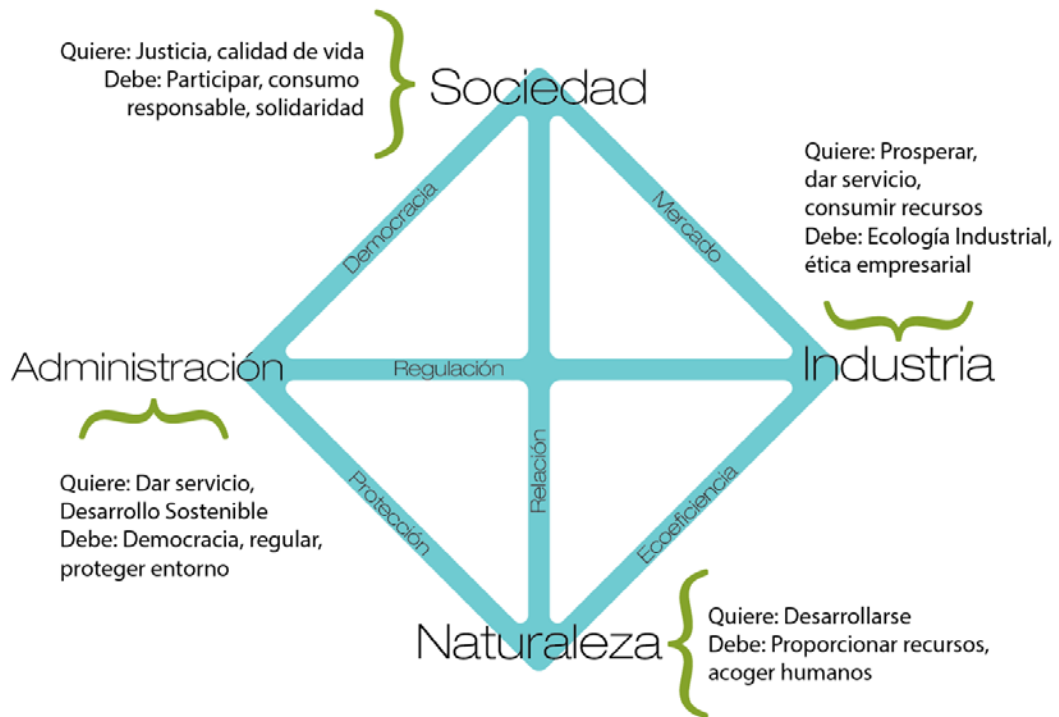


Ilustración 2. Agentes implicados en el Desarrollo sostenible. Concepto de Charter, M., & Tischner, U. (2001). *Sustainable Solutions*. Sheffield: Greenleaf Publishing. Adaptado por autor.

El desarrollo sostenible visto como un concepto sinérgico entre economía, sociedad, política y naturaleza con relaciones no lineales, no unidimensionales, que cambian con respecto al contexto espacial, la escala (local, regional, nacional y mundial) debe ser analizada como un todo y no como la suma de sus partes. Es aquí donde la interdisciplinariedad entra en escena, pues no se puede seguir analizando la economía sin tener en cuenta a la sociedad y al medio ambiente. Manfred Max-Neef hace una crítica al modelo económico mecanicista neoliberal que actualmente se implementa en los países latinoamericanos; pues, según el autor, no ha sido eficaz a la hora de erradicar la pobreza y sí ha aumentado la brecha entre la economía y otras disciplinas ligadas al desarrollo humano. (31)

En este mismo sentido, el autor propone replantear el sistema económico desde la satisfacción de las necesidades humanas. Se plantean nueve necesidades humanas universales que comparten satisfactores, y pueden o no ser ayudados por bienes materiales. Se busca llegar a un desarrollo no anclado al crecimiento económico sino al verdadero uso del potencial humano.

El desarrollo sostenible debe verse entonces desde una perspectiva holística que favorezca el desarrollo de la humanidad, la conservación del medio ambiente y el crecimiento económico que permita la satisfacción de las necesidades.

De igual manera John Elkington propone lo que se conoce como el Triple Bottom Line, el cual anima a las empresas a crecer no sólo económicamente, sino social y ambientalmente, haciéndose una serie de preguntas cuya respuesta tiene igual peso. La ilustración 3 expone algunas de las preguntas que se hacen dependiendo del punto de vista que se adopte, lo ideal es que la actividad económica a realizar explore la respuesta a las preguntas desde cada uno de los puntos de vista.



Ilustración 3. Diagrama del Triple Bottom Line. Adaptado de Braungart, M., & McDonough, W. (2005). Cradle to Cradle. Madrid: McGraw Hill.

Este enfoque cada vez adquiere más importancia, ya que tarde o temprano, en cada sector industrial, no será suficiente que los productores simplemente diseñen sus productos para el desecho y el reciclaje: Deberán hacerse responsables del propio proceso de disposición y reciclaje hasta el final de la vida de sus productos. (19) Además de hacerse responsables de las consecuencias sociales de su actividad.

### 2.3.3. Ecoeficiencia y Ecoeficacia.

La eficiencia como lo aseguraba Henry Ford es “Extraer el máximo a la energía, al material y al tiempo” (32) La eficiencia persigue conseguir más con menos, ahorrar lo máximo, gastar lo mínimo y producir a gran escala. La ecoeficiencia según Marcus Lehni, director ejecutivo del Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo sostenible (WBCSD por sus siglas en inglés) es “Ofertar productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen las necesidades humanas (...) reduciendo progresivamente el medioambiental y la intensidad del uso de recursos, al menos, hasta el nivel de la impacto capacidad de carga del planeta” (5) La ecoeficiencia se mide como el valor de producto o servicio sobre el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida del producto.

Se busca reducir la intensidad de uso de materias primas y energía, reducir el daño a la salud humana y al medio ambiente, fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales, proporcionar calidad de vida real y fomentar la Economía de Servicios (concepto que se analizará más adelante)

La ecoeficiencia parece entonces la vía que se debe tomar para alcanzar el desarrollo sostenible. Aun así, Braungart y McDonough hacen una crítica al término ecoeficiencia, pues sostienen que la eficiencia al buscar simplemente reducir, limita a la imaginación y la creatividad, limitando la invención de soluciones innovadoras al problema de la destrucción medioambiental. Proponen entonces el término de ecoefectividad, dónde se logre no sólo llegar a impacto cero, sino a un modelo que ayude a sanar al medio ambiente y permita el desarrollo sostenible en todos sus sentidos (9)

La ecoefectividad busca imitar a la naturaleza, la cual es abundante en residuos y procesos complementarios y yuxtapuestos. Mientras la ecoeficiencia busca reducir los residuos, la eficacia busca convertir estos residuos en “alimento”, en materia prima útil y en residuos beneficiosos para la naturaleza.

Cabe resaltar que dentro de las aproximaciones al impacto ambiental, el enfoque de final de tubería (también conocido en inglés como *End of pipe approach*) fue por mucho tiempo la solución a los problemas de contaminación ambiental. Este enfoque ve los procesos industriales como lineales, en los que materias primas y energía entran a un sistema del cual salen desechos y productos; y también pretende abordar el desarrollo sostenible reduciendo la cantidad de desechos que salen del sistema, de tal forma que la biosfera pueda asimilarlos.

Implementado como el “control de contaminantes”, esta visión no ha demostrado impacto positivo, ya que no tiene en cuenta el desecho en que se convierten los mismos productos generados por el proceso industrial: sólo trata las salidas de gases contaminantes, aguas con desechos y basuras sólidas. Tampoco tiene en cuenta que los elementos usados para estos tratamientos como; disolventes, filtros, tanques contenedores, rellenos sanitarios, etc.; sólo retrasan la llegada de los residuos a la biosfera y constituyen en sí mismos un desecho más a largo plazo. Es por ello que

estos conceptos de ecoeficiencia y ecoefectividad se convierten en algunas de las respuestas a la ineficacia del enfoque de final de tubería.

Otras opciones llamadas de “final de vida” involucran una serie de estrategias que asisten el tratamiento post uso de los productos, como lo son reducir, reusar y reciclar (También conocido como las 3R) La carga ambiental se reduce al dividir el impacto ambiental en tiempos más largos de aparición. Reducir es minimizar los desechos. Reusar es usar de nuevo un objeto luego de su uso y puede ayudar a prolongar el tiempo de vida de los materiales o partes. Reciclar es hacer uso de materiales usados en nuevos productos. (33)

#### 2.3.4. Ecología Industrial y *Cradle to Cradle* (de la cuna a la cuna)

La Ecología Industrial (EI) es el estudio sistémico orientado hacia las interacciones e interrelaciones físicas, químicas y biológicas dentro de los sistemas industriales y entre los sistemas industriales y los ecológicos. (19)

Según Capuz Rizo, la EI es un paradigma para obtener el desarrollo sostenible. En este paradigma, tres principales conceptos se encadenan, como se muestra en la Ilustración 4: El diseño respetuoso con el medio ambiente, los procesos más limpios y la gestión del medio ambiente.

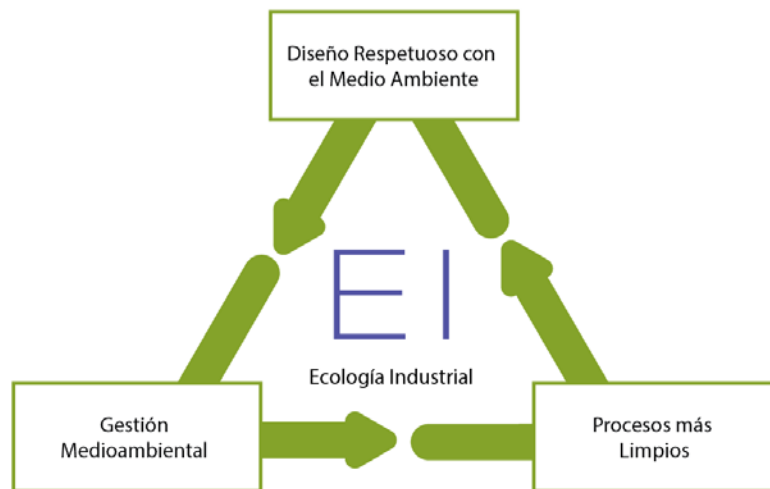


Ilustración 4 Adaptado de Capuz, S., et al.(2004). Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Valencia: Alfaomega.

“La EI es una estructura económica y física y una actitud de los agentes implicados en la sociedad industrial tal que se consigue un equilibrio sostenido con la biosfera” (5) En este sentido se relaciona con la Eco eficiencia, pues los autores ponen como objetivo el disminuir las emisiones de desechos hasta niveles estables o asimilables por la biosfera.

La estructura de la propuesta EI funciona para explicar la forma en la que estos tres actores se relacionan. El *diseño respetuoso con el medio ambiente* es el Ecodiseño, los llamados *procesos más limpios* son la estructura de los procesos industriales y la *gestión del medio ambiente* se refiere a las políticas privadas y públicas que articulan estos procesos.

Si este concepto de EI se relaciona con la ecoefectividad, el diagrama de relación de conceptos para cambio de paradigma se vería como lo expone la Ilustración 5:

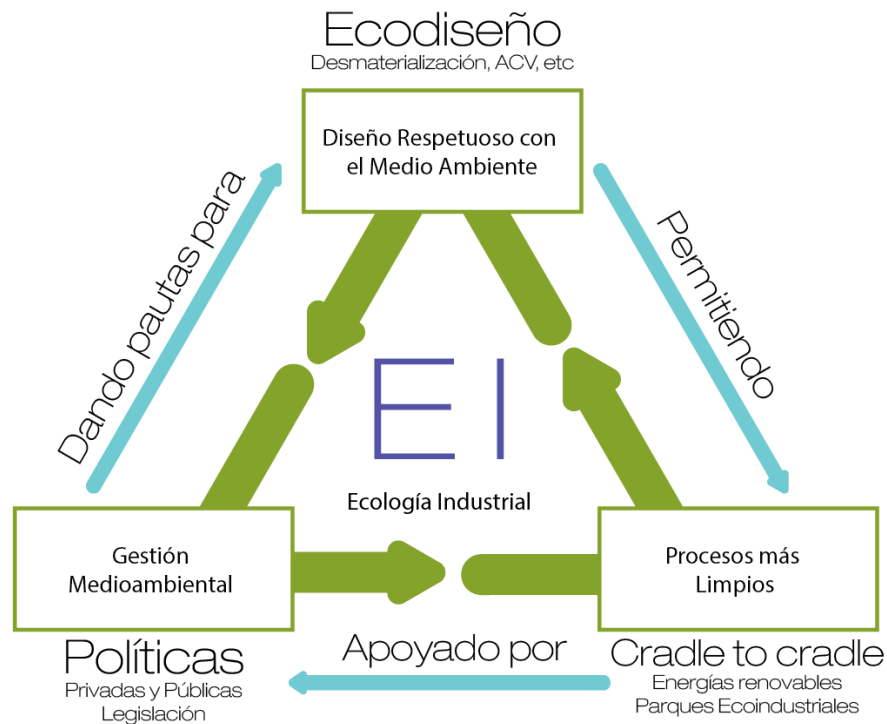


Ilustración 5. Diagrama de Ecología Industrial complementado. Fuente: Autor

Es necesario analizar estos tres componentes. En primer lugar los procesos más limpios se refieren a la manera en la que funciona el sistema productivo y de consumo. Según la UNEP, este rediseño del sistema productivo es el D4S (Diseño para la Sostenibilidad) incorporando logísticas de transporte, recolección separada y reutilización de componentes o reciclaje de materiales. (4)

Capuz Rizo repasa en este punto la implementación de los parques ecoindustriales, dónde se reúnen en una zona específica industrias afines, en las cuales el desecho de la empresa A se integra al proceso productivo de la empresa B. Estos parques se han implementado en varios casos, demostrando una disminución del impacto ambiental gracias a su cercanía y congruencia. Sin embargo este ideal está lejos de cumplirse, pues los desechos en sí mismos no poseen la calidad necesaria para considerarse materias primas. (5).

También dentro de éstos conceptos se encuentra el *Cradle to Grave* (O de la cuna a la tumba, en español) que fue la primera visión de Ciclo de Vida, en el cual se determina el impacto ambiental de los productos desde su nacimiento hasta su desecho. De este concepto se desprende el *Cradle*

to *cradle* (de la cuna a la cuna) que es un modelo integrado donde dos ciclos se mantienen en balance gracias a la intervención humana. Este concepto, desarrollado por Braungart y McDonough, propone un sistema productivo y de consumo donde Basura = Alimento, es decir, la idea de desperdicio desaparece, bien sea porque esta se convierte en alimento para la producción en otro ciclo (Ciclo técnico) o porque vuelve inocuamente a la atmósfera (Ciclo Biológico). La relación de ambos ciclos se espone en la ilustración 6.

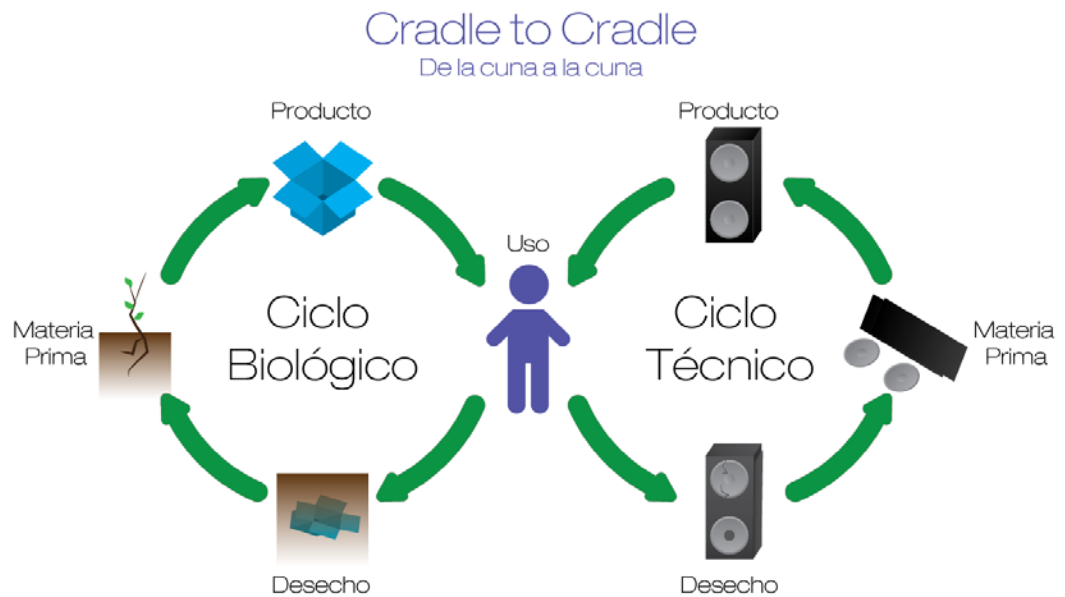


Ilustración 6. Diagrama *Cradle to Cradle*. Concepto de Braungart, M., & McDonough, W. (2005). *Cradle to Cradle*. Madrid: McGraw Hill. Adaptado por autor

El Ciclo Biológico se refiere a todos los productos biodegradables, que alimentan a la biosfera. Materiales que se pueden retornar con seguridad al medio ambiente y que no impactan o impactan positivamente en el mismo.

El Ciclo Técnico se refiere al uso y recuperación de las valiosas materias primas que conforman los productos. Materiales como aluminio, cobre, plástico, etc. que actualmente se pierden en los rellenos sanitarios, desperdiciando la oportunidad de volver a usar ese material, o son infraciclados lo cual significa un reciclado fallido, sea por que el material pierde propiedades o porque simplemente se retrasa su viaje al basurero.

Un ejemplo de infraciclado es la disposición final de los automóviles: El acero del que se compone cada auto es reciclado en una forma de amalgama de todas las piezas de acero, junto con aleaciones de otras piezas, el cobre de los cables y demás metales. (9). Este nuevo material no se puede usar para carrocerías, no se puede usar como cableado y pierde las cualidades de las aleaciones que tanta energía y material usó la empresa para obtener.

En un sistema productivo mejor planteado, las piezas de ese automóvil volverían a la empresa productora, la cual se encargaría de supraciclarlas, es decir llegar a un reciclado exitoso, haciendo que cada material pueda mantener sus características y vuelva a ser parte de un automóvil nuevo.

Para que este ideal sea posible es necesario que se establezca una Economía de Servicios, en la cual el cliente no pague por esos materiales, sino, por ejemplo, por el servicio de movilidad.

Las ventajas de la Economía de Servicios son muchas. En ella, el cliente estaría pagando por una cantidad de tiempo de servicio y no por un objeto que luego de un tiempo será obsoleto y deberá acabar en la basura. Las empresas, con una inversión en servicio al cliente, recuperarían aquellos materiales que con tanto esfuerzo han logrado producir. El cliente estaría más que contento de saber que luego de su uso, aquel objeto volverá a un ciclo y no acabará en una pila de desperdicios, además de poder obtener nuevas tecnologías más rápido y más barato.

Retomando el diagrama de EI (ilustración 5), en segundo lugar encontramos el diseño respetuoso con el medio ambiente, y se refiere a la concepción de los productos en sí mismos. Llegar a un modelo como el *Cradle to Cradle* no es posible si los productos generados en la industria no están diseñados con éste propósito. Los bienes y servicios se deben diseñar de tal forma que el Ciclo Biológico y el Ciclo Técnico no se mezclen, pudiendo separar las materias orgánicas de las inorgánicas, evitando crear lo que Braungart y McDonough llaman como un “híbrido monstruoso”. También es necesario que los objetos sean desmontables, es decir, que las materias primas puedan ser aisladas unas de otras, o si no es así, que puedan ser usadas en su siguiente ciclo como una sola.

Esta manera de diseñar con miras al desarrollo sostenible y a la consecución de un modelo estable se conoce como Diseño para el Medio Ambiente (20). Ésta técnica de diseño posee múltiples herramientas y métodos que poseen diferentes objetivos específicos y que serán analizadas en el siguiente punto de este texto.

En tercer lugar, en el diagrama de EI (ilustración 5) tenemos la Gestión Medio Ambiental. En aras de conseguir un desarrollo sostenible, es necesario que se implementen políticas sostenibles, no sólo por parte de entidades públicas como el gobierno, sino de entidades privadas, las cuales acepten que “No pueden triunfar en un mundo que fracasa” (14)

Varias políticas ecológicas se han puesto en marcha. En Europa por ejemplo, se encuentran legislaciones como la End of Life Vehicle (ELV) y la Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), que exigen a las empresas manufactureras de automóviles y equipos electrónicos, respectivamente, propiciar programas de recuperación y reciclado de sus productos. Además de la restricción en el uso de sustancias peligrosas (Restriction of use of certain Hazardous Substances - RoHS) que comanda a las compañías a no manufacturar productos con más de una máxima concentración de ciertas sustancias como plomo, mercurio, cadmio, entre otros. Además del registro, evaluación y autorización de químicos (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals - REACH), legislación diseñada para asegurar que 30,000 químicos prohibidos no hagan parte de un producto en ningún punto de su cadena de producción. (19)

Estas y otras políticas efectivas y eficaces que fomenten un pensamiento sostenible, una reestructuración del sistema productivo y de consumo, están surgiendo alrededor del globo. Así mismo surge una legislación que castigue a los actores que impacten negativamente al ambiente y beneficie a aquellos que estén dispuestos a pensar y actuar de manera ecoamigable.

### 2.3.5. Design for X

El Diseño para X (También conocido como *Design for X* o DfX) se define como el conjunto de técnicas utilizadas en el desarrollo de un producto, para resolver los problemas que se presentan en su fabricación, montaje, inspección, embalaje, almacenamiento y en su posterior uso, mantenimiento y retiro. (5)

El DfX es un conjunto de técnicas que responden a los problemas que corresponden a su nombre, algunos ejemplos son: Diseño para la manufactura (DfM), diseño para el ensamblaje (DfA), diseño para el coste (DfC), diseño para el rendimiento (DfPe), diseño para el reciclaje (DfRc), etc. (5)

Entre los más destacados DfX se encuentra el Diseño para la sostenibilidad (DfS), también conocido como Diseño para el medio ambiente (DfE), el cual considera los problemas de diseño desde una perspectiva medioambiental como una evaluación general, e incluye una serie de principios que proveen guía y referencia para los fabricantes y diseñadores:

- Pensamiento sistémico y de ciclo de vida integrado al desarrollo de productos.
- Evaluación de la eficiencia y efectividad de sistema en general.
- Selección de métricas apropiadas para representar el funcionamiento del ciclo de vida.
- Mantener y aplicar un portafolio de estrategias de diseño sistemáticas.
- Usar métodos de análisis para evaluar el funcionamiento y compensaciones del diseño.
- Proveer capacidades de software para facilitar la aplicación de las prácticas del DfE.
- Buscar inspiración de la naturaleza para el diseño de los productos y sistemas. (33)

Aunque existe un debate por la definición de los conceptos aquí expuestos (17), para diversos autores el Diseño para la sostenibilidad o para el medio ambiente no es otro que el mismo Ecodiseño. (20)

### 2.3.6. Ecodiseño

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. (4)

“El Ecodiseño es una metodología (...) que armoniza los conceptos de sostenibilidad y desarrollo al minimizar el impacto ambiental de los productos y servicios, buscando disminuir aquellas ineficiencias en la producción y el costo que nacen al definir el ciclo de vida del producto, cuantificar sus impactos, priorizarlos y proponer nuevos diseños (...)”, explica Alejandro Chacón, líder en Eco diseño en Latinoamérica. (34)

“La clasificación que por mucho tiempo ha diferenciado al diseño del Ecodiseño ya no tiene significado. Hoy más que nunca la sostenibilidad es un elemento imprescindible del diseño, instrumento necesario para cualquier proyecto.” Afirma Paolo Tamborrini, profesor e investigador de Diseño Industrial del Politécnico de Turín. (35)

La fase de diseño de producto ofrece la mayor oportunidad para identificar el impacto ambiental que el mismo puede tener. (8) El Ecodiseño comprende métodos, estrategias y principios que se complementan y asocian en el proceso de diseño. Entre ellos se encuentran:

- **Diseño Sistémico:** Esta estrategia de diseño se fomenta en concebir al diseñador no como un creador de objetos, sino de soluciones. La necesidad a satisfacer se analiza con el propósito de evitar crear más objetos, comprar o gastar. Sólo se recurre al diseño de un objeto nuevo como último recurso.
- **Desmaterialización:** También conocida como reducción de material, busca diseñar con menos materiales, descartar procesos innecesarios, reducir el volumen, densidad o peso de los materiales para hacerlos más transportables y obtener un producto que satisfaga una necesidad con menos recursos. La desmaterialización es la efectividad al máximo y se puede definir como una simplificación formal del objeto.
- **Diseño para el Reciclado:** Consiste en diseñar de acuerdo a la capacidad del objeto de ser reciclado, bien sea por ser biodegradable o por estar compuesto de materiales reciclables. El reciclaje es la reintegración de un material al proceso productivo o a la cadena de consumo. La selección del material en el proceso de diseño es uno de los factores de impacto ambiental más relevantes.
- **Diseño para la desmantelación:** Este diseño se enfoca en permitir que el objeto creado sea de fácil de desmantelarse, para que sus materiales se puedan clasificar para un eventual reciclaje o reuso. Este enfoque es clave para el desarrollo de un sistema productivo Cradle to cradle, pues los híbridos monstruosos, donde materiales del ciclo técnico y biológico se unen de manera inseparable, y no pueden volver a ninguno de los dos ciclos efectivamente.
- **Análisis de ciclo de vida:** Es una herramienta que se usa para evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando. Se tienen en cuenta la extracción, producción, distribución, uso y desecho del producto. El elemento a diseñar debe pensarse no sólo desde su producción hasta su desecho, sino sobre su existencia en la biósfera luego de cumplir su objetivo. Éste método mide impacto ambiental a través de magnitudes y unidades de medida, y puede ser aplicado tanto a procesos industriales ya establecidos como procesos y productos en fase de diseño.
- **Diseño de materiales:** Consiste en invertir en la investigación de materiales nuevos: altamente reciclables, biodegradables, seguros y resistentes; que no atenten contra la biosfera a largo plazo y que, en un escenario optimista, se conviertan en alimento para la misma.

## **2.4. Revisión del estado del arte**

A continuación se repasarán algunos de los principales métodos implementados en Ecodiseño que permiten el establecimiento del Desarrollo sostenible, además de las herramientas informáticas de Sostenibilidad; factores que permiten el desarrollo del presente proyecto.

### **2.4.1. Métodos de Análisis de Ciclo de Vida y Ecodiseño**

En este fragmento de la revisión del estado del arte se hace una descripción de algunos de los muchos métodos que se implementan en Ecodiseño para la consecución de la Sostenibilidad. Tienen como propósito común dar a las Ingenierías y al Diseño pasos a seguir que evidencian y dan solución a problemas de impacto ambiental, cada una propone una vía complementaria desde diferentes puntos de vista.

- *Life Cycle Assessment (LCA)*

Conocido en español como el Análisis de Ciclo de Vida (LCA). El término ciclo de vida se refiere a todas las etapas y el tiempo de vida de un producto, su impacto ambiental al igual que el servicio, procesos de manufactura y toma de decisiones. El LCA presenta las bases para alcanzar un desempeño mejorado del ciclo de vida y es el acercamiento esencial para la implementación del desarrollo sostenible en el diseño de producto. (20)

“El LCA es el método o proceso de evaluación de los efectos que un producto tiene en el ambiente a través de su entero periodo de vida, incrementando la eficiencia del uso de recursos y disminuyendo riesgos.” (36)

Como se mencionaba anteriormente, es una herramienta sistémica, pues interpreta el ciclo de vida como un sistema donde se cuantifica del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados. Se tienen en cuenta la extracción, producción, distribución, uso y desecho del producto. Se entiende como un método de la “Cuna a la tumba”. Los pasos que sigue el producto de la cuna a la tumba se muestran en la ilustración 7.

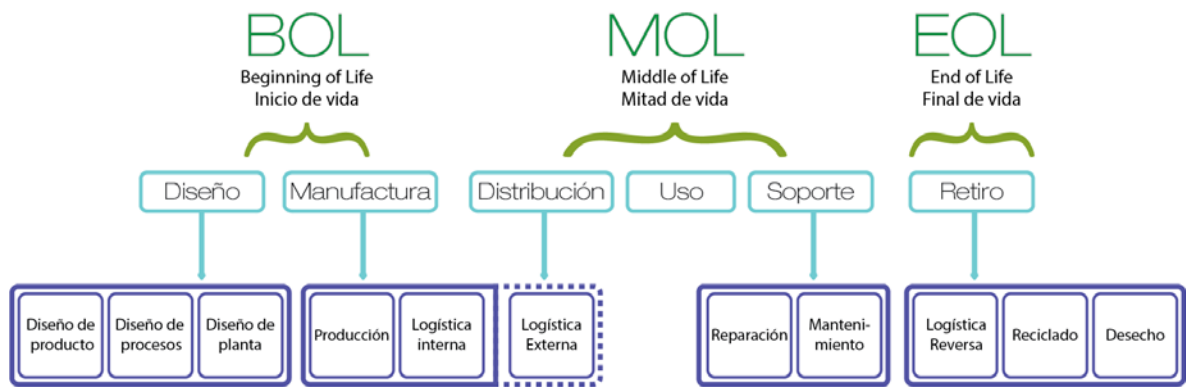


Ilustración 7 Modelo de referencia de las fases del ciclo de vida. Adaptado de Cieri, D., Garetti, & Terzi. (2009). Product Lifecycle Management Approach for Sustainability. Proceedings for the 19th CIRP Conference.

- **LiDS**

Bajo el nombre de “*Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*” (Ecodiseño: Un enfoque prometedor para la producción y consumo sostenible), la Universidad de Tecnología de Delft, junto con la UNEP y el gobierno Holandés publica el manual PROMISE (24). Con este manual dicta una metodología de Ecodiseño dividida en siete fases, además de ocho grupos de estrategias encaminadas a la ideación de productos más amigables con el medio ambiente. En la tabla 2 se muestran las siete fases de un proyecto propuestas en éste manual. La ilustración 8 muestra la rueda de estrategias planteadas por los autores. Esta rueda también se conoce como Rueda de LiDS (*Lifecycle Design Strategies* o Estrategias de diseño del ciclo de vida).

Fases de ecodiseño	Etapas de la metodología
1. Organización el proyecto de ecodiseño	1.1. Conseguir la aprobación de Dirección 1.2. Establecer un equipo de proyecto 1.3. Trazar planes y preparar presupuesto
2. Selección del producto	2.1. Establecer los criterios de selección 2.2. Decidir 2.3. Definir el informe de diseño
3. Establecimiento de la estrategia de ecodiseño	3.1. Analizar el perfil medioambiental del producto 3.2. Analizar los puntos a favor internos y externos 3.3. Generar opciones de mejora 3.4. Estudiar su viabilidad 3.5. Definir la estrategia de ecodiseño
4. Generación y selección de ideas	4.1. Generar ideas de producto 4.2. Organizar un taller de ecodiseño 4.3. Seleccionar las ideas más prometedoras
5. Detalle del concepto	5.1. Convertir en operaciones las estrategias de ecodiseño 5.2. Estudiar la viabilidad de los conceptos 5.3. Seleccionar el más prometedor
6. Comunicación y lanzamiento del producto	6.1. Promover internamente el nuevo diseño 6.2. Desarrollar un plan de promoción 6.3. Preparar la producción
7. Establecimiento de actividades de seguimiento	7.1. Evaluar el producto resultante 7.2. Evaluar los resultados del proyecto 7.3. Desarrollar un programa de ecodiseño

Tabla 2 Fases de un proyecto de ecodiseño. Fuente van Hemel, C., & Brezet, H. (1997). Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. UNEP.

- *Environmentally Concious Quality Function Deployment (ECQFD)*

Traducido el español como Despliegue de la Función de Calidad Ambientalmente Consiente. Basado en el *Quality Function Deployment (QFD)*, el cual es un método para desplegar, definir y calificar las características, fortalezas y debilidades de un producto antes de su lanzamiento al mercado. Permite a una organización entender la prioridad de las necesidades de sus clientes y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua de los productos y servicios en búsqueda de maximizar la oferta de valor. (37)



Ilustración 8. Rueda de las estrategias. Adaptada de van Hemel, C., & Brezet, H. (1997). *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. UNEP *Industry and Environment*.

El ECQFD toma la voz del cliente (VOC: Voice of Client) y los parámetros medibles (EM: Engineering Metrics), en el caso medio ambiental y los correlaciona para identificar vías de mejoramiento ambiental. Ésta correlación se realiza gracias a la Casa de la calidad o *House of Quality*, como se muestra en la tabla 3. Ejemplos de VOC: Menor uso de material, facilidad de transporte, menos uso de energía, menos uso de químicos peligrosos, etc. Ejemplos de EM: Número de piezas, número de materiales, volumen, peso, tiempo de vida, biodegradabilidad, etc. (22)

		Weight	Volume	Supply parts env. Performance	Lifetime	Functionality	Materials used	Production technology	Production waste	Packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste Eol.	noise and vibrations	Emissions in use	Maintenance	Reparability	Fasteners and joints	Time for disassembly	Rate of reusability	Rate of recyclability	
unit		kg	m <sup>3</sup>		h				kg	km		kWh		dB					h	%	%		
direction of improvement		↓	↓	↑	↑	↑	↓		↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑		↓	↑	↑	
	SR	w	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Cheap	1	12,61	3	1				3	9		1	3		1								1	1
Easy to use	2	3,88	9	9			9	1					9				1						
Energy saving	3	10,96					3		3				9		1								
Durable	4	7,08	1		3	9						9			3			3	3				
Lightweight	5	2,60	9					9			3		9										
Easy to maintain	6	2,72				3												9		1			
Easy to repair	7	2,91			3	3													9	3	3	1	
Quiet	8	2,91													9								
Ergonomic hold	9	4,36	3	9				1				9											
Reliable	10	1,84				3											9	9					
Visually attractive-Aesth.	11	0,75		3				9			1												
Easy to clean	12	4,01							3									3		1			
Safe to use	13	2,73					1					9					9						
Easy to reuse	14	10,04			3	3								9							3	9	
Easy to recycle	15	8,94						9							3						3	9	
Easy to disassemble	16	3,45			3									9						9	9	9	
Free of hazardous substances	17	1,78	1	1	3			9	1	3	9	1		9									9
Less material use	18	3,96	1					9			3			1									1
Environmentally safe	19	1,69			3			9					1	9		9							
Less transportation	20	10,78						1	1			9											
	Rw		0,066	0,041	0,037	0,053	0,032	0,105	0,079	0,082	0,022	0,062	0,086	0,051	0,084	0,027	0,020	0,034	0,029	0,021	0,044	0,062	0,032
	Raw score		122,04	90,84	80,86	116,26	70,52	231,17	174,16	5,35	49,08	136,65	187,55	111,25	183,41	58,42	43,64	74,27	64,00	46,47	96,69	136,88	113,10

Tabla 3 Casa de la calidad (*House of Quality*), parte del estudio de ECQFD. Tomado de Bereketli, I., & Genevois, M. E. (2013). *An integrated QFDE approach for identifying improvement strategies in sustainable product development*. *Journal of cleaner production*.

El cliente identificado puede ser el usuario final del producto, las empresas recicladoras y hasta el gobierno, si se trata de cumplir con normas medioambientales. Los estudios realizados con ECQFD permiten identificar las estrategias de mejoramiento considerando no sólo los requerimientos del usuario final sino los requerimientos de las partes interesadas en el cuidado del medio ambiente. (23).

#### 2.4.2. Herramientas informáticas

En este fragmento de la revisión del estado del arte se hace una descripción de algunas de las herramientas informáticas que facilitan el LCA. Cada una posee una interfaz diferente, y cada una ha demostrado tener resultados similares en la disminución del potencial impacto ambiental. (38)

- SimaPro

SimaPro se define a sí mismo como el software de LCA mundialmente más utilizado. Ofrece estandarización - para que los involucrados puedan confiar en sus resultados -, así como la máxima flexibilidad. Tiene características únicas, tales como el modelado y análisis interactivo de resultados parametrizados. Viene con una aplicación única de la más completa base de datos y líder del mundo: Ecoinvent. (39)

SimaPro actualmente es usado por los principales ofertadores de LCA en Latinoamérica. Es un software que permite desarrollar un LCA incluyendo manufactura de materias primas y bases de datos de las mismas. Permite un uso intuitivo basado en la ISO 14040, que dictamina las bases para LCA. (40)

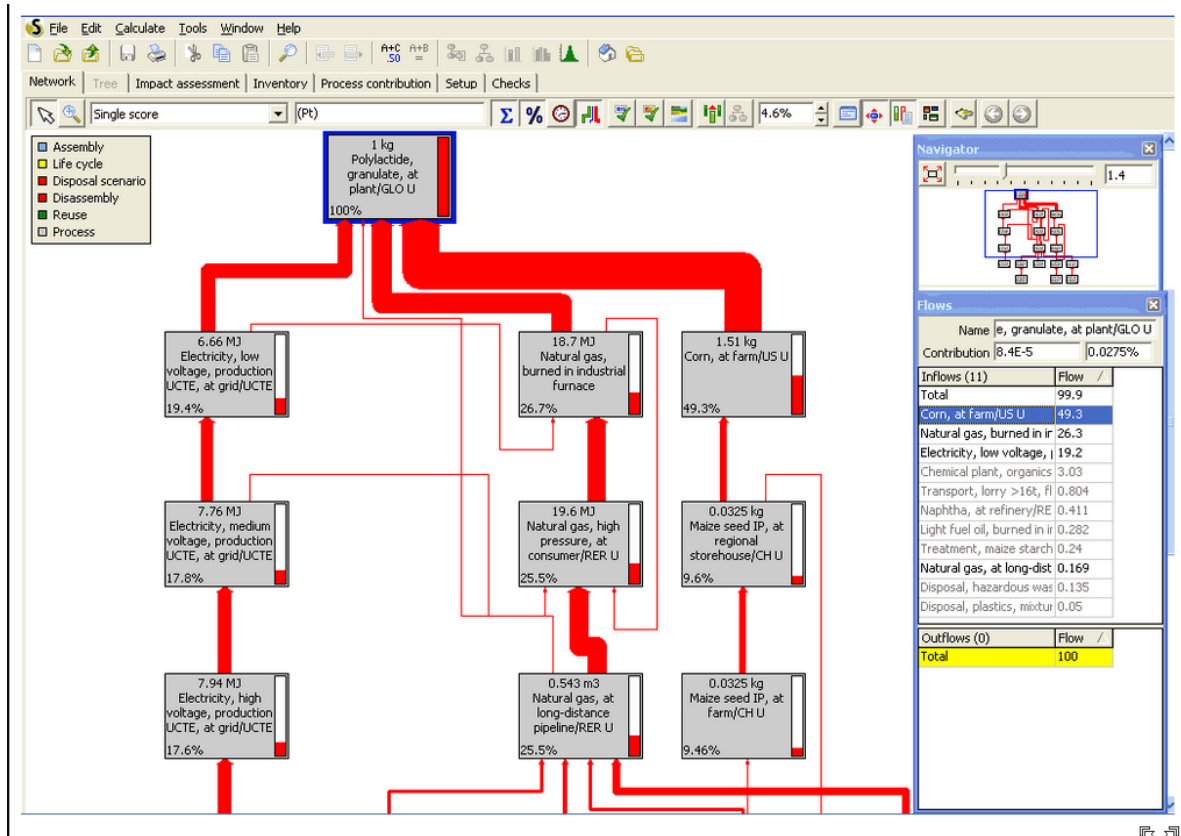


Ilustración 9 Vista de LCA en SimaPro para la producción de maíz en Estados Unidos. Tomado de Earth Shift. (2011). SimaPro LCA Features. Recuperado el 9 de Septiembre de 2014, de <http://www.earthshift.com/software/simapro/features>

- Gabi

GaBi se autodenomina la solución para sostenibilidad del producto más confiable para el LCA, con más de 10.000 usuarios, incluyendo 500 compañías adscritas al Fortune, asociaciones líderes de la industria y las PYME más innovadoras. GaBi es la solución sostenibilidad de los productos de próxima generación con un motor de LCA de gran alcance para apoyar a las siguientes aplicaciones empresariales: Análisis de ciclo de vida, diseño para el medio ambiente, eco-

eficiencia, eco-diseño, cadenas de valor eficientes, costeo del ciclo de vida, reducción de costos, información del ciclo de vida, marketing sostenible del producto, declaraciones ambientales de producto, reporte de Sostenibilidad, intercambio de conocimientos de LCA y fabricación responsable. (41)

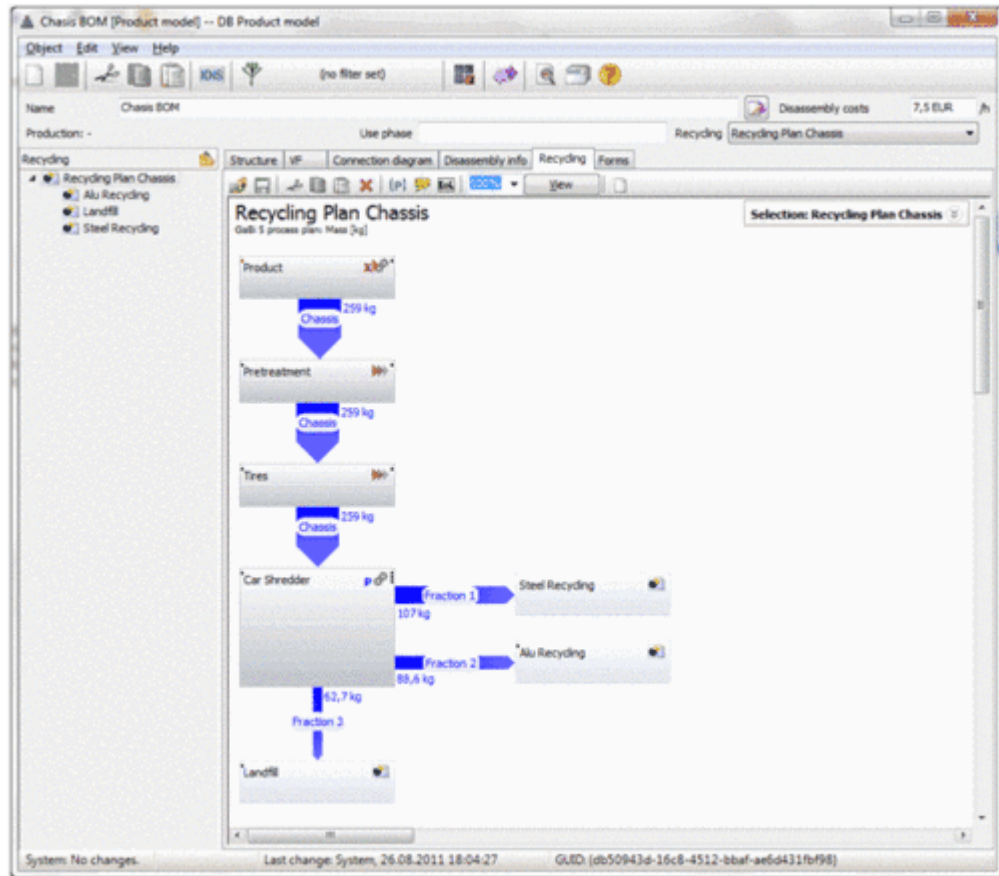


Ilustración 10 Modelo de reciclado expuesto en GaBi. Tomado de <http://www.gabi-software.com/software/gabi-dfx/functionalities/recycling-model/>

- SolidWorks Sustainability

La herramienta de diseño apoyado por modelado computacional (CAD) SolidWorks, posee un módulo de sostenibilidad, desarrollado en conjunto a la empresa GaBi. La línea de productos SolidWorks Sustainability incluye SolidWorks Sustainability y SolidWorks SustainabilityXpress. SolidWorks Sustainability ofrece un completo tablero de instrumentos de información de la evaluación del ciclo de vida (LCA) que permite determinar el impacto medioambiental de los ensamblajes o piezas. SolidWorks SustainabilityXpress, que viene con SolidWorks 2010, permite ver información detallada de la evaluación del ciclo de vida (LCA) de las piezas individuales. (42)

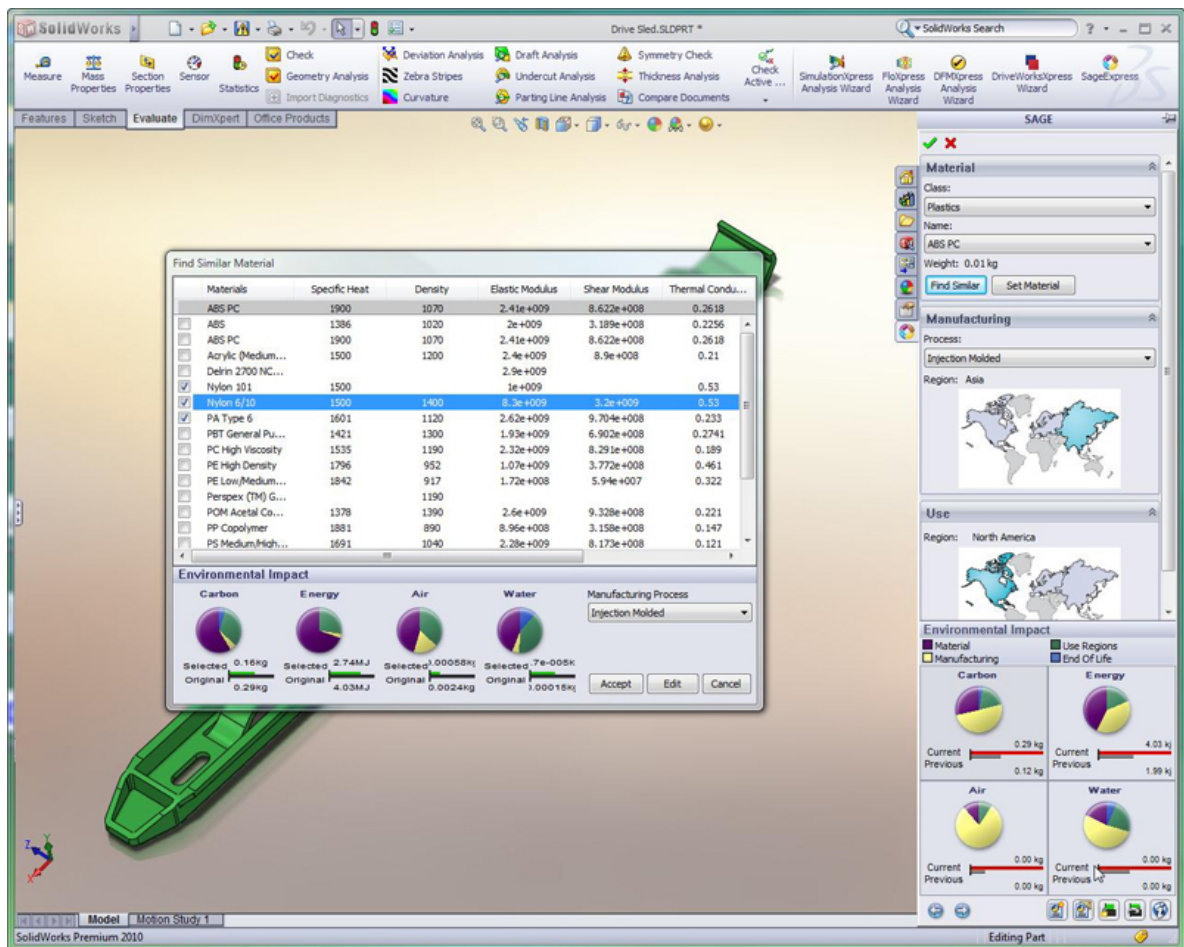


Ilustración 11 Selección de materiales y su respectivo impacto ambiental de SolidWorks Sustainability.  
Tomado de <http://www.solidworks.es/sustainability/design-gallery.htm>

- open LCA

openLCA es un software libre, de Análisis de Ciclo de Vida y huella ambiental, con una amplia gama de funciones y bases de datos disponibles, creado por GreenDelta. openLCA es un software de código abierto, es decir, su código fuente está disponible gratuitamente y puede ser modificado por cualquier persona.

openLCA es una aplicación de escritorio que funciona sin conexión a internet. Hay versiones disponibles para Windows, Mac y Linux, para 32 y 64 bits; se ejecutan directamente en estos sistemas operativos, por lo que no necesitan una máquina virtual. Además, openLCA se puede configurar para interactuar con una base de datos basada en la web, que se puede utilizar para los datos y modelo de intercambio además de. openLCA es modular y se puede ampliar por un creciente número de plug-ins. Por otra parte, se están desarrollando aplicaciones de ayuda. (43)

El análisis de ciclo de vida se realiza por diagramas de flujo, como se expone en la ilustración 12.

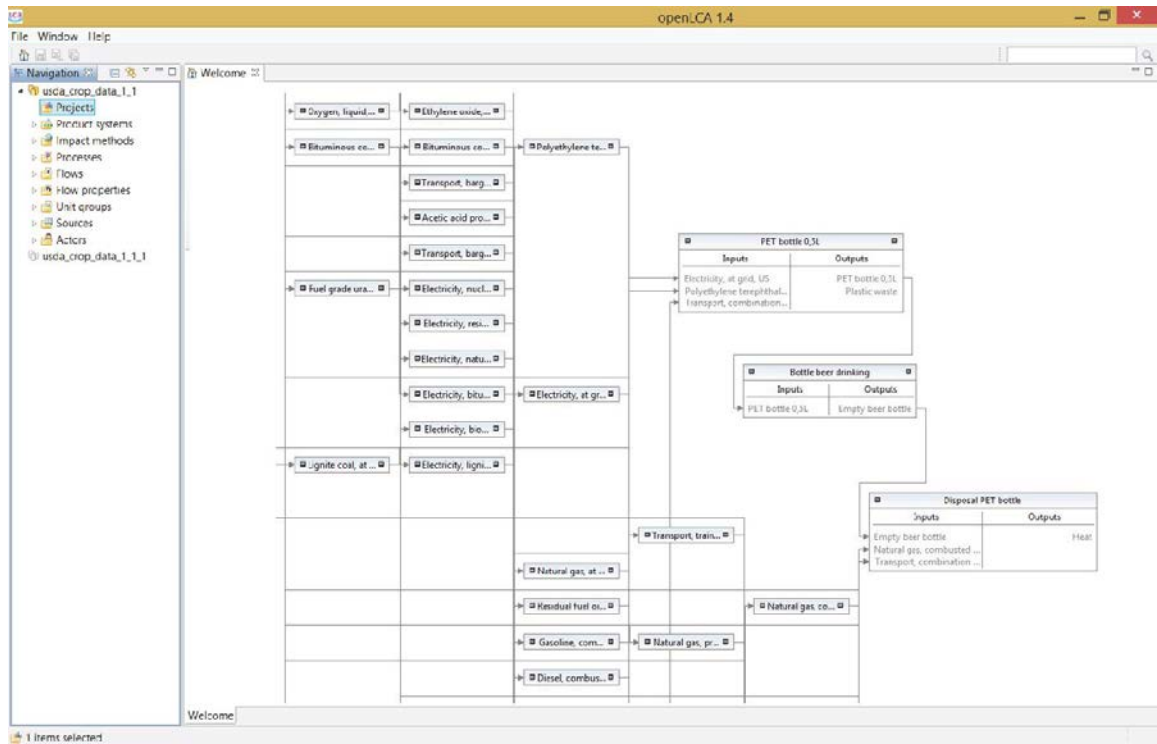


Ilustración 12 Análisis de ciclo de vida en openLCA. Tomado de <https://nexus.openlca.org/dataproviders>

### **3. METODOLOGÍA**

En primer lugar para lograr comprender los modelos y las herramientas existentes para ecodiseño se realizó una revisión bibliográfica que tuvo como resultado una profundización en la conceptualización del marco teórico anteriormente expuesto. Además, para lograr 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. Los objetivos específicos, entradas, actividades y salidas de la metodología pueden consultarse en la ilustración 13.

Se realizaron dos entrevistas y una encuesta. Se entrevistó a los profesores responsables por los talleres de diseño, para la valoración de las respuestas se usaron escalas cualitativas de tipo nominal y ordinal. Igualmente, se realizó una entrevista a los 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 se les realizó una encuesta en línea donde se buscó una ponderación cuantitativa obtenida de la identificación de categorías cualitativas.

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; y 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.

#### **3.1. Investigación cuantitativa y cualitativa**

Para comprender las diferencias entre los métodos cuantitativo y cualitativo es necesario definir los dos enfoques de la investigación: El paradigma Positivista y el paradigma Naturalista. Un paradigma es una visión del mundo, una forma de abordar el problema epistemológico, es decir, la cuestión de la relación investigador-investigado.

En primer lugar, el positivismo sostiene que existe una realidad objetiva, regular y ordenada de la naturaleza que se puede descubrir a través de métodos estrictos y que ésta verdad puede ser también comprobable. Los seguidores del positivismo mantienen que los prejuicios y opiniones subjetivas del investigador deben ser controladas de la mayor manera posible. De ésta forma, el método del positivismo es por excelencia la investigación cuantitativa, pues la esta está exenta de la opinión personal y subjetiva del investigador y se ve encaminada al análisis de los datos numéricos.

Las ventaja de ésta forma de investigación es su objetividad y precisión, especialmente en ciencias exactas. Pero no es muy útil a la hora de estudiar fenómenos sociales, pues al no tener en cuenta el contexto cultural, social, económico y político de un grupo humano, se llegan a conclusiones de difícil interpretación. A la hora de resolver enigmas sobre la experiencia humana se encuentran dificultades, pues la experiencia humana es subjetiva y por lo tanto imposible de medir empíricamente.

Aquí surge el postulado naturalista, que sostiene que la realidad es un conjunto de verdades maleables y cambiantes, la realidad es una construcción de los individuos que participan en la investigación. De esta forma se puede decir que para el naturalismo, la interpretación de la realidad es relativa, y no se puede comprobar la existencia de una verdad pura ni la falsedad de los constructos.

En este contexto se llega al concepto de triangulación (44), que reconoce la diversidad de la humanidad, de tal manera que todos los actores sociales involucrados en la construcción y comprensión de una realidad tienen perspectivas distintas, no más válidas o verdaderas en sentido absoluto, sino más completas o incompletas.

Los resultados de una investigación naturalista surgen de la interacción entre el investigador y los participantes, y el camino propuesto para llegar a estos resultados es la investigación cualitativa. En la investigación naturalista se hace mucho hincapié en la comprensión de la experiencia humana del modo en que ésta es vivida, por lo general a través de la colecta y análisis cuidadoso de materiales narrativos, subjetivos, es decir cualitativos. De éstos estudios se revelan resultados abundantes y profundos propios del estudio de un fenómeno complejo, como lo son los estudios sociales y de rechazo o aprobación cultural. Para capitalizar los resultados que se obtienen a lo largo del estudio se emplean procedimientos flexibles y en continua evolución, al igual que la realidad es cambiante, los parámetros para su investigación también.

Dada la naturaleza de la pregunta de investigación, es necesario combinar ambos métodos de recolección de datos, pues es necesario hacer una valoración de las estrategias de ecodiseño actuales de manera cuantitativa y también identificar necesidades y características del caso estudio de manera cualitativa.

Se puede establecer que la respuesta a la pregunta de investigación planteada puede tener tantos matices como observadores, ya que la educación es un tema complejo y cambiante. Para llegar a una respuesta es necesario establecer una metodología de acuerdo al contexto de la Universidad y dado que es un caso estudio específico, al contexto de la Universidad Industrial de Santander, implementando un lenguaje común que responda a las expectativas de estudiantes y profesores de manera holística y efectiva.

### **3.2. Metodología: Objetivos específicos, tareas y resultados**

- Comprender los modelos de LCA existentes para Ecodiseño.
  - Establecer definiciones relevantes: Ecodiseño, sostenibilidad, Análisis de ciclo de vida, impacto ambiental, huella de carbono, huella de agua, ecoindicadores, etc.
  - Investigar sobre los métodos de LCA existentes.
- Comprender las herramientas informáticas de LCA existentes para Ecodiseño.
  - Investigar sobre las herramientas informáticas para LCA: Módulos de sostenibilidad, software para LCA, ecoindicadores, etc.
- Comprender las estrategias de enseñanza de Ecodiseño existentes en la academia.
  - Investigar sobre estrategias de enseñanza universitaria y de Ecodiseño
- Valorar las estrategias actualmente utilizadas para la enseñanza del Ecodiseño en la EDIUIS, incluyendo el pensum actual, el perfil del egresado y las competencias evaluadas en la asignatura Ecodiseño.

- Revisar el pensum de diseño industrial UIS, misión, visión, perfil del egresado.
- Revisar el plan de estudios de la asignatura Ecodiseño
- Entrevistar a estudiantes sobre efectividad de las estrategias de enseñanza en Ecodiseño
- Entrevistar a profesores de Ecodiseño sobre estrategias de enseñanza de Ecodiseño
- Verificar las competencias en estudiantes que ya tomaron y aprobaron la asignatura Ecodiseño, para determinar la efectividad de las estrategias y plan de estudios de la asignatura
- Diseñar unas alternativas de modelo de LCA asistido por herramientas informáticas.
  - Combinar los métodos de ecodiseño y las herramientas informáticas de LCA obteniendo alternativas de modelos de LCA.
- Evaluar las alternativas de modelo de LCA asistido por herramientas informáticas, aplicándolos a un caso estudio.
  - Elegir caso estudio para aplicar las alternativas de modelo de LCA
  - Comparar los resultados de los modelos de LCA, determinando cuál es más acertado
  - Determinar mejoras a las alternativas planteadas y elegir la más conveniente
- Plantear una estrategia de enseñanza del modelo de LCA asistido por herramientas informáticas, como soporte a la enseñanza de Ecodiseño en la EDIUIS.
  - Comparar las estrategias actuales y las existentes para enseñanza de Ecodiseño, determinar qué mejoras se pueden realizar y cómo integrar el modelo de LCA comprobado en la tarea anterior.

Modelo de análisis de ciclo de vida del producto asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza de Ecodiseño en la Escuela de Diseño Industrial UIS.

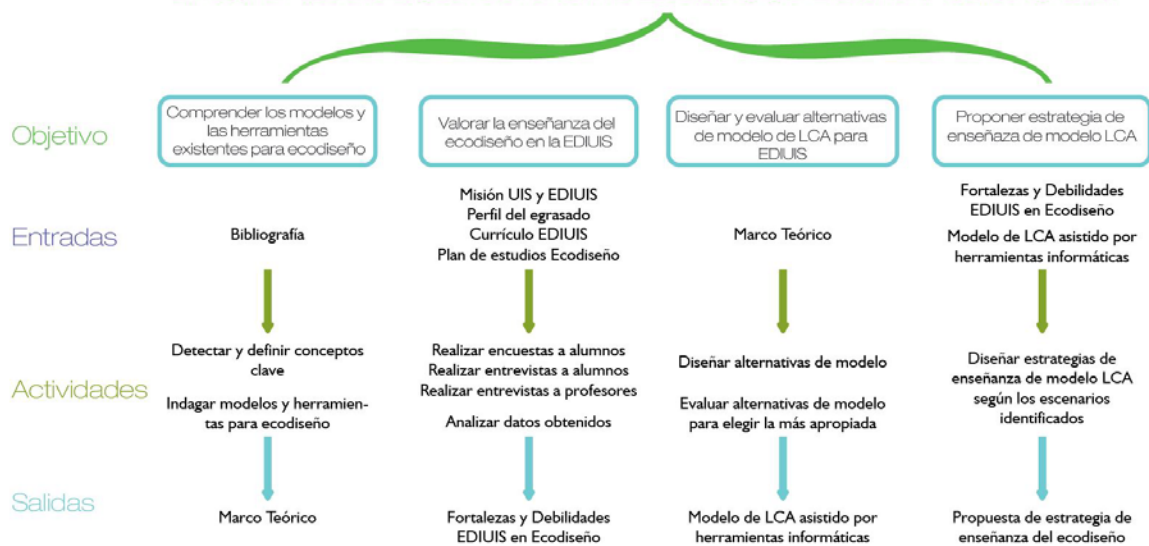


Ilustración 13 Diagrama de Metodología del proyecto. Fuente: Autor

### **3.3. Consideraciones éticas**

En vista que no se realizó intervención ni modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los participantes en el estudio y que las encuestas y entrevistas no incluyeron aspectos sensitivos de la conducta de los mismos, esta investigación está clasificada como Investigación sin riesgo, según el artículo 11 de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia. (45)

De acuerdo los anteriores planteamientos se garantizaron la autonomía de los estudiantes y profesores para participar en las encuestas y entrevistas planteadas para el desarrollo del presente proyecto. Del mismo modo se mantuvo la confidencialidad de los datos, por lo que no se tomaron datos personales que puedan llevar a la identificación de los participantes. Se protegió la custodia del material físico y digital por parte del grupo investigador, de tal modo que no puede ser accedido, consultado ni manipulado por terceros. En el manejo de los datos se tuvo también en cuenta los lineamientos expuestos en la Resolución de Rectoría 1227 de Agosto 22 de 2013 y a la ley estatutaria 1581 de 2012. (46)

Los resultados presentados y las recomendaciones dadas, responden directamente a los hallazgos obtenidos y las valoraciones objetivas realizadas por el investigador y los directores del proyecto.

## 4. CAPÍTULO I: LA ENSEÑANZA DEL ECODISEÑO EN LA EDIUIS

El objetivo de ésta parte del presente proyecto es valorar las estrategias actualmente utilizadas para la enseñanza del Ecodiseño en la EDIUIS. Esta valoración es de carácter cualitativo y se expresa por medio de una serie de debilidades y fortalezas. Para llegar a ésta valoración se realizó una revisión del contexto de la UIS, el currículo de diseño industrial en la EDIUIS, el plan de estudios de la materia ecodiseño y el perfil del egresado. También se identificaron debilidades y fortalezas por medio de entrevistas a profesores de la escuela, entrevistas a alumnos que vieron recientemente la materia y una encuesta dirigida a los estudiantes que ya vieron la materia.

### 4.1. Introducción

#### 4.1.1. La Universidad Industrial de Santander

“La UIS, institución oficial, del orden departamental, está encaminada fundamentalmente a la formación del hombre, mediante la generación y difusión del saber en sus diversas ramas. Como institución académica de educación superior enmarca su estructura organizacional en torno a los saberes en cinco facultades: Ingenierías Fisicomecánicas, Ingenierías Fisicoquímicas, Ciencias, Salud y Humanidades. Estas a su vez conjugan los campos del conocimiento en actividades que constituyen las funciones misionales centradas en la docencia, la investigación y la extensión.” (47)

La UIS, fundada el primero de marzo de 1948, se encuentra en el octavo puesto a nivel nacional en el ranking de las mejores universidades realizado por Quacquarelli Symonds, la red líder en universidades y carreras. (48) Y es la universidad más importante de la región oriental colombiana.

La UIS fue fundada con el propósito nacional de fortalecer la industria, en especial la creciente explotación de hidrocarburos en la región. La UIS estaría inicialmente integrada por tres facultades mayores de Ingeniería Industrial (especializadas en Mecánica, Electricidad y Química) y por dos facultades menores anexas: el Colegio de Santander y el Instituto Industrial Dámaso Zapata, actualmente colegios cercanos a la UIS, que ofrecen bachillerato técnico. (49)

- Política institucional

“La Universidad Industrial de Santander es una organización que tiene como propósito la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos; la conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad.

Orientan su misión los principios democráticos, la reflexión crítica, el ejercicio libre de la cátedra, el trabajo interdisciplinario y la relación con el mundo externo.

Sustenta su trabajo en las cualidades humanas de las personas que la integran, en la capacidad laboral de sus empleados, en la excelencia académica de sus profesores y en el compromiso de la comunidad universitaria con los propósitos institucionales y la construcción de una cultura de vida.” (1)

- Evaluación por competencias

La educación superior ofrecida por la UIS se basa en el sistema de competencias la cual “exige ofrecer el espacio para que cada estudiante imagine, diseñe y construya un proyecto de vida basado en el conocimiento transformado del *saber*, el *hacer*, el *ser* y del *convivir*. Donde cada actor entienda que es protagonista de su propio proceso educativo y que su éxito profesional depende de la sintonía y el equilibrio que logre entre sus metas y las propuestas por la escuela y la sociedad.” (50)

Las competencias son un conjunto de cualidades del sujeto que le permiten actuar para conocer, comprender y transformar las situaciones que encuentra en su camino. También hacen referencia a los conceptos de capacidad, de disposición, de actuación y de interpretación. (50)

La base de la educación en la UIS es la elección, fortalecimiento y evaluación de las competencias por parte de las escuelas que conforman la universidad.

- Organigrama General

La UIS se encuentra conformada por facultades que agrupan escuelas que ofrecen carreras de similar ramas del conocimiento. Las Escuelas son unidades académicas y administrativas que agrupan uno o varios campos afines del conocimiento y desarrollan programas académicos de pregrado o postgrado, de investigación y de extensión. Cada Escuela tiene un Director quien está asesorado por el Consejo de Escuela y a su cargo se encuentra el personal docente y administrativo adscrito a ésta. La facultades son: Ingenierías Fisicomecánicas, Ingenierías Físicoquímicas, Ciencias, Salud y Humanidades.

De la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas dependen las Escuelas de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones; Ingeniería Mecánica; Estudios Industriales y Empresariales; Ingeniería Civil; Ingeniería de Sistemas y Diseño Industrial.

#### 4.1.2. La Escuela de Diseño Industrial UIS

Como se menciona anteriormente, son las escuelas las que eligen las competencias y el modelo de enseñanza – aprendizaje de una disciplina. En el caso del diseño industrial es la Escuela de Diseño Industrial (EDIUIS) la que ofrece el pregrado, con casi 30 años de experiencia y se encuentra adscrita a la facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Aunque el diseño industrial no se clasifica como una ingeniería, el plan de estudios de la EDIUIS comparte un fragmento del ciclo básico de las ingenierías que conforman la facultad.

- Misión y Visión

“Misión: Educar integralmente personas en la disciplina del Diseño Industrial, capaces de construir, proyectar y configurar objetos con calidad funcional, para así contribuir desde su ejercicio profesional de manera sostenible al desarrollo sociocultural y económico.

Visión: La Escuela de Diseño se proyecta a corto plazo como una organización académica que consolidará grupos de investigación, propenderá por la excelencia académica, fortalecerá su articulación con sectores productivos y comunidades académicas; a mediano plazo creará programas en posgrado y a largo plazo programas en pregrado.” (47)

- Perfil del egresado

“El Diseñador Industrial de la Universidad Industrial de Santander debe ser un profesional altamente creativo con formación integral en aspectos técnicos, humanísticos, estéticos; 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.

Está en capacidad de adquirir y asimilar conocimientos nuevos en las áreas de tecnología de materiales y procesos de producción, control de calidad, informática y, diseño de objetos y maquinaria.” (47)

- Plan de estudios

Universidad Industrial de Santander: Plan de estudios de Diseño Industrial



Componente Curricular

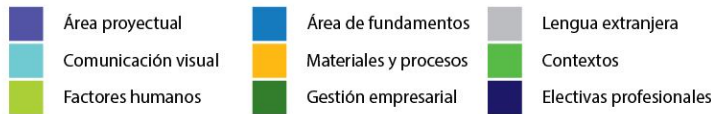


Ilustración 14 Plan de estudios de diseño industrial UIS. Adaptado de <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoMecanicas/escuelas/disenolIndustrial/programasAcademicos/disenolIndustrial/planEstudios.html>

El currículo en la EDIUIS tiene un componente de fundamentos en el ciclo básico que incluye materias que se comparten con otras carreras: Cálculo I y II, Física I, Mecánica Analítica, Mecánica de Sólidos (También conocida como Resistencia de materiales) y Mecánica de Máquinas. Cabe notar que la única asignatura que toca directamente el tema de la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental es Ecodiseño, que se ve en el nivel VII del programa, como se observa

en la ilustración 14. Este plan de estudios se puso en vigencia en el primer semestre del año 2009, luego de una reforma que eliminó del plan de estudios varias de las materias del ciclo básico como Química I.

Los talleres de diseño, que van desde Diseño I hasta Diseño VIII, son la “columna vertebral” del currículo y es en ellos dónde el estudiante adquiere los conocimientos en factores de diseño (Forma, función, estética, usabilidad, etc.) además de las herramientas de diseño para el proceso proyectual.

- Recursos físicos disponibles

La EDIUIS cuenta con un edificio propio de tres pisos con trece aulas, un centro de estudios, una sala de cómputo, múltiples oficinas de profesores y una secretaría. La escuela también cuenta con un taller de herramientas, con cuatro espacios según las herramientas disponibles: para maderas, polímeros, cueros y cerámicos.

De igual manera la EDIUIS tiene acceso a los talleres y laboratorios de otras escuelas, como física, química, biología, etc.

#### 4.1.3. La asignatura Ecodiseño

La asignatura Ecodiseño se incluyó en el programa de diseño industrial en la EDIUIS a partir del primer semestre de 2009 y desde entonces aproximadamente 300 estudiantes la han aprobado.

- Programa

El programa completo de la materia se puede revisar en el Anexo A. Los siguientes son los propósitos y competencias del estudiante:

#### **“PROPÓSITO**

Integrar el factor ambiental como una importante variable empresarial en el diseño de productos empresariales.

- ✓ Sensibilizar al estudiante de Diseño sobre la importancia del concepto del CICLO DE VIDA y las ventajas de integrar criterios ambientales en el proceso de desarrollo del producto.
- ✓ Proponer metodologías y herramientas para una práctica sencilla de ecodiseño.
- ✓ Proporcionar directrices para ajustar el ecodiseño en el marco de la norma vigentes

#### **COMPETENCIAS**

El estudiante:

- ✓ Conoce procesos para el desarrollo de productos y los procesos de manufactura.
- ✓ Conoce los valores y actitudes ético-profesionales que regulan el ejercicio profesional.
- ✓ Desarrolla la capacidad de investigar para solucionar problemas de diseño.

- ✓ Desarrolla la capacidad para investigar y experimentar materiales para utilizarlos en el diseño.
- ✓ Entiende el concepto de diseño y fabricación “orientado al proyecto”.
- ✓ Entiende los cambios en el proceso de diseño que ha traído la globalización e integración de la economía mundial.
- ✓ Conceptúa sobre la importancia de la concientización medioambiental en el proceso de diseño.
- ✓ Desarrolla la capacidad para comprender impacto que pueden tener los objetos, productos e ideas en el medio ambiente.
- ✓ Conoce y aplica la normatividad medioambiental existente en los procesos de concepción, diseño, fabricación y utilización de producto.
- ✓ Comprende la problemática industrial Colombiana e Internacional, y la toma como premisa, en el proceso diseño de productos o componentes con atributos ecológicos.” Ver Anexo A

Las principales metodologías y herramientas de ecodiseño vistas en el programa son: Desmaterialización, QFD (*Quality function deployment*), AMFE (Análisis modal de fallos y efectos), LiDS (PROMISE), Pareto y PLM (*Product lifecycle management*).

#### 4.1.4. Las estrategias de enseñanza

Al realizar una entrevista a expertos de enseñanza universitaria, se llegó a la siguiente lista aproximada de estrategias de enseñanza implementadas en la UIS, que sirven de base para la propuesta del presente documento:

- Taller evaluativo y propositivo.
- Exposición por parte de los estudiantes o del profesor.
- Lectura y control de lectura.
- Seminario
- Salida de campo
- Clase magistral
- Debate
- Multimedia

## 4.2. Formatos

### 4.2.1. Entrevista a profesores

A los profesores de Taller de Diseño, la materia principal del programa curricular de pregrado, se les realizó una entrevista de carácter cualitativo. Se entrevistaron seis profesores, de los 15 profesores de planta pertenecientes a la EDIUIS y 17 Profesores cátedra. En la entrevista se realizaron las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el objetivo central de su taller de diseño? ¿Qué competencias adquieren los estudiantes en su taller de diseño?
- ¿En su opinión, cuáles son los principales factores que debe tener en cuenta un diseñador industrial en el desarrollo de su labor? ¿Y por qué?
- ¿Le interesa, conoce o maneja el tema de sostenibilidad?
- ¿Con qué profundidad se toca el tema de sostenibilidad en su taller de diseño?
- ¿Se plantean requerimientos de sostenibilidad en su taller? ¿Con qué frecuencia? ¿Considera que deberían plantearse?
- ¿En qué nivel o materia(s) considera que se debe tocar el tema de la sostenibilidad?
- ¿En su opinión, cómo califica las capacidades de un egresado EDIUIS en el manejo del tema sostenibilidad?
- ¿Cuáles son las debilidades y fortalezas de los egresados EDIUIS?
- ¿Cómo considera que se puede mejorar la perspectiva de sostenibilidad en la EDIUIS?

Cabe mencionar que algunas de ellas fueron innecesarias por la manera en la que evolucionó la entrevista. Antes de la tercera pregunta, no se menciona el tema del presente proyecto, esto con el fin de identificar si para los profesores era una prioridad o tocaban el tema de la sostenibilidad, sin condicionar su respuesta.

Al profesor encargado de la materia ecodiseño y director de escuela se le realizaron las siguientes preguntas, de manera directa o indirecta:

- ¿Cuál es el objetivo central de la materia ecodiseño? ¿Qué competencias adquieren los estudiantes en la materia ecodiseño?
- ¿Qué estrategias de enseñanza se implementan en ecodiseño para tal fin?
- ¿Qué competencias maneja un egresado EDIUIS en cuanto a sostenibilidad?
- ¿Le interesa, conoce o maneja el tema de sostenibilidad? ¿Cómo se mantiene al día?
- ¿En qué nivel o materia(s) se introduce al estudiante al tema de la sostenibilidad, antes de entrar a ecodiseño?
- ¿En qué nivel o materia(s) considera que se debería empezar a hablar de la sostenibilidad?
- ¿Hay algún plan o estrategia de enseñanza integrada del ecodiseño o la sostenibilidad en el plan de estudios?
- ¿Se plantean requerimientos de sostenibilidad en los proyectos de grado? ¿Con qué frecuencia?
- ¿En su opinión, cuáles son los principales factores que debe tener en cuenta un diseñador industrial en el desarrollo de su labor? ¿Y por qué?
- ¿Cuáles el software para desarrollo de producto que se enseña en la EDIUIS y en qué materias se enseña?
- ¿Cuáles son las debilidades y fortalezas de los egresados EDIUIS?
- ¿Cómo considera que se puede mejorar la perspectiva de sostenibilidad en la EDIUIS?

#### 4.2.2. Entrevista a alumnos

Se entrevistaron a cinco de los nueve de los estudiantes que vieron la materia Ecodiseño en el primer semestre de 2014. Las preguntas realizadas fueron:

- ¿Cómo ha sido su experiencia hasta hora en la EDIUIS?
- ¿Qué opina de la materia Ecodiseño?
- En su opinión, ¿Cuál es la labor y la responsabilidad del diseñador?
- ¿Qué tanto le interesa, conoce y maneja el tema de la sostenibilidad?
- ¿Qué métodos de ecodiseño aprendió en la materia?
- ¿Cómo mejoraría la enseñanza del Ecodiseño y la sostenibilidad?
- ¿En qué nivel deberían empezar a tocarse temas de sostenibilidad?

#### 4.2.3. Encuesta a alumnos

La encuesta cuantitativa a alumnos egresados de la materia ecodiseño se diseñó con base a la siguiente tabla de variables y escalas.

<b>Encuesta a alumnos</b>			
<b>Variable</b>	<b>Definición Operativa</b>	<b>Escala</b>	<b>Pregunta</b>
<b>Sexo</b>	M - F	Nominal Cualitativa	¿Cuál es su sexo?
<b>Edad</b>	16 a 80	Razón Cuantitativa	¿Qué edad tiene?
<b>Nivel</b>	1 a 10 o egresado	Razón Cuantitativa	¿En qué nivel se encuentra matriculado?
<b>Orden objetivos sostenibles</b>	1 a 8	Ordinal Cualitativa	Ordene según su criterio como diseñador la importancia de los factores que se tienen en cuenta a la hora de realizar un diseño
<b>Papel del DI en el medio ambiente</b>	0 a 5	Razón Cuantitativa	Evalúe el impacto que tiene la labor del diseñador industrial en el desarrollo sostenible
<b>Conocimiento LCA</b>	Sí o No	Nominal Cualitativa	Evalúe sus conocimientos en Análisis de Ciclo de Vida
<b>Capacidad de realizar un LCA</b>	0 a 5	Razón Cuantitativa	Evalúe su capacidad para realizar un Análisis de Ciclo de Vida
<b>Capacidad de determinar IP</b>	0 a 5	Razón Cuantitativa	Evalúe su capacidad de determinar el impacto ambiental de un proyecto
<b>Capacidad de toma decisiones sostenibles</b>	0 a 5	Razón Cuantitativa	Evalúe su capacidad de toma de decisiones que mejoren el factor sostenible de un proyecto
<b>Sostenibilidad en la EDIUIS</b>	Sí o No	Nominal Cualitativa	Antes de ver Ecodiseño, se habían tocado temas de sostenibilidad en otra materia?
<b>Capacidad software</b>	0 a 5	Razón Cuantitativa	En qué grado maneja las siguientes herramientas de software?
<b>Opinión</b>		Nominal Cualitativa	Qué mejoras le haría al plan de estudios de ecodiseño?

Tabla 4 Variables y escalas para la encuesta a alumnos. Fuente Autor

La encuesta se puede consultar en el Anexo B. Se recibieron 43 respuestas de los aproximadamente 300 estudiantes que han visto la materia ecodiseño luego de la reforma al pensum.

### 4.3. Análisis de datos

Para analizar los datos obtenidos se realizó el método de triangulación de datos (44), el cual permite relacionar ideas cualitativas con datos cuantitativos e identificar conceptos frecuentes y comunes entre los datos obtenidos de los diferentes autores.

Se inició el proceso análisis del discurso de las entrevistas a profesores y alumnos, de las cuales se extrajeron frases que abordaban los objetivos del presente estudio, es decir, que hablaban directamente de la valoración del estado actual del ecodiseño en la EDIUIS. Las frases se clasificaron en categorías de opinión de los entrevistados:Cuál es la labor del diseñador, qué es la sostenibilidad, cómo es la enseñanza del ecodiseño, como debería ser y qué retos se han de enfrentar. El análisis y la construcción de estas categorías se exponen en ésta parte del trabajo.

Seguidamente se relacionaron éstas opiniones con los resultados de la encuesta a alumnos, lo cual llevó a la identificación de las fortalezas y debilidades como resultado de la realización del objetivo específico del presente proyecto. Éste resultado se expone en el numeral 4.4. de éste proyecto.

#### 4.3.1. Entrevista a profesores

Las entrevistas a profesores revelaron información relevante en temas diversos, que permiten conocer el contexto de la EDIUIS, la visión de los profesores con respecto al ecodiseño, etc. A continuación se revisan y relacionan algunas de las ideas expuestas por los mismos.

Para comenzar, fue muy importante para los profesores enfatizar sobre la labor del diseñador, pues algunos consideran que muchos estudiantes tienen una idea equivocada de la labor se ejecuta la profesión. En este aspecto el profesor #1 expresó:

*“Nosotros estamos en una escuela de diseño industrial y el diseño industrial es un ejercicio proyectual, no es un ejercicio del hacer. Yo soy enemigo de eso de que existan talleres en la escuela. Porque el estudiante cuando está empezando piensa que el diseñador industrial es el cortar, el soldar y no la parte proyectual. No digo que no sea importante conocer las herramientas, pero no es el fin. Como muchos estudiantes terminan creyendo. Que se estudia para manejar un determinado número de herramientas” Profesor #1*

Otros profesores expresaron ideas similares, resaltando el carácter holístico e interdisciplinar de la carrera diseño industrial. Además opinaron sobre la labor del diseñador industrial como líder en un equipo de trabajo, ya que posee una visión que le permite *“El concebir la solución como algo holístico – integral – sistémico.” Profesor #5*

También fue para los profesores un punto en común resaltar las fortalezas del egresado EDIUIS, se mencionó en varias ocasiones el carácter ingenieril del perfil académico y la forma en que esto le otorga una ventaja competitiva en los conocimientos de procesos y materiales al estudiante. Al respecto se menciona:

*“La EDIUIS es reconocida nacional e internacionalmente por su alta formación técnica y tecnológica. Que nuestros estudiantes a diferencia de otros programas académicos nacionales, tiene una competencias o capacidades en tecnología, materiales, conocimiento en temas ingenieriles del diseño. Ese es nuestro origen y es nuestro perfil.” Profesor #2*

Aun así algunos profesores lo como un problema potencial debido al reto académico que este ciclo básico de matemática representa. Algunos profesores señalaron que ese ciclo básico puede “no llegar a serle útil a ciertos estudiantes (que) no van a necesitar de ello” Profesor #1

Otros profesores se mostraron inquietos por la falta de compromiso, autorregulación y motivación de algunos estudiantes, pues “(...) el estudiante es tan dependiente en esos últimos niveles como en los primeros. Si usted no le dice “Numere las hojas” no las numera” Profesor #4. Aun así resaltaron que sí existe el potencial de mejorar este aspecto.

En lo referente a la sostenibilidad, se encontraron posturas teóricas fuertes, un conocimiento generalizado del tema y un cierto nivel de preocupación. Los profesores tuvieron en común la necesidad de fomentar un cambio en la perspectiva y la manera como se enseña el Ecodiseño. En cuanto a los conocimientos, se evidenció un manejo general del tema, en frases como:

*“El tema del interés (por la sostenibilidad) debe estar en la mente de todos los diseñadores en este momento.(...) No debemos mermar los esfuerzos para comenzar a desarrollar proyectos y productos completamente sostenibles. (...) Es una preocupación que aunque no conozco a profundidad, si debe ser un tema prioritario para todos.”* Profesor #2

*“Es un tema que es transversal, atraviesa todo. Todo lo que hace el diseñador afecta a las personas, a los demás seres vivos y al lugar que habitamos, este planeta.”* Profesor #4

*“El tema de sostenibilidad es hoy en día es muy importante, es una de las prioridades, en uno de los objetivos del milenio”* Profesor #5

*“En el diseño industrial es más que una necesidad una obligación, en el sentido en que tenemos que aprender a romper con las estructuras productivas que son extremadamente costosas, contaminantes, producen problemas de salubridad y de degradación del ambiente. Tenemos que aprovechar para hacer propuestas verdaderamente innovadoras”* Profesor #6

En cuanto al estado actual de la enseñanza de la sostenibilidad y el ecodiseño en la EDIUIS, tres de los seis profesores entrevistados aseguraron que, aunque no hay una planeación de la estrategia de enseñanza integrada del ecodiseño, los estudiantes han desarrollado una conciencia de manera natural o por interés propio.

*“Dentro del marco teórico que se maneja en la escuela, por lo menos salen con la conciencia de que se debe procurar fomentar la sostenibilidad.”* Profesor #6

Algunos profesores calificaron la materia Ecodiseño como *Aislada e Insuficiente*, como lo expresa el profesor #3: *“Por ahí aparece una materia por allá un poquito como aislada de ecodiseño y eso por iniciativa de algunos profesores no más, pero muy aislado. Uno no puede pretender que con una materia en el currículo en la formación de un estudiante, que no está tan presente, que no se nota, se vaya a tener una fortaleza en ese campo.”* Profesor #3

Además se evidencia la perspectiva desligada que los estudiantes aún tienen sobre el ecodiseño. Al respecto el profesor #5 expresa:

*“Sin embargo se aísla, se ve como algo más del producto, que se le puede incorporar y no como parte integral del proceso de diseño. Pareciera que los diseñadores aun piensan que la*

*sostenibilidad es algo que pueden elegir hacer o no hacer dentro del producto, y no lo llevan en su ADN para que digan ‘¡Es que siempre lo tengo que hacer! No tengo alternativa.’” Profesor #5*

Todos los profesores señalaron debilidades y fallos en la enseñanza del Ecodiseño, concluyendo que es necesario una revisión y replanteamiento de la manera de enseñar el tema. *“Pensaría que ese debe ser un compromiso que debe ser articulado con un programa, con un eje transversal en la EDIUIS. Hacer una revisión del alcance que debe tener los cursos” Profesor #1*

Siendo éste el punto en común, cuando se les preguntó en qué nivel deberían comenzar a tocarse temas de sostenibilidad, coincidieron en que se debe hacer en un nivel más temprano que en el que se encuentra actualmente la materia Ecodiseño.

Algunos profesores aseguraron que dependiendo de la profundidad del tema, se puede tocar la sostenibilidad desde el primer nivel. Un modelo integrado y común entre los profesores es incluir temas como “¿Qué es el desarrollo sostenible?” en los primeros 3 niveles, que incluya el Reciclaje, el reuso y la reducción, así como el uso responsable de materiales. En los consecuentes niveles se llega a temas más profundos como el Diseño para la Sostenibilidad, el Análisis de Ciclo de Vida y los Ecoindicadores. Por último en los niveles más altos del currículo, se llega a la implementación de las herramientas enseñadas.

Algunas de las frases que apoyan esta moción son:

*“Que los profesores de diseño fueran escalando el grado de complejidad desde el punto de vista de la sostenibilidad. Considero que ecodiseño debería estar en un nivel más bajo en la malla curricular como 2-3 para que a partir de ahí se pudiera profundizar en cada nivel(...)” Profesor #1*

*“Lo ideal sería hacer un proceso lineal, a medida que se va avanzando en el nivel el conocimiento y los objetivos de otros talleres, daría al final una respuesta mucho más estructurada.” Profesor #4*

*“Los estudiantes deberían hacer conciencia en los primeros niveles de los que significa el ecodiseño y el diseño sostenible, después aprender técnicas de cómo se realiza, y finalmente en sus últimos ciclos como las aplican e implementan.” Profesor # 5*

*“Es un problema ético. Y la ética no se aprende en un curso, es un proceso de formación en el tiempo, inclusive la sostenibilidad es un proyecto que debería plantearse desde los primeros años de enseñanza, empezando con cosas básicas: uso de papel, de agua, reciclaje, residuos” Profesor #6*

Algunos profesores, que sostienen que el ecodiseño debe empezar a enseñarse luego del 4º nivel, perciben que el ecodiseño puede llegar a ser un restrictivo a la hora de abordar la creatividad en el ciclo inicial del proceso de aprendizaje, al respecto se cita:

*“El primer año de EDIUIS está fundamentado en el desarrollo conceptual, una mentalidad abierta y paralela para la solución de problemas. Ese desarrollo creativo debe darse de manera libre. Luego si (Implementar temas de sostenibilidad) en taller (de diseño) 3 -4 con proyectos de final de semestre más grandes, donde sí se pueda tocar el tema de materiales y sostenibilidad, ahí si se podría empezar a aplicar.” Profesor #2*

En esta perspectiva del ecodiseño integrado en el proceso de enseñanza se identifican ciertas dificultades, clasificadas principalmente en cuatro tópicos que se expondrán a continuación: La transversalidad versus la linealidad de la enseñanza, la necesidad de educar a los profesores, la falta de tiempo en los talleres y la incongruencia entre políticas de gestión ambiental y enseñanza del ecodiseño.

El primer problema que enfrenta esta propuesta de enseñanza integrada del diseño es el enfrentamiento entre la postura de transversalidad y linealidad. En este aspecto los profesores se dividieron en dos grupos: Aquellos que exigen una enseñanza lineal del ecodiseño, es decir, mantener la separación entre las materias de Taller de Diseño y la línea de Ecodiseño. Y Aquellos que apoyaban una enseñanza transversal del ecodiseño, es decir que proponen integrar los temas de sostenibilidad a los Talleres de Diseño. También se encuentra un tercer grupo que considera que las dos posturas se pueden combinar.

Los profesores que consideran necesario mantener la división entre la enseñanza del proceso proyectual y la enseñanza del ecodiseño sostiene que:

*“Porque eso de decir transversalmente pues sí todo se puede meter transversalmente, pero eso queda como a iniciativa del profesor o del estudiante. Y si el profesor no quiere pues no, y si el estudiante no quiere pues tampoco. O de programar cursos o seminarios o cosas así, pero eso el fin y al cabo es como extra, iniciativa casi del estudiante. No deja de ser como pañitos de agua tibia.” Profesor #3*

Esta expresión “pañitos de agua tibia” se refiere a tomar medidas superficiales a problemas que necesitan soluciones de raíz. Se continúa con la idea, proponiendo un fortalecimiento de la rama de ecodiseño ya existente:

*“(Se debe mejorar) Estructuralmente, curricularmente, con materias concretas, que se vea una línea. Que se vea, dos materias, tres materias. (...) Porque transversal, si tomar conciencia, pero no es suficiente.” Profesor #3*

Esta precepción se refuerza con la respuesta obtenida al preguntar cuál era la exigencia de requerimientos de sostenibilidad en los talleres.

*“En los talleres de diseño los requerimientos de sostenibilidad los exigen unos (profesores) y otros no. Unos asumen que eso debe venir porque sí, debe estar planteado desde el inicio del proyecto. Otros consideran que eso debería estar involucrado en el proyecto. Eso depende de la forma en que los profesores ven el tema de la sostenibilidad. Unos lo exigen otros no.” Profesor #1*

Al respecto, y contraria a ésta visión de linealidad, otros profesores sostienen que la educación de la sostenibilidad debe ser directamente abordada en los talleres de enseñanza del proceso proyectual, aseguran que:

*“Aún no hemos pasado la etapa de la madurez, en la cual la sostenibilidad se vea como parte integral del proceso de diseño. En parte por esa visión de que las soluciones transversales son “trapitos de agua tibia” ¿Debería ser un eje (de materias) aparte? No, ¿cómo así? ¿Significa que sí se le puede poner aparte? Debe ser integral en todas las decisiones y en todo el proceso de diseño.” Profesor #5*

En este sentido los profesores aseguran que la mentalidad necesita cambiar, desde la academia, un cambio desde la raíz que implique una solución holística. Los profesores que comparten ambas visiones, y consideran que se pueden articular, argumentan:

*“Ese es un tema transversal. Desde el primer semestre debería estar ahí. No necesariamente como una cátedra sino del mismo desarrollo, con pequeños conceptos que se vayan introduciendo. Por ejemplo en la línea central como son los talleres de diseño. (...) Pero si debe estructurarse una manera de generar esa conciencia. Más adelante si aterrizar todo eso y entrar a comprender que es esto de la sostenibilidad. Por ejemplo en la materia ecodiseño. Ese el espacio, tiempo y aspecto propicio para poder hablar más a fondo de eso. Pero si en la medida que se va avanzando se tienen eso conceptos sería muy bueno. Eso implica formar a los profesores. Ese es un paradigma que ya está, todos hablan de sostenibilidad pero nadie sabe que es. Ver como desde mi taller enseñarles algo, o hacerles caer en cuenta. Crear esa conciencia.” Profesor #4*

Este cambio, como plantea el testimonio anterior, implica una reestructuración en la perspectiva que poseen los profesores sobre la sostenibilidad, de tal forma que las soluciones no sean superficiales, pues provienen de un convencimiento intrínseco del docente acerca de la importancia del ecodiseño. Aquí se llega al segundo problema identificado: La necesidad de educar a los profesores.

*“Considero que debe hacerse de manera transversal. Para que se pueda hacer de manera transversal, y que no sean pañitos de agua tibia, también se necesita preparación de los docentes en ese sentido y no se tiene. Ese es el problema, que no se aborde el tema desde perspectivas equivocadas.” Profesor #5*

*“La transversalidad no quiere decir que todos los profesores se vuelvan expertos en ecodiseño, (...) Tenemos que cambiar el enfoque simplemente, que las personas quieran hacerlo, que estén dispuestas. Es una cuestión de actitud hacia la enseñanza, para que no sean pañitos de agua tibia” Profesor #5*

Este cambio de actitud planteado anteriormente, se complementa con la visión del siguiente entrevistado, que asegura:

*“No es un problema de competencia sino un problema de actitud. Como la ética. Uno va a un curso de ética y lo aprueba, pero eso no quiere decir que tenga ética o por lo menos no la ética que le sirve a todos... sino la que le conviene.” Profesor #6*

Es así como los profesores reconocen que existe una falencia y proponen un cambio estructural que involucra otra mirada en la perspectiva docente, y por lo tanto implica la capacitación de los mismos.

*“Creo que debería darse por toda la carrera. Aunque tienen razón que depende mucho de quien dé el taller, ese es parte del trabajo. Es el primer eslabón a afectar: el cuerpo docente.” Profesor #6*

Volviendo a los cuatro problemas evidenciados, en tercer lugar se encuentra la falta de tiempo en los talleres de diseño para abordar temas de sostenibilidad. Parte de la enseñanza holística del ecodiseño implica agregar a los talleres el factor sostenible, y para algunos profesores, si este tema no se aborda correctamente, puede quedar relegado en el poco tiempo del curso.

*“Los proyectos de diseño VIII no están acabados y es un tiempo muy corto. Obliga a reducir en ciertos aspectos como: Técnica, funcionamiento correcto y comunicación. El manejo formal profundo, estético y visual es superficial, es una falla por el tiempo del taller.”* Profesor #2

*“Tenemos poco tiempo, recursos limitados, uno o dos estudiantes dedicados al proyecto, es una sobrecarga”* Profesor #2

*“Pero llegar a una propuesta completa donde se incluya esta parte (de sostenibilidad), la veo muy compleja. Requeriríamos más de 4 meses. De hecho la misma propuesta que se hace no se alcanza a resolver en todo lo que se quisiera. Se llega a un plano muy conceptual, ni siquiera de detalle”* Profesor #4

El cuarto problema a enfrentar es la coherencia entre la enseñanza del ecodiseño y las políticas ambientales implementadas en la EDUIS. Se refiere al hecho de que “La mejor manera de enseñar es el ejemplo” y varios profesores temen que la enseñanza del ecodiseño pueda verse invalidada por las prácticas ambientales vigentes. Se explica:

*“En talleres de diseño el ejercicio académico hace que esto vaya en contravía de lo que debería ser. Porque desde la academia le damos mucho valor o peso a la parte material, cuando desde el principio de sostenibilidad deberíamos pensar al contrario: Dar una respuesta no a partir del mundo objetual sino respuestas que no involucren de por sí objetos. Se da de pronto en la parte académica por el proceso enseñanza – aprendizaje tal vez lo requiere (...).”* Profesor #1

*“Pero no convertir (los talleres) en una excusa para hacer más gasto de materiales. Nos llenamos de objetos, se convierten los salones en bodegas, de cosas que sirvieron para hacer un ejercicio. Y ahí es donde digo yo ¿dónde está el compromiso ambiental?”* Profesor #1

*“La UIS tiene Sistema de Gestión Ambiental y Babilio (Mascota del Programa de Gestión de Residuos) y todo eso pero ponemos fluorescentes. La lógica es que la UIS como tal tuviera luces led, que parecen ser menos contaminantes.”* Profesor #6

Es así como se plantea una interacción de los diferentes autores implicados en la enseñanza de la sostenibilidad de la escuela y de la misma Universidad, que se explica muy bien en la siguiente frase:

*“Es un compromiso que debe salir de la escuela, de los profesores, de los estudiantes, de los trabajadores. Debería ser una articulación en todo el ejercicio y las dinámicas que se dan en la escuela.”* Profesor #1

#### 4.3.2. Entrevista a alumnos

Las entrevistas a los alumnos mostraron un limitado nivel de conocimientos en el tema de ecodiseño. Los alumnos entrevistados poseen una visión enfocada al tema económico sobre la labor del diseñador, como lo constatan los siguientes testimonios:

*“Nuestra labor es de todito. Interdisciplinar, colaborativa a otros campos y carreras. Somos los encargados de que el objeto se a bello se vea amigable al usuario, para que este lo pueda comprar. Lo que toda empresa necesita es vender. Lo importante es vender conforme a nuestra ética, nuestro deber ser.”* Estudiante #1

*“A mí me parece que lo que nos enseñan aquí (en la escuela) es a crear necesidades para vender lo que sea. A mí no me parece eso, yo me quiero enfocar al diseño social para todo el mundo y no para los que tienen plata.”* Estudiante #5

Algunos estudiantes reflexionaron de manera positiva sobre la labor del diseñador:

*“(La labor del diseñador es) Generar un cambio consiente a través de nos solo ayudar al usuario sino intentar cambiar el mundo”* Estudiante #2

Uno de los estudiantes mostró preocupación por la falta de compromiso de algunos profesores, y las dificultades que poseen a la hora de explicar los objetivos de los cursos.

*“Espero mucho compromiso por parte del docente. No espero que esté siempre alrededor de uno diciéndole qué tiene que hacer, porque eso va con uno. Pero hay profesores que no se les ve ese gusto por enseñar. Y eso es lo que lo motiva a uno, la pasión del profesor respecto a lo que dicta, y lo que estudiante debe reflexionar”* Estudiante #2

En cuanto al tema de sostenibilidad, todos los estudiantes tenían clara la importancia del ecodiseño, aun así cabe resaltar que muchos no relacionaban el ecodiseño con la sostenibilidad y necesitaron una explicación del término. La preocupación por la sostenibilidad se evidencia en los siguientes testimonios:

*“Generar un producto es generar problemas ambientales. Lo mejor que se puede hacer no es crear nuevas cosas, sino reutiliza las que ya tenemos para el desarrollo. Pero eso es en el papel, lo que mueve a las masas es el dinero y lo que da dinero son las cosas atractivas. No siempre necesarias, pero si atractivas.”* Estudiante #3

*“Pasar de ser una opción a un deber. Por la era que estamos viviendo que esté de moda el movimiento eco. Vemos la importancia de reducir los impacto, ya vimos que podemos dañar las cosas ahora ver cómo arreglarlas. Es algo primordial que se debe ver, exponer conocer y debatir.”* Estudiante #3

*“Ser consciente de que aunque los recursos estén disponibles, saber que tan malo es para el medio ambiente o que tan factible es producir ese objeto.”* Estudiante #4

*“Las responsabilidades de un diseñador industrial es un compromiso psicológico, moral, personal con el usuario. Y la responsabilidad con el ambiente, fue lo que vimos durante el semestre. Ver que material se está usando, como llega a eso. Que por un gramo de algo se gasten tantos litros de agua. A veces los materiales muy baratos para todo el daño que hacen.”* Estudiante #5

Los estudiantes expresaron su insatisfacción con el modelo de enseñanza del ecodiseño actualmente implementado. Algunos exigieron mayor profundización y extensión de los temas vistos, además de especificar mejor los objetivos de la materia.

*“En Ecodiseño tenía curiosidad pero sentí que no fue saciada. Pensé que era algo que había mucho que ver, mucho que leer, mucho qué poner en práctica. Sentí que fue haga trabajo y entregue. No se profundizaba en ciertas cosas, principalmente era entregar el trabajo.”* Estudiante #2

*“No estoy de acuerdo en la forma de evaluar los criterios. Lo ciclos de desarrollo de los proyectos deberían cambiar un poco, se dan cosas como estas que por falta de tiempo uno entrega lo que puede y no lo que quiere. Debería darse más valor a las ideas y no tanto a los resultados físicos.”*  
Estudiante #3

*“Él nunca se dio a entender bien qué era lo que quería. En el semestre hemos tenido varios problemas de eso, ¿Qué hay que entregar? ¿Qué hay que hacer? Muy general, poca comunicación. La asignatura está bien orientada y los temas, las clases están bien. Pero en las entregas no queda tan claro.”* Estudiante #5

Todos los estudiantes estuvieron de acuerdo en la opinión que no era suficiente una sola materia del tema, propusieron implementar una línea de trabajo conjunta, en la cual se visitarían empresas que den cuenta de la mejora ambiental dada con el ecodiseño. Además abogaron por el carácter integrado que debe tener el tema.

*“Creo que debería ser con más de una materia. Tocamos muchas cosas por encimita. Con la globalización y la modernidad la gente no trata de mantener lo poco que tiene. Nosotros como diseñadores intentamos cambiar y cuidar lo que tenemos. Deberíamos verlo desde un principio, mantener lo que tenemos, manejar los recursos. (...) Es muy poco tiempo una sola materia para ver todo eso.”* Estudiante #2

*“Talleres prácticos. Con empresas. No sé un convenio, visitas. También extenderlo más que no se aun solo curso, sino una línea. Que en un curso sea que podemos trabajar, que podemos hacerlo y así, extenderla”* Estudiante #3

#### 4.3.3. Encuesta a alumnos

El 60% de los encuestados son de sexo femenino. El 84% de los encuestados se encuentran en el rango de los 21-26 años. El 51% de los encuestados se encuentra matriculado en el décimo nivel, mientras el 19% son egresados.

En cuanto a la organización por importancia de los factores que tiene en cuenta un diseñador, el orden de más importante a menos importante fue: Factor funcional, usabilidad, ergonomía, factor formal estético, factor técnico, sostenibilidad, factor tecnológico, mercadotecnia. Esto indica que la sostenibilidad se encuentra en sexto lugar de importancia para los diseñadores EDIUIS.

En promedio los estudiantes calificaron como 4,63/5 la responsabilidad del diseñador industrial en la sostenibilidad, en la evaluación de conocimientos sobre análisis de ciclo de vida el promedio fue de 3,21/5 y en la capacidad de realizar un análisis de ciclo de vida el promedio fue de 3,12/5. En la evaluación de la capacidad de determinar el impacto ambiental de un proyecto, el promedio fue de 2,89/5. En la evaluación de la efectividad en toma de decisiones sostenibles el 44% eligió la opción 3/5 y el 35% la opción 4/5.

El 70% de los encuestados aseguraron no haber tocado temas de sostenibilidad en el plan de estudios antes de ver la materia ecodiseño. El 93% aseguró estar familiarizado con el tema de ciclo de vida del producto. Las herramientas software más y mejor utilizadas son Solid Works con un promedio de 3,83/5 y Rhinoceros con 3,04/5.

Los estudiantes también presentaron diversas sugerencias para la mejora de la enseñanza del ecodiseño, que se articulan con los resultados obtenidos en las entrevistas.

Algunas de las opiniones fueron las siguientes:

*“Que la teoría se maneje por medio de la práctica, pero antes es importante tener claros los conceptos, realizar talleres donde uno vea las diferentes posibilidades para lograr sostenibilidad y pueda aplicarse de la manera adecuada.”*

*“No solo la asignatura Ecodiseño sino todas, deberían tener un mejor plan de acción en cuanto a las entregas finales que en su gran mayoría terminan en la basura y que en su proceso de fabricación generan tantísima contaminación.”*

*“Ecodiseño debería ser una materia de primer semestre... Y no solo un Ecodiseño sino más niveles para profundizar más acerca del ciclo de vida del producto, para así no caer en el error de crear y crear basura.”*

*“Es necesario desarrollar un programa concreto en la asignatura de Ecodiseño, donde el estudiante aprenda a evaluar los proyectos de diseño según las características necesarias en un proyecto sostenible.”*

*“Falta mucha argumentación teórica en la materia, no siento gran diferencia después de verla.”*

#### **4.4. Resultados**

Una vez valoradas las estrategias actualmente utilizadas para la enseñanza del Ecodiseño en la EDIUIS, se encontraron algunas fortalezas y debilidades que se exponen a continuación. Cabe resaltar que las palabras utilizadas para definir debilidades y fortalezas fueron utilizadas por los entrevistados y representan sus opiniones personales y no las de la EDIUIS, la UIS o el autor del presente trabajo.

##### **4.4.1. 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 pre requisito de ninguna otra materia. (Ver ilustración 14)

Respecto a las entrevistas y encuesta:

- Todos los profesores y todos los 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 profesores y todos los estudiantes consideraron que la materia Ecodiseño es insuficiente para cubrir todos los temas de sostenibilidad y se encuentra aislada de las ramas principales de la enseñanza del diseño industrial.
- 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. Además, los estudiantes autocalificaron por debajo de lo aceptable (3/5) su capacidad de determinar el impacto ambiental de los proyectos que desarrollan.

- Se manifiesta una debilidad en la capacidad de uso de herramientas informáticas por parte de los estudiantes. En la indagación acerca de su capacidad y destreza en el manejo de herramientas informáticas, SolidWorks y Rhinoceros fueron las únicas calificadas por encima de lo aceptable (3/5). Las demás obtuvieron calificaciones por debajo de lo aceptable o no eran conocidas por los estudiantes.
- 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. De igual manera, el 70% de los alumnos encuestados afirmaron no haber visto temas de sostenibilidad en otra materia antes de ecodiseño.

Respecto a la revisión del programa de Ecodiseño:

- Aunque uno 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 el tema de la legislación en sostenibilidad no se evidencia de manera explícita. Además en la entrevista a los estudiantes ninguno de ellos 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 éstas herramientas con la siguiente frecuencia: Desmaterialización 4/5, ACV 5/5, QFD 2/5, AMFE 1/5. Las demás no fueron mencionadas.
- La clase magistral de construcción de indicadores se realiza al final del semestre, cuando el proceso de desarrollo del proyecto ha avanzado considerablemente.
- Aunque se referencian varios libros, no hay en la metodología la integración de lectura de los mismos ni un control de lectura. Al respecto, tres de los cinco estudiantes aseguraron necesitar de un libro guía.

Hay algunas competencias que deben ser revisadas, pues su alcance sobrepasa el de una materia como ecodiseño, o debería encontrarse en otro nivel del proceso enseñanza – aprendizaje. Por ejemplo: “Conoce procesos para el desarrollo de productos y los procesos de manufactura.” Es una competencia que podría ser desarrollada en la rama de Materiales y Procesos y no en la materia Ecodiseño.

#### 4.4.2. Fortalezas

Respecto al perfil del egresado:

- 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.” (1)

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.
- Todos los profesores y alumnos perciben que la EDIUIS cuenta con una fortaleza en el aspecto técnico e ingenieril del diseño industrial. Prueba de ello se encuentra el ciclo básico de

matemática que se comparte con algunas ingenierías. (Incluye las materias: Cálculo I y II, Física I, mecánica analítica, entre otras. Ver ilustración 14)

- 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, ya que consideran que no se cuenta con ello.
- 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 en gran medida de cómo el profesor aborda el taller de diseño. Esto indica que, según los profesores entrevistados, la enseñanza de la sostenibilidad está centrada en la educación y la perspectiva de los docentes.

#### 4.4.3. Sugerencias

En ésta sección se resalta 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. Además tener en cuenta las múltiples sugerencias dadas por profesores y estudiantes, recolectadas en éste estudio, entre las que se destacan:

- Revisar la forma de tratar los fundamentos de sostenibilidad desde los niveles iniciales del proceso académico (p.ej. en los talleres de diseño I y II) y aumentar paulatinamente la profundidad de los contenidos; teniendo en cuenta el tiempo disponible en los demás talleres de diseño; o se debe enseñar el ecodiseño de manera lineal, aumentando el número de materias relacionadas con el ecodiseño a través del pensum.
- Revisar los planes de capacitación del cuerpo docente para incluir los temas de desarrollo sostenible.
- Revisar los posibles mecanismos para implementar estrategias de enseñanza de la sostenibilidad tales como: el uso de guías de trabajo, visitas a empresas que implementen el ecodiseño y trabajo interdisciplinar con otras carreras.
- Revisar si la enseñanza puede reforzarse con una 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.

## 5. CAPÍTULO II: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELO LCA

De conformidad con los resultados obtenidos en la construcción del marco teórico y la revisión bibliográfica, se identificaron tres métodos de ecodiseño que realizan análisis medio ambiental de referencia al producto o problema y son frecuentemente utilizados en la academia (30): LCA, ECQFD y LiDS. Estos tres métodos son compatibles entre sí y permiten identificar puntos susceptibles a mejora, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental que generan los productos a través de su ciclo de vida.

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 que viene con SolidWorks 2010, permite ver información detallada de la evaluación del ciclo de vida (LCA) de las piezas individuales modeladas en ésta herramienta CAD. (42)

Los modelos responden a la siguiente estructura, en la cual personas, actividades y herramientas se conjugan alrededor de un modelo para cumplir un objetivo en un contexto (ver Ilustración 15). En el caso planteado las personas corresponden a los estudiantes y profesores, los procedimientos o actividades corresponden al método implementado (LCA, ECQFD o LiDS) y las herramientas corresponden al módulo de sostenibilidad de SolidWorks. En la ilustración las tres partes se muestran con códigos de color que se mantienen en los modelos a exponer.

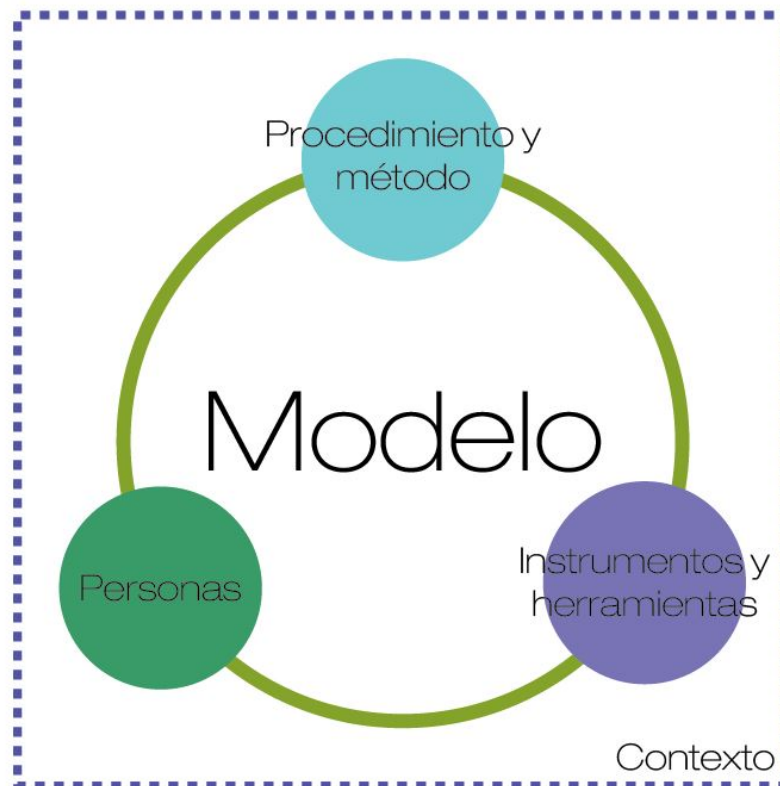


Ilustración 15 Estructura de modelo. Fuente: Autor.

## 5.1. Modelo 1: LCA

El modelo 1 consta de la implementación del modelo de LCA propuesto en la ISO 14040 (51), 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) en el que se realiza la evaluación del impacto. Finalmente se realiza una interpretación. Las aplicaciones directas, como se muestra en la Ilustración 16, no atañen directamente a la norma ISO 14040. Aunque las decisiones y las actuaciones pueden incorporar implicaciones ambientales identificadas en los hallazgos de la interpretación, tales implicaciones están fuera del ámbito del estudio del LCA, puesto que también se consideran otros factores tales como el funcionamiento técnico, y los aspectos sociales y económicos. (52)

Estructura de la evaluación de ciclo de vida

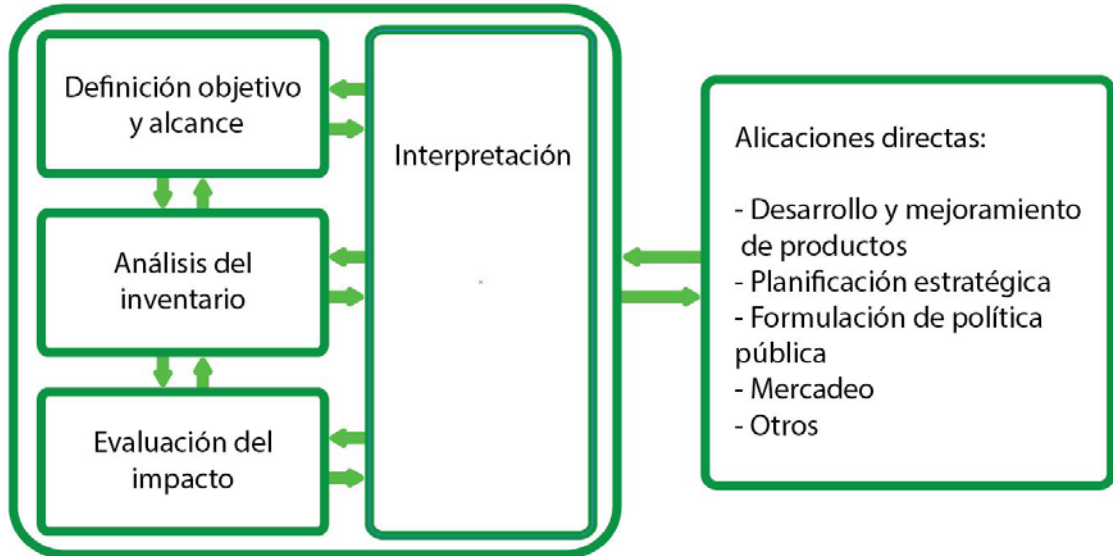


Ilustración 16 Tomado de AENOR. Norma UNE-EN ISO 14040:1998. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructura. s.l. : AENOR, 1998. Adaptado por autor.

Éste análisis es interpretado y permite tomar decisiones que disminuyan el impacto ambiental. La confirmación de si éstas decisiones efectivamente disminuyen el impacto ambiental se realiza con la ayuda del software, al realizar una comparación entre el impacto generado antes y después de la implementación de éstos cambios. De no confirmarse una mejora del factor sostenible del producto, se retoma el modelo de manera iterativa. El modelo se encuentra diagramado en la Ilustración 17. Los pasos se exponen seguidamente uno por uno.

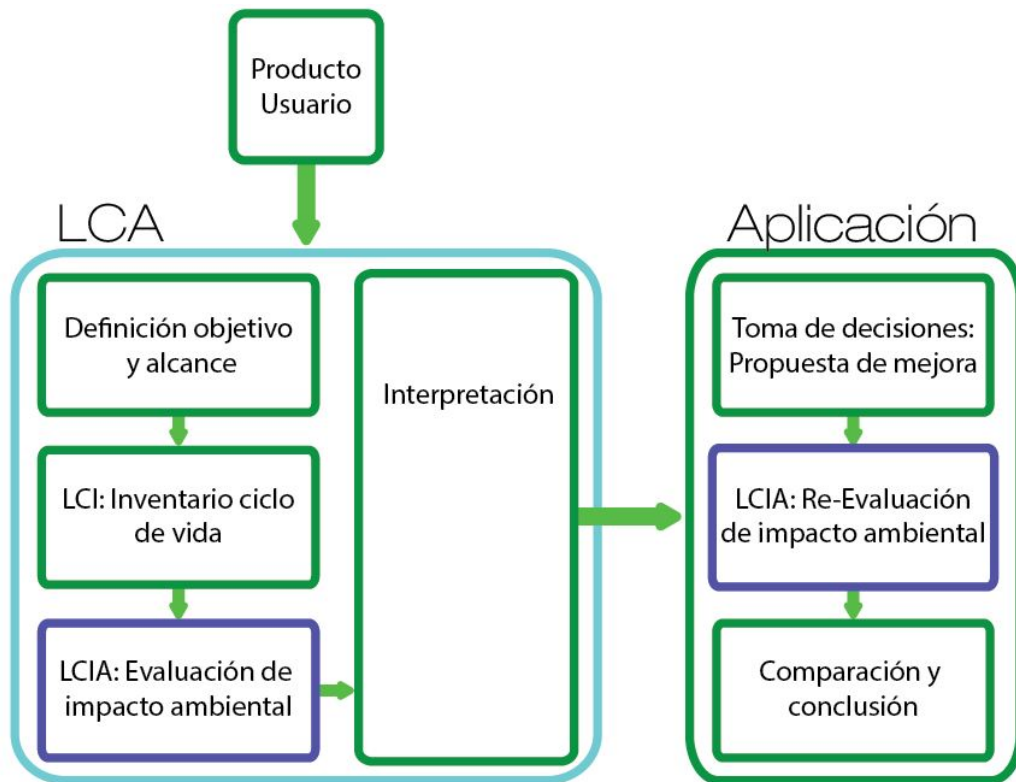


Ilustración 17 Modelo 1: LCA. Fuente: Autor

#### 5.1.1. Definición producto usuario.

El análisis de ciclo de vida inicia definiendo el producto a evaluar y el usuario al que va dirigido, estos aspectos se definen en las primeras etapas del proceso proyectual.

#### 5.1.2. Definición objetivo y alcance.

Se debe definir en forma clara el objeto y el alcance de un estudio de LCA, y estos deben ser consistentes con la aplicación prevista.

El objeto de un estudio de LCA debe estipular claramente la aplicación prevista, incluyendo las razones para efectuar el estudio y la audiencia prevista, es decir, a quienes se van a comunicar los resultados del estudio.

Al definir el alcance de un estudio de LCA, se deben tomar en consideración y definir claramente los siguientes puntos:

- ✓ Las funciones del sistema de producto, o de los sistemas si se trata de estudios comparativos.
- ✓ La unidad funcional, es decir la cuantificación de las salidas funcionales de un sistema de producto. Por ejemplo, la unidad funcional de una pintura industrial es "Pintar 20m<sup>2</sup> de una pared tipo A con opacidad del 98% y durabilidad de 5 años.
- ✓ El sistema a evaluar, sus límites y procedimientos.

- ✓ Los tipos de impacto y la metodología de evaluación del impacto, así como la interpretación que se va a usar.
- ✓ Los supuestos, las limitaciones.

El alcance se debe definir suficientemente bien para tener seguridad de que la extensión, la profundidad y el detalle del estudio sean compatibles y suficientes para considerar el objeto estipulado.

#### 5.1.3. LCI: Inventario ciclo de vida.

El inventario de ciclo de vida comprende la definición de las entradas y salidas del sistema, que normalmente incluyen recursos (materias primas, agua, energía, etc.) y las emisiones de agua, aire y tierra. Se define el ciclo de vida del producto, que incluya producción y transporte de materias primas, producción del producto, distribución, transporte, uso y retiro.

A la hora de realizar el LCI es importante definir los límites del sistema, cuales componentes, materiales, procesos se estudian y cuáles no. La recolección de datos y definición del LCI es un proceso laborioso y generalmente la exactitud no es posible. Éstas limitantes se deben reportar en el informe final.

En el presente modelo de LCA, el LCI es uno de los pasos que se apoya de las herramientas informáticas, como se verá en el apartado 5.4.

#### 5.1.4. LCIA: Evaluación de impacto ambiental.

Éste paso recoge los datos, salidas, entradas, procesos, materiales y datos recolectados en el LCI y los evalúa para determinar el impacto ambiental generado. Ésta evaluación es facilitada por las bases de datos disponibles en las herramientas informáticas. En el caso del presente modelo, *SolidWorks Sustainability* posee una base de datos y un sistema de cálculo de impacto ambiental que permite determinar cuatro tipos de impacto y su correspondiente procedencia: Huella de carbono, consumo de energía, acidificación atmosférica y eutrofización del agua. Sobre el uso de *SolidWorks Sustainability* y los impactos que mide, se hablará en el apartado 5.4.

#### 5.1.5. Interpretación.

La interpretación de resultados es clave para la toma de decisiones, y para muchos autores no existe unanimidad en la metodología de análisis de ciclo de vida e interpretación de datos, pues no existen metodologías generalmente aceptadas para asociar datos de inventario con impactos ambientales de un modo consistente y preciso. (5)

Aun así *SolidWorks Sustainability* permite al usuario determinar mejoras gracias a la evaluación en tiempo real, que muestra la disminución o aumento de impacto ambiental a medida que se realizan los cambios tanto en la dimensión, como en los materiales, lugar de procedencia o medio de transporte del producto.

### 5.1.6. Toma de decisiones y Re-Evaluación de impacto ambiental.

Una vez identificados los cambios más convenientes, éstos se realizan y a continuación se re-evalúan para determinar la efectividad de los mismos respecto a las características anteriores.

### 5.1.7. Comparación y conclusión

El último paso del modelo 1 es recopilar los resultados, para determinar si las decisiones fueron acertadas y si es necesario realizar un tercer análisis de ciclo de vida. Se realiza un informe de resultados junto a su interpretación. En ésta fase puede cuestionarse el alcance, naturaleza y rigor del LCA realizado y proponer una revisión de partes o la totalidad del mismo.

## 5.2. Modelo 2: ECQFD

El modelo 2 se basa en el modelo ECQFD propuesto por Bereketli y Genevois (23) que está compuesto por tres fases, como mostrará a continuación. El ECQFD, al igual que el QFD permite relacionar las necesidades del cliente con las métricas ingenieriles y otros aspectos para ayudar a evidenciar mejoras convenientes al producto.

La *House of Quality*, fase primordial de cualquier QFD, se realiza comparando dos elementos (A y B) relacionándolos según importancia o peso, para identificar cuál elemento en B responde mejor a los elementos en A. Por ejemplo, en la búsqueda de mejorar una batidora, se realiza el cuadro mostrado en la tabla 5, en donde se aparean los requerimientos del usuario (A) con los requerimientos técnicos (B), y según su relación se califican de menor a mayor (3= relación leve, 6= relación media, 9= relación fuerte). Seguidamente estos valores se multiplican por la importancia o peso y se obtiene la importancia absoluta y la relativa. En el ejemplo expuesto en la tabla 5, se observa que los dos requerimientos técnicos que tienen más relación con los requerimientos del usuario son el peso y el volumen.

Requerimientos técnicos		Importancia para Usuario	Carcaza en Polímero Resistente	Hastas en metal cromado	Motor graduable	Caracaza en Polímero Liviano	Volumen de 2500cm <sup>2</sup> aproximadamente	Potencia de 250W	Mango reforzado con silicona
			Resistencia a golpes	Resistencia a oxidación	No. De Velocidades	Peso	Volumen	Potencia	Rozamiento en el mango
1	Permita diferentes velocidades	7			9			9	
2	Fácil de usar	8			6	9	9	9	3
3	Tamaño apropiado para guardarla	10				6	9		
4	Segura	4	6	9	3	6	6	6	9
5	Que mezcle homogéneamente	5		6	9			9	
6	Fácil de limpiar	6		9		3	6		3
7	Liviana	9		3		9	6		
8	Resistente	3	9	9		6			3
Importancia Absoluta			51	174	168	<b>273</b>	<b>276</b>	204	87
Importancia Relativa			4,13625304	14,1119221	13,6253041	<b>22,1411192</b>	<b>22,3844282</b>	16,5450122	7,05596107

Tabla 5 *House of Quality*: Batidora eléctrica. Fuente: Autor

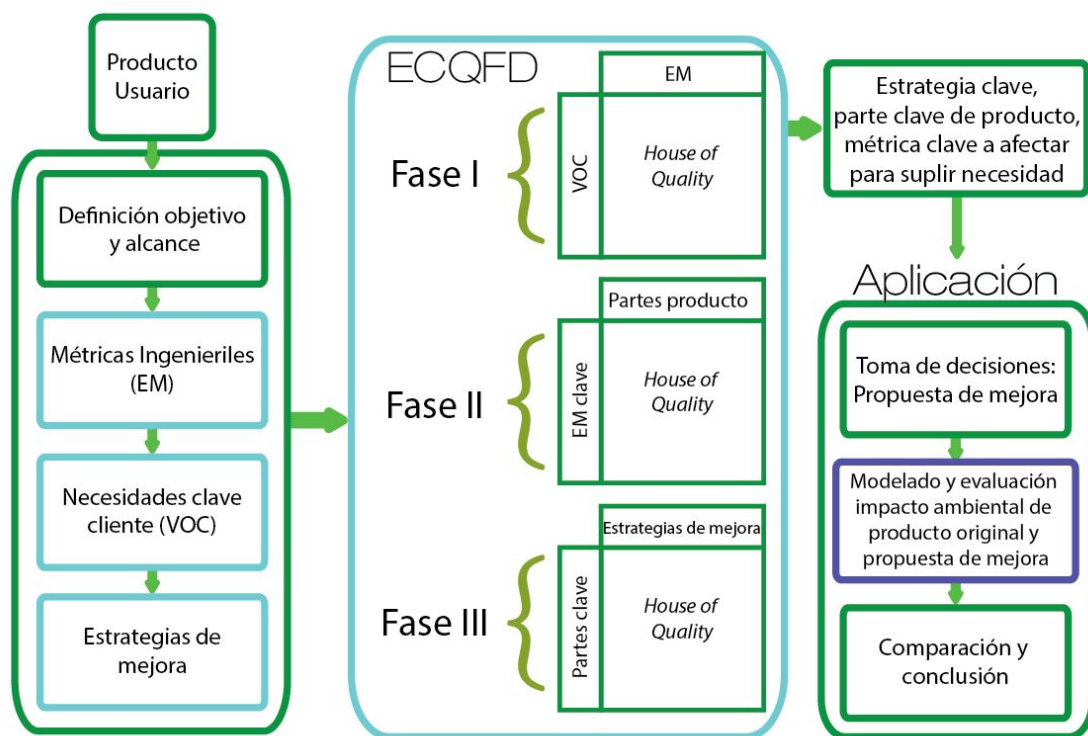


Ilustración 18 Modelo 2: ECQFD. Fuente: Autor

El modelo 2, expuesto en la ilustración 18, consta de tres fases de ECQFD. Los pasos se exponen a continuación.

#### 5.2.1. Definición producto usuario.

El ECQFD inicia definiendo el producto a evaluar y el usuario al que va dirigido, estos aspectos se definen en las primeras etapas del proceso proyectual. En el caso del ECQFD el usuario o cliente también incluye al gobierno y los recicladores, así como a la sociedad en general. De ésta manera se garantiza que las necesidades de todos los actores sean estipuladas, teniendo especial enfoque en las necesidades ambientales.

#### 5.2.2. Definición objetivo y alcance.

Se debe definir en forma clara el objeto y el alcance de un estudio de EQFD, y estos deben ser consistentes con la aplicación prevista.

El objeto de un estudio de ECQFD debe estipular claramente la aplicación prevista, incluyendo las razones para efectuar el estudio y la audiencia prevista, es decir, a quienes se van a comunicar los resultados del estudio.

Al definir el alcance de un estudio de ECQFD, se deben tomar en consideración y definir claramente los siguientes puntos:

- ✓ Las funciones del sistema de producto, o de los sistemas si se trata de estudios comparativos.

- ✓ Las partes y características del producto.
- ✓ El sistema a evaluar, sus límites y procedimientos.
- ✓ Los supuestos, las limitaciones.

El alcance se debe definir suficientemente bien para tener seguridad de que la extensión, la profundidad y el detalle del estudio sean compatibles y suficientes para considerar el objeto estipulado.

### 5.2.3. Necesidades clave del cliente (VOC)

Se identifican las necesidades clave del cliente. El proceso de identificación se puede realizar de diversas maneras, con un estudio de mercado, entrevistas, encuestas, grupos focales, etc. Como se mencionaba anteriormente el cliente no es sólo el usuario final, sino el gobierno, los recicladores, la comunidad y el mismo medio ambiente. Bereketli y Genevois aportan al presente modelo una lista de posibles necesidades clave del cliente:

- ✓ Barato: Precio del producto. (Costo)
- ✓ Fácil de usar: Menos botones, menos pasos, instrucciones más claras, etc. (Calidad)
- ✓ Ahorro de energía: Consume menor energía en la fase de uso. (Medioambiental, costo)
- ✓ Durable: Robustez y mayor tiempo de vida. (Calidad, medioambiental)
- ✓ Liviano: uso de materiales de poco peso. (Calidad)
- ✓ Fácil mantenimiento: Mantenimiento sin necesidad de conocimiento experto. (Calidad)
- ✓ Fácil de reparar: Reparación posible por el usuario en el lugar de uso. (Calidad)
- ✓ Silencioso: Menos ruido al operar. (Calidad)
- ✓ Ergonómico: Tamaños y formas adecuados de las partes. (Calidad)
- ✓ Confiable: Servicio al cliente, periodo de garantía. (Calidad)
- ✓ Visualmente atractivo (Apariencia estética): Color, forma, tamaño, etc. (Calidad)
- ✓ Fácil de limpiar: Uso de materiales impermeables, no corrosibles, de fácil alcance. (Calidad)
- ✓ Seguro: Sin goteos, escapes, piezas filosas, etc. (Calidad)
- ✓ Fácil de reusar: Uso de partes reusables. (Medioambiental, costo)
- ✓ Fácil de reciclar: Uso de materiales reciclables. (Medioambiental, costo)
- ✓ Fácil de desmontar: Uso de seguros, uniones, evitando usar pegamentos. (Medioambiental)
- ✓ Libre de sustancias peligrosas: Sin tóxicos, metales pesados, etc. (Medioambiental)
- ✓ Menor uso de material: Reducir el número de tipos de material. (Medioambiental)
- ✓ Medioambientalmente seguro: Inocuo al medioambiente en todo el ciclo de vida. (Medioambiental)
- ✓ Menos transporte: Optimizar rutas de transporte y costos, reduciendo consumo de petróleo y emisiones de CO<sub>2</sub>. (Medioambiental, costo)

Luego de la identificación de las necesidades del cliente, tomada de la lista provista en (23), se determina peso de cada una de ellas, es decir la importancia de cada una. Ésta actividad se realiza conforme a los objetivos y alcances planteados.

### 5.2.4. Métricas ingenieriles (EM)

Las métricas ingenieriles (EM) también se toman de la siguiente lista propuesta por Bereketli y Genevois:

- ✓ Peso: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Volumen: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.

- ✓ Desempeño medioambiental de los proveedores: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Tiempo de vida: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Funcionalidad: Parámetro relacionado con producto.
- ✓ Materiales: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Tecnología de producción: Parámetro relacionado con producto.
- ✓ Desechos de producción: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Empaque: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Transporte: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Usabilidad: Parámetro relacionado con producto.
- ✓ Consumo de energía: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Desecho de fin de vida: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Ruido y vibración: Parámetro relacionado con producto.
- ✓ Emisiones en uso: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Mantenimiento: Parámetro relacionado con producto.
- ✓ Reparabilidad: Parámetro relacionado con producto.
- ✓ Uniones: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Tiempo de desensamble: Parámetro relacionado con medioambiente y producto.
- ✓ Tasa de reusabilidad: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Tasa de reciclabilidad: Parámetro relacionado con medioambiente.
- ✓ Desecho de uso: Parámetro relacionado con medioambiente.

#### 5.2.5. Estrategias de mejora.

Algunas de las estrategias de mejora que pueden tomarse, propuestas por Bereketli y Genevois son:

- ✓ Seleccionar materiales no peligrosos.
- ✓ Reducir peso.
- ✓ Optimizar uso de producto.
- ✓ Usar materiales reciclables.
- ✓ Reducir consumo de energía en la fase de uso.
- ✓ Facilitar desensamble.

Cabe resaltar que a medida que se avanza en el proceso, se pueden identificar nuevas VOC, EM y estrategias de mejora.

#### 5.2.6. Fases de ECQFD.

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. Las comparaciones se realizan con el mismo procedimiento de la tabla 5. La importancia relativa se indica el peso que tiene cada EM.

La fase II compara las EM con las partes del producto, indicando qué partes son más susceptibles a dar una respuesta positiva con relación a las necesidades al ser modificadas. En la fase III las partes se relacionan con las estrategias de mejora proporcionadas por (23). De ésta manera se identifica cuál estrategia de mejora es aplicada a una parte, componente o ensamble del producto y cómo su relación una métrica ingenieril puede responder en mayor grado a las necesidades del cliente.

### 5.2.7. Toma de decisiones y Evaluación de impacto ambiental

Una vez identificados los cambios más convenientes, éstos se realizan y a continuación se evalúan para determinar la efectividad de los mismos respecto a las características anteriores. La evaluación se realiza gracias a la herramienta *SolidWorks Sustainability*, la cual permite identificar si en efecto las decisiones fueron acertadas o no. De no confirmarse una mejora del factor sostenible del producto, se retoma el modelo de manera iterativa. El proceso de evaluación de impacto ambiental con *SolidWorks Sustainability* se explica en el apartado 5.4.

### 5.2.8. Comparación y conclusión

El último paso del modelo 2 es recopilar los resultados, para determinar si las decisiones fueron acertadas y si es necesario realizar un segundo ECQFD o reconsiderar la estrategia, parte, métrica o necesidad identificada como primordial. Se realiza un informe de resultados junto a su interpretación. En ésta fase puede cuestionarse el alcance, naturaleza y rigor del ECQFD realizado y proponer una revisión de partes o la totalidad del mismo.

## 5.3. Modelo 3: LiDS

El modelo 3 está basado en la implementación de LiDS, propuesto en el manual PROMISE de Brezet & van Hemel (24).

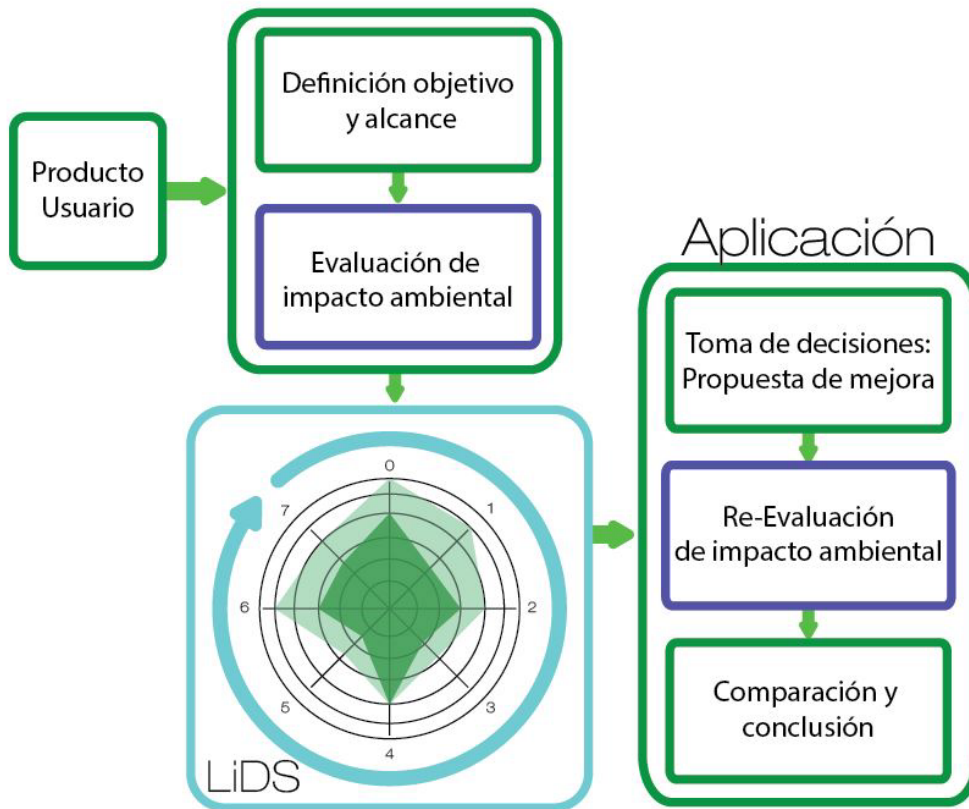


Ilustración 19 Modelo 3: LiDS. Fuente: Autor.

La metodología se basa en la rueda LiDS, que puede consultarse en la ilustración 8. El modelo se encuentra diagramado en la ilustración 19. A continuación se explica el paso a paso del modelo.

#### 5.3.1. Definición producto usuario.

El modelo 3 inicia definiendo el producto a evaluar y el usuario al que va dirigido, estos aspectos se definen en las primeras etapas del proceso proyectual.

#### 5.3.2. Definición objetivo y alcance.

Se debe definir en forma clara el objeto y el alcance del estudio con el modelo 3, y estos deben ser consistentes con la aplicación prevista.

El objeto de un estudio con el modelo 3 debe estipular claramente la aplicación prevista, incluyendo las razones para efectuar el estudio y la audiencia prevista, es decir, a quienes se van a comunicar los resultados del estudio.

Al definir el alcance, se deben tomar en consideración y definir claramente los siguientes puntos:

- ✓ Las funciones del sistema de producto, o de los sistemas si se trata de estudios comparativos.
- ✓ Las partes y características del producto.
- ✓ El sistema a evaluar, sus límites y procedimientos.
- ✓ Los supuestos, las limitaciones.

El alcance se debe definir suficientemente bien para tener seguridad de que la extensión, la profundidad y el detalle del estudio sean compatibles y suficientes para considerar el objeto estipulado.

#### 5.3.3. Evaluación de impacto ambiental.

Ésta evaluación del producto inicial es facilitada por las bases de datos disponibles en las herramientas informáticas. En el caso del presente modelo, *SolidWorks Sustainability* posee una base de datos y un sistema de cálculo de impacto ambiental que permite determinar cuatro tipos de impacto y su correspondiente procedencia: Huella de carbono, consumo de energía, acidificación atmosférica y eutrofización del agua. Sobre el uso de *SolidWorks Sustainability* y los impactos que mide, se hablará en el apartado 5.4.

*SolidWorks Sustainability* permite al usuario determinar mejoras gracias a la evaluación en tiempo real, que muestra la disminución o aumento de impacto ambiental a medida que se realizan los cambios tanto en la dimensión, como en los materiales, lugar de procedencia o medio de transporte del producto.

#### 5.3.4. Aplicación de LiDS.

Gracias a la evaluación de impacto ambiental realizada en el apartado anterior, se realiza el esquema LiDS de propiedades del producto actual y cómo mejorarán en el producto a diseñar. (Ver ilustración 8)

### 5.3.5. Toma de decisiones y Re-Evaluación de impacto ambiental

Una vez identificados los cambios más convenientes, éstos se realizan y a continuación se re-evalúan para determinar la efectividad de los mismos respecto a las características anteriores. La evaluación se realiza gracias a la herramienta *SolidWorks Sustainability*, la cual permite identificar si en efecto las decisiones fueron acertadas o no. De no confirmarse una mejora del factor sostenible del producto, se retoma el modelo de manera iterativa. El proceso de evaluación de impacto ambiental con *SolidWorks Sustainability* se explica en el apartado 5.4.

### 5.3.6. Comparación y conclusión

El último paso del modelo 3 es recopilar los resultados, para determinar si las decisiones fueron acertadas y si es necesario realizar un segundo LiDS o reconsiderar la estrategia elegida de las ocho disponibles. Se realiza un informe de resultados junto a su interpretación. En ésta fase puede cuestionarse el alcance, naturaleza y rigor del modelo realizado y proponer una revisión de partes o la totalidad del mismo.

## 5.4. Uso de *SolidWorks Sustainability*.

*Sustainability* mide los siguientes elementos de impacto medioambiental:

- ✓ Huella de carbono (Carbono): Una medición del dióxido de carbono y sus equivalentes, como el monóxido de carbono y el metano, que se liberan a la atmósfera principalmente por la combustión de combustibles fósiles.
- ✓ Consumo de energía (Energía): Todas las formas de energía no renovable consumida durante el ciclo de vida completo del producto.
- ✓ Acidificación atmosférica (Aire): Las emisiones ácidas, como el dióxido de azufre y los óxidos nitrosos, que finalmente producen la lluvia ácida.
- ✓ Eutrofización del agua (Agua): La contaminación de los ecosistemas acuáticos por agua residual y fertilizantes, que produce floraciones algales y, finalmente, la muerte de plantas y animales.

El programa analiza el impacto medioambiental de acuerdo con estos parámetros:

- ✓ El material utilizado
- ✓ El proceso de fabricación y la ubicación geográfica (región)
- ✓ El transporte y la región de utilización
- ✓ El fin de la vida útil

Para iniciar un estudio de impacto ambiental, primero es necesario contar con SolidWorks 2010 o más actual, modelar la pieza o piezas a evaluar y realizar el ensamblaje de las mismas, en el caso de ser más de una pieza. Se inicia abriendo el programa y el modelado, y como se muestra en la ilustración 20, seleccionando la pestaña Calcular [1] y activando el módulo de Sustainability [2]. Aparecerá el mensaje "Seleccione un material para esta pieza" [3], si la pieza no posee un material definido.

Se selecciona un tipo de material [4] y un material específico [5], como se muestra en la ilustración 21. Mientras se realizan éstos cambios el programa inmediatamente muestra los impactos ambientales, en tiempo real.

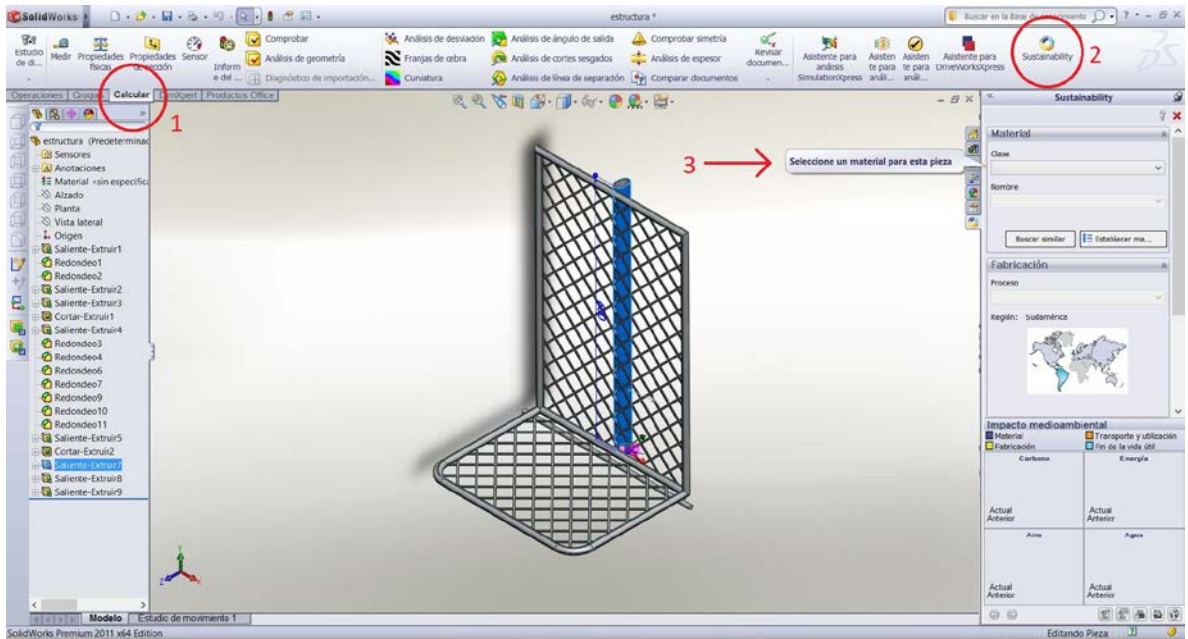


Ilustración 20 Iniciar *SolidWorks Sustainability*. Fuente: Autor.

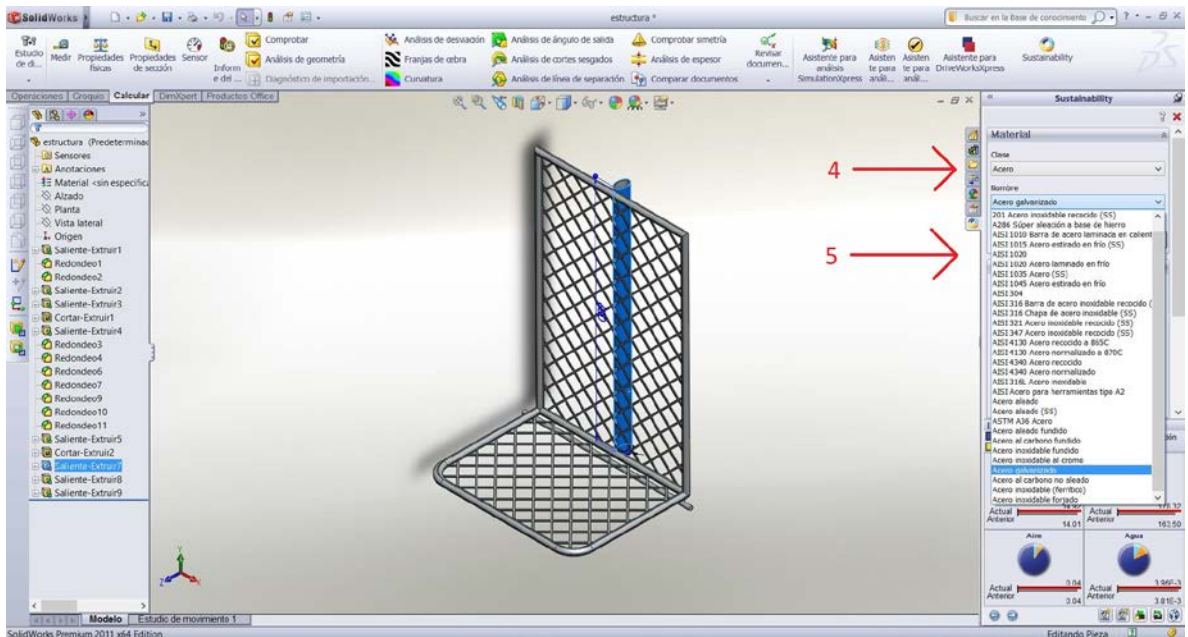


Ilustración 21 Selección de material en *SolidWorks Sustainability*. Fuente: Autor.

Acto seguido se selecciona el proceso de fabricación [6], el lugar de fabricación [7] y el lugar de uso del producto [8]. *SolidWorks Sustainability* muestra en tiempo real cómo disminuye el impacto ambiental según la región de fabricación y uso del producto [9]. Como se muestra en la ilustración 22.

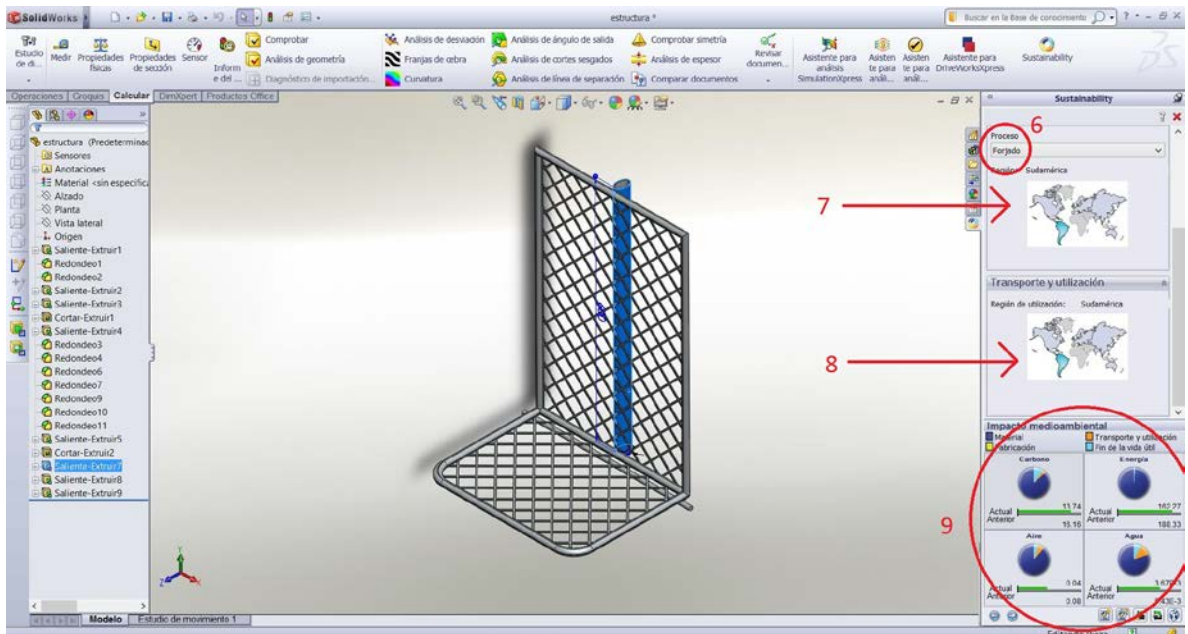


Ilustración 22 Selección de proceso de producción, lugar de producción y lugar de uso en *SolidWorks Sustainability*. Fuente: Autor

Una vez seleccionado esto, es posible generar el informe del producto inicial. Para encontrar mejoras ambientales es posible modificar los datos dados: proceso de fabricación, lugar de fabricación, lugar de uso y materiales. Al modificar estos datos, podemos ver en Impacto Medioambiental, ([9] en la ilustración 22) si los cambios disminuyen o aumentan el impacto ambiental. En la ilustración 23 se muestra la disminución de impacto ambiental al cambiar el lugar de fabricación de Asia a Suramérica. Como puede observarse el mayor impacto ambiental es generado por el material. Esto da un indicio del factor a modificar.

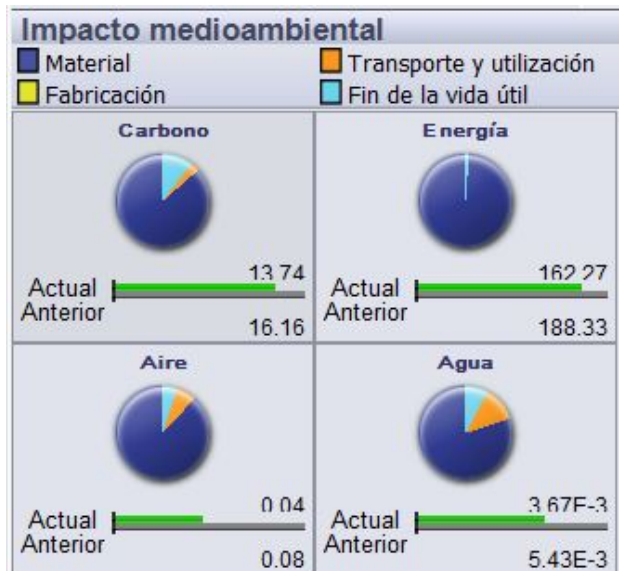


Ilustración 23 Impacto medioambiental calculado por *SolidWorks Sustainability*. Fuente: Autor

Ya que el material es el que genera mayor impacto, *SolidWorks Sustainability* permite buscar materiales similares para disminuir el impacto ambiental. Como muestra la ilustración 24, se selecciona la opción Buscar Similar [10], lo cual abre una ventana donde se puede seleccionar las propiedades que desean conservarse [11]. Entre ellas se encuentra: Clase de material, módulo elástico, ratio de poisson, densidad, fuerza de tensión y fuerza de aguante. Una vez seleccionados las propiedades a mantener, aumentar o disminuir, se hace click en el botón Buscar similar de la ventana emergente [12].

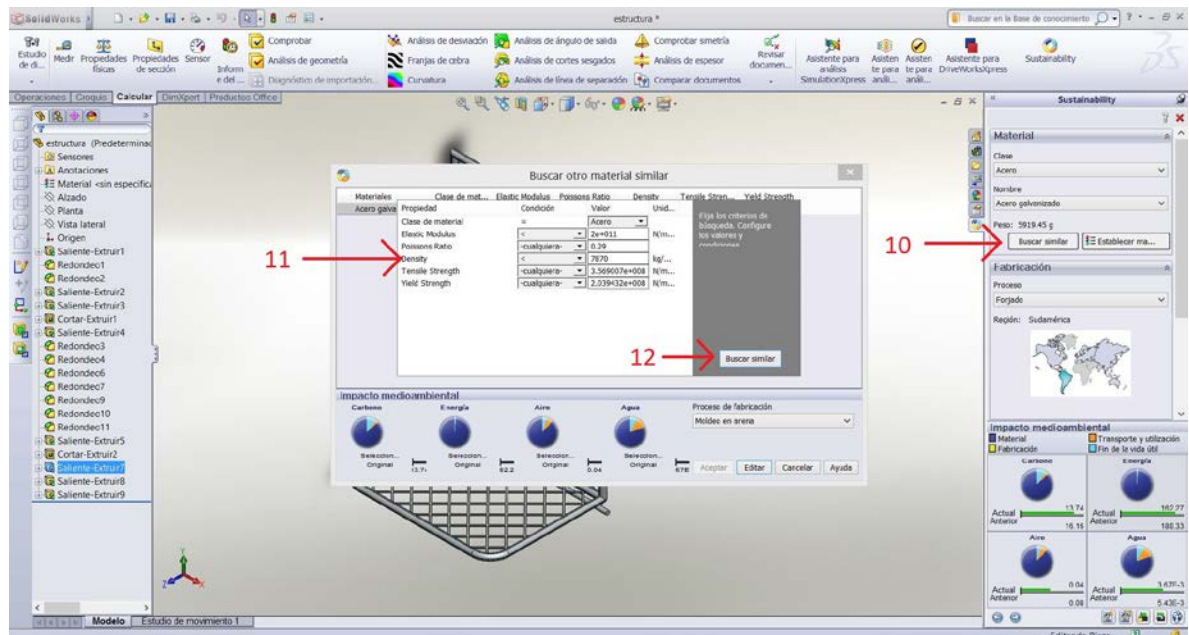


Ilustración 24 Buscar material similar en *SolidWorks Sustainability*. Fuente: Autor

Una vez elegida ésta opción, como se muestra en la ilustración 25, en la ventana emergente aparece una lista de materiales que cumple con las propiedades estipuladas [13]. Al hacer click en cada una, *SolidWorks Sustainability* automáticamente muestra la disminución o aumento de los impactos ambientales generados [14]. La elección del cambio de material, así como de cambio de proceso de producción, lugar de producción, lugar de uso, tamaño del producto, etc; depende de los objetivos y alcances planteados al inicio del proyecto. Si el número de opciones es muy limitado o no se encuentra una opción apropiada, el botón editar permite volver al listado de propiedades para ser editado [15]. El botón aceptar permite volver a la ventana principal de *SolidWorks* [16]. Una vez allí, se puede generar el informe final [17], el informe del presente ejemplo se puede consultar en el Anexo C.

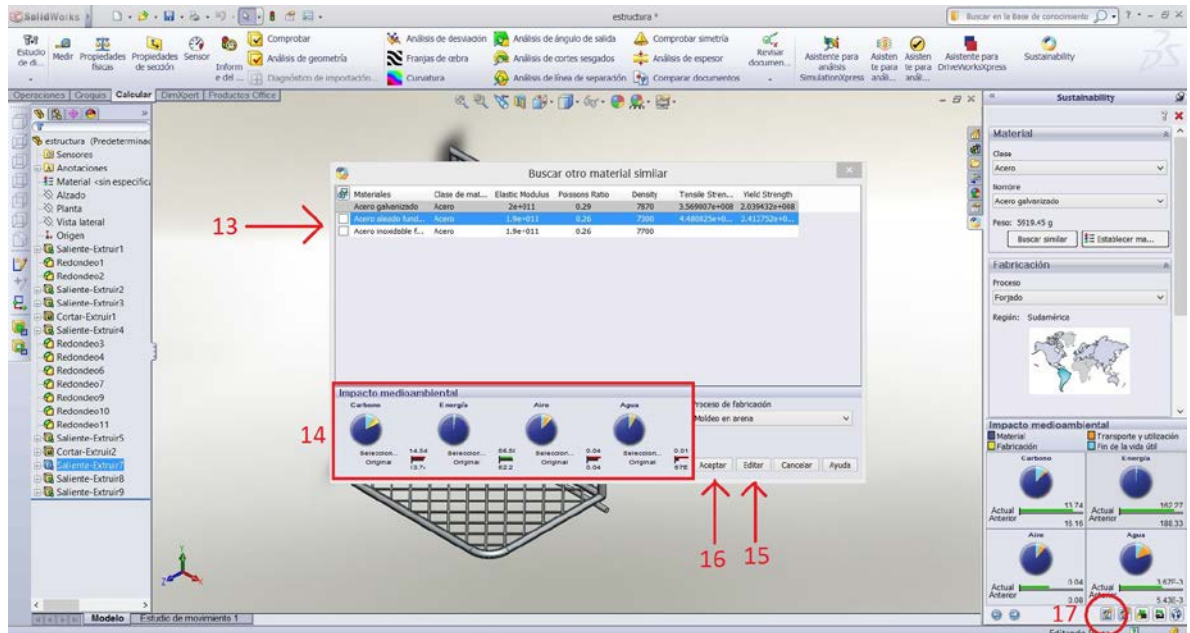


Ilustración 25 Seleccionar un nuevo material en SolidWorks Sustainability. Fuente: Autor.

## 5.5. Evaluación de los modelos

Para evaluar los modelos propuestos se realizó una prueba de aplicación en un mismo producto. El producto corresponde a una regadera de tres piezas, el cuerpo que contiene el agua, la cabeza que permite la dispersión de la misma y el asa que permite al usuario el agarre del producto. El producto puede observarse en la ilustración 26. Originalmente los materiales son:

- ✓ Cuerpo: Polietileno (PE) de alta densidad
- ✓ Cabeza: Tereftalato de polietileno (PET)
- ✓ Asa: Madera de pino

Las piezas fueron realizadas en Asia, por el proceso de moldeo por inyección, excepto el asa que se realiza por mecanizado. El producto se produce en totalidad en Asia y se usa en Norteamérica, siendo transportado por avión. El estudio de impacto ambiental del producto inicial se muestra en las ilustraciones 27 y 28.

A continuación se muestran el proceso y resultados de la aplicación de cada uno de los modelos en el producto de prueba.



Ilustración 26 Producto de prueba: Regadera de tres piezas con materiales originales. Fuente: Autor



**Nombre del modelo:** Ensamblaje1

**Peso:** 191.01 g

---

**Región de fabricación**  
 La elección de la región de fabricación determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.

---

**Región de utilización**  
 Se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, la región de utilización también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.

Ilustración 27 Informe de *SolidWorks Sustainability* del producto inicial. Fuente: Autor

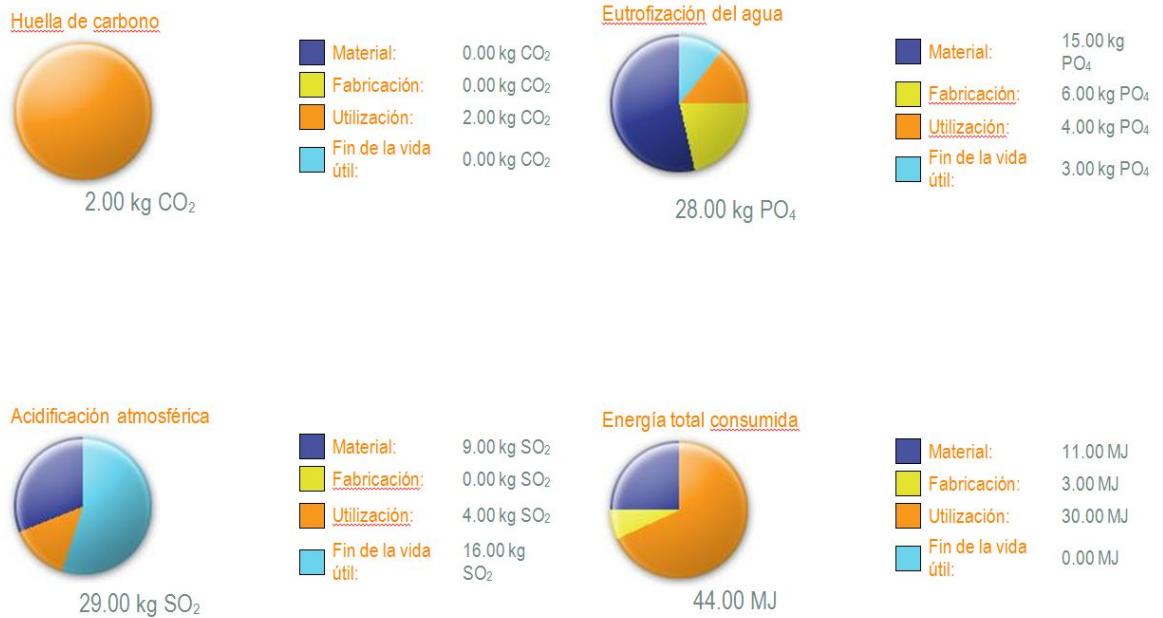


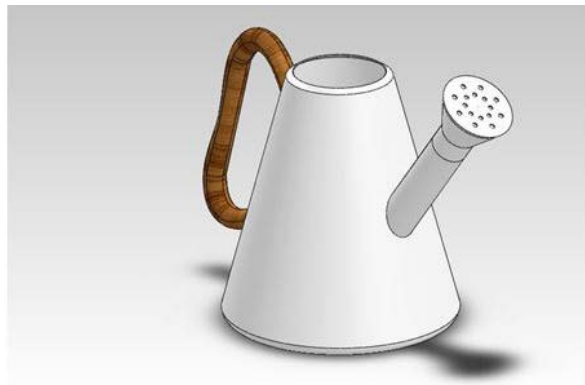
Ilustración 28 Informe de impacto ambiental producto inicial. Fuente: Autor

#### 5.5.1. Modelo 1: LCA

La prueba inicial de LCIA en *SolidWorks Sustainability* permite identificar que los cambios más apropiados para el producto son:

- ✓ Cambiar el material de la pieza Cuerpo a Polietileno Reticulado
- ✓ Cambiar el proceso de producción a extrusión en ambas piezas plásticas por extrusión
- ✓ Cambiar el asa por Teca
- ✓ Cambiar a transporte por barco

El resultado de estos cambios se muestra en las ilustraciones 29 y 30.



**Nombre del modelo:** Ensamblaje1

**Peso:** 216.20 g



**Región de fabricación**

La elección de la región de fabricación determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.

**Región de utilización**

Se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, la región de utilización también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.

Ilustración 29 Informe SolidWorks Sustainability prueba modelo 1. Fuente: Autor

**Huella de carbono**



0.00 kg CO<sub>2</sub>

Material:	0.00 kg CO <sub>2</sub>
Fabricación:	0.00 kg CO <sub>2</sub>
Utilización:	0.00 kg CO <sub>2</sub>
Fin de la vida útil:	0.00 kg CO <sub>2</sub>

**Eutrofización del agua**



29.00 kg PO<sub>4</sub>

Material:	9.00 kg PO <sub>4</sub>
Fabricación:	4.00 kg PO <sub>4</sub>
Utilización:	7.00 kg PO <sub>4</sub>
Fin de la vida útil:	9.00 kg PO <sub>4</sub>

**Acidificación atmosférica**



20.00 kg SO<sub>2</sub>

Material:	2.00 kg SO <sub>2</sub>
Fabricación:	0.00 kg SO <sub>2</sub>
Utilización:	4.00 kg SO <sub>2</sub>
Fin de la vida útil:	14.00 kg SO <sub>2</sub>

**Energía total consumida**



14.00 MJ

Material:	11.00 MJ
Fabricación:	3.00 MJ
Utilización:	0.00 MJ
Fin de la vida útil:	0.00 MJ

Ilustración 30 Informe de impacto ambiental prueba modelo 1. Fuente: Autor

5.5.2. Modelo 2: ECQFD

Para el modelo 2 se seleccionaron la VOC, EM y estrategias gracias al listado aportado en el punto 5.2. Los resultados de las *House of Quality* se muestran en las tablas 6, 7 y 8.

VOC \ EM		Importancia	EM						
			Precio final	Desechos de producción	Usabilidad	Peso	Volumen	Tasa de reciclabilidad	Transporte
1	Barato	10	9			3	3		3
2	Facil de usar	9			9	6	6		
3	Seguro	6			9				
4	Reciclable	5		3				9	
5	Menor uso de material	4	3	9			9	6	6
6	Menor transporte	6	6			3	6		6
7	Liviana	8			9	9	6		3
8	Resistente	7				3			
Importancia Absoluta			138	51	207	195	204	69	114
Importancia Relativa			14	5,2	21	20	21	7,1	12

Tabla 6 Fase I: VOC vs. EM. Prueba modelo 2. Fuente: Autor

EM \ Partes		Importancia	Partes		
			Cuerpo	Cabeza	Asa
1	Precio final	14	6	6	6
2	Desechos de producción	5,2	9	6	3
3	Usabilidad	21	3	3	9
4	Peso	20	9	3	3
5	Volumen	21	9	3	3
6	Tasa de reciclabilidad	7,1	6	6	
7	Transporte	12	9	9	9
Importancia Absoluta			709,5	449,1	518,1
Importancia Relativa			42,3	26,8	30,9

Tabla 7 Fase II: EM vs. Partes. Prueba modelo 2. Fuente: Autor

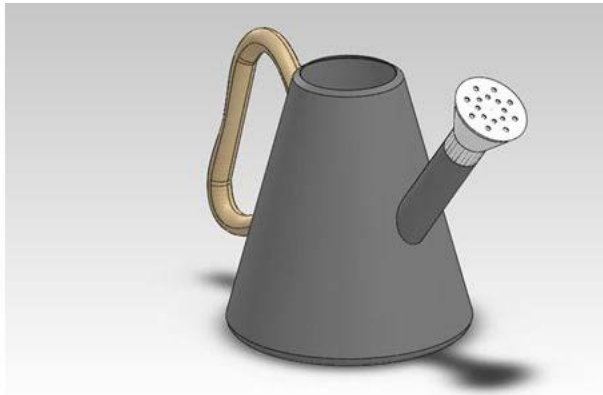
Partes \ Estrategias		Importancia	Estrategias			
			Reducir transporte	Reducir peso	Seleccionar materiales inocuos	Transporte menos contaminante
1	Cuerpo	42,3	9	9	9	9
2	Cabeza	26,8	9	6	9	9
3	Asa	30,9	9	3	3	9
Importancia Absoluta			900	634,248	714,599	900
Importancia Relativa			<b>28,6</b>	20,1	22,7	<b>28,6</b>

Tabla 8 Fase III: Partes vs. Estrategias. Prueba modelo 2. Fuente: Autor

La realización de los *House of Quality* permite identificar que reducir el transporte y elegir transporte menos contaminante poseen la importancia relativa más alta, con base a esto se toman los siguientes cambios:

- ✓ Cambiar el lugar de fabricación a la región Norteamérica
- ✓ Cambiar el método de transporte a bus

El resultado de estos cambios se muestra en las ilustraciones 31 y 32.



Nombre del modelo:

Ensamblaje1

Peso:

191.01 g



**Región de fabricación**

La elección de la región de fabricación determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.

**Región de utilización**

Se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, la región de utilización también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.

Ilustración 31 Informe *SolidWorks Sustainability* prueba modelo 2. Fuente: Autor

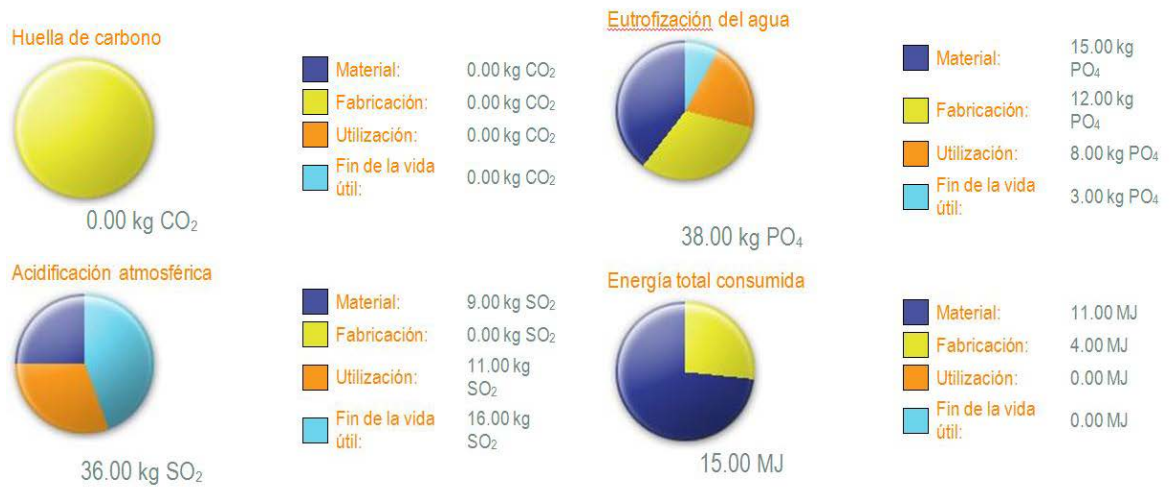


Ilustración 32 Informe de impacto ambiental prueba modelo 2. Fuente: Autor

### 5.5.3. Modelo 3: LiDS

El modelo 3 permite seleccionar estrategias de mejora de las 8 categorías disponibles. La realización de la rueda de LiDS permite exponer las mejoras seleccionadas, como lo muestra la ilustración 33.



Ilustración 33 Rueda de LiDS. Prueba modelo 3. Fuente: Autor

Los cambios realizados fueron:

- ✓ Cambiar el material de la pieza Cabeza por PPE
- ✓ Cambiar el método de transporte a barco
- ✓ Cambiar el método de fabricación por extrusión

Los resultados de la evaluación de impacto ambiental se muestran en las ilustraciones 34 y 35.



Ilustración 34 Informe *SolidWorks Sustainability* prueba modelo 3. Fuente: Autor



Ilustración 35 Informe de impacto ambiental prueba modelo 3. Fuente: Autor

#### 5.5.4. Comparación de impactos ambientales

Los resultados de las pruebas realizadas en los apartados anteriores se comparan en la tabla 9. Como se observa, el modelo que obtuvo una mayor disminución del impacto ambiental fue el modelo 1.

	<b>Carbono</b>	<b>Agua</b>	<b>Aire</b>	<b>Energía</b>
<b>Inicial</b>	2	28	29	44
<b>Modelo 1</b>	0	29	20	14
<b>Modelo 2</b>	0	38	36	15
<b>Modelo 3</b>	0	35	23	16
<b>Cambio</b>	<b>Carbono</b>	<b>Agua</b>	<b>Aire</b>	<b>Energía</b>
<b>Modelo 1</b>	-2	1	-9	-30
<b>Modelo 2</b>	-2	10	7	-29
<b>Modelo 3</b>	-2	7	-6	-28

Tabla 9 Comparación de impactos ambientales para pruebas de modelos. Fuente: Autor

#### 5.6. Resultados

Los tres modelos fueron evaluados en concordancia con el contexto establecido en el primer objetivo específico del presente trabajo y un caso de evaluación de un producto. Ésta evaluación concluyó que el modelo 1 provee un balance apropiado entre tiempo de uso y disminución de impacto ambiental. La tabla 6 muestra la evaluación por matriz de cumplimiento de características deseables.

	<b>Tiempo de aplicación</b>	<b>Exactitud de respuesta</b>	<b>Frecuencia de referenciación</b>	<b>Facilidad de uso</b>	<b>Aplicabilidad</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Modelo 1 (LCA)</b>	3	4	5	3	5	20
<b>Modelo 2 (ECQFD)</b>	1	5	3	1	2	12
<b>Modelo 3 (LiDS)</b>	5	2	2	5	3	17

Tabla 10 Evaluación de alternativas de modelo por cumplimiento de características deseables.

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 afirma (53) y se considera esencial en la fase de toma de decisiones (33), 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 en el proceso de diseño y desarrollo de producto con perspectiva hacia la sostenibilidad.

## 6. CAPÍTULO III: PROPUESTA DE ENSEÑANZA DEL ECODISEÑO

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. Se identificaron tres escenarios de cambio diferentes: el primero, manteniendo la materia ecodiseño como eje de la enseñanza de la sostenibilidad, el segundo, aumentando el número de materias relacionadas y/o con énfasis en ecodiseño; el tercero, integrando la enseñanza del ecodiseño como componente curricular de todos los talleres de diseño (Para ampliación del tema ver 4.4.3.).

Dado que el proceso de cambio curricular está programado para el año 2016, para los dos últimos escenarios identificados se plantearán propuestas que servirán como borrador para que su consecución e implementación definitiva sea posible en esta fecha. No obstante, se plantean soluciones a corto plazo, en el primer escenario, fortaleciendo la enseñanza del ecodiseño en la ya existente malla curricular. Por ello el presente estudio propone la integración del modelo de LCA soportado por herramientas informáticas en los tres escenarios identificados.

Los contenidos de una materia se dividen en conceptuales, procedurales y actitudinales (54). Cada uno de ellos es evaluado por el profesor a medida que se desarrolla el programa de la materia. Según Pozo, los contenidos se definen de la siguiente manera:

- ✓ Los contenidos conceptuales son los hechos, datos y conceptos. Se evalúa el aprendizaje de conceptos propios de la materia (Por ejemplo: qué es sostenibilidad, qué es ecodiseño, qué es LCA).
- ✓ Los contenidos procedurales son los hábitos, habilidades, estrategias, algoritmos, métodos, técnicas, etc. Se evalúa el seguimiento del programa, la aplicación de los métodos expuestos en clase. (Por ejemplo: Aplicar un LCA, determinar un impacto ambiental, identificar propuestas de mejora, etc.)
- ✓ Los contenidos actitudinales son las actitudes, los valores y creencias de cada estudiante así como la manera de hacer las cosas. Se evalúa el respeto a los compañeros y el profesor, el interés por el tema, la asistencia a clase, etc.

Las tablas 7 a 10 muestran las propuestas de contenido, programación y evaluación sumativa de las entregas. El porcentaje mostrado en estas tablas incluye la evaluación de contenidos conceptuales y procedurales. Los contenidos actitudinales deben ser establecidos por el profesor encargado de la materia, no se proponen en el presente proyecto por estar fuera del alcance del mismo.

### 6.1. Cambios en 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 7 se presenta la propuesta de contenidos, programación y evaluación en las 16 semanas del semestre.

El diagnóstico SQA 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 un primer diagnóstico de los conocimientos de los estudiantes y sus expectativas además de una conclusión de los temas aprehendidos por los estudiantes. Éste diagnóstico se realiza con el objetivo de mejora continua de la materia.

ECODISEÑO				
s	Actividad de clase	Trabajo independiente asignado	Evaluación	%
1	Introducción, diagnóstico SQA	Documental HOME	Texto de opinión	5%
2	Clase magistral: Desarrollo sostenible, economía, ecología e historia	Leer <i>Cradle to Cradle</i> de Braungart y McDonough		
3	Ecodiseño, ingeniería ambiental, <i>cradle to cradle</i> y economía de servicios			
4	Clase teórica: D4X, 3R, ciclo de vida	Leer artículo Glavic y Lukman		
5	Previo temas vistos		Previo	25%
6	Introducción proyecto modelo LCA	Definir objetivos y alcances (Protocolo)		
7	Clase teórica: LCI	Modelo 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 y sustentación	40%

Tabla 11 Propuesta plan de estudios ecodiseño. Fuente: Autor

## 6.2. Ampliación del ecodiseño (Linealidad)

Teniendo en cuenta la posibilidad de ampliar la materia ecodiseño a una rama o componente curricular de Ecodiseño, 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). La manera de incluir éstas materias propuestas sale del alcance del presente proyecto, pues requiere de un estudio conjunto por parte de todos los profesores y directivos de la EDIUIS. La propuesta presentada significa una base para este estudio conjunto.

A continuación se presentan los planes de estudio de las tres materias, ecodiseño I en la tabla 8, ecodiseño II en la tabla 9 y ecodiseño III en la tabla 10.

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. (ver Tabla 8).

<b>ECODISEÑO I</b>				
<b>s</b>	<b>Actividad de clase</b>	<b>Trabajo independiente asignado</b>	<b>Evaluación</b>	<b>%</b>
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: El ecodiseño y sus métodos			
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.	Selección 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 12 Propuesta plan de estudios ecodiseño I. Fuente: Autor

<b>ECODISEÑO II</b>				
<b>s</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		Participación en foro	5%
4	Clase teórica: LCA	Leer artículo Chang, Lee y Chen		
5	Previo temas vistos		Previo	25%
6	Introducción proyecto modelo LCA	Definir objetivos y alcances (Protocolo)		
7	Clase teórica: LCI	Modelo 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	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 y sustentación	30%

Tabla 13 Propuesta plan de estudios ecodiseño II. Fuente: Autor

ECODISEÑO III				
s	Actividad de clase	Trabajo independiente asignado	Evaluación	%
1	Introducción, diagnóstico SQA	Documental Isla de plástico (VICE)	Texto de opinión	10%
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	25%
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 y sustentación	40%

Tabla 14 Propuesta plan de estudios ecodiseño III. Fuente: Autor

### 6.3. Integración del ecodiseño (Transversalidad)

Para el escenario de la integración del ecodiseño en el plan de estudios es necesario hacer una evaluación de la malla curricular en totalidad. Aun así para ello el presente estudio propone la integración de los modelos diseñados en el proceso proyectual como se observa en la ilustración 36.

La ilustración 36 muestra el proceso proyectual hasta el punto que se llega en la academia, pues no se llega a las fases de comercialización, uso y desecho. En la primer fase de definición de problema e identificación de requerimientos se puede acudir al listado de requerimientos ambientales y de producto proporcionado por Bereketli y Genevois (Ver apartado 5.2.3.), del modelo ECQFD.

En la segunda fase de conceptualización se pueden tomar ideas teniendo en cuenta los conceptos de 3R y LiDS. Para la evaluación se puede aplicar el QFD.

En la fase de diseño de detalle el estudiante puede recurrir a la aplicación del LCA para determinar impacto ambiental en el diseño de detalle y del D4X para promover el grado de reciclabilidad, desensamblable, reuso, rendimiento, coste, etc.

## Proceso de diseño en EDIUIS

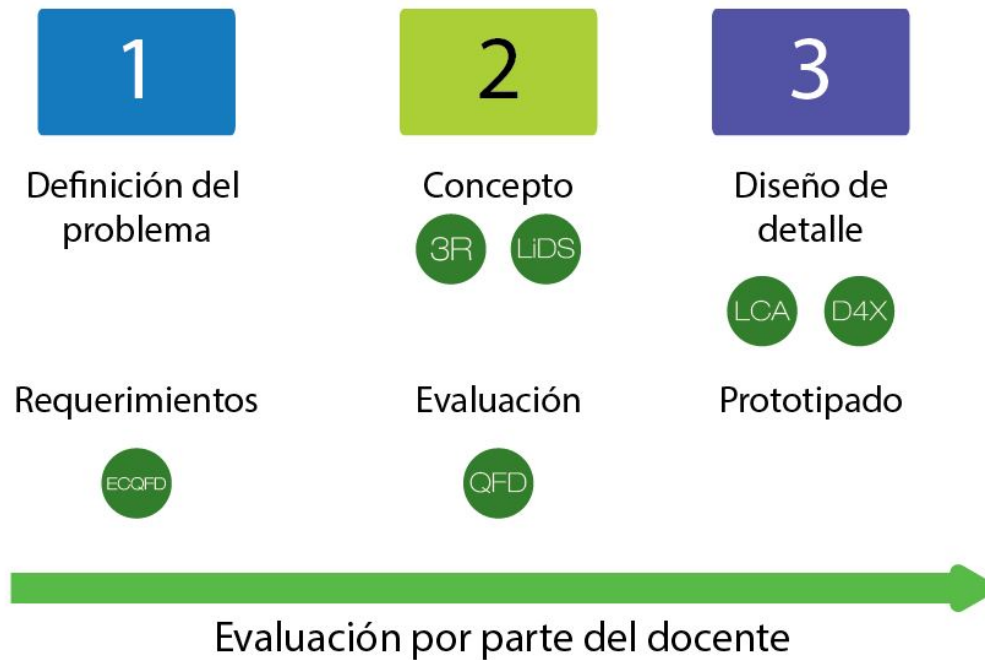


Ilustración 36 El proceso de diseño en la EDIUIS. Fuente: Autor

Por otro lado, el presente estudio sugiere que dependiendo de la profundidad del tema, se puede tocar la sostenibilidad desde el primer nivel.

Un modelo integrado y común es incluir temas como "Qué es el desarrollo sostenible" en los primeros 3 niveles, que incluya el Reciclaje, el reuso y la reducción, así como el uso responsable de materiales.

En los consecuentes niveles se llega a temas más profundos como el Diseño para la Sostenibilidad, el Análisis de Ciclo de Vida y los Ecoindicadores.

Por último en los niveles más altos del currículo, se llega a la implementación de las herramientas enseñadas. Es posible articular estos tres grados de complejidad con los ciclos de enseñanza, como lo muestra el posible modelo de integración de la enseñanza de la sostenibilidad planteado en la ilustración 37.

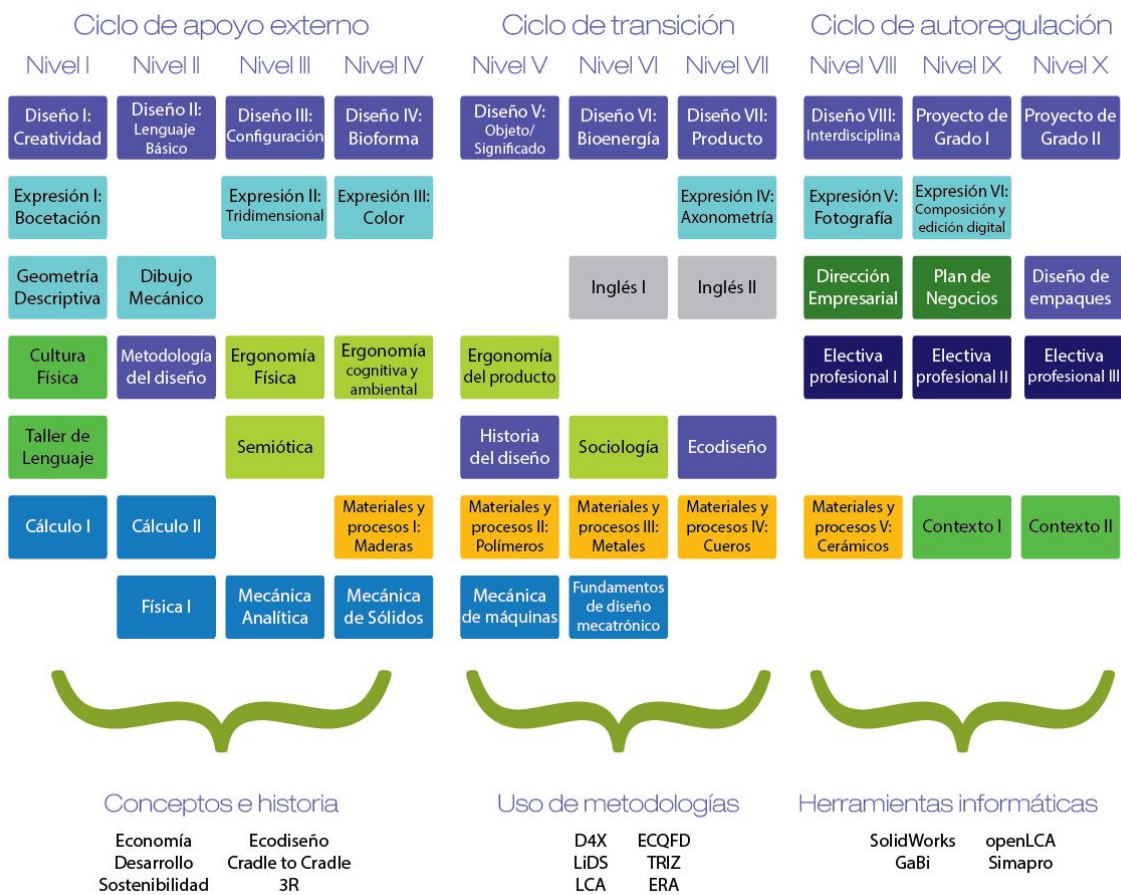


Ilustración 37 Modelo de integración de la enseñanza de la sostenibilidad. Fuente: Autor

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. Hallazgos

Este estudio permitió llegar al diseño de un modelo de análisis de ciclo de vida del producto asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza de Ecodiseño en la Escuela de Diseño Industrial UIS.

Los principales resultados del presente estudio se pueden clasificar de acuerdo a los objetivos planteados y desarrollados. Es así como en primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica del cual se obtuvo un marco teórico que incluyó la identificación de los conceptos claves, las metodologías más relevantes y aplicables a la academia y las herramientas informáticas actualmente disponibles para el LCA.

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, 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” (25).

Otro de los hallazgos del segundo objetivo es la necesidad de que la comunidad académica realice una revisión conjunta con miras a determinar si la enseñanza del ecodiseño debe hacerse de manera lineal o transversal, o de qué manera conjugar ambas opciones para generar una planeación estratégica integrada de la enseñanza de la sostenibilidad en la EDIUIS.

El presente estudio sugiere que para llevar a cabo la planeación estratégica integrada de la sostenibilidad en la EDIUIS, es necesario revisar los planes de capacitación del cuerpo docente en el tema.

Adicionalmente, el presente estudio encontró que los actores consultados consideran que debe acompañarse la planeación estratégica integrada de la enseñanza de la sostenibilidad, con el replanteamiento de la gestión ambiental y el 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.

Con respecto al tercer objetivo, el presente estudio permitió llegar a tres alternativas de modelo de ecodiseño que se fundamentaron en el marco teórico y el contexto de la EDIUIS. Éstas permitieron integrar las herramientas informáticas, en este caso, 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.

El presente estudio permitió evaluar la conveniencia de las alternativas de modelo planteadas, según el contexto definido en la EDIUIS, lo cual llevó a elegir el modelo LCA. Apoyando esta elección se encuentra que el LCA es aceptado ampliamente como la forma más importante de integrar conceptos y necesidades ambientales en el desarrollo del producto (53) y se considera esencial en la fase de toma de decisiones (33).

Como resultado del último objetivo, se propone a la comunidad académica tres 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.

## **7.2. Fortalezas**

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 ésta 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. Cambio que a su vez fue utilizado como base para la propuesta expuesta en este trabajo (ver Tabla 2).

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

Éste interés de parte de los estudiantes, junto con la participación del presente trabajo al Primer Congreso Latinoamericano de Ecodiseño (EcodAI), suscitó la iniciativa de presentar a la comunidad académica los resultados del presente trabajo como fomento al pensamiento sostenible, esperando crear un puente de comunicación entre estudiantes y profesores con miras al objetivo común de mejora continua.

Las competencias desarrolladas con este tipo de estrategias pedagógicas muestran una tendencia positiva en la toma de decisiones orientadas hacia la sostenibilidad, esto se vislumbra como una fortaleza dado que los diseñadores industriales necesitan herramientas que integren temas de sostenibilidad en el proceso de diseño de manera práctica articulando guía, información y educación, tal como lo sostienen anteriores estudios. (26)

El presente estudio permite aumentar la conciencia sostenible en la academia, enseñando la importancia y aplicabilidad del ecodiseño. Esto permite responder a uno de los principios de Hannover (55): Buscar mejoramiento constante a través del compartir del conocimiento. El presente estudio además se vale del respaldo de las herramientas informáticas para lograr éste objetivo.

Promover la sostenibilidad, como objetivo de la humanidad, es posible en gran medida gracias a la educación de los futuros profesionales, labor que desarrolla la universidad en ambientes reflexivos, dinámicos y proactivos. Iniciativas como la del presente estudio permiten a la universidad cambiar, evolucionar y adaptarse a los nuevos retos que enfrenta el hombre.

### **7.3. Limitaciones**

Una de las limitaciones del presente estudio es, que al tratarse de un estudio de caso particular, la aplicabilidad de los resultados solo responden a las singularidades del contexto educativo de la EDIUIS. No obstante los resultados de esta experiencia podrán servir como réplica en otras entidades educativas interesadas en fortalecer las competencias de sus estudiantes en desarrollo sostenible por medio de la base metodológica y conceptual para el desarrollo de estrategias propias de enseñanza del ecodiseño que aquí se propone.

El presente estudio se vio limitado en la propuesta íntegra de la reestructuración del plan de estudios, pues esto requiere de un estudio conjunto por parte de todos los profesores y directivos de la EDIUIS. Aun así, a propuesta presentada significa una base para el necesario estudio conjunto.

El presente estudio se vio limitado por el número de participantes, pues se tienen en cuenta a un cierto número de profesores y estudiantes, y no a la totalidad de la comunidad académica.

### **7.4. Recomendaciones**

Esta investigación ha evidenciado un amplio campo de estudio y se necesita mayor investigación. Se plantean dudas sobre la efectividad de enseñar la sostenibilidad: Sea en un eje de materias lineal o en la integración con la enseñanza del proceso proyectual.

Se recomienda realizar un mayor estudio de los estilos de aprendizaje predominantes entre los estudiantes de la EDIUIS, con el propósito de encaminar las estrategias de enseñanza hacia una mejora de la adquisición y aplicación del conocimiento.

Se sugiere acoplar la planeación estratégica integrada de la sostenibilidad con otros proyectos presentes en la academia, entre ellos la próxima adquisición de un laboratorio de herramientas 3D y el uso de software de usabilidad y ergonomía.

Se recomienda a la EDIUIS fomentar la creación de un puente de comunicación entre alumnos y profesores, con el objetivo común de mejora continua, en aspectos tanto de sostenibilidad como de conocimientos de diseño en general.

## CITAS

1. **Universidad Industrial de Santander.** *Estatuto General.* Bucaramanga : s.n., 2012. pág. 7.
2. **Comisión Mundial de Medio ambiente y Desarrollo.** *Nuestro futuro común.* Oxford : Oxford University Press, 1987. pág. 59.
3. **Max-Neef, Manfred.** Manfred Max-Neef y su concepto de “economía descalza”. *Forum Español para la prevención y la seguridad urbana.* [En línea] 2010.  
<http://www.fepsu.es/interculturalidad/manfred-max-neef-y-su-concepto-de-economia-descalza.html>.
4. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.** *Diseño para la Sostenibilidad: Un enfoque práctico para las economías en desarrollo.* Bonn : Delft University of Technology, 2007.
5. **Capuz, Salvador, y otros, y otros.** *Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles.* Valencia : Alfaomega, 2004.
6. **Meadows, y otros, y otros.** *The Limits to Growth: The 30-Year update.* Chelsea : Green Publishing Co., 2004.
7. **Berin, Barnet, Stolnitz, George y Tenenbein, Aaron.** *Mortality trends of males and females over the ages.* Schaumburg, IL : s.n., 1989. pág. Vol. 41.
8. **Zimmerman, Julie y Mihelcic, James.** *Ingeniería Ambiental: Fundamentos - Sustentabilidad - Diseño.* Madrid : Alfaomega, 2012.
9. **Braungart, Michael y McDonough, William.** *Cradle to Cradle.* Madrid : McGraw Hill, 2005. 84-481-4295-0.
10. **Escudero, Antonio.** *La Revolución Industrial.* Madrid : Grupo Anaya S.A., 1988.
11. **Malthus, Thomas.** *Population: The first essay.* Michigan : Ann Arbor: University of Michigan Press, 1798.
12. **Club de Roma.** Club of Rome. [En línea] <http://www.clubofrome.org/?p=703>.
13. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.** Acerca de PNUMA/ORPALC. [En línea] 2014. <http://www.pnuma.org/AcercaPNUMA.php>.
14. **Brundtland, Gro.** Simposio: Climate Change and Our Common Future. <https://www.youtube.com/watch?v=NSC97yEjJDU>. [En línea] 2013.
15. *New visions for addressing sustainability.* **McMichael, AJ, Butler, C.D. y Folke, C.** 302, 2003, Science , págs. 1919 - 1920.
16. *The roots of sustainability.* **Ehrenfeld, J.R.** 2, 2005, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, págs. 23 - 25.

17. *Sustainability: I know it when I see it*. **White, Mark**. 36, 2013, Ecological Economics, págs. 213 - 217.
18. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**. *Diseño para la sostenibilidad: Un enfoque práctico para las economías en desarrollo*. Bonn : Delft University of Technology, 2007.
19. *Product Lifecycle Management Approach for Sustainability*. **Cieri, Duque, Garetti y Terzi**. Cranfield : s.n., 2009, Proceedings for the 19th CIRP Conference.
20. *Review of sustainability terms and their definitions*. **Glavič, P. y Lukman, R.** 2007, Journal of Cleaner Production.
21. *Applying quality function deployment to environmentally conscious design*. **Masui, K., y otros, y otros**. 20, 2003, International Journal of Quality & Reliability Management, págs. 90-106.
22. *Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design*. **Vinodh, S. y Rathod, Gopinath**. 18, 2010, Journal of cleaner production, págs. 833-842.
23. *An integrated QFDE approach for identifying improvement strategies in sustainable product development*. **Bereketli, Ilke y Genevois, Mujde Erol**. 54, 2013, Journal of cleaner production, págs. 188-198.
24. **van Hemel, C. y Brezet, H.** *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. s.l. : UNEP Industry and Environment, 1997.
25. *A sustainable product design model*. **Howarth, George y Hadfield, Mark**. 27, Poole : s.n., 2006, *Materias & Design*, págs. 1128-1133.
26. *Ecodesign tools for designers: Defining the requirements*. **Lofthouse, Vicky**. 14, Leicestershire : s.n., 2006, Journal of Cleaner Production, págs. 1386-1395.
27. **Real Academia de la Lengua Española**. Real Academia Española. [En línea] 2014. <http://lema.rae.es/drae/?val=desarrollo>.
28. **United Nations**. Composition of macro geographical (continental) regions, geographical sub-regions, and selected economic and other groupings. [En línea] 2014. <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49regin.htm#developed>.
29. **Whitehead, Margaret y Dahlgren, Göran**. *Conceptos y principios de la lucha contra las desigualdades sociales en salud*. Liverpool : Universidad de Liverpool, 2010.
30. **Charter, Martin y Tischner, Ursula**. *Sustainable Solutions*. Sheffield : Greenleaf Publishing, 2001.
31. **Max-Neef, Manfred**. *Desarrollo a escala humana*. Tercera. Barcelona : Icaria Antrazyt, 2006.
32. **Romm, Joseph**. *Lean and Clean Management: How to boost profits and productivity by reducing pollution*. New York : Kodansha America, 1994.

33. *Review of life cycle assessment towards sustainable product development*. **Chang, D, Lee, C.K.M. y Chen, C.** 2014, Journal of cleaner production. Artículo en prensa. Tomado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.050>.
34. **Chacón, Alejandro.** Estudiantes y empresarios conocieron el Ecodiseño: Universidad Austral de Chile. [En línea] 2014. <http://www.pmontt.uach.cl/estudiantes-y-empresarios-conocieron-el-ecodise%C3%B1o>.
35. **Tamborrini, Paolo.** "Design sostenible": entrevista all'autore Paolo Tamborrini. [En línea] 2009. <http://www.greenme.it/approfondire/interviste/527-design-sostenibile-intervista-allautore-paolo-tamborrini>.
36. **Agencia de Protección del Medio Ambiente.** [En línea] 13 de Junio de 2014. <http://www.epa.gov/>.
37. **Asociación Latinoamericana de QFD.** Qué es el QFD. [En línea] 2002. [http://www.qfdlat.com/\\_Que\\_es\\_el\\_QFD/\\_que\\_es\\_el\\_qfd\\_.html](http://www.qfdlat.com/_Que_es_el_QFD/_que_es_el_qfd_.html).
38. *Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? - a comparative assessment of SimaPro and GaBi*. **Herrmann, Ivan T. y Moltesen, Andreas.** 2014, Journal of Cleaner Production. Artículo en prensa. Tomado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.004>.
39. **SimaPro.** About SimaPro. [En línea] 2014. [Citado el: 9 de Septiembre de 2014.] <http://www.simapro.co.uk/aboutsimapro.html>.
40. **Earth Shift.** SimaPro LCA Features. [En línea] 2011. [Citado el: 9 de Septiembre de 2014.] <http://www.earthshift.com/software/simapro/features>.
41. **GaBi.** What is GaBi software. [En línea] 2013. [Citado el: 9 de Septiembre de 2014.] <http://www.gabi-software.com/international/overview/what-is-gabi-software/>.
42. **SolidWorks.** SolidWorks sustainability software. [En línea] 2014. [Citado el: 9 de Septiembre de 2014.] <http://www.solidworks.es/sustainability/sustainability-software.htm>.
43. **GreenDelta.** openLCA. [En línea] 2014. [Citado el: 13 de Septiembre de 2014.] <http://www.openlca.org/openlca>.
44. **Denzin, Keeses.** *Investigación en educación. metodología y medición: Una guía internacional*. Londres : Pergamon Press, 1988.
45. **Ministerio de Salud de Colombia.** Normativa y Resoluciones. [En línea] 1993. [http://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf](http://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf).
46. **Universidad Industrial de Santander.** Resolución 1227 de 2013. [En línea] 2013. <http://www.catedralibreuis.com/teleuis/index.php/actualidad/745-resolucion-n-1227-de-2013-agosto-22>.
47. —. Universidad Industrial de Santander. [En línea] 2014. [Citado el: 3 de Octubre de 2014.] <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/presentacion.html#>.

48. **Quacquarelli Symonds.** QS Latin American Universities. [En línea] 2014. [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=+country=357+faculty=+stars=false+search=)
49. **Universidad Industrial de Santander.** Historia de la Universidad Industrial de Santander. [En línea] 2014. [http://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/02-19%20WEB\\_HistoriaUIS.pdf](http://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/02-19%20WEB_HistoriaUIS.pdf).
50. **Arbeláez, Ruby, Vitalia, Martha y Pérez, Martha.** *Concepciones sobre competencias.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2009.
51. **AENOR.** *Norma UNE-EN ISO 14040:1998. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructura.* s.l. : AENOR, 1998.
52. **International Organization of Standardization.** *Norma ISO 14040:2000.* s.l. : Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes, 2000.
53. **Veshagh, A. y Obagun, A.** Survey of sustainable life cycle design and management. *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Buisnesses.* Londres : Springer, págs. 237-242.
54. **Pozo, Juan Ignacio.** El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. [aut. libro] César Coll. *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes.* Madrid : Santillana, 1992.
55. **Mc Donough, William.** *The Hannover Principles.* Charlottesville : William McDonough Architects, 1992.

## BIBLIOGRAFÍA

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

ARBELÁEZ, Ruby. VITALIA, Martha. PÉREZ, Martha. Concepciones sobre competencias. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2009.

BRAUNGART, Michael. MCDONOUGH, William. Cradle to Cradle. Madrid, McGraw Hill, 2005.

CAPUZ RIZO, Salvador. GÓMEZ NAVARRO, Tomás. Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Valencia, Alfaomega, 2004.

CHANG, Danny. LEE, C.K.M. CHEN, Hsien Chen. Review of life cycle assessment towards sustainable product development En: Journal of cleaner production. Artículo en prensa, 2014.

CHARTER, Martin. TISCHNER, Ursula. Sustainable Solutions. Sheffield, Greenleaf Publishing, 2001.

COMISIÓN MUNDIAL DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Nuestro futuro común. Oxford, Oxford University Press, 1987.

DENZIN, Keeves. Investigación en educación. Metodología y medición: Una guía internacional. Londres, Pergamon Press, 1988.

GLAVIČ, Peter. LUKMAN, Rebeka. Review of sustainability terms and their definitions. En: Journal of Cleaner Production (15), p. 1875-1885, 2007.

LOFTHOUSE, Vicky. Ecodesign tools for designers: Defining the requirements En: Journal of Cleaner Production (14), p. 1386-1395, Leicestershire, 2006.

MAX-NEEF, Manfred. Desarrollo a escala humana. Barcelona, Icaria Antrazyt, 2006.

MEADOWS, Donella. MEADOWS, Dennis. RANDERS, Jørgen. BEHERENS III, William. The Limits to Growth: The 30-Year update. Chelsea, Green Publishing Company, 2004.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). Diseño para la sostenibilidad: Un enfoque práctico para las economías en desarrollo. Bonn, Delft University of Technology, 2007.

VAN HEMEL, Caroline. BREZET, Hans. Ecodesign: A promising approach to sustainable production and consumption. UNEP Industry and Environment, 1997.

ZIMMERMAN, Julie. MIHELICIC, James. Ingeniería Ambiental: Fundamentos - Sustentabilidad – Diseño. Madrid, Alfaomega, 2012.

## **ANEXOS**

## Anexo A Plan de estudios Ecodiseño Primer Semestre de 2014

### UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

#### Programa Diseño Industrial

<b>ECODISEÑO CÓDIGO:</b> 24612
<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b> 3
<b>REQUISITOS:</b> Ninguno
<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL:</b> <b>9 HORAS TAD: 3 HORAS TI: 6 HORAS TEORICA: 3.</b>

#### JUSTIFICACIÓN

La globalización e integración de la economía mundial ha provocado un gran cambio en los sistemas de diseño, fabricación y organización de la producción, cuyas principales innovaciones han destruido paradigmas económicos y han dado origen a nuevos paradigmas de desarrollo sostenible y ciclos de vida.

Hoy en día, se debe introducir un enfoque de diseño y fabricación “orientado al proyecto”, pasando de la fabricación por proceso a la fabricación por producto propiciando de esta manera un enfoque integrado de la producción y considerando de manera conjunta todo el ciclo de vida del producto. (Concepción –diseño – prototipado – comercialización – utilización – eliminación).

Por otra parte, el incremento de la concientización medioambiental de sectores cada vez mas amplios de la población, así como el aumento de la exigencia de la administración a la hora de elaborar su normativa y reglamentación en los campos de seguridad, fiabilidad y reducción del impacto ambiental, contribuye a la necesidad de considerar el impacto y efectos que puede causar los productos lanzados al mercado.

#### PROPÓSITO Y COMPETENCIAS

##### PROPÓSITO:

Integrar el factor ambiental como una importante variable empresarial en el diseño de productos empresariales.

- ✓ Sensibilizar al estudiante de Diseño sobre la importancia del concepto del CICLO DE VIDA y las ventajas de integrar criterios ambientales en el proceso de desarrollo del producto.
- ✓ Proponer metodologías y herramientas para una práctica sencilla de ecodiseño.
- ✓ Proporcionar directrices para ajustar el ecodiseño en el marco de la norma vigentes

## COMPETENCIAS

El estudiante:

- ✓ Conoce procesos para el desarrollo de productos y los procesos de manufactura.
- ✓ Conoce los valores y actitudes ético-profesionales que regulan el ejercicio profesional.
- ✓ Desarrolla la capacidad de investigar para solucionar problemas de diseño.
- ✓ Desarrolla la capacidad para investigar y experimentar materiales para utilizarlos en el diseño.
- ✓ Entiende el concepto de diseño y fabricación "orientado al proyecto".
- ✓ Entiende los cambios en el proceso de diseño que ha traído la globalización e integración de la economía mundial.
- ✓ Conceptúa sobre la importancia de la concientización medioambiental en el proceso de diseño.
- ✓ Desarrolla la capacidad para comprender impacto que pueden tener los objetos, productos e ideas en el medio ambiente.
- ✓ Conoce y aplica la normatividad medioambiental existente en los procesos de concepción, diseño, fabricación y utilización de producto.
- ✓ Comprende la problemática industrial Colombiana e Internacional, y la toma como premisa, en el proceso de diseño de productos o componentes con atributos ecológicos.

## CONTENIDOS Y PROGRAMACIÓN

Fecha	Tema	Ayuda	%	Tipo de evaluación	Criterios de evaluación	Fecha de entrega
Nov. 19	Sensibilización	Película	5%	Evaluación Escrita	Comprensión, Elaboración de conceptos	Nov. 22 11:55 p.m.
Nov. 26	Foro	Estudio de caso/ "El ambientalista 10"	5%	Participación en el foro/Evaluación de lectura	Numero y calidad de los aportes	Nov. 26 En clase
Dic. 3	Proyecto El agua	"Los colores del agua"/ Análisis de Gasto Casero/ Recibo del agua	10%	Investigación de Campo	Metodología/ Lecturas/ Perfil de usuario/ resultados/ Conclusiones	Dic. 10 11:55 p.m.

Dic. 10	Perfil Ambiental/ PLM/Definición Primer Proyecto (Monolítico)		10%	Investigación	Ciclo de vida de un material/ Aportes/ Datos extrapolables	Dic. 16 11:55 p.m.
Dic. 17	Exposición Perfil Ambiental	Definida por el estudiante	5%	Sustentación	Fuentes, Medios, Resultados	Dic. 17 en clase.
	Primer Proyecto (Definido en Dic. 10) /Primera Entrega/ Desmaterialización	Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)	5%	Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto	Justificación/ Objetivos (Gral., Esp.)/ Requerimientos/ Parámetros/ Libro o de Bocetos	
Ene. 21	Segunda entrega/ Desmaterialización	Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)	5%	Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto	Alternativas (mínimo 15)/Evaluación de Alternativas/Propuesta Final/Anteproyecto/ Libro de bocetos/Modelos 3D	Ene. 21 en clase.
Ene. 28	Entrega Final Proyecto Desmaterialización	Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado), Presentación	10%	Sustentación	Proyecto Final/Ayudas Expositivas (Videos, Carteles etc. ), Libro de Bocetos/Modelo Final Volumétrico	Ene. 28 en clase.
Feb. 4	Metodologías de mejora ambiental (definir Objeto de baja complejidad para ser rediseñado en taller QFD – AMFE), Definir Objeto para ser rediseñado en el segundo proyecto	Clase Magistral				

Feb. 11	QFD/AMFE/ Pareto	Objeto de baja complejidad para ser rediseñado	5%	Taller	Rediseño de un producto haciendo uso de estas herramientas	Feb. 14 11:55 p.m.
Feb. 18	Proyecto Final de Curso, Definido Febrero 4	Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)	5%	Revisión de los documentos elaborados para la	Objetivos / Justificación / Estado del arte/ Requerimientos /	Feb. 18 en clase.
Feb. 25	Alternativas	Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)	5%	Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto	Elaboración de Alternativas, (Mínimo 20 alternativas).Mod elos 3D virtuales	Feb. 25 en clase
Mar. 4	Evaluación de alternativas	Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado) , QFD, AMFE.	5%	Revisión de los documentos elaborados para la realización del	Evaluación de todas las alternativas con base en las herramientas	Mar. 4 En clase
Mar. 11	Construcción de Indicadores	Clase Magistral				
Mar. 18	Diseño de detalle	Modelos 3D, de alternativa final/Libro de Bocetos con visto bueno de evaluación de alternativas	5%	Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto, verificación de evaluación de alternativas, prototipo	Modelos 3D Virtuales y Volumétricos, de alternativa final/Libro de Bocetos con visto bueno de evaluación de alternativas	Mar. 18 en clase
Mar. 25	Construcción / Modelo	Modelos 3D, Diseño de detalle	15%	Prototipo Funcional	Calidad del modelo, diseño de detalle, aproximación al diseño propuesto	Mar. 25 En clase
Abril 4	Entrega Final	Ayudas definidas por el estudiante	5%	Sustentación	Evaluación de alternativas, calidad del prototipo funcional, Resumen ejecutivo del proyecto (Objetivos/requer imie ntos/Parámetros /Alternativa Final -- Render--- Tabla de Indicadores,	Abril 4 en clase.

## **PROGRAMACIÓN**

### **(Semana 1)**

Tema: Sensibilización (5%) Recurso: Película Tipo de evaluación: Evaluación Escrita Criterio de evaluación: Comprensión, Elaboración de conceptos

### **(Semana 2)**

Foro (5%) Tema: Estudio de caso: Archipiélago de San Bernardo. Lectura previa: "El ambientalista 10" Tipo de evaluación: Foro - Evaluación de lectura Criterio de evaluación: Participación en el foro - Calidad de los aportes, evaluación en clase

### **(Semana 3)**

Proyecto El agua (10%)

Lectura "Los colores del agua"

Trabajo: Análisis de Gasto Casero, comparativo con el recibo del agua Contenido mínimo: Metodología - Investigación de Campo - Perfil de usuario - resultados – Conclusiones. Extensión máxima 5 paginas. Formato PDF

### **(Semana 4)**

Tema de Clase: PLM (Proyect Life Management)

Tema de investigación: Perfil Ambiental de un material (10%) Criterio de evaluación: Aportes - Datos extrapolables. Extensión máxima 5 paginas. Formato PDF

Definición Primer Proyecto (Monolítico) :

Cada persona entregara al profesor, al finalizar la clase, por escrito, el producto monolítico a rediseñar bajo el principio de Desmaterialización, describiendo las motivaciones para su escogencia.

Extensión máxima 1/2 cuartilla. En caso de no entregar este documento en la fecha establecida, la evaluación de su proyecto será sobre 4.0

### **(Semana 5)**

Exposición Perfil Ambiental (5%)

Sustentación (en clase ), Criterios de evaluación: Fuentes, Medios, Resultados

Primer Proyecto (Definido en semana 4) (5%)

Primera Entrega proyecto Desmaterialización

Entregables: Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)

Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto Justificación - Objetivos (Gral. Esp.) - Requerimientos – Parámetros.

Evaluación en clase

### **(Semana 6)**

Segunda Entrega Proyecto Desmaterialización (5%)

Entregables: Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)

Alternativas (mínimo 15) – Evaluación de alternativas – Propuesta final – Anteproyecto – Modelos 3D virtuales. Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto Evaluación en clase

### **(Semana 7)**

Entrega Final Proyecto Desmaterialización (10%) Entregables: Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado)

Presentación - Sustentación - Proyecto Final - Ayudas Expositivas (Videos, Carteles etc.), Modelo Final Volumétrico

Evaluación en clase

### **(Semana 8)**

Clase Magistral Metodologías de mejora ambiental Definir objeto de baja complejidad para ser rediseñado en taller QFD – AMFE

Definir el objeto a rediseñar para el segundo proyecto

### **(Semana 9)**

Taller (5%) Tema:

Q.F.D. (Quality Function Deployment) - A.M.F.E. (Análisis Modal de Fallos y Efectos) – Pareto

Soporte Escrito del Taller Rediseño de un producto (de baja complejidad), haciendo uso de estas herramientas

### **(Semana 10)**

Proyecto Final de Curso (5%)

Entregables: Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado) - Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto – Objetivos - Justificación - Estado del arte- Requerimientos – Parámetros.

Evaluación en clase

### **(Semana 11)**

Segunda Entrega Proyecto Final de Curso (5%)

Entregables: Alternativas Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado) – Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto - Elaboración de Alternativas, (Mínimo 20 alternativas) - Modelos 3D virtuales

Evaluación en clase

### **(Semana 12)**

Tercera Entrega Proyecto Final de Curso (5%)

Entregables: Evaluación de Alternativas, Libro de Bocetos (1/4 de pliego, Argollado), Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto Evaluación de todas (20) las alternativas con base en las herramientas QFD, AMFE

Evaluación en clase

### **(Semana 13)**

Clase Magistral Construcción de Indicadores

### **(Semana 14)**

Cuarta Entrega Proyecto Final de Curso (5%)

Entregables: Anteproyecto (Diseño de detalle) - Libro de Bocetos con visto bueno de evaluación de alternativas - Revisión de los documentos elaborados para la realización del proyecto - verificación de evaluación de alternativas - prototipo funcional Modelos 3D Virtuales y Volumétricos de alternativa final

Evaluación en clase

### **(Semana 15)**

Entrega Final Proyecto Final de Curso Construcción del Modelo 3D (15%)

Criterio de Evaluación: Prototipo Funcional - Calidad del modelo - aproximación al diseño propuesto (diseño de detalle).

Evaluación en clase

### **(Semana 16)**

Soportes de la evaluación de alternativas, Resumen ejecutivo del proyecto (5%)

Entregables: Ayudas definidas por el estudiante – Objetivos - requerimientos – Parámetros - Alternativa Final – Render - Tabla de Indicadores – evaluación - Rueda de Leed)

Evaluación en clase

## **ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE QUE APOYARÁN EL T.A.D. Y EL T.I.**

El desarrollo del curso Ecodiseño involucra socialización de conocimientos previos, talleres participativos y discusiones colectivas tras las correspondientes lecturas **ANTICIPADAS** de los temas de discusión, como estrategias de apoyo al TAD y las exposiciones magistrales tradicionales que el docente, según su enfoque podrá mantener o respaldar con recursos tecnológicos a que haya lugar (proyecciones, visitas técnicas, invitación de expertos, estudio de casos).

Las estrategias enunciadas buscan fortalecer e integrar en los proyectos futuros los principios y teorías que respaldan la cultura del Ecodiseño; los talleres y discusiones grupales estimulan el juicio crítico y mejoran la comunicación, de otra parte las visitas guiadas refuerzan el proceso de autoformación, motivan actitudes reflexivas y refuerzan la generación de juicios críticos de las acciones y decisiones empresariales y sus correspondientes reacciones e impactos ambientales.

## **ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN**

### **Indicadores de Logro:**

El estudiante conoce las implicaciones ambientales de los materiales y procesos productivos involucrados en un producto de diseño.

El estudiante es capaz de discernir sobre la conveniencia de fabricación de productos de diseño, recurriendo a principios y valores éticos que orientan el ejercicio de su profesión.

El estudiante analiza y escoge los materiales y procesos de producción acordes con la producción limpia y la ecoeficiencia (DFE).

El estudiante comprende el impacto de su actividad profesional en el entorno y es capaz de proponer estrategias para minimizar sus efectos negativos, en procura del balance entre los costos ambientales y las utilidades productivas.

#### **Estrategia de Evaluación:**

- Exámenes escritos.
- Informes y evaluaciones orales acerca de la lectura de textos que corresponden a la bibliografía complementaria.
- Informes y comentarios acerca de las visitas industriales guiadas.
- Trabajos prácticos de Proyectos de Diseño ecoeficiente (integrador).

#### **Estrategia de Evaluación y equivalencia Cuantitativa:**

La evaluación sumativa se realizará de conformidad con el reglamento de pregrado la Universidad con calificaciones de 0 a 5 en: \_\_Trabajos prácticos Informes Trabajo en clase Evaluación teórica

#### **POLITICAS DEL CURSO**

Se llevará control de asistencia y el curso se perderá con el 20% de fallas (4 clases).

El estudiante matriculado deberá asumir las responsabilidades que su carga académica le representa, dedicando tiempo para la asistencia a clase, preparación de trabajos, reafirmación y profundización de conocimientos.

Las clases iniciarán **EXACTAMENTE** a la hora establecida, y el salón se cerrará y no se recibirá **NADIE** después de iniciada la clase.

Solo se recibirán trabajos dentro de la plataforma Moodle, en los horarios establecidos según programación y **NO** se reciben trabajos en el correo del profesor.

No se permite el uso de teléfonos celulares dentro de la clase.

Queda prohibido el uso de las expresiones “Es que...”, “ A mi me....”, como justificación del rompimiento de las reglas.

### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:**

FIKSEL JOSEPH. Ingeniería de Diseño Medioambiental DFE, Editorial Mc Graw Hill, México, 1997.

CONESA FERNÁNDEZ-VITORA V. Instrumentos de la Gestión Ambiental en la Empresa, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1997.

FREEMAN HARRY. Manual de Prevención de la Contaminación Industrial, Editorial Mc Graw Hill, México, 1998.

MANTILLA SAMUEL. Contabilidad y Auditoria Ambiental, ECOE Ediciones, Colombia, 1999.

CASCIO J. Y WOOD SIDEG. Guía ISO 14000, Editorial Mc Graw Hill, México, 1997.

CAPUZ SALVADOR y GOMEZ TOMAS, ECODISEÑO, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles, Editorial Alfaomega, España, 2004.

USÓN, JOSÉ ALFONSO. Análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial. FC Editorial. 2006.

VIÑOLAS MARLET, JOAQUIM. Diseño Ecológico. Editorial BLUME 2005

RIERADEVALL, JOAN y VINYETS, JOAN. Ecodiseño Y Ecoproductos, RUBES Editorial. S.L., 1999.

## Anexo B Formato de encuesta a estudiantes

# Ecodiseño en la Escuela de Diseño Industrial UIS

La siguiente encuesta forma parte de un estudio realizado por María Díaz Cáceres y la Escuela de Diseño Industrial UIS para medir algunos factores que atañen a la asignatura Ecodiseño.

**IMPORTANTE:** Esta encuesta va dirigida a estudiantes de Diseño Industrial UIS que ya tomaron el curso de Ecodiseño.

Por favor conteste las siguientes preguntas con sinceridad. Agradecemos su participación.

**\*Obligatorio**

¿Cuál es su sexo? \*

- Masculino  
 Femenino

¿Qué edad tiene? \*

¿En qué nivel se encuentra matriculado? \*

Ordene según su criterio como diseñador la importancia los factores que se tienen en cuenta a la hora de realizar un diseño \*

Donde 1 es el menos importante y 8 el más importante

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sostenibilidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Factor técnico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usabilidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Factor funcional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercadotecnia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Factor formal estético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Factor tecnológico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ergonomía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Evalúe la responsabilidad que tiene la labor del Diseñador Industrial en el desarrollo sostenible. \*

1 2 3 4 5

Ninguna responsabilidad      Alta responsabilidad

Evalúe sus conocimientos en Análisis de Ciclo de Vida \*

1 2 3 4 5

Ningún conocimiento      Excelente conocimiento

**Evalúe su capacidad de realizar un Análisis de Ciclo de Vida \***

1 2 3 4 5

No puede realizarlo      Lo realiza en totalidad

**Evalúe su capacidad de determinar el impacto ambiental de un proyecto \***

1 2 3 4 5

No puede determinarlo      Lo determina en totalidad

**Evalúe la efectividad con la que es capaz de tomar decisiones que mejoren el factor sostenible de un proyecto \***

1 2 3 4 5

No puede tomar decisiones      Toma decisiones totalmente acertadas

**Antes de ver Ecodiseño, se habían tocado temas de sostenibilidad en otra materia? \***

Si la respuesta es Sí, escriba en qué materia o nivel, en la opción "Otro"

- Sí
- No
- No sabe/ No responde
- Otro:

**¿En qué grado maneja las siguientes herramientas de software? \***

Donde 1 es bajo nivel de manejo y 5 un manejo avanzado de la herramienta

	No conoce la herramienta	1	2	3	4	5
SolidEdge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SolidWorks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3dMax	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AutoCAD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rhinoceros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sketchup	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**¿Tiene alguna opinión o sugerencia sobre cómo mejorar la asignatura Ecodiseño y la percepción de sostenibilidad en la escuela?**

**Enviar**

100%: has terminado.

*Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google*

## Anexo C Informe de ejemplo Solidworks Sustainability

Universidad Industrial de Santander



Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Santander, Colombia  
www.uis.edu.co

Maria Alejandra Díaz Interfaz · madic2004@hotmail.com · 27 - 2090511



**Nombre del modelo:** Estructura

**Material:** AISI 1035 Acero (SS)

**Volumen:** 7.52E+5 mm<sup>3</sup>

**Área de superficie:** 4.51E+5 mm<sup>2</sup>

**Peso:** 5904.41 g

**Tipo de fabricación:** Forjado



### Región de fabricación

La elección de la región de fabricación determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto.

### Región de utilización

Se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, si procede, y el destino del producto al alcanzar el final de su vida útil. Junto con la región de fabricación, la región de utilización también se utiliza para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.

## Informe de Sustainability

Nombre del modelo:

estructura

Material: AISI1035 Acero(SS)

Volumen: 7.52E+5 mm<sup>3</sup>

Área de superficie: 4.51E+5 mm<sup>2</sup>

Peso: 5904.41 g

Tipo de fabricación:

Forjado

### Impacto medioambiental

#### Huella de carbono



11.41 kg CO<sub>2</sub>

Material:	9.55 kg CO <sub>2</sub>
Fabricación:	0.00 kg CO <sub>2</sub>
Utilización:	0.42 kg CO <sub>2</sub>
Fin de la vida útil:	1.44 kg CO <sub>2</sub>

#### Eutrofización del agua



3.36E-3 kg PO<sub>4</sub>

Material:	2.63E-3 kg PO <sub>4</sub>
Fabricación:	0.00 kg PO <sub>4</sub>
Utilización:	4.52E-4 kg PO <sub>4</sub>
Fin de la vida útil:	2.83E-4 kg PO <sub>4</sub>

#### Acidificación atmosférica



0.03 kg SO<sub>2</sub>

Material:	0.03 kg SO <sub>2</sub>
Fabricación:	0.00 kg SO <sub>2</sub>
Utilización:	2.44E-3 kg SO <sub>2</sub>
Fin de la vida útil:	1.81E-3 kg SO <sub>2</sub>

#### Energía total consumida



132.38 MJ

Material:	130.54 MJ
Fabricación:	0.00 MJ
Utilización:	0.00 MJ
Fin de la vida útil:	1.84 MJ