



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA – DISEÑO MECÁNICO

APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE CRITERIOS SUSTENTABLES

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
DONALDO ALEJANDRO ZAPATA CERVANTES

TUTOR PRINCIPAL
DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. López Parra Marcelo
Secretario: Dr. Ramírez Reivich Alejandro C.
Vocal: Dr. Borja Ramírez Vicente
1^{er.} Suplente: Dr. Ruiz Huerta Leopoldo
2^{d o.} Suplente: Dr. Espinosa Bautista Adrián

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Ciudad Universitaria, Facultad de Ingeniería - UNAM

TUTOR DE TESIS: Dr. Vicente Borja Ramírez

NOMBRE

FIRMA

Agradecimientos

El autor desea agradecer el apoyo de:

- La Universidad Nacional Autónoma de México la cual ha sido un gran soporte para la realización de esta investigación y al programa UNAM-DGEP.
- Al Dr. Vicente Borja Ramírez y al Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich por compartir sus conocimientos más allá de lo indispensable y por darnos un sólido soporte educativo.
- A los profesores y académicos del Programa de Estudios de Posgrado que imparten sus conocimientos de forma grata y siempre al pendiente de sus alumnos.
- A la empresa que conjuntamente con la UNAM apoyó esta investigación.

Tabla de Contenido

Agradecimientos.....	B
Tabla de Contenido.....	C
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción y resumen.....	2
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Reacción de la Industria en el Tiempo.....	4
2.2. De la Cuna a la Cuna.....	5
2.3. Biomimética.....	6
2.4. Belleza Total.....	7
2.5. Diseño para el Ambiente.....	7
2.6. “Greenwashing”.....	8
2.7. Criterios para el Análisis de Sustentabilidad de Productos.....	8
2.8. Herramientas Computacionales.....	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
3.1. Definición del Problema.....	12
3.2. Justificación.....	12
3.3. Objetivo.....	13
3.4. Alcances.....	13
3.5. Proceso.....	13
4. CASOS DE ESTUDIO.....	14
4.1. Primer Caso de Estudio.....	15
4.2. Introducción.....	15
4.3. Producto.....	15
4.4. Análisis y Resultados.....	15
4.5. Conclusiones del caso de estudio 1.....	23
4.6. Segundo caso de estudio.....	25
4.7. Introducción.....	25
4.8. Producto.....	26

4.9. Criterios y Herramientas.....	27
4.10. Conclusiones del caso de estudio 2.....	28
5. PROPUESTAS Y RESULTADOS.....	34
5.1 Propuestas de Mejora.....	35
5.2 Conclusiones y Comentarios Finales.....	36
6. REFERENCIAS.....	39
7. ANEXOS.....	43

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

Introducción

Los criterios para la evaluación de la sustentabilidad de productos propuestos por CDMIT-UNAM fueron respuesta a dos preguntas generadas por el autor: ¿Cuáles son los objetos de preocupación principales que contribuyen a la sustentabilidad de productos?, y la segunda ¿Cómo puede la sustentabilidad del producto ser medida?, de esta manera surgieron los 5 criterios expuestos que fueron basados en tres corrientes aceptadas dentro de la sustentabilidad: Belleza Total, de la Cuna a la Cuna y Biomimética.

La teoría en la sustentabilidad del producto es ampliamente aceptada, pero debido a la cantidad de información manejada en un análisis, es necesaria la implementación de los criterios en la práctica para verificar que éstos funcionen de la manera en la que están destinados y de no ser así, identificar los puntos de falla y proponer las maneras correctas de uso.

La interrogante que pretende responder esta tesis es: al aplicar los criterios propuestos por Flores Calderón en productos que la industria genera actualmente, ¿la información obtenida por el análisis contribuye al saber de las industrias de qué tan sustentable es su producto?

Para esto se generaron dos casos de estudio, el primero pretende evaluar al producto utilizando los criterios [Flores, 2011], y en el segundo caso se correrá en análisis conjuntamente con 2 herramientas computacionales para validar o complementar los resultados obtenidos con los criterios CDMIT-UNAM.

Resumen

Los criterios analizados en esta tesis necesitan ser utilizados en casos prácticos de tal manera que se analice su comportamiento y se evalúen sus resultados.

El primer caso de estudio tuvo como objetivo aplicar los criterios propuestos por el CDMIT-UNAM [Flores, 2011] para analizar su comportamiento, ver las posibilidades de mejora y estandarizar su forma de aplicación en el estudio realizado del producto.

Posteriormente se obtuvieron los indicadores, se colectó lo aprendido al aplicar el estudio y se aplicaron algunas modificaciones propuestas en el segundo caso de estudio.

Debido a la cantidad de información necesaria para el análisis de un producto completo, se propuso utilizar solo un componente del mismo, cumpliendo el objetivo de analizar los criterios. Se realizaron varias iteraciones con el segundo producto, el representado aquí es la versión final del análisis.

Debido a los resultados obtenidos en el primer caso de estudio, y debido a las sugerencias generadas al finalizarlo, se optó por realizar únicamente dos evaluaciones por criterios: toxicidad y ciclicidad y se decidió integrar un estudio con herramientas computacionales para complementar el resultado. Por último se hicieron las observaciones pertinentes.

Antecedentes

CAPÍTULO 2

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

Antecedentes

2.1 Reacción de la Industria en el Tiempo

El desarrollo sostenible “es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras”[UN, 1987].

Línea del Tiempo de la Sustentabilidad



Figura 1: Línea del tiempo de la Sustentabilidad

Las empresas han respondido generando esfuerzos para mejorar la forma en la que sus productos están hechos y disminuir las consecuencias negativas de fabricarlos. Se generaron regulaciones para controlar las emisiones tóxicas a los diferentes elementos que componen el ecosistema: agua, aire y suelo [UNU-IDRC, 2007].

En [Flores, 2011] se muestra una figura la cual nos muestra cómo evolucionaron los aspectos ambientales a lo largo del tiempo en la industria:

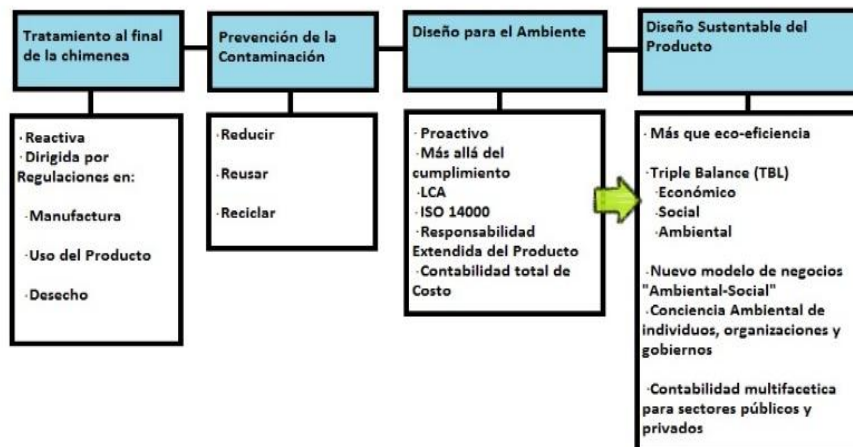


Figura 2: Evolución de los Sistemas de Protección Ambiental [Flores, 2011] (Traducción del Inglés)

En la actualidad las compañías han generado esfuerzos caracterizados por su orientación para mejorar el impacto ambiental de los productos, particularmente en su fin de vida. Han especializado técnicas como la selección de materiales para un bajo impacto ambiental y el uso de cantidades mínimas de material, además de desarrollar métodos de diseño específicos que implementaron para mejorar las etapas de vida de un producto. Se generó un concepto común: Reducir desechos reciclando partes, materiales y sustancias descartadas como basura [UNU-IDRC, 2007].

El diseño para el ambiente se integró a las etapas del ciclo de vida del producto con la característica de un uso eficiente de materiales y energía. El concepto común fue incrementar la competitividad haciendo un impacto ambiental positivo a bajo costo para el usuario en cada etapa del ciclo de vida del producto [Flores, 2011].

En sustentabilidad se tienen tres líneas básicas o pilares, también llamadas TBL, 3BL (triple bottom line por sus siglas en inglés) o las 3P's, haciendo la referencia en inglés de personas, planeta y ganancias (*people, planet and profit por sus siglas en inglés*). Andrew Savitz hace una descripción general de éstas: *"TBL captura la esencia de la sustentabilidad midiendo el impacto de las actividades de una organización en el mundo, incluyendo sus ganancias y acciones, así como su capital social, ambiental y humano"* [Sawilowsky et. al, 2003].

Por último los tres pilares de la sustentabilidad se integraron en marcos, métodos y herramientas para considerar las "lecciones" de la naturaleza, como es el caso de *"De la cuna a la cuna"*, y se observaron puntos dentro del ciclo de vida del producto que pudieran incrementar el "capital" en sus diferentes formas, llámense humano, financiero, de manufactura o natural [Hawken, 2005] [Flores, 2011].

2.3 De la Cuna a la Cuna (C2C por sus siglas en inglés)

En C2C [McDonough&Braungart, 2002], se hace un llamado por la transformación de la industria humana a través de diseño ecológicamente inteligente, se argumenta que un sistema industrial que *"tome, fabrique y consuma" puede convertirse en un creador de bienes y servicios que generen valor ecológico, social y económico.*

En lo general, lo propuesto por C2C [McDonough&Braungart, 2002] se resume en lo siguiente:

- **Reducir el impacto sobre el medio ambiente solo generará dilación en llegar al mismo desenlace**

El camino no puede ser el reducir el impacto, debido a la gran explosión demográfica, disminuir los contaminantes generados por la manufactura de productos no ataca al problema de raíz y por tanto nos condena a sufrir el mismo final.

- **Que los esfuerzos se centren desde el propio diseño del producto y que abarquen todas las fases del ciclo de vida del producto**

Indica que se deben abandonar sustancias que se sabe son nocivas desde el diseño del producto, y no cuando el tóxico ya se tiene dentro del proceso y trata de minimizarse, a lo que se le conoce como “tratamiento a final de la chimenea”. Tenemos que propiciar el generar más materiales que no sean dañinos y generar bases de datos suficientes que abarquen a los materiales que se están usando en la actualidad, así como su impacto dentro del ecosistema y el aspecto social.

- **Los gastos energéticos no son necesarios, e incluso puede haber ganancia en el balance de gastos**

Se deben de generar diseños en vez de consumir, generen energía, beneficios sociales y ecológicos, e incluso al final de su vida útil puedan formar un producto de mayor valor que con el que fueron fabricados en un inicio.

- **Reinventar**

Se postula el reinventar la relación con el usuario final, es decir, crear modelos de negocios que propicien las ideas planteadas en de la cuna a la cuna y eliminar la necesidad del producto proveyendo el servicio recibido del mismo.

2.4 Biomimética

En[Flores, 2011] se realiza una revisión de la literatura y se plantea que existen cuatro temas básicos que relacionan a la biomimética con el desarrollo del producto:

- El desarrollo de nuevos materiales que incorporen propiedades como “amigables con la naturaleza”
- La aplicación de modelos particulares tomados de la biósfera para ayudar a la solución de problemas técnicos específicos
- La aplicación de métodos de diseño genéricos para una amplia gama de productos
- El desarrollo de estructuras de datos para compartir información entre la biología y la tecnología

El Instituto de Biomimética en Missoula, Montana (Estados Unidos de América) propone el uso de su corriente de varias formas alentando el emular el comportamiento de la naturaleza en el desarrollo de nuevos materiales, formas y procesos de manera que éstos ya no afecten al ambiente y a las personas. Plantea el identificar y generar nuevas formas de vivir que estén mejor adaptadas a la vida en la Tierra y que se mantengan en periodos de tiempo largo[Benyus, 1997].

En Biomimética [Benyus, 1997] se identifican tres conceptos principales:

- Considerar a la naturaleza como **modelo**, es decir, imitar y tomar de inspiración a los modelos naturales de manera que se imiten sus características para resolver los problemas.
- Tomar a la naturaleza como **medida**, nuestros diseños se deben basar en la naturaleza pues ella después de 3.8 mil millones de años de evolución ha definido lo que sirve, lo apropiado y lo que durará a través del tiempo.

- Por último suponer a la naturaleza como **instructora**, considera el valuar a la naturaleza con una nueva forma de ver las cosas, se debe regresar a aprender de ella, para que se logre que la relación con el mundo viviente cambie.

2.5 Belleza Total

El término Belleza Total (TB por sus siglas en inglés) fue generado por Edwin Datschewski para categorizar a los productos de acuerdo a algunos criterios sustentables identificados por él, TB está dirigido a identificar si los productos son completamente compatibles con la naturaleza durante su ciclo de vida [Biothinking, 2012].

Se sintetizan cinco conceptos principales dentro de 500 productos estudiados [Biothinking, 2012]:

- **Cíclicos:** El producto es generado con materiales orgánicos, los materiales deben ser reciclables o compostables, o en el caso que sean hechos de materiales minerales que sean generados en un ciclo cerrado de vida.
- **Solares:** El producto debe de usar energía solar o cualquier otra forma de energía renovable que sea cíclica y segura, durante el ciclo de vida del producto.
- **Seguros:** El producto debe ser no-tóxico en el uso y fin de vida, y su manufactura no debe involucrar emisiones tóxicas o la disrupción de los ecosistemas.
- **Eficientes:** El producto debe requerir 90% menos materiales, energía y agua en su manufactura y uso que sus similares fabricados en los noventas.
- **Sociales:** La manufactura del producto debe usar y apoyar los derechos humanos básicos así como propiciar el cuidado del ecosistema.

2.6 Diseño para el ambiente

El diseño para el ambiente (DfE por sus siglas en inglés) es un movimiento que tiene por objetivo el incorporar motivos ecológicos en los diseños a fin de mejorar la tecnología y diseño de los productos para ampliar su competencia, incorporando la eco eficiencia dentro de su diseño para poder generar productos que al analizar su ciclo de vida, se desempeñen de similar o mejor manera que sus competidores, y por tanto, que el costo ambiental sea mucho menor [Luttropp & Lagerstedt, 2006].

Existen cuatro conceptos principales dentro de diseño para el ambiente [Crow, 2002]:

- **Diseño para proceso y manufactura ambiental:** Esto asegura que la extracción de materia prima y la manufactura sea realizado usando materiales y procesos que no son dañinos para el ambiente o para los trabajadores.
- **Diseño ambiental para el embalaje:** Debido a que el embalaje contiene una cantidad de material considerable y su tiempo de vida generalmente es corto, se asegura que los materiales usados sean

amigables con el ambiente haciéndolos reusables, eliminando materiales no necesarios, usando eficientemente el espacio y usando materiales reciclados y/o reciclables.

- Diseño para el desecho o el re uso: Muchos productos expelen al ambiente sustancias peligrosas una vez que son desechados, diseñar para el reacondicionamiento de los productos desechados o el re uso puede cambiar los materiales usados, el diseño para desensamble haciendo que los impactos sean mucho menores.
- Diseño para la Eficiencia Energética: El diseño de un producto para reducir en general el consumo de energía durante su ciclo de vida.

2.7“Greenwashing”

El marketing orientado a lo “verde” siempre ha ido ligado a los movimientos ambientales, desde los 70’s anunciantes y comercializadores han tratado de obtener ganancias a partir de la preocupación de los consumidores acerca de los servicios o productos generados por la industria [Tolliver-Nigro, 2009].

El sub-campo de las relaciones públicas de las empresas llamado “RP Verde” (Green PR en inglés) es el encargado de comunicar al público la responsabilidad social corporativa o las practicas ambientalmente amigables llevadas a cabo por las compañías [Wikipedia, 2012].

La mercadotecnia ambiental toma una de dos formas: se encuentran las compañías que siempre han sido efusivas con sus medidas ambientales y hacen alarde de ello pues su mercadotecnia gira hacia consumidores individuales, y aquellos que claman ser ambientales pero se prueba que son falsas declaraciones debido a las prácticas de negocios llevadas a cabo por la empresa [Tolliver-Nigro, 2009]. Dando lugar al escepticismo verde, en donde en 1986 el ambientalista Jay Westerveld dio origen al término “Greenwashing” para describir la mercadotecnia y PR Verdes que intenta engañar a los consumidores haciéndoles creer que una compañía practica políticas ambientales y procedimientos y no es así [Swain, 2011].

En Estados Unidos de América se generaron regulaciones dirigidas contra los generadores de “Greenwashing” y posteriormente se destinaron a la publicidad ambiental. Se pretende generar nuevas y mejores regulaciones en donde las regulaciones contra el “Greenwashing” incluyan según las palabras de Eric L. Lane [Lane, 2013]:

“el análisis de cualquier declaración falsa o engañosa con respecto al beneficio ambiental de una práctica de producto, servicio o negocio. Su análisis no debe limitarse a los casos presentados por o en nombre de los consumidores individuales, sino que también debe contemplar acciones legales por y en nombre de los consumidores verdes comerciales. Cambiando el paradigma de “Greenwashing” de esta manera para reflejar la realidad comercial de la revolución tecnológica limpia, nos proporcionará el punto de vista más amplio necesario para identificar casos de “Greenwashing” dondequiera que puedan surgir y para dilucidar y comprender completamente la prevalencia y efectos del “Greenwashing””.

2.8 Criterios para el Análisis de Sustentabilidad de Productos

Esta tesis está orientada a la cuarta etapa de la evolución de la sustentabilidad (Figura 2); el diseño del producto que considera a las tres columnas principales de la sustentabilidad se le llama Diseño del Producto Sustentable [Mihelcic et. al, 2003].

Calcular las tres líneas básicas representa un desafío en la actualidad, ¿de qué manera se pueden mezclar medidas objetivas con subjetivas? Savitz argumenta el poder evaluar económicamente los daños causados al ambiente y a las personas, pero al darles un valor monetario, fricciona con ponerle un precio a la vida de la especies (entre ellos a los humanos) y a la Tierra misma [Savitz, 2006].

Con el fin de definir un método para evaluar la sustentabilidad de productos que sea factible de aplicar en un tiempo mucho menor que un análisis del ciclo de vida, y que no requiera recursos excesivos y brinde información relevante, se propuso el uso de cinco criterios [Flores, 2011]. Estos criterios se basaron en un estudio comparativo de las metodologías: de la cuna a la cuna, biomimética y belleza total:

- **Ciclicidad**, que se refiere al porcentaje de los materiales usados en el producto que son reciclados y al porcentaje de éstos que será reciclable al final de su vida útil;
- **Energía renovable**, califica qué cantidad de energía usada en cualquier etapa del producto proviene de fuentes renovables;
- **Toxicidad**, analiza cualquier mezcla contenida en el producto o emitida durante su proceso de manufactura que pudiera ser per-judicial a humanos o al medio ambiente;
- **Beneficio social**, que engloba la información provista a los clientes en referencia al cumplimiento de condiciones legales de trabajo y de los derechos fundamentales de las personas que están en contacto de manera directa o indirecta con el ciclo de vida del producto;
- **Eficiencia** habla sobre el parecido que tienen los sistemas tecnológicos a los naturales, hace una comparación de la forma de trabajo de los sistemas manufacturados y los biológicos, así como de su entorno de operación.

2.9 Herramientas Computacionales

Existen varias herramientas computacionales en la actualidad que generan un análisis del ciclo de vida del producto, la mayoría se apegan a las normas ISO 14000 sobre qué deben de reportar y cómo hacerlo. Algunos de los más representativos se listan a continuación:

Ejemplo 1: GaBi

GaBi se clasifica como una herramienta computacional para modelar, reportar y diagnosticar una evaluación del ciclo de vida del producto enfocada a la sustentabilidad durante el diseño y la planeación. GaBi genera varios impactos dentro de la sustentabilidad entre los cuales están: emisiones de carbono, uso de agua,

energía, emisiones, desperdicios, y uso de materiales y recursos naturales. Y presenta el impacto ambiental, social, los costos, las implicaciones a la salud y a la seguridad entre otros [GaBi, 2013].

Ejemplo 2: Sustainable Minds

Sustainable Minds (SM) genera análisis del ciclo de vida para la creación e innovación de productos “más verdes” formada como una herramienta computacional como un servicio (SaaS) emite resultados que ayudan a estimar, evaluar y comparar el desempeño de los productos estudiados durante su ciclo de vida mientras se diseñan [SM, 2013].

Permite componer diversos prototipos de un mismo producto para evaluar que materiales, formas o implementaciones dentro del mismo pueden generar un menor impacto dentro del ciclo de vida del producto, y debido a que el software permite generar “listas de materiales” desde cualquier herramienta de diseño (CAD) podemos organizar estudios de sustentabilidad del producto sin la necesidad de un modelo físico. Los resultados que arroja este software se mencionan a continuación: acidificación, eco-toxicidad, calentamiento global, agotamiento del ozono, eutrofización del agua, agotamiento de combustibles fósiles, daño a aparato humano respiratorio, carcinógenos humanos, toxicidad humana, y smog.

Ejemplo 3: SimaPro

SimaPro nos permite modelar productos y sistemas desde una perspectiva del ciclo de vida. Se generan modelos complejos de una manera sistemática, integra parámetros y análisis Monte Carlo el cual consiste en una técnica que puede ser usada para resolver problemas matemáticos o estadísticos, y usa muestreo repetido para determinar las propiedades o comportamiento de un fenómeno [Sawilowsky, 2003]. SimaPro integra la base de datos de eco-invent, la cual es usada para: cálculo de huella de carbono, diseño del producto y eco-diseño, declaración ambiental del producto, impacto ambiental de productos o servicios, reporte ambiental y para determinar los indicadores clave de desempeño [SimaPro, 2013]

Justificación

CAPÍTULO 3

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

Definición del Problema

La industria se desenvuelve en el mundo generando productos, servicios, empleo y crecimiento económico; por tanto tiene un enorme impacto en las 3 bases de la sustentabilidad y son un punto clave de acción, éstas necesitan herramientas confiables para evaluar sus productos, detectar las practicas incorrectas dentro de sus procesos y aprender a estudiar el ciclo de vida de los mismos. Las prácticas llamadas “de la cuna a la tumba” han sido desarrolladas a lo largo de la historia, y se llegaron a tomar como la única forma de actuar.

El cambio de paradigma debe de apuntar a la generación de valor de forma sustentable, es decir:

- tomar el valor de los recursos naturales explotados y los impactos generados para la realización del producto durante todo su ciclo de vida.
- analizar las medidas para reparar, neutralizar o evitar los daños

El método CDMIT-UNAM para la evaluación de productos sustentables se ha aplicado sólo una vez, para validarse debe ser aplicado en más casos cuidando que el método y los resultados se apeguen a los objetivos planteados, es decir, que el estudio se genere en un periodo de tiempo corto, retroalimemente con datos que nos ayuden a identificar puntos de mejora del diseño y nos otorgue una calificación que nos ayude a contabilizar qué tan sustentable es el producto evaluado según el método.

Justificación

Debido a las continuas iteraciones que se deben de realizar para la validación de un estudio, la propuesta de CDMIT-UNAM debe ser aplicada y valorada de forma que podamos identificar su comportamiento y oportunidades de mejora para posteriores aplicaciones.

La propuesta antes mencionada puede llegar a ser una herramienta para la evaluación de productos si se demuestra su utilidad en la industria; el análisis sustentable orientado a productos en la actualidad ya es generado por algunas industrias, sin embargo la mayoría de productos marcados como sustentables realmente no lo son. Es necesario generar una herramienta que evalúe qué tan sustentable es un producto y que genere formas de identificar los puntos de mejora del objeto analizado con la finalidad de incrementar su calidad y sustentabilidad. Existen herramientas computacionales que ya lo efectúan, sin embargo se enfocan a Estados Unidos de América y Europa.

Necesitamos criterios de evaluación que se adapten a las necesidades actuales del ambiente, del país y de las personas que residen y residirán en él en los próximos años, y que se tenga certeza que al evaluar los productos con criterios de este tipo podemos generar bienes de menor impacto.

Objetivo

Valorar la metodología CDMIT-UNAM para la evaluación de la Sustentabilidad de productos mediante su aplicación en dos casos de estudio de manera que se pueda identificar los beneficios de aplicar los criterios, entender su comportamiento y proponer mejoras que se identifiquen durante la evaluación de los casos.

Alcances

En esta tesis se generaron dos casos de estudio para la aplicación de los criterios, el primero pretende aplicar los criterios evaluadores en dos casos aplicables a la industria con el objetivo de identificar los siguientes aspectos:

- El estudio debe ser generado en un periodo de tiempo menor que un análisis completo de ciclo de vida del producto, y debe de proveer información suficiente para catalogar al producto con una calificación que indique qué tan sustentable es
- Probar que la información requerida por los indicadores se puede obtener de manera rápida y que la información sea confiable
- Identificar bases de datos de materiales confiables que puedan sustentar los resultados obtenidos al calificar los productos con los criterios.
- Intentar complementar la metodología con herramientas avaladas por un tercero, con el fin de reforzar el resultado dado.

Proceso

El proceso llevado a cabo en la tesis es el siguiente:

- Se obtuvieron los cinco criterios para el análisis sustentable de productos desarrollados en la UNAM
- Se realizaron diagramas IDEF 0 para obtener los datos de entrada que se necesitaron
- Se recolectó la información de forma teórica, identificando los materiales con ayuda de la empresa o de los signos presentes en la pieza
- Se procedió al desarme de los productos hasta obtener piezas compuestas por un solo material (casi en todos los casos), se pesaron y se formó una tabla con la información, se obtuvieron los métodos de fabricación de las piezas consultando con la empresa o de forma teórica
- Los datos relacionados con el contenido de material reciclado de las piezas no fueron obtenidos debido a que no se contaba con la información, y por tanto se consideraron materiales vírgenes en todos los casos

- El fin de vida de los productos se planteó de forma teórica y basada en la información obtenida por el equipo, se menciona en este apartado a tomar en cuenta por el lector
- Se concluyó al finalizar el primer caso de estudio que no todos los criterios debían ser aplicados en el análisis de los productos y se justifica.
- En el segundo caso se incluyó un análisis con dos herramientas computacionales con el objetivo de complementar los resultados obtenidos con los criterios propuestos por CDMIT-UNAM

Casos de estudio

CAPÍTULO 4

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

Caso de Estudio 1: Compresor

Introducción

Para la aplicación de los criterios de CDMIT-UNAM para la evaluación de la sustentabilidad de productos, se eligió una máquina de desplazamiento positivo. El objetivo de este caso de estudio es aplicar la metodología como es planteada originalmente [Flores, 2011], de manera que se apliquen las diferentes evaluaciones y se comprenda el proceso que tiene cada una de ellas. Una vez obtenidos los resultados y entendida la forma de aplicación, se darán a conocer las lecciones aprendidas y las recomendaciones.

Producto

El producto empleado como primer caso de estudio es una máquina de desplazamiento positivo. La máquina es presentada en la figura 3. Sus partes principales son: compresor de yugo escocés, un motor de corriente alterna y su carcasa. Este tipo de máquinas son usadas para intercambiadores de calor por evaporación en un sinnúmero de aplicaciones en nuestros días, el compresor se encarga de convertir el gas en líquido para que éste recircule por el evaporador, capte energía calorífica del medio a enfriar y se deposite en un sumidero de calor por el condensador para cerrar el ciclo.



Figura 3. Máquina de desplazamiento positivo

ANALISIS Y RESULTADOS

Toxicidad

Para el estudio de la toxicidad se siguen los siguientes pasos [Flores, 2011]:

1. Clasificar cada uno de los materiales del producto en uno de los seis grupos (es decir, metales, cerámica, polímeros sintéticos, naturales orgánicos, inorgánicos naturales y compuestos); que cubren casi el 99% de todos los materiales utilizados en ingeniería mecánica, civil y eléctrica [Ljungberg, 2007].
2. Determinar la masa de cada grupo de material, posteriormente sumándolos se determina la masa total del Producto (MTP).
3. Seleccionar el marcador de toxicidad (es decir, 100%, 50%, 25% o 0%) de cada material basado en la toxicidad de sus componentes químicos. Una puntuación de 100% indica que las sustancias químicas

contenidas en los materiales no presentan riesgo y son aceptables para la aplicación deseada. Una puntuación de 50% indica un riesgo moderado (que su clasificación no sea: cancerígenos, disruptores endocrinos, mutágenos, toxinas reproductivas, teratógenos) y el producto químico puede utilizarse hasta que encuentre un material alternativo con mayor puntuación. Una puntuación de 25% indica que los materiales contienen una sustancia química no declarada de riesgo moderado, pero la falta de información impide una evaluación completa. Una puntuación de 0% indica alto riesgo debido a la presencia de sustancias químicas que se sabe son cancerígenos, disruptores endocrinos, mutágenos, toxinas reproductivas o teratógenos.

4. Para el material de cada producto, calcular el "peso de la toxicidad" multiplicando la masa del material por su puntuación toxicológica (paso 3), entonces el 'peso de toxicidad Total' (PTT) será la sumatoria del peso de la toxicidad de los elementos.
5. Por último determinar la "toxicidad Relativa del producto" (TRP) por:

$$TRP = \frac{(\sum PTT)}{(\sum MTP)}$$

La TRP se obtuvo como se puede ver en el anexo II en Toxicidad, identificando los materiales de las piezas y evaluando la toxicidad de cada una de ellas. Así, la TRP del motor analizado fue de 79.49% y de la carcasa y compresor fue de 53.69% y de 50.14% respectivamente (Tabla 1). Tomando en cuenta que al no tener un factor de toxicidad para los materiales compuestos, éstos se dividieron en sus materiales de composición, es decir, en la cantidad de material aleado y en la cantidad de sustancia aleante presente en modo teórico (Anexo). Los resultados de la evaluación de la Toxicidad del caso de estudio se presentan en la tabla 1.

Sistema	MTP (g)	PTT (g)	TRP
Motor	2814.42	2237.3	79.49
Compresor	1802.1	967.5	53.69
Carcasa	2604.33	1305.9	50.14
Compuestos Inorgánicos	723.52	67.13	2.58
Total			46.475

Tabla 1. Toxicidad de la máquina de desplazamiento positivo (MTP –Masa total del producto, PTT – Peso total de toxicidad, TRP – Toxicidad Relativa del Producto)

Eficiencia

El criterio debe ser evaluado de la siguiente forma [Flores, 2011]:

La evaluación de este criterio tiene un proceso de cinco pasos:

1. Dividir el producto en sub-sistemas. Un subsistema puede ser "una interacción regular o interdependiente de objetos formando un todo unificado, como por ejemplo en el producto"

2. Identificar los objetos contenidos dentro de los sub-sistemas, e identificar las funciones llevadas a cabo. En el contexto del procedimiento propuesto, una función es “el trabajo para el que un sub-sistema fue diseñado”.
3. Identificar los sistemas biológicos que mejor representen las funciones llevadas a cabo por los sub-sistemas técnicos, preguntando ¿cómo es que la naturaleza hace esta función?, y ¿quién sobrevive al hacer esa función? Después refine las respuestas agregando nuevas palabras clave.
4. Determinar qué tanto copia el sistema técnico al biológico (estos fueron identificados en el punto 3). Para la comparación se consideran tres aspectos: a) Forma Imitada (FI) (por ejemplo, compare el sistema biológico y el sistema tecnológico en términos de su forma y estructura o de su morfología) b) Imitando la función (IF), (por ejemplo, descubrimientos de aspectos genéricos del proceso biológico y compararlo contra el proceso de la función técnica). c) Imitación del ecosistema (IE), (por ejemplo, encontrar detalles del contexto biológico, por ejemplo temperatura, humedad, presión, etc. y compararlo contra el contexto técnico). El nivel de imitación es definido por una escala de 5 niveles. Las calificaciones de estos tres aspectos se refieren a: Un 100% si existe una imitación completa del sistema biológico. Un 75% si las principales características del sistema biológico son imitadas. Un 50% si la imitación es aceptable, pero existe evidencia clara que se han identificado posibles mejoras. Un 25% si las características principales del sistema biológico presentan algunas diferencias. Un 0% si hay una completa diferencia entre los sistemas biológicos y los técnicos.
5. Determinar la calificación de imitación del sub-sistema (IS) y la calificación total de imitación (TI).

$$IS = \frac{(FI + IF + IE)}{3}$$

$$TI = \frac{(\sum IS)}{(EL \ NÚMERO \ DE \ SUB - SISTEMAS)}$$

Los subsistemas en este caso de estudio fueron el motor, el cual se descompuso en estator y rotor; el sistema de lubricación en el fluido, la bomba y las venas; la alimentación eléctrica, en el arrancador y el protector térmico; el contenedor del compresor en carcasa, amortiguación, acoplamientos y puertos para mangueras; la bomba en la cabeza, admisión, yugo escocés y el escape.

Es importante recalcar que las alternativas afines encontradas en las comparaciones biológicas son muy amplias, pero debido a la naturaleza del estudio no es posible elegir a más de una y no se especifica un grado de afinidad por los resultados obtenidos, se usó el criterio de forma subjetiva, calificando la afinidad según la información obtenida de cada elemento biológico, en este caso, la función biológica más parecida a la realizada por el proceso tecnológico, fue la elegida de la base de datos de Biomimicry [Asknature, 2013]

La alimentación eléctrica: La alimentación eléctrica recibe energía de la red y suministra energía suficiente para el arranque, la mantiene para el régimen de trabajo y protege al sistema de altas temperaturas. Su

comparación con un sistema biológico son los circuitos neuronales de animales de sangre fría, pues producen comportamientos motrices como caminar, masticar y nadar. Son flexibles a los cambios de ambiente. A pesar de los cambios de temperatura, la actividad neuronal se mantiene constante.

Arrancador: El arrancador proporciona la energía necesaria para vencer el reposo, protegiendo el sistema de altas corrientes. Su comparación es el músculo, pues es un tejido contráctil que produce fuerza y causa movimiento a través de un proceso que involucra impulsos eléctricos.

Protección térmica: La protección térmica detecta altas corrientes y detiene el sistema, se compara con el gusano Pompeii, el cual es el animal más tolerante a las altas temperaturas, soporta temperaturas de hasta 105 °C, su adaptación es a nivel molecular y ayuda a regular la temperatura de las aguas en las que habita.

Motor: El motor transforma la energía eléctrica en mecánica que se aprovecha para la compresión, mediante la inducción de campos magnéticos. Se compara con el flagelo bacteriano el cual es una estructura filamentosa que sirve de impulsor de algunas células. Por medio de un motor rotativo compuesto por proteínas e impulsado por una fuerza motriz de una banda de protones, puede girar entre 6000 y 17000 rpm.

Sistema de lubricación: Almacena, admite y distribuye el aceite que reduce la fricción entre elementos móviles en contacto y enfría el sistema, se compara con el lagrimal, el cual genera las lágrimas, las conduce a la superficie del ojo y hacia la cavidad nasal. La lágrima contiene lípidos que hacen que se evapore lentamente, la viscosidad permite que la adhesión sea prolongada y limpia la superficie de descamaciones y agentes externos.

Cabeza, alimentación y escape compresor: La cabeza, alimentación y escape del compresor se encargan de conectar la tubería por la que circula el refrigerante al sistema de compresión y una vez comprimido de hacerlo circular por el sistema, se comparó con su semejante sistema biológico, el corazón, venas y arterias, pues en el corazón la vena cava superior funciona para alimentar la parte derecha del corazón, desde donde la sangre poco oxigenada va hacia los pulmones, a través de las venas pulmonares para ser oxigenada, de ahí la sangre regresa a la parte izquierda del corazón desde donde es bombeada al resto del cuerpo a través de la arteria aorta.

Yugo escocés: El yugo escocés convierte el movimiento circular en movimiento rectilíneo, se compara con la articulación radio-cubital, la cual permite que el radio gire de forma característica respecto al cúbito.

Carcasa: La carcasa conserva al sistema cerrado, contiene y protege a los demás sistema, se compara con la nuez de coco, la cual protege y mantiene las condiciones ideales para la semilla de cocotero.

Amortiguación: La amortiguación se encarga de absorber las vibraciones producidas por el movimiento de la compresión, protegiendo el sistema de impactos. Se compara con las almohadillas en las patas de los mamíferos, las cuales proporcionan amortiguación de impactos, almacenan energía y protegen los huesos.

Acoplamiento: El acoplamiento une, mantiene y soporta al compresor, motor y carcasa, se compara con el hueso de la cadera en humanos y es el que une el hueso coxal con el fémur, soportando al cuerpo en posturas estáticas y dinámicas.

Puertos: Los puertos conducen el fluido refrigerante hacia el compresor y desde el compresor al sistema, se compara con las venas y arterias pues conducen la sangre de los capilares al corazón y las arterias del corazón al resto del cuerpo.

Una vez identificados sus similares biológicos se procedió a compararlos en función, forma y ecosistema, los resultados se presentan en la tabla 2.

Sistema	IF	FI	IE	IS
Eléctrico	75	25	8.3333	36.1111
Motor	100	75	50	75
Lubricante	75	50	50	58.3333
Compresor	100	62.5	25	62.5
TI				56.06

Tabla 2 Eficiencia de la máquina de desplazamiento positivo (IF – Imitación de la función, FI – Forma Imitada, IE – Imitación del Ecosistema, IS – Imitación del Subsistema.)

La calificación de TI obtenida con estos parámetros de comparación dio como resultado un 56.06% de eficiencia (tabla 2).

Ciclicidad

El criterio debe ser evaluado de la siguiente forma [Flores, 2011]:

1. La evaluación de este criterio tiene un proceso de cinco pasos:
2. Clasificar cada uno de los materiales del producto en uno de los seis grupos (es decir, metales, cerámica, polímeros sintéticos, naturales orgánicos, inorgánicos naturales y compuestos); que cubren casi el 99% de todos los materiales utilizados en ingeniería mecánica, civil y eléctrica [Ljungberg, 2007].
3. Determinar la masa de cada grupo de material, posteriormente sumándolos se determina la masa total del Producto (MTP).
4. Asignar el “porcentaje de materiales de origen reciclado” (PMOR) (por ejemplo, 100% de los materiales están hechos de carbono, hidrógeno, y oxígeno, “x”% es el valor conocido y 0% es si no existe información). Después se multiplica el PMOR por su peso (segundo paso), y se calcula el total de material reciclado del producto (llamado A).
5. Determinar el “porcentaje de material a reciclar” (PMAR) de acuerdo con la siguientes situaciones: 100% si el material es un nutriente técnico o biológico y puede ser reciclado o compostado dentro de una recolección comercial, y una infraestructura de reciclaje. 50% si el material puede ser reciclado por

un producto de menor valor, y si existe infraestructura comercial para su reciclaje y su recolección, y 0% si no existe potencial o infraestructura para el producto. Después se multiplica el PMAR por su peso (segundo paso). Finalmente, el material reciclado total del producto (llamado B) se calcula.

6. Calcular la ciclicidad total del producto usando A (paso 3) y B (paso 4) como:

$$CICLICIDAD (C) = \frac{(\sum A + \sum B)}{\text{número de piezas}}$$

El peso del motor es de 2814.52 gr y el peso total del compresor es de 4953.93 gr.

El porcentaje de ciclicidad del motor y del compresor es de 49.96% y 46.97% respectivamente, tomando en cuenta que para el análisis se consideró que los materiales que conforman a la máquina de desplazamiento positivo son nuevos y no han sufrido reciclaje alguno. Bajo criterio del autor se eligió que los materiales fueran vírgenes, debido a que al no contar con la información necesaria del reciclaje de los materiales, se impulsa a mejorar la calificación del producto consiguiendo la información necesaria de cada material.

La C obtenida de la máquina es de 48.05% con la consideración que se tiene una correcta disposición del mismo y se cuenta con la maquinaria necesaria para realizar los procesos de reciclado de los diferentes materiales.

El PMAR para este caso se consideró de la siguiente manera (Tabla 3):

Material	PMAR
Aceite [EPA, 2013]	100%
Acero AISI 9261 [Ayres, 1997]	100%
Acero Austenítico [Ayres, 1997]	100%
Acero Galvanizado [Sustainable Galvanizing, 2013]	100%
Acero Inoxidable Ferrítico [Aperam, 2013] [Ancon, 2013]	100%
Acero Martensítico [Ayres, 1997]	100%
Aluminio [Ayres, 1997]	100%
Cobre [Ayres, 1997]	100%
Estaño [Ayres, 1997]	100%
Nylon [Keen for Green, 2013]	100%
PBT [Plastics Europe, 2013]	50%
Plomo [Ayres, 1997]	100%
Polietileno [Plastics Europe, 2013] [Repodoc, 2013]	100%
Poliuretano [American Chemistry, 2013]	50%
Refrigerante [EPA, 2013] [Mundo HVACR 2013]	100%

Tabla 3 Ciclicidad

Debido a que no existe una base de datos referente al reciclaje de materiales en nuestro país, la tabla 3 tiene bases teóricas en su totalidad, obtenida de diferentes fuentes citadas en referencias.

Consultar el anexo II, Ciclicidad del caso de estudio 1 si desea verificar la tabla de obtención de los resultados. Nótese que todos los materiales se consideraron vírgenes, es decir, ninguno fue obtenido de fuentes recicladas, ya que no se obtuvieron datos al respecto. En caso que se tuviera documentación

probatoria de que algunos de los materiales fueran de origen reciclado, se debería de apuntar a modificar el argumento A de la ecuación por el correspondiente según lo descrito en el apartado de Ciclicidad.

Energía Renovable

La evaluación de este criterio tiene un proceso de cuatro pasos:

1. El mismo que el definido en el paso 1 del criterio eficiencia.
2. Determinar la energía consumida por cada subsistema midiendo directamente el subsistema o por cálculo teórico, expresando las cantidades en Joules. Luego agregando los resultados anteriores y determinando la energía total consumida (ETC).
3. Desde cada energía consumida en cada sub-sistema determinar la cantidad de energía renovable usada en cada sub-sistema (llámese energía renovable a la energía usada por el producto proveniente de fuentes renovables: eólica, hidroeléctrica, muscular, solar, undimotriz, mareomotriz, etc.) y súmese al resultado anterior para determinar la energía total obtenida de energía renovable (TER)
4. Calcular el porcentaje del producto de energía renovable de la siguiente forma:

$$PER = \frac{(\sum TER + 100)}{ETC}$$

Se aprecia que la máquina de desplazamiento positivo no tiene acceso a ningún tipo de energía renovable, pues se conecta directamente a la red de energía suministrada por CFE. Se podrían generar cálculos de la cantidad de energía renovable generada por CFE pero no reflejaría la capacidad del producto, sino de la compañía encargada de suministrar la energía, por tanto el porcentaje de energía renovable generado por el producto es de 0%.

Beneficio social

El criterio debe ser evaluado de la siguiente forma [Flores, 2011]:

La evaluación de este criterio tiene un proceso de tres pasos: (1) Identificar dentro de la organización la información y personas para contestar algunas preguntas basadas en aspectos de la Norma SA 8000 creada por una organización estadounidense llamada Responsabilidad Social Internacional con el propósito de promover mejores condiciones laborales, (2) Responder dos preguntas para cada aspecto de la norma. Evaluar las respuestas de acuerdo con los niveles que serán descritos a continuación: 100% si la respuesta satisface la pregunta con clara evidencia. 75% si hay aspectos positivos, o si está en duda la evidencia. 50% si existen dudas o la evidencia no soporta a la respuesta. 25% si hay dudas acerca de la no satisfacción, o si no hay evidencia que soporte la respuesta. 0% si la respuesta o la evidencia van en contra de los aspectos definidos por la norma. (3) Calcular la calificación para el beneficio social. Las preguntas están listadas a continuación:

- Aspectos de Labor Infantil: ¿La administración está consciente de y respeta las leyes o regulaciones aplicables de acuerdo a la edad mínima laboral? ¿Las prácticas cumplen con las regulaciones aplicables?
- Aspectos de labores Forzados: ¿La administración está consciente y respeta las leyes y regulaciones aplicables al uso de labores forzados, de aprisionamiento y de mano contratada? ¿Las prácticas cumplen con las leyes y regulaciones aplicables?
- Aspectos de Salud y Seguridad: ¿La administración está consciente de y respeta las leyes y regulaciones aplicables concernientes a la salud y seguridad en el lugar de trabajo? ¿Cumplió con lo legal, regulatorio, tienes las licencias, permisos y certificados correspondientes?
- Aspectos de libertad de asociación y derechos a la libertad de asociación: ¿La administración está consciente de y respeta las leyes y regulaciones concernientes a los derechos de los empleados y de asociación? ¿Las prácticas cumplen con las leyes y regulaciones aplicables?
- No discriminación: ¿Están conscientes y se respetan las leyes y regulaciones tocantes a la discriminación en el lugar de trabajo? ¿Las prácticas cumplen con las leyes y regulaciones concernientes? ¿Las prácticas cumplen con las leyes y regulaciones aplicables?
- Prácticas Disciplinarias: ¿La administración respeta las regulaciones y leyes aplicables a las prácticas disciplinarias y de hostigamiento en el lugar de trabajo? ¿Las prácticas cumplen con las leyes y regulaciones aplicables?
- Horas laborales: ¿La administración está consciente y respeta las leyes en cuanto a horas laborales y sus requerimientos regulatorios? ¿Las prácticas cumplen con las regulaciones y leyes aplicables?
- Compensaciones: ¿La administración está consciente y respeta las leyes en cuanto a leyes de salarios? ¿Las prácticas cumplen con las leyes y regulaciones aplicables?

Los resultados fueron los siguientes:

Tema y pregunta	si	no	no se / aveces	calificación
Empleo de menores				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	83%	17%		75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	66%		33%	
Labores forzadas				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	66%	17%	17%	
Salud y seguridad				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	50%		50%	
Derecho de asociación y negociación				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			50
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	33%	17%	50%	
No discriminación:				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	66%	17%	17%	25
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	33%	33%	33%	
Prácticas disciplinarias				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			50
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	50%	17%	33%	
Horas de trabajo:				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	66%	33%		25
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	33%	66%		
Compensación				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	83%	17%		75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	83%	17%		
				56.25 Total

Tabla 4. Beneficio Social del caso de estudio 1

Con esto podemos ver que el resultado del criterio de beneficio social es de 56.25%.

Conclusiones del caso de estudio 1

La máquina de desplazamiento positivo estudiada es un producto con la siguiente calificación obtenida tomando el promedio de los 5 indicadores evaluados:

Toxicidad	Eficiencia	Ciclicidad	Energía Renovable	Beneficio Social	CDMIT-UNAM
46.48%	56.06%	48.05%	0%	56.25%	41.37%

Si tenemos que un producto idealmente sustentable obtiene un porcentaje del 100% [Flores, 2011] indica que el obtenido por nuestra máquina pertenece a un producto con 2 puntos según el indicador de sustentabilidad con el adjetivo de “Adecuado” (tabla 5).

Pts.	De (%)	A (%)	Indicador de Sustentabilidad
0	0	19	Insatisfactorio
1	20	39	Apenas Tolerable
2	40	59	Adecuado
3	60	79	Bueno
4	80	100	Muy bueno (ideal)

Tabla 5. Marcadores finales de la evaluación [Flores, 2011]

Lo cual representa de una manera numérica cuál es el impacto de la máquina de desplazamiento positivo en el ambiente y a la salud de los seres vivos que están en contacto con ella durante su ciclo de vida.

Al evaluar la sustentabilidad de la máquina de desplazamiento positivo con los criterios CDMIT-UNAM, se pudieron notar diferentes aspectos que se citarán a continuación:

- La forma de aplicación de los criterios CDMIT-UNAM es iterativa, ya que la información necesaria para realizar los estudios suele ser difícil de conseguir, una aproximación inicial teórica es recomendable, y en una iteración posterior ingresar valores reales para identificar los puntos de acción.
- Durante su aplicación, ayudan a identificar posibles elementos de mejora así como observar cuáles son los elementos en los que, si se realizara una modificación, podrían impactar positivamente en la sustentabilidad del producto.
- La veracidad de la evaluación de la toxicidad depende de contar con información detallada de los materiales que componen al producto estudiado y del conocimiento de la toxicidad de cada uno de ellos. En particular, conseguir ese tipo de información no resulta sencillo aun cuando se cuenta con el apoyo de la empresa que fabrica el producto. Para conocer la toxicidad de los materiales, es imprescindible hacer una investigación extensa en diversas fuentes; si no se llega a un resultado satisfactorio se recomienda que los materiales sean considerados como la suma del efecto de sus

componentes, puesto que debido a que el estudio se puede generar desde la materia prima, los resultados pueden ser más aproximados.

- El evaluar la ciclicidad del producto resultó complicado, debido a que no se encontró una fuente generalizada y confiable sobre la reciclabilidad de los materiales, y aún más importante, si existe infraestructura en la zona para hacer factible el reciclaje de los materiales. Se plantea la siguiente modificación: la mejor forma para garantizar que el producto generado por la empresa cumpla con las expectativas de reciclaje es que ella misma lo recolecte una vez que la vida útil del mismo llegue a su fin, o bien, que lo realice un tercero. Sin embargo no es así en México, en donde el estado es el encargado de recolectar los desechos, aquí en 2012 sólo el 16% de los materiales que pueden ser reciclados se confieren para tal propósito, los demás terminan en el relleno sanitario, sin contar con la recolección por parte de organismos privados de reciclaje; por tanto se considerará que si el producto en su fin de vida es reciclable al 100%, y se confía en el estado para su recolección, únicamente se otorgará el 16% (100%) al producto, puesto que de esta manera reflejará de mejor manera el destino del bien. Es importante señalar que debido a las variaciones que se pueden generar en un material por los tratamientos superficiales, aditivos y por materiales compuestos, es difícil la tarea de obtención de datos, basar los datos en información confiable y que respalde la investigación es deseable, aunque no siempre será el caso, en caso de suponer algún material, se deberá marcar y plantear su posterior estudio, puesto que la cantidad de información es vasta y generalmente se trabaja en equipo.
- Al emplear el criterio de eficiencia, los resultados de la búsqueda y selección de organismos o soluciones biológicas para realizar las comparaciones es amplia, y sólo puede ser realizada en forma subjetiva. Hay mecanismos biológicos que realizan funciones similares, y por tanto comparables con los sistemas tecnológicos a estudiar. El criterio carece de información con respecto a la toma de decisión para la selección del mecanismo biológico a comparar, por esto que se concluye que el criterio de eficiencia necesita un mejor planteamiento y **se descarta para el siguiente caso de estudio.**
- El apartado de energía renovable puede ser resumido como la energía que consume el producto, y qué porcentaje de esa energía es renovable. Se propone hacer un análisis inicial, e identificar si es que se usa algún tipo de energía renovable en el bien a estudiar, de ser el caso aplicarlo, de otra manera llevarlo a cero. Recuérdese que el criterio es acerca de la energía usada y no de la energía ahorrada, si se quiere plantear de la segunda opción, se debería de coincidir sobre cuáles modelos son aptos para la comparación, y el por qué. No cabe duda que una comparativa sería útil si los productos similares de diferentes compañías lo generen de igual manera. **No se recomendó la aplicación para el siguiente caso.**

- Se identificó que el criterio de beneficio social no impacta al producto como tal, sino refleja las características de la empresa, al tratarse de una evaluación que involucra al producto, no se recomendó la aplicación en el segundo caso de estudio, el criterio puede evaluar a la empresa en una sola ocasión y aplicarla a todos los productos generados en ese momento, sin embargo es deseable el trabajo en este criterio para que refleje el impacto social llevado a cabo por el producto y la empresa, y en un futuro que abarque a sus distribuidores, maquiladores, etc., por tanto **no se recomendó para el siguiente caso.**
- Con base en los comentarios anteriores, se ha empezado a formular una base de datos que incluya la información sobre toxicidad de materiales obtenida durante el estudio para facilitar el trabajo en evaluaciones de productos.

Segundo Caso De Estudio

Caso de Estudio 2: Puerta FZ

Introducción

El segundo caso de estudio generado para la aplicación de los criterios y las herramientas computacionales fue el análisis de la puerta de un congelador, sub-componente de un refrigerador de una marca reconocida mundialmente. Se aplicarán los criterios de toxicidad y ciclicidad, pero a su vez se estudiará de qué manera se pueden complementar los resultados arrojados por los criterios usando dos herramientas informáticas para evaluar la sustentabilidad de productos.

Se generó este segundo caso de estudio con el fin de reforzar los resultados obtenidos en el primero. La elección de solo un componente del producto completo fue debido a la cantidad de tiempo disponible para la realización del análisis.

El primer paso realizado fue el organizar la información de las tres herramientas (criterios CDMIT-UNAM, Herramienta Computacional 1 y Herramienta Computacional 2), y verificar las entradas y salidas de cada una de ellas, para esto se generaron diagramas IDEF 0 de los criterios disponibles en la sección de anexos (ANEXO I) y se identificaron las entradas de las herramientas computacionales. Se concluyó que la información requerida para la evaluación era similar tanto para los criterios como para las herramientas computacionales: material, peso y forma de manufactura.

El producto fue desarmado en componentes y piezas compuestas por un solo material, cada parte fue pesada, y el material de manufactura fue corroborado con el fabricante o con la literatura correspondiente.

Una vez que la información identificada como general (material, peso y forma de manufactura) fue reunida, se procedió a evaluar cada herramienta en particular, es decir, se procedió a la evaluación con los criterios de toxicidad y ciclicidad, y las herramientas computacionales de forma paralela. Se realizaron 3 iteraciones, la versión final es la presentada en este documento. En la primera iteración se generaron con materiales

propuestos por el autor ya que no se contaba con la información necesaria, posteriormente ingresamos los materiales reales que más impacto reflejaron en la primera iteración y por último se generó la lista con todos los materiales.



Figura 4. Puerta FZ, caso de estudio 2

Producto

La puerta se compone de la siguiente tabla de componentes, con sus pesos y materiales:

Componente	Peso [g]	Material
Remate Sup. FZ	218.8	ABS Especificación A17B24A1
Inserto Jaladera	45.1	ABS Especificación A17B24A2
Base Jaladera	86.75	ABS Especificación A17B24A3
TORN.8-32	5.7	SAE 1018 PER B4B2G1/Acabado: Revestimiento de cromato de cinc electrochapado de cromato azul. Especificación F50LE5
Contra Jaladera	3	Especificación B8A4C2
Placa Emblema	2.78	Aluminio Especificación B12B1A/Adhesivo
Pegamento Emblema	3.55	Papel Crepé (MASKING) Especificación A50LE25A
PTA.FZ.DOB (Lámina)	1650	Acero Galvanizado Prepintado con lentejuela reducida al mínimo G30
Espuma Puerta FZ	850	Poliuretano: Isocianato Polimérico Catalizador Jeffcat Z-83. Polioli Rubitherm WA16414
Agente Espumante	0	Agente Espumante 141B DuPont Genetron 22 (R-22)
Liner	650	HIPS Especificación 0090102 (Styron A-Tech 1170)
Sello Magnético	500	PVC Especificación A50LE24D (Agregado 0.75% de Compuesto Kenamida "E")
TORNILLO HI - FAST	15.5	SAE 1018 Especificación B42G1/Acabado: Revestimiento de cromato de cinc electrochapado de cromato azul. Especificación F50LE5
TOPE PUERTA FZ	7.21	Resina Acetálica Especificación A17B36B1
Buje Bisagra	1	Resina Acetálica A17B36B1
Remate Intermedio	191.3	ABS Especificación A17B24A3

Tabla 6: Componentes, pesos y materiales de la Puerta FZ

El sub-componente analizado fue separado en sus partes y catalogado en la tabla 6, la mayoría de los materiales fueron obtenidos de forma confiable (empresa) al igual que los pesos especificados, las partes son las más simples con las que está compuesta la puerta; una vez obtenido el material y el peso, se procedió a hacer el análisis tanto con las herramientas computacionales como con las metodologías analizadas con anterioridad.

Criterios y Herramientas

Criterios

La herramienta multi-criterios desarrollada en la UNAM contiene 5 medidas para evaluar la sustentabilidad de productos. La idea principal al desarrollar los criterios en la universidad fue tener un grupo de estándares que arrojen resultados confiables en un periodo de tiempo corto.

Los criterios con los que se realizó el estudio fueron 2, y se replantearon de la siguiente forma debido a los comentarios del caso de estudio 1:

Toxicidad: Basado en la base de datos de la EPA-ATSDR, la búsqueda se enfoca en materiales dañinos usados, producidos o generados en la extracción, manufactura, uso o fin de vida de cada parte del producto. Estrictamente hablando el análisis debe realizarse para cada etapa del ciclo de vida del producto, pero tomando el tiempo a consideración, se decidió generalizar el impacto de las sustancias “al mayor de los daños”, es decir, elegimos la puntuación más dañina de todas las sustancias generadas por un material necesario en su producción o el material mismo, y se tomó en cuenta que si no había información disponible sobre éste fuera “castigado” otorgándole la calificación más dañina para forzar a la industria a adquirir información acerca del material.

Ciclicidad: Al realizar este estudio no se contó con una base de datos como la de toxicidad con respecto a la reciclabilidad de materiales, y se procedió de la siguiente manera:

Se realizó una búsqueda de información referente a la reciclabilidad de los materiales de cada pieza en nuestro país, buscando por datos relevantes, una vez encontrada la información se procedió a realizar la evaluación acorde a los parámetros establecidos en la metodología.

Considerando el porcentaje de recolección de materiales reciclados en nuestro país, se definió que el 100% representaba a un material que podía ser reciclado en su totalidad y el país tenía la infraestructura para realizarlo, pero solo el 16% de los desechos reciclables eran reusados al terminar en el tiradero [Giresol, 2013], por tanto recibir el 100% de reciclabilidad no refleja realmente el impacto, ya que la empresa confía en la capacidad que tiene el estado para tratar esos asuntos y no proceden de alguna manera para recolectar sus productos y que se lleve a cabo un tratamiento adecuado de los desechos. Es por esto que la calificación máxima otorgada de reciclabilidad fue del 16% a cada pieza si es que se tenía la infraestructura y el material podía ser tratado como reciclable.

Herramienta Computacional 1

(CES Edu-pack Eco-audit) La herramienta computacional 1 es de origen británico y es un módulo de la herramienta completa, el objetivo primordial del módulo es el establecer el gasto energético que produce la manufactura de la pieza así como las toneladas de CO2 equivalente que se generan por el mismo propósito,

el cálculo se puede generar para América lo cual es conveniente ya que los datos deben ser tomados de forma local, puesto que no todos los países tienen las mismas emisiones, población, tecnología, clima, geografía o biodiversidad.

Herramienta Computacional 2

(Sustainable Minds) La Herramienta Computacional 2 es de origen norteamericano y es un programa que se ejecuta en una “nube”, su objetivo principal es cumplir con la norma ISO 14404-4, se basa en un análisis del ciclo de vida del producto y toma en cuenta el impacto que lleva la extracción de la materia prima, su procesamiento, la producción del producto, su transportación, uso y fin de vida. El análisis es principalmente el impacto ambiental que genera la producción del producto, y su finalidad principal es la comparación entre diferentes propuestas de diseño o rediseño y de esa manera comprobar en cuál de ellos su impacto es menor, y por lo tanto más sustentable que los demás candidatos.

Las herramientas computacionales requieren datos similares para su ejecución: el material con el que están compuestas las piezas, su peso y el proceso por el cual se llevó a cabo su manufactura. Generalmente este tipo de programas se usan en conjunto con un modelador de sólidos que acepte ingresar el material de la pieza modelada, para poder estimar su peso, esto es para poder generar modelos virtuales con el objetivo de no realizar los modelos físicos y bajar los costos de diseño.

Resultados

Criterios

Toxicidad: El criterio de Toxicidad reflejó **21.81%**. Este número representa la cantidad de material considerada **no** tóxica dentro del producto. El número fue obtenido calificando los químicos con los que cada pieza del producto está compuesta, multiplicando por su cantidad de masa, y luego dividiéndolo por la masa total del producto. Esto refleja cuanto del producto debe ser considerado como tóxico y que parte está infligiendo una gran cantidad de impacto en el análisis, ayudando a los ingenieros a identificar posibles “mejoras sustentables” del producto, es decir, tomar los valores más bajos en los materiales, y buscar un suplemento con mejor calificación.

Ciclicidad: El criterio de ciclicidad reflejó el siguiente resultado: 19.76%. Esto representa la cantidad de material que puede ser reciclado al final de la vida útil del producto, y la cantidad de material usado para manufacturar el producto. El porcentaje fue obtenido con una modificación del criterio propuesto por la universidad ya que el equipo consideró la capacidad de la empresa de recolectar el producto y disponer correctamente de ello: **3.16%**, el indicador original mencionó esto en teoría, pero cuando se realizó la evaluación, el resultado no reflejó ese aspecto ya que no se tomó en cuenta. (16% del material reciclable se colecta y recicla).

El primer paso fue buscar información relacionada con los materiales que conforman las piezas y los datos que nos informaban acerca de la reciclabilidad del material, las formas en que puede hacerse, y si el país tenía la capacidad de hacerlo, si el producto tenía una forma de ser recolectado selectivamente o si era desechado al relleno sanitario. El material que compone a cada pieza del producto fue analizado para detectar si se originaba a partir de material reciclado, ya que esto afecta la calificación de la evaluación

Herramienta Computacional 1

Se ingresaron los datos desplegados en la tabla 6 y se obtuvieron los siguientes resultados:

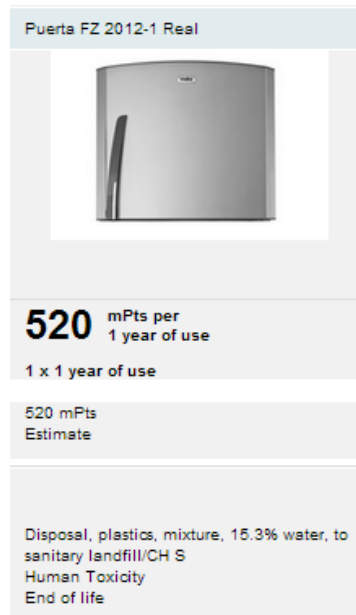


Fig. 5 Resultados de la herramienta computacional 1

Este resultado (Fig. 5 Resultados de la herramienta computacional 1) muestra el impacto del producto normalmente por una hora de uso, en este caso al ser un componente, se aplicó la instrucción de la herramienta (1x1 año de uso), el total del impacto es un estimado debido a que algunos datos insertados en la herramienta fueron estimados por porcentajes de forma bibliográfica y no medidos de las piezas reales; el proceso que generó un mayor impacto fue el fin de vida de los plásticos que conforman al refrigerador.

Se sabe que la calidad de los datos obtenidos por las herramientas computacionales depende de la exactitud de los datos introducidos. Un ejemplo de esto: En México, las compañías no están forzadas a recolectar sus productos una vez que su vida útil termina, y las personas desechan estos de diferentes maneras. Existen personas que compran los refrigeradores una vez que su vida útil concluye, algunos de estos son reparados y vendidos nuevamente como productos útiles, y algunos otros son vendidos como "chatarra". La manera más rápida de conseguir el metal (lo único que se piensa se puede reciclar) es quemando los polímeros que lo rodean, resultando así que el impacto ambiental debido al fin de vida es mucho mayor, puesto que el

proceso de combustión no genera las temperaturas adecuadas y por tanto se emiten una importante cantidad de contaminantes a la atmósfera. Nótese en el anexo III Sustainable Minds, que el fin de vida de los materiales fue considerado al relleno sanitario y no a la quema de los polímeros, debido a que se tienen datos acerca que la quema no controlada de diferentes polímeros son altamente contaminantes, cuando la quema controlada de los mismos no lo son (referido a la base de datos de la ATSDR-CDC en Estados Unidos de América), reflejando así un marcador más apegado a la realidad, desafortunadamente no podemos hablar de qué porcentaje de desviación tienen los resultados obtenidos, debido a que no se cuenta con la información necesaria para ejecutar una comparación.

El impacto que genera el producto es mostrado abajo (Figura 6. Detalle de Resultados de la herramienta computacional 1)

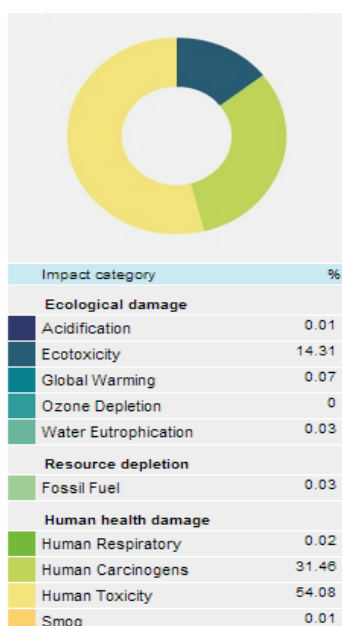


Figura 6. Detalle de Resultados de la herramienta computacional 1

Esta herramienta computacional también ilustra en dónde se genera el impacto de los contaminantes emitidos en el ciclo de vida del producto analizado, en este caso a toxicidad humana y a cancerígenos, y con menor impacto a eco-toxicidad y a calentamiento global. Se generaron varios puntos que deben de ser de su conocimiento:

- La herramienta carece de datos de algunos materiales y aditivos con los que está compuesto nuestro producto, los cuales fueron reemplazados por similares o no ingresados al no detectar un agente similar, afectando los resultados obtenidos. Se presentará el catálogo de materiales sustituidos (tabla 7):

Nombre Pieza	Material Original	Material Ingresado
Tope Puerta FZ	Acetal	Poliamida 66
Buje Bisagra	Acetal	Poliamida 66
Sello Magnético	0.75% de Kemamide "E"	No ingresado
Agente Espumante	Genetron 22 (R-22)	No Ingresado

Tabla 7: Sustituto de Materiales y omitidos en el caso de estudio 2, herramienta computacional 1 y 2

- El fin de vida del que se habló con anterioridad, esto es la quema no controlada de los diferentes polímeros, tampoco se puede reflejar en la herramienta, y por tanto se ingresaron los datos más cercanos obtenibles con la herramienta por criterio del autor, el mayor impacto se genera cuando un residuo llega al relleno sanitario, así que fueron ingresados de esta manera (Anexo III).

Herramienta Computacional 2

Los resultados generados por la herramienta 2 son los siguientes:

Energy and CO2 Footprint Summary:

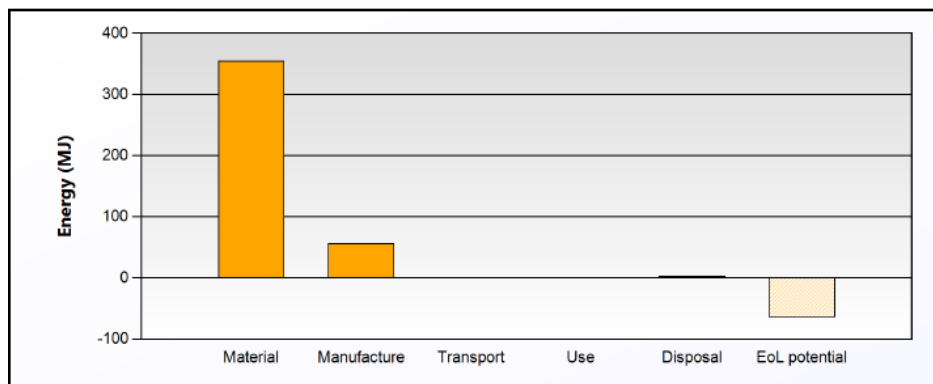


Figura 7: Energía-Herramienta Computacional 2

La figura 7 muestra la energía usada en el ciclo de vida del componente analizado, en el que se puede observar que el mayor impacto se genera en la extracción de materiales seguido por manufactura. Generalmente este tipo de resultados se espera, puesto que la extracción de los materiales y la refinación de los mismos suele conllevar un gasto de energía considerable.

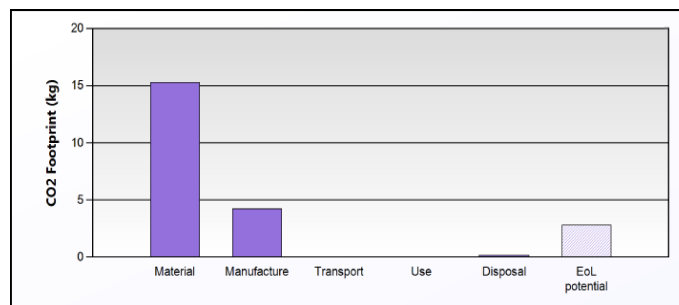


Figura 8. CO2-Herramienta Computacional 2

La Figura 8 muestra la cantidad de CO2 equivalente que es emitido a la atmósfera durante el ciclo de vida del componente, aquí no se integra la etapa de uso. Nuevamente el resultado se espera, debido a que basándonos en una energía generada en su mayoría por la quema de combustibles fósiles, a mayor energía usada, mayor cantidad de CO2 generada.

Esta herramienta también predice “el fin de vida potencial (figura 7, EoL “potential” o Potencial del fin de vida) que es la cantidad de energía y CO2 ahorrado o no emitido durante el ciclo de vida debido al reciclaje de algunos materiales del producto. Es de considerar que la energía ahorrada es aproximadamente la energía utilizada en la manufactura del producto. Al decir energía ahorrada, se refiere a la energía requerida para procesar el material desde la extracción hasta el material listo para ser utilizado en el producto.

Conclusiones finales del caso de estudio 2

Al aplicar la metodología para la evaluación de la Sustentabilidad de Productos del CDMIT-UNAM y las herramientas computacionales, se pudieron observar varios escenarios en los que se detectaron las siguientes observaciones:

- En el criterio de toxicidad, se optó por hacer referencia al lector a la base de datos de la ATSDR de los Estados Unidos de América, su base de datos es muy amplia en cuanto a los materiales derivados de la fabricación de ciertas sustancias como a las sustancias mismas, hacen referencia también a los derivados tóxicos de la quema de los componentes al igual que medidas que se implementan para reducir o anular las emisiones tóxicas en algunos de ellos. La ATSDR no genera evaluaciones objetivas de cada material, la agencia describe los daños que produce el contacto con las sustancias y dónde se pueden originar, ayudando a la colocación dentro de los marcadores del criterio, la base de datos delimita de forma clara si la elaboración de la sustancia o el fin de vida genera sustancias nocivas y las califica igualmente.
- En ciclicidad se propone tomar la capacidad de la empresa, el país o el ente a cargo de recolectar y disponer del material en cuestión de manera correcta, es decir, si tenemos un material reciclable, éste debería de reciclarse y no de quemarse, depositarse u otro fin. Si el ente solo es capaz de tratar con eficacia el 16% de la basura recolectada, la eficiencia global de nuestro producto no puede rebasar ése número en cuanto el potencial de reciclabilidad en la zona.
- La evaluación de la ciclicidad del producto es demandante puesto que las fuentes de información con respecto a estos temas son escasas, y en ocasiones inexistentes. En este par de estudios los resultados fueron únicamente teóricos.
- Muchos de los procesos llevados a cabo para la fabricación de algún componente o materia prima, no son necesariamente similares a los llevados a cabo en diferentes empresas en un país, con la disparidad tecnológica suelen ser muy diferentes en otros países o continentes, por tanto las emisiones o desechos

formados son muy variados de región a región, lo que imposibilita manejar los datos generados para un lugar en otro sin que haya un aval de que la información puede ser usada correctamente.

- Las herramientas computacionales deben ser usadas con cautela, el usuario debe de delimitar su rango de acción y propiciar que la información se complemente positivamente.
- Es importante reflejar el estado más cercano a la realidad, pero tener en cuenta que la información con la que se trabaja en estos estudios no siempre estará disponible, es por esto que se considera un proceso iterativo, y que de igual manera, sería deseable que los criterios tuvieran un rango de aceptación definido.

Propuestas y resultados

CAPÍTULO 5

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

PROPUESTAS DE MEJORA

Después de obtener la experiencia de ejecutar las formas de evaluación de la sustentabilidad de productos por criterios y por herramientas computacionales, podemos marcar puntos importantes no especificados con anterioridad, y darles a conocer diferentes actualizaciones que podrían sufrir los criterios para una mejor aplicación, una obtención de resultados más apegada a la realidad, y cómo identificar las propuestas de mejora que nos entrega el análisis.

- Recomendación: El criterio de beneficio social se enfoca a la empresa y no al producto, tomarlo en cuenta para la evaluación de cada producto representaría un uso del tiempo innecesario desde el punto de vista de la evaluación de varios productos realizados por la misma empresa, por tanto, se debería considerar como una evaluación cada periodo fiscal, o cada vez que se realice un cambio importante en la estructura de la empresa o del personal administrativo.
- La Unión Europea considera que la empresa productora debe de ser la responsable de recolectar sus productos una vez que la etapa de uso de los mismos ha llegado a su fin, para procurar un correcto trato de los materiales usados en los mismos y una debida disposición de ellos, o en su defecto, contratar a un tercero que lo haga correctamente y cumpla con lo requerido por las leyes y normativas de la Unión, en México no se manejan aún reglamentaciones de éste tipo, se ha identificado que son necesarias si se busca un futuro sustentable para nuestro país y por tanto se le debe calificar, sin embargo el criterio solo se basa en si existe la estructura necesaria en el país, pero no especifica qué capacidad tiene la infraestructura de procesar el material, y qué se hace con el producto, solo cumple con el potencial que tiene el mismo para ser manufacturado con materiales reciclados y de ser reciclable en su fin de vida, por tanto se debe de considerar, qué tanto se recicla realmente de acuerdo a datos estadísticos, para reflejar un valor más acercado a la realidad, como se desarrolló en el segundo caso de estudio.

La sustentabilidad se erige sobre sus tres columnas principales: ambiente, sociedad y economía. Si se desea decir que un producto es más sustentable, estos deben generar una mayor ganancia y beneficio social, y un menor impacto al ambiente que sus homólogos. Las herramientas computacionales no abarcan la parte social y económica, y los criterios solo rozan la parte social, por tanto no es correcto calificar a los productos evaluados con estas herramientas como tales, recuérdese que hay un término para cada impacto, se recordarán a continuación:



Figura 9: Conjunto de la Sustentabilidad [BICO, 2013]

Los criterios propuestos por CDMIT-UNAM califican un producto **soportable** según la figura 9, puesto que evalúan el aspecto ecológico y el social; por otro lado las herramientas computacionales evaluadas en este documento nos ayudan a identificar productos ecológicos debido a que su único enfoque es el ecológico y .

- Una herramienta más completa es deseable para la evaluación de productos con base en la sustentabilidad, por tanto se recomienda complementar los criterios de manera que se evalúen las tres columnas de la sustentabilidad, o bien complementarlos criterios con aspectos económicos.
- La evaluación de ciclicidad es dificultosa puesto que no se tiene información suficiente para realizarla, hablando de México, los datos de reciclaje de materiales son escasos, y normalmente no se siguen los procesos para el tratamiento de fin de vida de muchos materiales como en otros países, y por tanto la contaminación generada por la mala elección del tratamiento de fin de vida de los mismos es mucho mayor que si se trataran de manera correcta.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Al finalizar la aplicación de los criterios presentados [Flores, 2011] en los dos casos de estudio desplegados en el capítulo 3, se aprecia que los resultados arrojados por los mismos son informativos con respecto a qué tan sustentable es el producto analizado, sin embargo, al presentar únicamente un marcador general con respecto a la masa del producto, su comparación con productos de diferente masa no se puede generar, por ejemplo: si el marcador de toxicidad es de 40% en dos productos pero ambos no tienen la misma cantidad de masa, aquel que contenga la mayor cantidad será el que tenga el mayor impacto.

Se generaron los siguientes puntos de discusión:

- Energía renovable identifica la cantidad de energía usada por el producto, mas no abarca si el producto impide que la energía se pierda. Se recomienda volver a iterar el desarrollo del criterio de forma que se integre lo mencionado al estudio, puesto que parte del éxito de un producto consiste en conservar mejor la energía, puesto que será más eficiente, acarreará ahorros en un plazo determinado y propiciará la sustentabilidad.

- El criterio de eficiencia se evalúa de forma subjetiva, y no presenta claridad cuando define las medidas biológicas con las que se deben de trabajar, por tanto, el autor recomienda que se genere un mejor concepto del criterio para su posterior aplicación, sin embargo el estudio de la biomimética ofrece una guía si lo que se desea es el rediseño o la innovación tecnológica.
- Los resultados dados por los criterios demuestran que el producto contiene materiales que impactan de modo considerable el ambiente y las personas que están en contacto con ellos durante su ciclo de vida, sin embargo muchos de estos sub-productos o materiales ya son controlados debido a las regulaciones implementadas en las zonas donde se elaboran. El objetivo es reducir o eliminar el uso de recursos no renovables y de sustancias tóxicas, por tanto se califican de forma negativa a menos que la documentación pruebe que se elimina la toxicidad del material generado.
- Debido a la dependencia actual a los combustibles fósiles podemos observar una relación entre la huella de carbono y el uso de energía para la manufactura de los materiales y el producto.
- El conjunto de resultados desplegados es mucho más informativo que cualquiera de ellos por sí solo. El método genera mayor retroalimentación para hacer mejores diseños sustentables en un futuro. Si los criterios alcanzan su madurez, puesto que todavía falta trabajo sobre ellos, la aplicación de estos puede ser prometedora, desarrollando nuevas formas de obtener los resultados planeados por las naciones unidas por un futuro sustentable.
- Debe ser subrayado que las herramientas computacionales deben ser apoyadas por una metodología que refleje lo que la compañía quiere lograr, y englobar cómo un producto sustentable debe ser.
- Las acciones no abarcadas por la compañía a la que el producto estudiado pertenece, en este caso fin de vida, resultaron en un mayor impacto que en donde la empresa si influye, por tanto el ciclo de vida completo debe ser abarcado en el estudio si se desea realizar un buen análisis.
- La energía renovable evaluada del producto se enfoca en la consumida por el producto, sin embargo, la mayor parte de los productos hoy en día aún no cuentan con éste tipo de energía para su funcionamiento, pero al integrarlo al análisis, se tomaron nuevas medidas de la empresa para integrar esto en sus productos.
- Debido a la falta de regulaciones en nuestro país enfocadas en asuntos relacionados al desarrollo sustentable, y más orientado a nuestro caso “sustentabilidad de productos”, las empresas no se ven forzadas a realizar cambios ya que es percibido más allá de su desarrollo actual, y por tanto no se ven forzadas a realizar un cambio. Formular una mentalidad empresarial con sustentabilidad inculcada es un reto para la sociedad pero se debe tener si aspiramos a un futuro con el mismo nivel de comodidades naturales que hoy, incluso un poco mejores, es decir, mantener las calidades del agua, suelo, aire y alimento de las que gozamos actualmente en nuestro país.

- Al autor le surge una interrogante al trabajar en estos casos de estudio: “Si el mejorar los procesos y materiales que las empresas usan para elaborar sus productos de manera tal que el ambiente y la salud no se vean tan afectadas o no se afecten del todo; si se les ofrece competitividad, nuevos mercados, etiquetas de sustentabilidad y más, ¿qué se necesita integrar para que las empresas cambien de actitud?, ¿qué necesita hacer la población para que esto suceda sin renunciar a las comodidades a las que está acostumbrada?”

La sociedad actual está viviendo una época en que Lennart Y. Ljungberg denomina como “*usa, desgasta y tira*” lo cual a simple vista corresponde a una manera no sustentable de vida, se debe de generar la idea en las personas que los productos no deben servir para tal motivo, y que ese tipo de despilfarro de recursos no es una manera “inteligente” de consumo. El orientar marcadores a los productos puede generar un impacto en la población que invite a las personas a elegir de mejor manera los productos que consume.

Se debe enfatizar que debe de haber una ética dentro de la generación de los productos en la cual los diseñadores deben estar conscientes que los productos que generan deben de satisfacer las necesidades reales de las personas, y no inundar el mercado con productos “*usa, desgasta y tira*” como en la actualidad.

REFERENCIAS

CAPÍTULO 6

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

REFERENCIAS

Aperam. Consultada en mayo de 2013. Página web:

<http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/StainlessServiceIberica/Utensilios-cocci%C3%B3n-acero-inoxidable.pdf>

Ancon. Consultada en mayo de 2013. Página web:

http://www.ancon.co.uk/downloads/s1/l5/the_use_of_stainless_steel_in_construction.pdf

AskNature (2013). Consultada en mayo de 2012. Página web: **<http://www.asknature.org/>**.

Benyus Janine M. (1997). "**Biomimicry: Innovation inspired by nature**". Edit. HarperPerennial.

BioThinking. Consultada en Diciembre de 2012. Página web: **<http://www.biothinking.com/>**

Boullón, Roberto (2006). "Espacio Turístico y Desarrollo Sustentable". Aportes y Transferencias (En línea), Volumen 10, núm. 2, pp. 17-24, Argentina. Consultado el 18 de Marzo de 2012. Página web: **<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=27610203>**

CES 2012. Página web: **<http://www.grantadesign.com/education/index.htm>** Consultada en mayo 2013.

Crow, Kenneth (2002), Design for the Environment, DRM Associates. Consultado en mayo de 2013. Página web: **<http://www.npd-solutions.com/dfe.html>**

EPA. Consultada en abril de 2013. Página web:

<http://www.epa.gov/osw/conserva/materials/usedoil/sp-index.htm>

Figura 9: Página web: **<http://www.bico.com.mx/empresa/sustentabilidad/>**. Consultada en agosto de 2013.

Flores Calderón Alejandro (2011). "**A Proposal of Criteria to Evaluate and Re-Design Sustainable Products**". PhD Thesis. Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT). FI-UNAM

GaBi (2013). Consultada en Diciembre de 2012. Página web: **<http://www.gabi-software.com/mexico/index/>**

Green PR Wikipedia. Página web: **http://en.wikipedia.org/wiki/Green_PR**. Consultada en febrero de 2013.

Hawken Paul, Lovins Amory and Lovins Hunter, (2005). "The natural capitalism".
<http://www.natcap.org/defaultHTM.php>

Ljungberg Y. Lennart "Materials selection and design for development of sustainable products".
Materials and Design 28 (2007) 466–479.

Luttrupp, Conrad; Jessica Lagerstedt (2006). "Design and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development". Journal of Cleaner Production 14: 1396–1408. 2006.

Ayres, Robert U. (1997) "Metals recycling: economic and environmental implications". Edit. Elseviere.

McDonough William, Braungart Michael (2002). "Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things". Edit North Point Press. Mihelcic, J. R., Crittenden, J. C., Small, M. J., Shonnard, D. R., Hokanson, D. R., Zhang, Q., Chen, H., Sorby, S. A., James, V. U., Sutherland, J. W. and Schnoor, J. L., (2003), "Sustainability science and engineering: the emergence of a new metadiscipline," Environmental Science and Technology, 37 (23), pp. 5314-5324.

Keenfor Green. Consultada en abril de 2013. Página web:
http://www.keenforgreen.com/recycle/is_nylon_recyclable

Olof Palme y Kurt Waldheim (1972). "Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment". 1972. Estocolmo. Consultado en Mayo 2013. Página web:
<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=97&articleid=1503>

PlasticsEurope. Consultada en mayo de 2013. Página web: <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-and-categories-of-plastics-update/engineering-plastics/pbt.aspx>

PlasticsEurope. Consultada en abril de 2013. Página web: <http://www.plasticseurope.es/centro-de-conocimiento/portal-educativo/recursos/el-abc-del-polietileno.aspx>

Repodoc. Consultada en mayo de 2013. Página web:
<http://repodoc.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/30030/29497.pdf?sequence=1>

American Chemistry. Consultada en junio de 2013. Página web:
<http://polyurethane.americanchemistry.com/Sustainability/Recycling>

EPA. Consultada en junio de 2013. Página web: <http://www.epa.gov/ozone/title6/608/608fact.html>

Mundo HVACR. Consultada en junio de 2013. Página web:

<http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/07/recuperacion-reciclado-y-regeneracion-de-gas-refrigerante/>

Giresol. Consultada en agosto de 2013. Página web:

http://www.giresol.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=1863:m%C3%A9xico-sube-15-el-reciclaje-de-pl%C3%A1stico&Itemid=5

Savitz, Andrew W.; Weber, Karl. **“The Triple Bottom Line: How Today’s Best-Run companies are Achieving Economic, Social and Environmental Success”**. Ed. Wiley. 2006. ISBN 0787986496.

Sawilowsky, Shlomo S.; Fahoome, Gail C. (2003). **Statistics via Monte Carlo Simulation with FORTRAN**. Rochester Hills, MI: JMASM. ISBN 0-9740236-0-4.

SimaPro (2013). Consultada en Diciembre de 2012. Página web: <http://www.pre-sustainability.com/>

Sustainable Galvanizing. Consultada en junio de 2013. Página web: http://www.sustainable-galvanizing.com/case_for_galvanizing/recycling/recycling_galvanized_steelwork

Sustainable Minds (2013). Consultada en Diciembre de 2012. Página web: <http://www.sustainableminds.com/>

Swain Glenn (2011). “On the Alert for Misleading Ads”. New York Times Green Blog. Nov. 16th, 2011. <http://green.blogs.nytimes.com/2011/11/16/on-the-alert-for-misleading-ads/>

Tolliver-Nigro Heidi (2009). Green Market to Grow 267 Percent by 2015, MATTER NETWORK, June 29, 2009, <http://www.matternetwork.com/2009/6/green-market-grow-267-percent.cfm>

United Nations (1987). “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future”. Consultado en Mayo 2013. Página web: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

UNEP (1992). “Rio Declaration on Environment and Development. Consultado en Mayo de 2013. Página web: <http://www.unep.org/documents.multilingual/default.asp?documentid=78&articleid=1163>

UNU-IDRC (2007). **“Industrial innovation and environmental regulation: Developing workable solutions”**. Editadopor Saeed Parto and Brent Herbert-Copley. United Nations University & International Development Research Centre.

Anexos

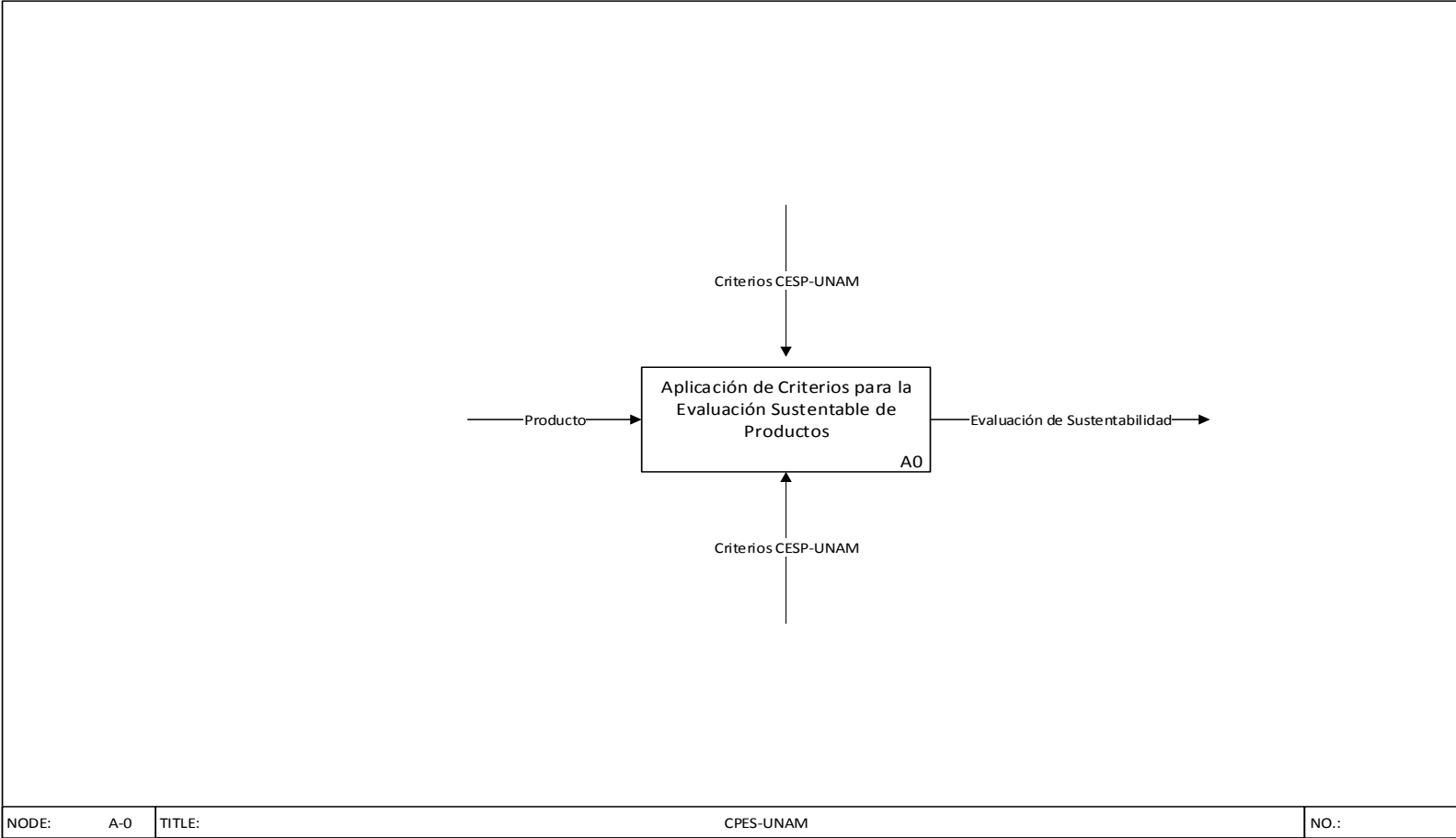
CAPÍTULO 7

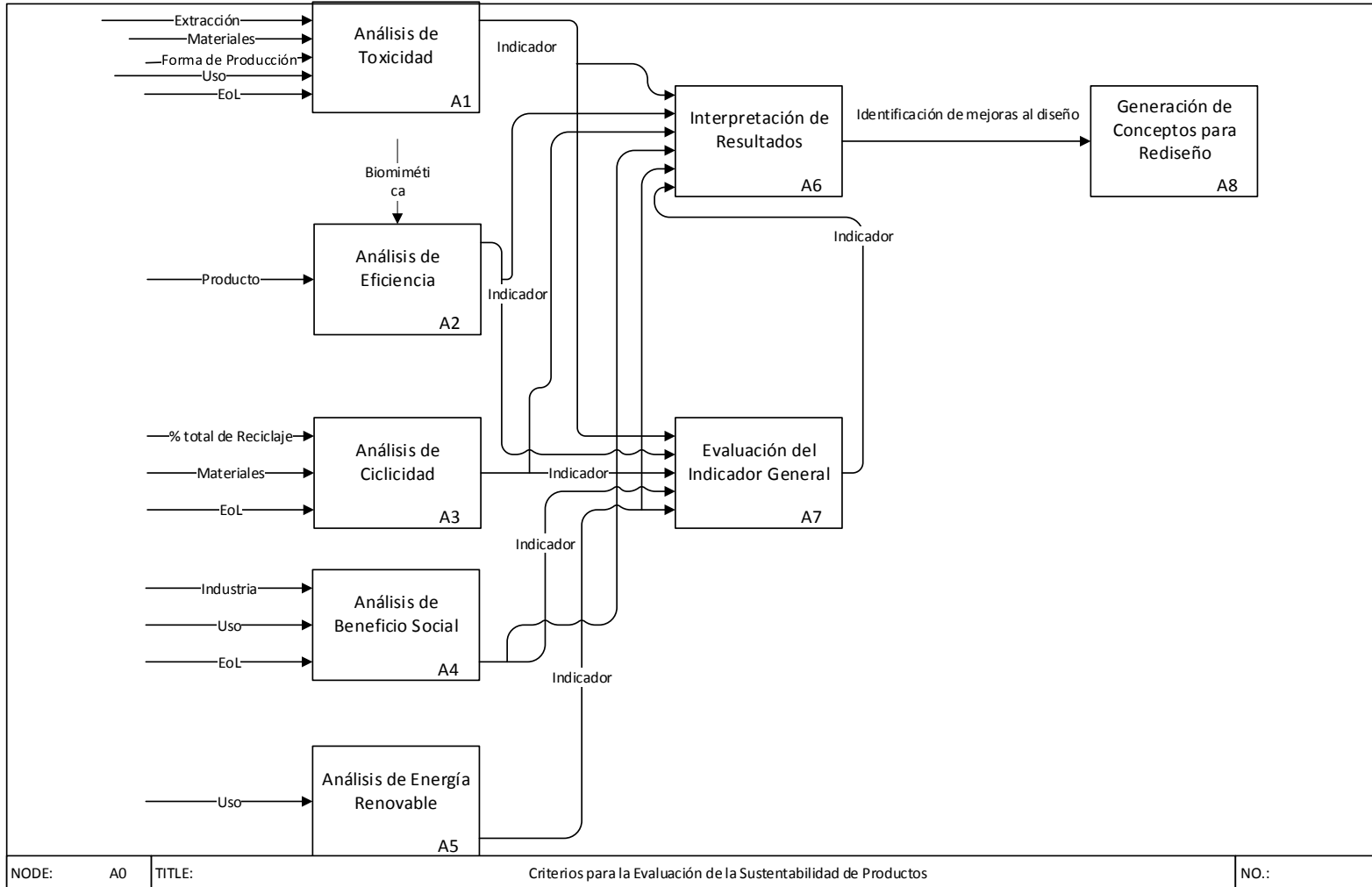
Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

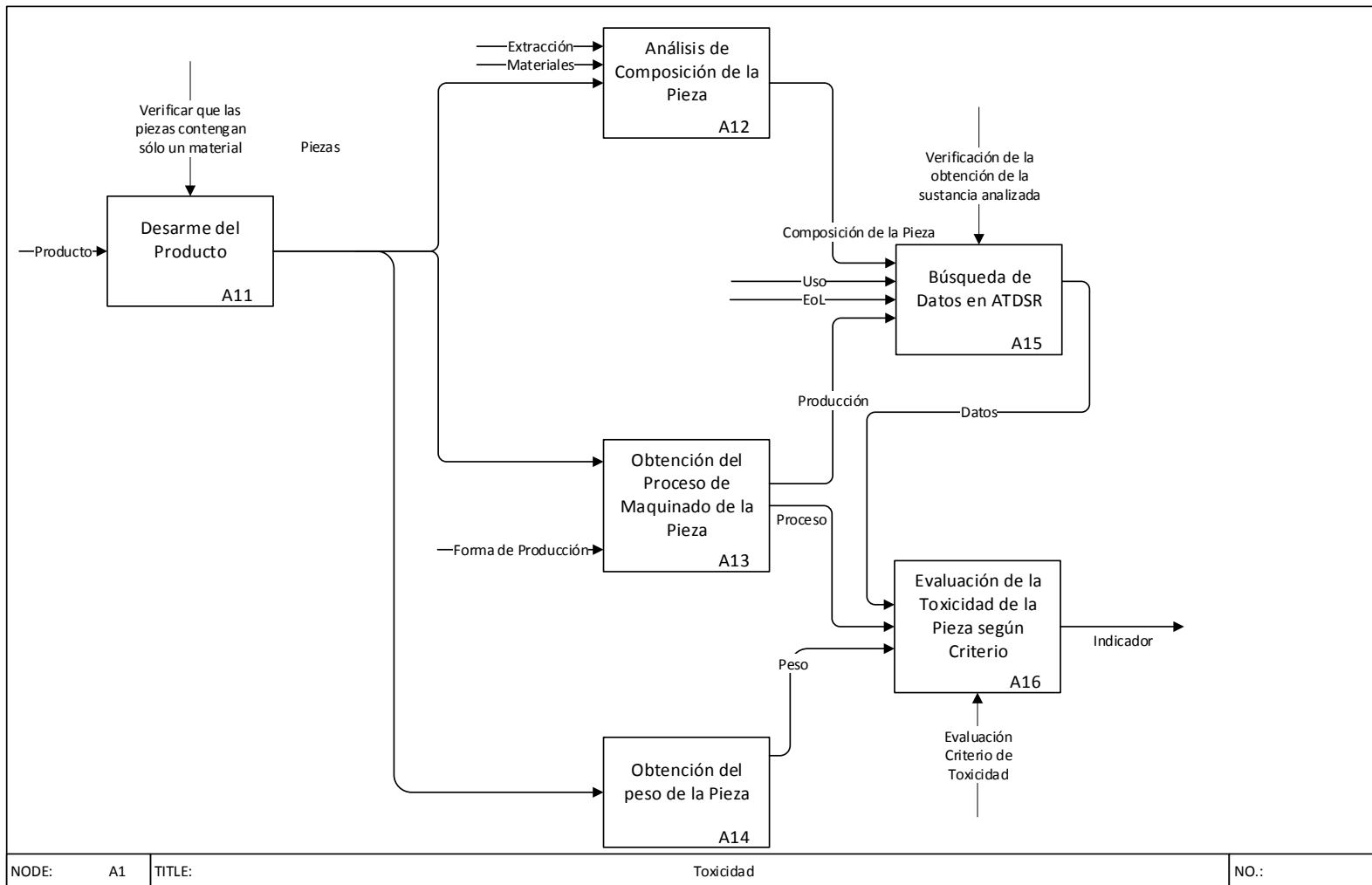
ANEXO I

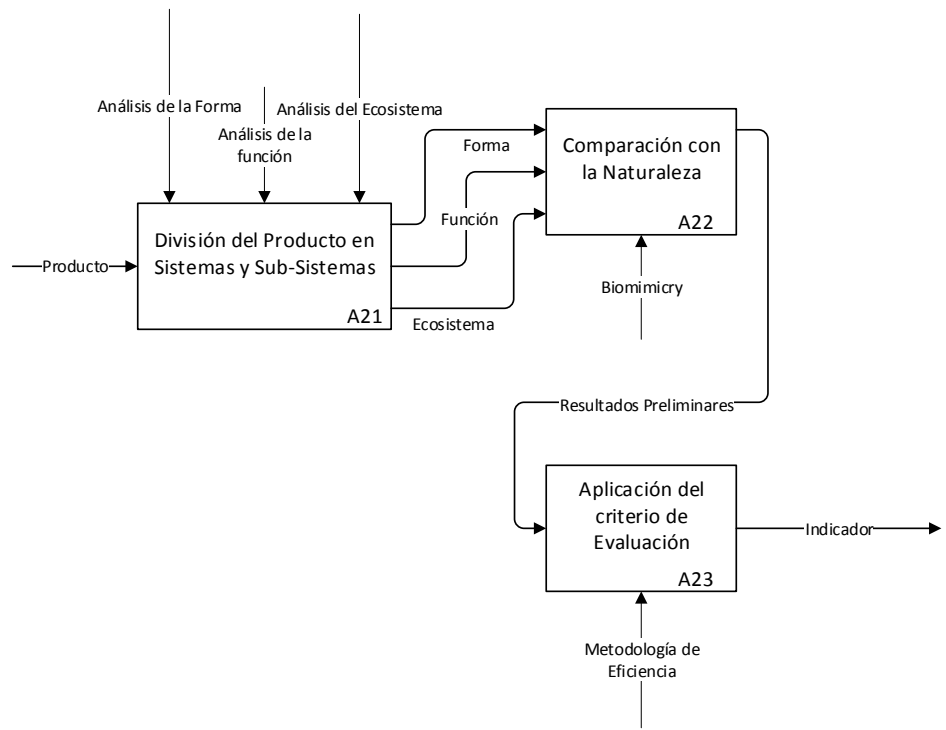
IDEF 0 de Criterios

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes









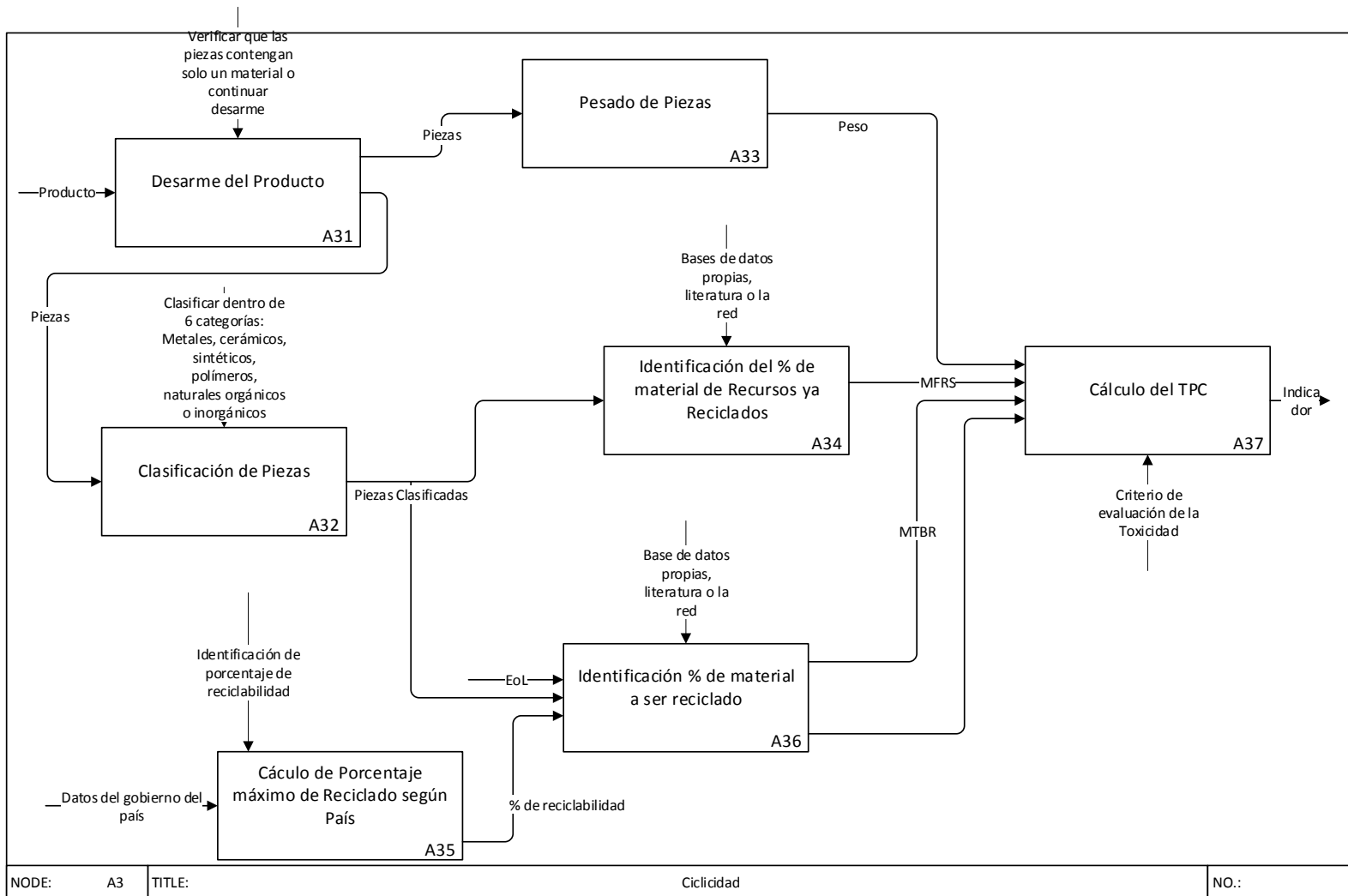
NODE:

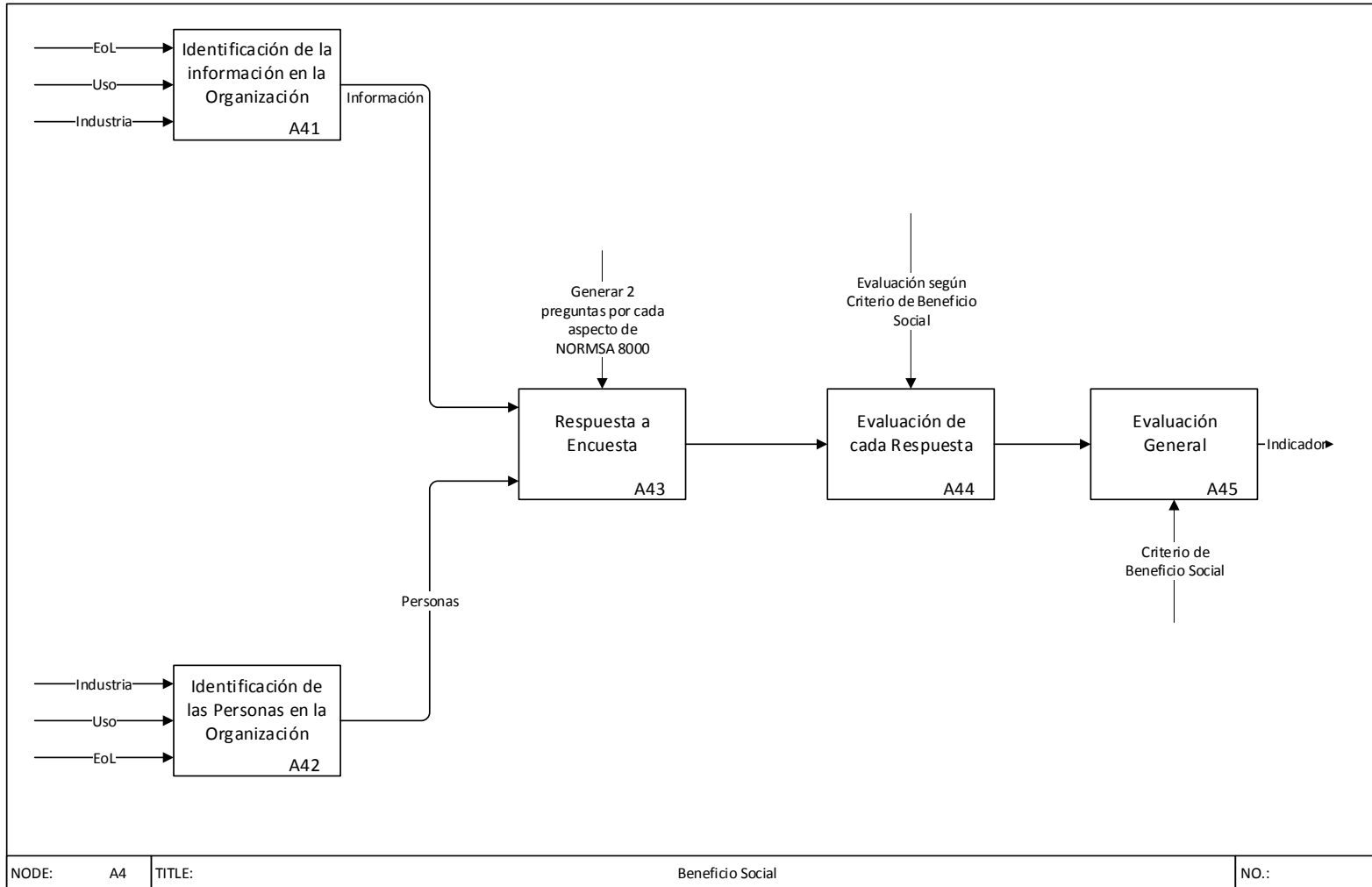
A2

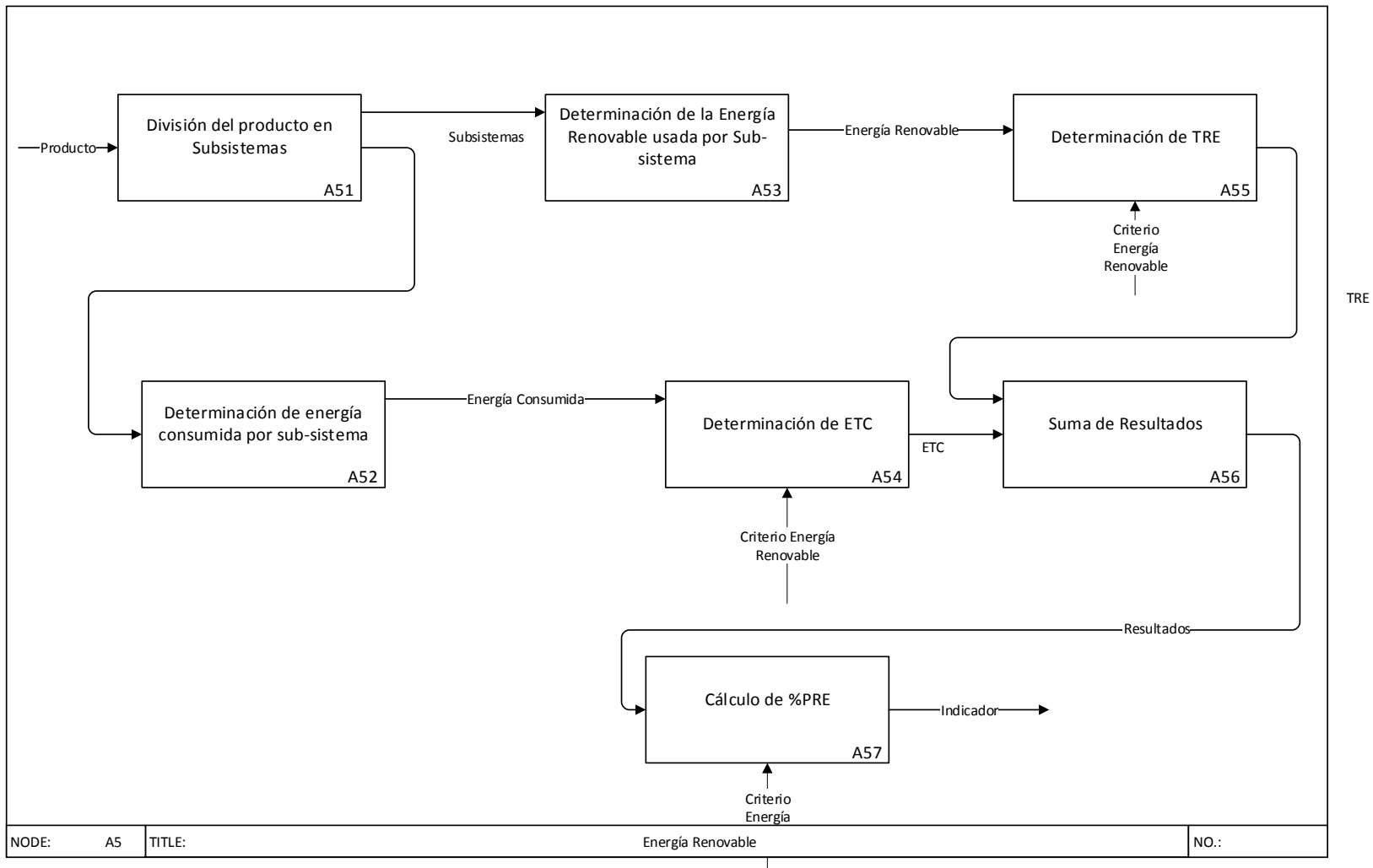
TITLE:

Eficiencia

NO.:







Anexo II

Análisis de Sustentabilidad Por Criterios del Compresor

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

Toxicidad

Código	Parte	Material	Peso TPW (g)	Toxicidad	TTW	Relatividad tóxica	Porcentaje del peso por pieza	Porcentaje total de componentes	Relatividad tóxica de componentes	Factor de posible mejoramiento
Motor										
Metales										
M02	Embobinado	Alambre de cobre (sin recubrimiento)	657	0.5	328.5	11.67	23.34	23.34	11.67	0.26
M01	Estator de Motor	Aluminio 1/5	106	100%	106.2	3.77	3.77	3.77	3.77	0.04
		Acero inox ferrítico								
		0,12% máx Carbono	1	0	0	0.00	0.02	15.09	13.42	0.17
		11,0% Cromo	47	0	0	0.00	1.66			
		Hierro	378	100%	377.6	13.42	13.42			
M03	Cables	Cobre	2.9	50%	1.45	0.05	0.10	0.12	0.05	0.00
	Soldadura	Estaño y plomo	0.5	0%	0	0.00	0.02			
							0.12			
M05	Núcleo ferromagnético	Acero Inox ferrítico								
		0,12% máx Carbono	2	0	0	0.00	0.07	56.53	50.24	1.14
		11,0% Cromo	175	0	0	0.00	6.22			
		Hierro	1,414	100%	1414.1	50.24	50.24			
M04	3 Zapatas	Acero martensítico						0.03	0.03	0.00
		0,12% máx Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
		11,0% Cromo	0.1	0%	0	0.00	0.00			
		Hierro	0.8	100%	0.8	0.03	0.03			
Polímeros sintéticos	M06	Recubrimientos plásticos	Polímero genérico	18.8	25%	4.7	0.17	0.67	0.17	0.01
	M07	Parte de embobinado	Nylon	5	50%	2.5	0.09	0.18	0.09	0.00
	M08	Recubrimiento de cables	Nylon	2.92	50%	1.46	0.05	0.10	0.05	0.00
	M09	Conector	PBT	4.4	0%	0	0.00	0.16	0.16	0.00
						79.49			79.49	
Total motor			2,814		2237.3	79.49	100.00	100.00	79.49	4.88

Compresor

Metales	C017	Muñón interno de pistón	Acero austenítico								
			0,02% a 0,25% Carbono	0.1	0%	0	0.00	0.01	1.66	0.87	0.02
			17,0% a 26,0% Cromo	7.7	0%	0	0.00	0.43			
			7,0% a 22,0% Niquel	6.5	0%	0	0.00	0.36			
			Hierro	15.6	100%	15.6	0.87	0.87			
	C16	Pistón	Acero austenítico								
			0,02% a 0,25% Carbono	0.1	0%	0	0.00	0.01	3.66	1.90	0.04
			17,0% a 26,0% Cromo	17.1	0%	0	0.00	0.95			
			7,0% a 22,0% Niquel	14.5	0%	0	0.00	0.80			
			Hierro	34.2	100%	34.2	1.90	1.90			
	CM01	4 Pernos	Acero austenítico								
			0,02% a 0,25% Carbono	0.1	0%	0	0.00	0.01	1.84	0.95	0.02
			17,0% a 26,0% Cromo	8.6	0%	0	0.00	0.48			
			7,0% a 22,0% Niquel	7.3	0%	0	0.00	0.41			
			Hierro	17.2	100%	17.2	0.95	0.95			
	C15	2 Pernos	Acero galvanizado						0.00	0.00	0.00
			0.15% Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
			0.60% Manganeso	0	50%	0	0.00	0.00			
			0.03% Potasio	0	100%	0	0.00	0.00			
			0.035% Azufre	0	0%	0	0.00	0.00			
	C14	Pernos	Acero galvanizado	4.2				0.23	0.23	0.00	0.00
			0.15% Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
			0.60% Manganeso	0	50%	0	0.00	0.00			
			0.03% Potasio	0	100%	0	0.00	0.00			
			0.035% Azufre	0	0%	0	0.00	0.00			
	C13	Soporte de carcasa	Acero austenítico						3.40	1.76	0.03
			0,02% a 0,25% Carbono	0.1	0%	0	0.00	0.01			
			17,0% a 26,0% Cromo	15.9	0%	0	0.00	0.88			
			7,0% a 22,0% Niquel	13.5	0%	0	0.00	0.75			
			Hierro	31.8	100%	31.8	1.76	1.76			
	C12	4 Pernos	Acero galvanizado						1.48	1.47	0.01
			0.15% Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
			0.60% Manganeso	0.1	50%	0.05	0.00	0.01			
			0.03% Potasio	0	100%	0	0.00	0.00			
			0.035% Azufre	0	0%	0	0.00	0.00			
			Hierro	26.5	100%	26.5	1.47	1.47			
	CM02	Flecha/Leva	15% cobre	34	50%	16.85	0.94	1.87	1.87	0.94	0.02
			Acero austenítico								
			0,02% a 0,25% Carbono	5	0	0	0.00	0.27	10.60	5.24	0.11
			17,0% a 26,0% Cromo	50	0	0	0.00	2.76			
			7,0% a 22,0% Niquel	42	0	0	0.00	2.33			
			Hierro	95	100%	94.5	5.24	5.24			
	C11	Cámara de pistón	Acero austenítico						15.07	7.80	0.16
			0,02% a 0,25% Carbono	1	0	0	0.00	0.04			
			17,0% a 26,0% Cromo	71	0	0	0.00	3.92			
			7,0% a 22,0% Niquel	60	0	0	0.00	3.31			
			Hierro	141	100%	140.6	7.80	7.80			
	C10	Válvula	Acero martensítico						0.08	0.07	0.00
			0,12% máx Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
			11,0% Cromo	0.2	0%	0	0.00	0.01			
			Hierro	1.3	100%	1.3	0.07	0.07			
	C06B	2 Cubierta de mangueras	Acero AISI 92 61						1.31	1.27	0.01
			Mnganeso 0.75-1.00	0.3	50%	0.15	0.01	0.02			
			Carbono 0.56-0.64	0.1	0%	0	0.00	0.01			
			Fósforo 0.035	0	0%	0	0.00	0.00			
			Azufre 0.04	0	0%	0	0.00	0.00			
			Silicio 1.8- 2.2	0.5	25%	0.125	0.01	0.03			
			Hierro	22.7	100%	22.7	1.26	1.26			

Compresor 1/2

X

C09	Cámara de compresión	Acero martensítico inox con partes cubiertas								
		0,10% a 0,50% Carbono	0.1	0%	0	0.00	0.01	1.35	1.20	0.01
		11,0% Cromo	2.7	0%	0	0.00	0.15			
		Hierro	21.6	100%	21.6	1.20	1.20			
C08	Válvula	Acero martensítico	0.1	100%	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
		0,10% a 0,50% Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
		11,0% Cromo	0	0%	0	0.00	0.00			
C07	Válvula	Acero martensítico	0.1	100%	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
		0,10% a 0,50% Carbono	0	0%	0	0.00	0.00			
		11,0% Cromo	0	0%	0	0.00	0.00			
C06	Manguera	Cobre (cubierto?)	33	50%	16.5	0.92	1.83	1.83	0.92	0.02
C05	Complemento de cámara de compresión	Cobre	0	50%	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
		Acero austenítico								
		0,02% a 0,25% Carbono	1	0	0	0.00	0.03	11.79	6.10	0.13
		17,0% a 26,0% Cromo	55	0	0	0.00	3.07			
		7,0% a 22,0% Níquel	47	0	0	0.00	2.60			
		Hierro	110	100%	109.9	6.10	6.10			
C04	Manguera	Cobre (cubierto)	23	50%	11.5	0.64	1.28	1.28	0.64	0.01
CM03	3 Resorte de soporte	Acero AISI 92 61						1.18	1.14	0.01
		Manganeso 0.75-1.00	0.2	50%	0.1	0.01	0.01			
		Carbono 0.56-0.64	0.1	0%	0	0.00	0.01			
		Fósforo 0.035	0	0%	0	0.00	0.00			
		Azufre 0.04	0.1	0%	0	0.00	0.01			
		Silicio 1.8- 2.2	0.5	25%	0.125	0.01	0.03			
		Hierro	20.4	100%	20.4	1.13	1.13			
C03	Acoplamiento de motor-compresor	0,02% a 0,25% Carbono	2	0	0	0.00	0.11	41.34	21.39	0.53
		17,0% a 26,0% Cromo	194	0	0	0.00	10.75			
		7,0% a 22,0% Níquel	164	0	0	0.00	9.09			
		Hierro	386	100%	385.5	21.39	21.39			
						53.69	100.00			
		Total Compresor	1802.1		967.5	53.69	100.00	100.00	53.69	2.16

Compresor 2/2

Contención										
C01	Carcaza inferior	Acero austenítico								
		0,02% a 0,25% Carbono	4	0	0	0,00	0,16	63,85	33,03	0,95
		17,0% a 26,0% Cromo	432	0	0	0,00	16,59			
		7,0% a 22,0% Níquel	366	0	0	0,00	14,04			
		Hierro	860	100%	860,1	33,03	33,03			
		Pintura plomo	1	0	0	0,00	0,04			
C02	Carcaza superior	Acero austenítico					0,00	32,25	16,67	0,39
		0,02% a 0,25% Carbono	2	0	0	0,00	0,08			
		17,0% a 26,0% Cromo	218	0	0	0,00	8,37			
		7,0% a 22,0% Níquel	185	0	0	0,00	7,09			
		Hierro	434	100%	434,2	16,67	16,67			
		Pintura plomo	1	0	0	0,00	0,04			
C18	Toma de entrada	PBT	53,23	0%	0	0,00	2,04	2,04	0,00	0,02
CM04	3 Cubierta de soporte	PBT	2,1	0%	0	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00
C19	Empaque de las válvulas	Material desconocido	1	25%	0,25	0,01	0,04	0,04	0,01	0,00
CM05	4 Empaque	Poliuretano?	45,2	25%	11,3	0,43	1,74	1,74	0,43	0,02
Total Contención			2604,33		1305,9	50,14	100,00	100,00	50,14	2,01
Compuestos inorgánicos										
CM06	Aceite	RL10H	268,52	25%	67,13	2,58	10,31	10,31	2,58	0,11
CM07	Refrigerante	R134A	455	50%	0					
Total Compuestos inorgánicos			723,52		67,13	2,58	10,31	10,31	2,58	0,11

Ciclicidad

Parte	Material	Peso Parte [g]	PMOR	PMAR	A	B	PROM A,B	C
Embobinado	Cobre	657	0%	100%	0	657	328.5	
Estator de Motor	Aluminio	106.2	0%	100%	0	106.2	53.1	
	Acero Inoxidable Ferrítico	424.8	0%	100%	0	424.8	212.4	
	Total	531.1	0%	100%	0	531.1	265.55	
Cables Soldadura	Cobre	2.9	0%	100%	0	2.9	1.45	
	Estaño	0.5	0%	100%	0	0.5	0.25	
Núcleo Ferromagnético	Acero Inoxidable Ferrítico	1591	0%	100%	0	1591	795.5	
3 Zapatas	Acero Martensítico	0.9	0%	100%	0	0.9	0.45	
Recubrimientos Plásticos	PE	18.8	0%	100%	0	18.8	9.4	
Parte del Embobinado	Nylon	5	0%	100%	0	5	2.5	
Recubrimiento de Cables	Nylon	2.92	0%	100%	0	2.92	1.46	
Conector	PBT	4.4	0%	50%	0	2.2	1.1	
Total del Motor		3345.52	0%	95%	0	2812.32	1406.16	42.0311%
Muñón Interno del Pistón	Acero Austenítico	29.9	0%	100%	0	29.9	14.95	
Pistón	Acero Austenítico	65.9	0%	100%	0	65.9	32.95	
4 Pernos	Acero Austenítico	33.2	0%	100%	0	33.2	16.6	
2 Pernos	Acero Galvanizado	9.3	0%	100%	0	9.3	4.65	
Pernos	Acero Galvanizado	4.2	0%	100%	0	4.2	2.1	
Soporte de la Carcasa	Acero Austenítico	61.3	0%	100%	0	61.3	30.65	
4 Pernos	Acero Galvanizado	26.6	0%	100%	0	26.6	13.3	
Flecha/Leva	15% Cobre	33.7	0%	100%	0	33.7	16.85	
	Acero Austenítico	191	0%	100%	0	191	95.5	
	Total	224.7	0%	100%	0	224.7	112.35	
Cámara del Pistón	Acero Austenítico	271.7	0%	100%	0	271.7	135.85	
Válvula	Acero Martensítico	1.5	0%	100%	0	1.5	0.75	
2 Cubiertas de Manguera	Acero AISI 9261	23.6	0%	100%	0	23.6	11.8	
Cámara de Compresión	Acero Martensítico Inoxidables	24.4	0%	100%	0	24.4	12.2	
Válvula	Acero Martensítico	0.1	0%	100%	0	0.1	0.05	
Válvula	Acero Martensítico	0.1	0%	100%	0	0.1	0.05	
Manguera	Cobre	33	0%	100%	0	33	16.5	
Complemento de la cámara de Compresión	Cobre	0.2	0%	100%	0	0.2	0.1	
	Acero Austenítico	212.7	0%	100%	0	212.7	106.35	
Manguera	Cobre	23	0%	100%	0	23	11.5	
3 Resortes de Soporte	Acero AISI 9261	21.3	0%	100%	0	21.3	10.65	
Acoplamiento del Motor del Compresor	Acero Austenítico	745	0%	100%	0	745	372.5	
Carcasa Inferior	Acero Austenítico	1662	0%	100%	0	1662	831	
Carcasa Superior	Acero Austenítico	839	0%	100%	0	839	419.5	
Toma de Entrada (Conector)	PBT	53.23	0%	50%	0	26.615	13.3075	
3 Cubiertas del Soporte	PBT	2.1	0%	50%	0	1.05	0.525	
Empaque de Válvulas	Cartón	1	0%	100%	0	1	0.5	
4 Empaques	Poliuretano	45.2	0%	50%	0	22.6	11.3	
Adaptador	PE	40.5	0%	100%	0	40.5	20.25	
Capacitor	Electrónico	44.2	0%	50%	0	22.1	11.05	
Aceite	SAE 30	455	0%	50%	0	227.5	113.75	
		4953.93	0%	92%	0	4654.065	2327.0325	46.9735%
Total del Compresor								
		8299.45	0%	93%	0	7466.385	3733.1925	44.9812%

Beneficio Social

Tema y pregunta	si	no	no se / aveces	calificación
Empleo de menores				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	83%	17%		75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	66%		33%	
Labores forzadas				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	66%	17%	17%	
Salud y seguridad				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	50%		50%	
Derecho de asociación y negociación				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			50
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	33%	17%	50%	
No discriminación:				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	66%	17%	17%	25
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	33%	33%	33%	
Prácticas disciplinarias				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	100%			50
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	50%	17%	33%	
Horas de trabajo:				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	66%	33%		25
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	33%	66%		
Compensación				
¿La organización está al corriente y respeta la regulación del tema?	83%	17%		75
¿Las prácticas se adecuan a las leyes?	83%	17%		
				56.25 Total

Anexo III

Análisis por Criterios y Herramientas Computacionales “Puerta FZ”

Donaldo Alejandro Zapata Cervantes

Lista de Partes Puerta FZ

Puerta FZ		Región Europa									
Componentes											
#	Componente	Cantidad	Material	Peso [g]	Forma de Manufactura	Fin de Vida					
1	Remate Sup. FZ	1	ABS SPEC A17B24A1	218.8	MOLDEADO POR INYECCIÓN	LANDFILL					
2	Inserto Jaladera	1	ABS SPEC A17B24A2	45.1	MOLDEADO POR INYECCIÓN	LANDFILL					
3	Base Jaladera	1	ABS SPEC A17B24A3	86.75	MOLDEADO POR INYECCIÓN	LANDFILL					
4	TORN. 8-32	4	SAE 1018 PER B4B2G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINCELECTROPLATE BLUE CRHOMATE SPEC F50LES	5.7	ESTAMPADO Y ROSCADO	RECICLADO					
5	Contra Jaladera	3	SPEC B8A4C2	10	MOLDEADO POR INYECCIÓN	LANDFILL					
6	Placa Emblema	1	ALUMINUM SPEC B12B1A/ADHESIVE	2.78	ESTAMPADO	RECICLADO					
7	Pegamento Emblema	1	CREPE PAPER (MASKING) SPEC A50LE25A	3.55	SINTÉTICO	BIODEGRADABLE					
8	PTA.FZ.DOB (Lámina)	1	PREPAINTED GALV STEEL MINIMUM SPANGLE G30	1650	LAMINADO	RECICLADO					
9	Espuma Puerta FZ	1	POLIURETANO. ISOCIANATO POLIMERICO CATALIZADOR JEFFCAT Z-83. POLIOL RUBITHERM WA16414 AGENTE ESPUMANTE 141B DUPONT GENETRON 22 (R-22)	850	ESPUMAGEADO	LANDFILL					
10	Liner	1	HIPS SPEC 0090102 (STYRON A-TECH 1170)	650	MOLDEADO POR TERMOFORMADO	LANDFILL					
11	Sello Magnético	1	PVC SPEC A50LE24D (ADD 0.75% OF COMPOUND KENAMIDE "E")	500	MOLDEADO POR EXTRUSION	LANDFILL					
12	TORNILLO HI - FAST	3	SAE 1018 SPEC B42G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINC ELECTROPLATE BLUE CHROMATE SPEC F50LES	15.5	ESTAMPADO Y ROSCADO	RECICLADO					
13	TOPE PUERTA FZ	1	ACETALIC RESINE SPEC A17B36B1	7.21	INYECCIÓN	LANDFILL					
14	Buje Bisagra	1	ACETAL A17B36B1	1	INYECCIÓN	RECICLADO					
15	Remate Intermedio	1	ABS SPEC A17B24A3	191.3	MOLDEADO POR INYECCIÓN	LANDFILL					

Criterio: Toxicidad

#	Componente	Cantidad	Material	Peso [g]	Toxicidad [%]	TTW	Toxicidad
1	Remate Sup. FZ	1	ABS SPEC A17B24A1	218.8	16.66667	0.856288	21.81322
2	Inserto Jaladera	1	ABS SPEC A17B24A2	45.1	16.66667	0.176502	
3	Base Jaladera	1	ABS SPEC A17B24A3	86.75	16.66667	0.339502	
4	TORN.8-32	4	SAE 1018 PER B4B2G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINC ELECTROPLATED BLUE CRHOMATE SPEC F50LE5	5.7	0	0	
5	Contra Jaladera	3	SPEC B8A4C2	30	100	0.704442	
6	Placa Emblema	1	ALUMINUM SPEC B12B1A/ADHESIVE	2.78	100	0.065278	
7	Pegamento Emblema	1	CREPE PAPER (MASKING) SPEC A50LE25A	3.55	100	0.083359	
8	PTA.FZ.DOB (Lámina)	1	PREPAINTED GALV STEEL MINIMUM SPANGLE G30	1650	0	0	
9	Espuma Puerta FZ	1	POLIURETANO. ISOCIANATO POLIMERICO CATALIZADOR JEFFCAT Z-83. POLIOL RUBITHERM WA16414	850	25	4.989797	
			AGENTE ESPUMANTE 141B DUPONT GENETRON 22 (R-22)	---	50	9.979595	
10	Líner	1	HIPS SPEC 0090102 (STYRON A-TECH 1170)	650	25	3.815727	
11	Sello Magnético	1	PVC SPEC A50LE24D (ADD 0.75% OF COMPOUND KENAMIDE "E")	500	0	0	
12	TORNILLO HI - FAST	3	SAE 1018 SPEC B42G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINC ELECTROPLATE BLUE CHROMATE SPEC F50LE5	15.5	0	0	
13	TOPE PUERTA FZ	1	ACETALIC RESINE SPEC A17B36B1	7.21	25	0.042325	
14	Buje Bisagra	1	ACETAL A17B36B1	2	25	0.011741	
15	Remate Intermedio	1	ABS SPEC A17B24A3	191.3	16.66667	0.748665	
			Total	4258.69			
ABS				Carcinogénico [%]	Salud Humana [%]	Toxicidad Criterio [%]	Prom Carc y Salud [%]
Se sospecha que el Acrilonitrilo es carcinógeno y causa irritación en el sistema respiratorio o ampulas en la piel.				25	50	25	29.16667
El 1,3 butadieno es carcinógeno y causa dolor de cabeza y sequedad en la piel.				0	50	0	
El estireno es sospechoso de generar cáncer en humanos y puede afectar el sistema nervioso en humanos.				25	25	25	
				16.66667	41.66667	16.66667	
SAE 1018 PER B4B2G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINC ELECTROPLATED BLUE CRHOMATE SPEC F50LE5							
El cromato de zinc es un compuesto formado por Cromo VI, está catalogado como carcinógeno en humanos y animales				0	50	0	25
ALUMINUM SPEC B12B1A/ADHESIVE							
El Aluminio en grandes cantidades puede generar enfermedades del cerebro y huesos y evitan la absorción de fosfato				100	100	100	100
POLIURETANO. ISOCIANATO POLIMERICO CATALIZADOR JEFFCAT Z-83. POLIOL RUBITHERM WA16414							
Isocianato				100	50	50	50
Poliol: Los polioles se generan principalmente del oxido de propileno, y este es considerado un carcinógeno ocupacional				0	0	0	
				50	25	25	
AGENTE ESPUMANTE 141B DUPONT GENETRON 22 (R-22)							
Cloro-Difluorometano				100	50	50	75
ACETAL				---	---	25	---
POLIESTIRENO				50	50	25	50
El estireno se considera un posible carcinógeno humano, afecta a los animales y en menor medida a humanos.							
PVC							
Vinyl Chloride, es considerado un carcinógeno, genera daños al corazón, al desarrollo en fetos, daño hepático y al sistema inmune				0	0	0	0
Tómese en cuenta que al no tener los compuestos del galvanizado, se consideró de zinc, el proceso generalmente se lleva a cabo con cromato de zinc y de ahí la calificación							

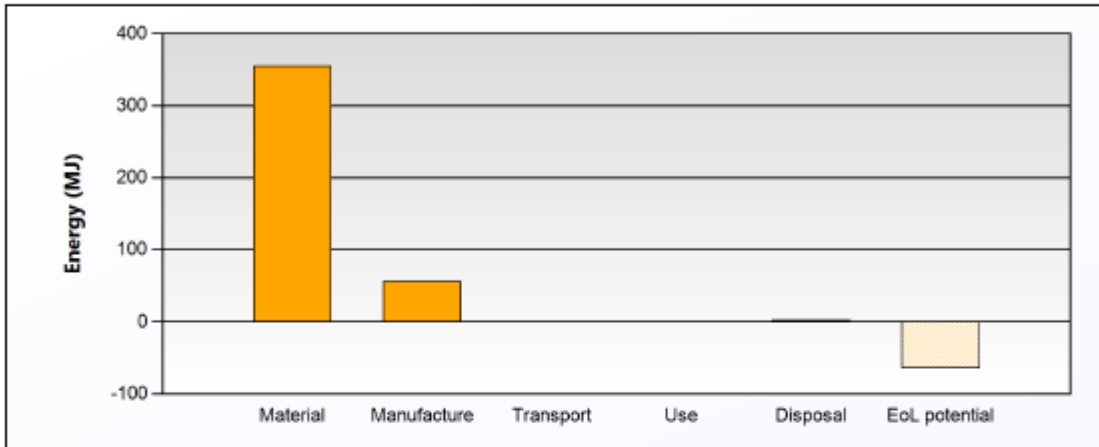
Ciclicidad

PUERTA FZ MX															
#	Componente	Cantidad	Material	Peso [g]	Fin de Vida	MFRS	MFRS*Pes	MTBR	MTBR*Pe	Ciclicidad					Total
1	Remate Sup. FZ	1	ABS SPEC A17B24A1	218.8	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					19.76%
2	Inserto Jaladera	1	ABS SPEC A17B24A2	45.1	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
3	Base Jaladera	1	ABS SPEC A17B24A3	86.75	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
4	TORN. 8-32	4	SAE 1018 PER B4B2G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINCELECTROPLATE BLUE CRHOMATE SPEC F50LE5	5.7	RECICLADO	0%	0	100%	0%	0.067%					
5	Contra Jaladera	3	SPEC B8A4C2	10	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
6	Placa Emblema	1	ALUMINUM SPEC B12B1A/ADHESIVE	2.78	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
7	Pegamento Emblema	1	CREPE PAPER (MASKING) SPEC A50LE25A	3.55	BIODEGRADABLE	0%	0	100%	0%	0.042%					
8	PTA.FZ.DOB (Lámina)	1	PREPAINTED GALV STEEL MINIMUM SPANGLE G30	1650	RECICLADO	0%	0	100%	39%	19.468%					
9	Espuma Puerta FZ	1	POLIURETANO. ISOCIANATO POLIMERICO CATALIZADOR JEFFCAT Z-83. POLIOL RUBITHERM WA16414	850	INCINERADO	0%	0	0%	0%	0.000%					
			AGENTE ESPUMANTE 141B DUPONT GENETRON 22 (R-22)					0	0%	0.000%					
10	Liner	1	HIPS SPEC 0090102 (STYRON A-TECH 1170)	650	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
11	Sello Magnético	1	PVC SPEC A50LE24D (ADD 0.75% OF COMPOUND KENAMIDE "E")	500	INCINERADO	0%	0	0%	0%	0.000%					
12	TORNILLO HI - FAST	3	SAE 1018 SPEC B42G1/FINISH CHROMATE COATING ON ZINC ELECTROPLATE BLUE CHROMATE SPEC F50LES	15.5	RECICLADO	0%	0	100%	0%	0.183%					
13	TOPE PUERTA FZ	1	ACETALIC RESINE SPEC A17B36B1	7.21	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
14	Buje Bisagra	1	ACETAL A17B36B1	1	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
15	Remate Intermedio	1	ABS SPEC A17B24A3	191.3	LANDFILL	0%	0	0%	0%	0.000%					
				4237.69											

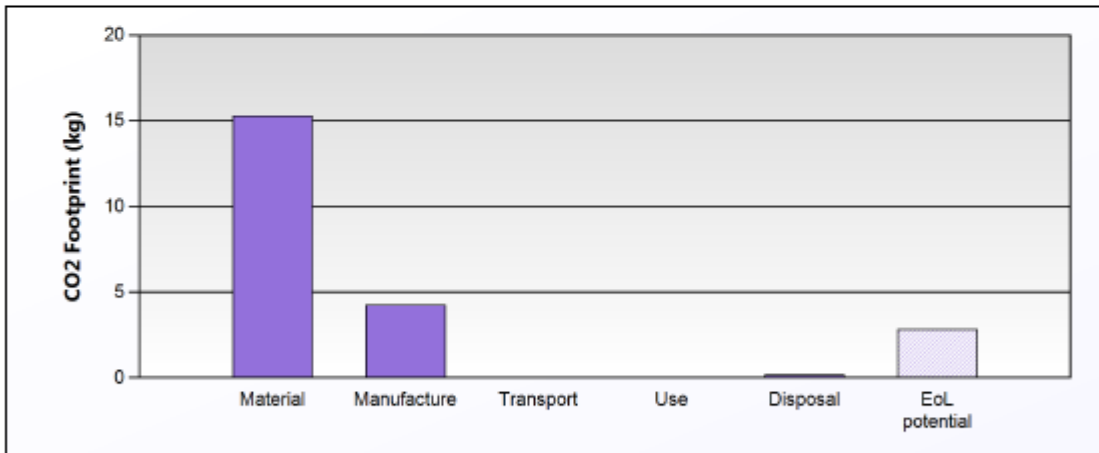
Product Name

Product Life (years) 1

Energy and CO2 Footprint Summary:



[Energy Details...](#)



[CO2 Details...](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	354	85.8	15.3	77.5
Manufacture	55.8	13.5	4.25	21.5
Transport	0	0.0	0	0.0
Use	0	0.0	0	0.0
Disposal	2.75	0.7	0.192	1.0
Total (for first life)	413	100	19.7	100
End of life potential	-64.3		2.82	

Puerta FZ 2012-1 Real

Description

The concept description has not been provided.

Impacts per functional unit **520** mPts per 1 year of use

Total amount of service delivered during the lifetime of the product 1 x 1 year of use
The 24 hrs. of the day

Impacts of total service delivered 520 mPts

Assessment level Estimate

Methodology SM 2011

Greatest impacts

SBOM input Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S

Impact category Human Toxicity

Life cycle stage End of life

This concept: [Edit overview](#) [Copy](#)

Declare as: [Final](#)

Created: January 2, 2013



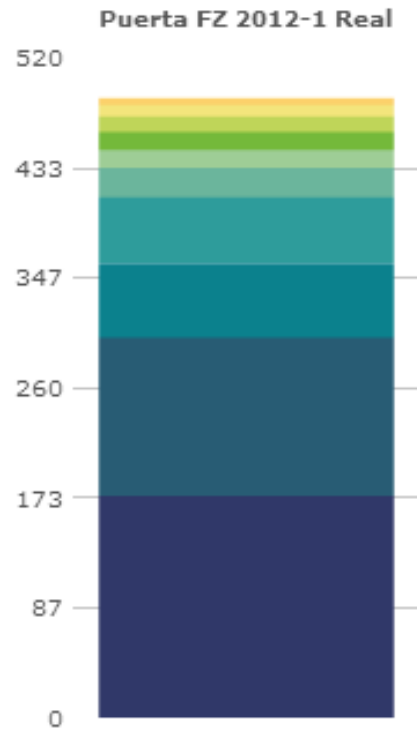
Total impacts by impact category



Impact category	%
Ecological damage	
Acidification	0.01
Ecotoxicity	14.31
Global Warming	0.07
Ozone Depletion	0
Water Eutrophication	0.03
Resource depletion	
Fossil Fuel	0.03
Human health damage	
Human Respiratory	0.02
Human Carcinogens	31.48
Human Toxicity	54.08
Smog	0.01

Impactos SM

Reference



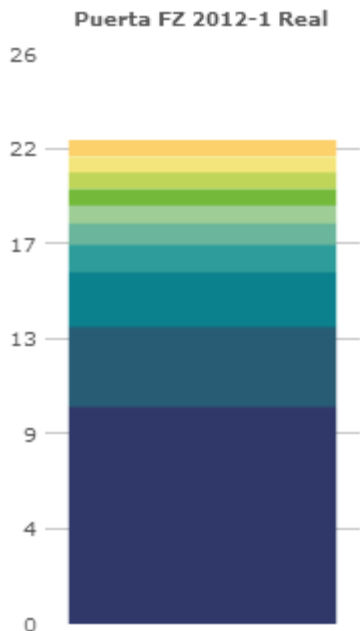
Total = 520mPts/func unit

Input	mPts/func unit
EOL - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS): Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	175
Material - Steel, stainless	125
EOL - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS): Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	59.0
EOL - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS): Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	51.6
EOL - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS): Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	23.4
Process - Steel, stainless: Sheet rolling, stainless steel	14.2
Material - Polyvinyl chloride (PVC)	14.1
EOL - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS): Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	12.2
Material - Polyurethane foam, rigid (PU)	9.19
EOL - Polyvinyl chloride (PVC): Disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to sanitary landfill/CH S	5.51

Input	mPts/func unit
EOL - Liner: Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	175
Material - Carcasa Puerta	125
EOL - Moldura Superior: Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	59.0
EOL - Moldura Inferior: Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	51.6
EOL - Manija Contacto: Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	23.4
Process - Carcasa Puerta: Sheet rolling, stainless steel	14.2
Material - Sello	14.1
EOL - Manija Tapa: Disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill/CH S	12.2
Material - Espuma Aislante	9.19
EOL - Sello: Disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to sanitary landfill/CH S	5.51

Huella de Carbono SM

Reference



Total = 26 CO₂ eq. kg/func unit

Input	CO ₂ eq. kg/func unit
Material - Steel, stainless	9.89
Material - Polyurethane foam, rigid (PU)	3.67
Material - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	2.48
Process - Steel, stainless: Sheet rolling, stainless steel	1.25
Material - Polyvinyl chloride (PVC)	0.982
Material - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	0.835
Process - Polyurethane foam, rigid (PU): Foaming, expanding	0.755
Material - Polystyrene, general purpose (GPPS)	0.741
Material - Polystyrene, general purpose (GPPS)	0.740
Material - Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	0.730

Input	CO ₂ eq. kg/func unit
Material - Carcasa Puerta	9.89
Material - Espuma Aislante	3.67
Material - Liner	2.48
Process - Carcasa Puerta: Sheet rolling, stainless steel	1.25
Material - Sello	0.982
Material - Moldura Superior	0.835
Process - Espuma Aislante: Foaming, expanding	0.755
Material - Compartimento Superior	0.741
Material - Compartimento Inferior	0.740
Material - Moldura Inferior	0.730

Total de Impactos durante el Ciclo de Vida SM

Impacts by life cycle stage: Total [mPts/func unit]

