



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERIA MECANICA-DISEÑO MECANICO

DISEÑO SUSTENTABLE PARA UNA AUTOCLAVE

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

PRESENTA:  
MINERVA MARIANA CRUZ JIMENEZ

TUTOR PRINCIPAL  
Dr. MARCELO LOPEZ PARRA  
FACULTAD DE INGENIERIA

MÉXICO, D. F. OCTUBRE 2014

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DR. MARCELO LÓPEZ PARRA

Secretario: DR. SAÚL SANTILLÁN GUTIÉRREZ

Vocal: DR. MAGDALENA TRUJILLO BARRAGÁN

1<sup>er.</sup> Suplente: DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH

2<sup>d o.</sup> Suplente: ADRIAN ESPINOZA BAUTISTA

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Querétaro, Qro.

**TUTOR DE TESIS:**

DR. MARCELO LÓPEZ PARRA

-----  
**FIRMA**

## RESUMEN

Actualmente la sustentabilidad es un tema de uso cotidiano, dado las normas que se han creado para disminuir el CO<sub>2</sub> así como tener un balance con los aspectos económicos y sociales.

El presente trabajo reporta los resultados obtenidos del análisis de sustentabilidad efectuado en una autoclave industrial. Para la realización de dicho análisis se utiliza la herramienta de Sustainable Minds (HSM). En la tesis se presentan las características básicas de una autoclave, como son dimensiones, materiales, funcionamiento general, así como los diferentes tipos de autoclaves que existen en el mercado; asimismo, se presentan las especificaciones técnicas de la autoclave que se tomó como base para el análisis. En el trabajo se explica paso a paso el uso de la Herramienta de Sustainable Minds (HSM), se describen las secciones del software que utiliza esta herramienta para determinar la sustentabilidad de un componente. La HSM se aplica posteriormente para evaluar el nivel de sustentabilidad de los componentes de la autoclave industrial.

Finalmente se discute si la HSM es una herramienta confiable y en que parte de un proceso de desarrollo de producto puede ser utilizada y se presentan las conclusiones finales del trabajo realizado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis padres, ya que me dan la alegría y la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mis hermanas y amigos por su apoyo y alegría durante este tiempo.

A mis maestros, gracias por su tiempo, su soporte y por constituir mi formación profesional, en especial al Dr. Marcelo López Parra, por su colaboración, paciencia, y guía en el desarrollo de este proyecto, para llegar a la culminación del mismo.

# INDICE

	Página	
Resumen	i	
Agradecimientos	ii	
Índice	iii	
1	Introducción	4
2	Antecedentes. Tipos y funcionamiento de autoclaves	7
2.1	Definición	7
2.2	Descripción del equipo	7
2.3	Tipos de Autoclaves	12
3	Herramienta de Sustainable Minds	15
3.1	Revisión General	15
3.2	Fabricación	16
3.3	Uso	18
3.4	Fin de etapa de vida (obsolescencia)	21
3.5	Transporte	21
3.6	Valoración para el sistema Autoclave de Aluminio	24
3.7	Valoración para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable	27
3.8	Valoración para el sistema Autoclave de Bronce	29
3.9	Resultado de la evaluación	31
4	Discusión	
5	Conclusiones	
6	Bibliografía y Sitios Web	

# 1.- INTRODUCCIÓN

Hoy en día una de las palabras más sonadas es *Sustentabilidad*, pero cuando la mencionamos, ¿a qué nos referimos exactamente?; normalmente se entiende por sustentabilidad como la capacidad de tener productos verdes, es decir, que proviene de materiales reciclados, esto es parcialmente cierto. La primera vez que se formalizó la palabra Sustentabilidad fue en un documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. La definición fue la siguiente: Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades <sup>[12]</sup>.

Un Producto Sustentable es aquel que ofrece beneficios ambientales, sociales y económicos a la vez que protege la salud pública, el bienestar y el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final del producto, esto es las llamadas 3 P's en idioma Inglés: *People, Planet, Profit* <sup>[13]</sup>. Asimismo, podemos afirmar que los productos sustentables también integran las siguientes características y beneficios:

- Ecológicos. Que representan el estado natural (físico) de los ecosistemas, los cuales no deben ser degradados sino mantener las características principales que son esenciales para su supervivencia a largo plazo.
- Económicos. Debe promoverse una economía productiva auxiliada por el know-how de la infraestructura moderna, la que debe proporcionar los ingresos suficientes para garantizar la continuidad en el manejo sostenible de los recursos.
- Sociales. Los beneficios y costos deben distribuirse equitativamente entre los distintos grupos, etc <sup>[14]</sup>.

La definición está dada pero ¿por qué no surgen más productos sustentables?, una de las razones es la complejidad para integrar los 3 enfoques de diseño sustentable, además el determinar indicadores que midan objetivamente la sustentabilidad de un objeto.

Actualmente se cuenta con diferentes fuentes que ayudan a determinar la sustentabilidad de un producto, pero que tan fiable pueden ser, es decir, en internet circula gran cantidad de información y se crean nuevas empresas que ofrecen diversos análisis de sustentabilidad constantemente por lo que no podríamos decir con certeza que la utilización de tales fuentes sea lo más indicado.

La herramienta que utilizaremos para nuestro caso de estudio, el cual es el diseño sustentable de una Autoclave será el software creado por la empresa Estadounidense Sustainable Minds, LLC, el cual se integró con la ayuda de conocimiento de diseño de producto, evaluación del ciclo de vida ambiental y diseño de sistemas con experiencia en diseño web basado en software de negocios, y la experiencia del cliente. Dicho sistema es confiable y ampliamente utilizado por empresas y universidades desde año 2008.

El diseño y la fabricación de recipientes a presión están normados por la ASME, a través de la sección VIII de su código. Normalmente los cálculos se basan en el criterio de resistencia y deformación mecánica de los componentes del cilindro y cabezas (tapa y fondo), esto es, se realiza el diseño mecánico sin tomar en cuenta aspectos de sustentabilidad. En el presente trabajo se toman por lo tanto tres de los componentes más importantes de una autoclave de vapor típica: el cuerpo (cilindro), la bisagra de la tapa y el fondo-cuerpo; como se ilustran en la fig. 1, y se realiza un análisis comparativo utilizando criterios de sustentabilidad.



Figura 1. Elementos que se analizarán con la Herramienta de Sustainable Minds

Algunos aspectos importantes a considerar, dentro del marco de la herramienta de *Sustainable Minds*, son los siguientes:

- Un producto sustentable es “incluyente”. La mayoría de las personas deben beneficiarse y tener acceso a él.
- Un producto sustentable crea valor en el consumidor y productor. Cliente o consumidor deben reconocer su valor, no sólo porque es amigable con el medio ambiente, sino también porque se identifican con él, es visualmente atractivo, evoca asociaciones positivas, en general cumple adecuadamente sus funciones (técnicas, estéticas, sociales y económicas), se vende bien, es fácil de producir, etc.
- El diseño sustentable es metodológico. Un producto sustentable no es accidental, tampoco se basa exclusivamente en el ‘genio’ del diseñador. Su implementación es metodológica, dicha metodología(s) debe evaluarse y validarse su efectividad. Algunos diseñadores creen que sólo usar materiales renovables hace a un producto sustentables, en realidad, sólo crean productos amigables con el medio ambiente, lo cual es un medio, no un fin.
- El diseño sustentable está en constante evolución. Este enfoque es relativamente nuevo y por lo tanto no hay nada definido. Si bien se han tratado de determinar principios, estos generalmente no han sido validados y comprobado su efectividad. Es de suma importancia, por lo tanto, tener presente que este enfoque está en constante evolución y no hay reglas fijas.
- El diseño sustentable es multidisciplinario. La complejidad de los problemas ambientales merece que los diseñadores trabajen conjuntamente con especialistas sobre el tema y así tratar de garantizar la creación de objetos sustentables.

- El diseño sustentable es crítico. Los diseñadores que abogan por este enfoque son críticos y estimulan la discusión y esparcimiento del enfoque. Es común encontrar libros de 'diseño verde' que sólo presentan productos manufacturados de madera, cartón o plástico reciclado, soluciones simples para un mundo complejo. Es vital cuestionar esas propuestas para evitar el estancamiento del diseño sustentable <sup>[11]</sup>.

Con base en lo anterior, la autora del presente trabajo presenta la utilización de la herramienta de análisis de Sustainable Minds, realiza su aplicación a la mejora del diseño de los componentes de una autoclave, discute las desventajas y desventajas de realizar el análisis sustentable con dicha herramienta y propone soluciones alternativas al problema de incorporar atributos de diseño sustentable a un producto como lo es una autoclave industrial.

## 2.- TIPOS DE AUTOCLAVES Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE SU FUNCIONAMIENTO



Figura 2. Autoclave industrial

### 2.1 Definición de Autoclave

Una autoclave es un recipiente metálico con cierre hermético. La forma en la que trabaja la autoclave es por medio de alta presión lo que permite que la temperatura del agua exceda el punto de ebullición, originando la coagulación de las proteínas de los microorganismos de los objetos que son depositados en el interior de la autoclave. Al coagular las proteínas esenciales para la vida y la reproducción de los microorganismos se destruyen <sup>[15]</sup>.

### 2.2 Descripción del equipo

La descripción de la autoclave utilizada para el análisis de sustentabilidad realizado en este trabajo se presenta a continuación. Se describe el equipo en el siguiente orden:

- Características generales
- Dimensiones generales
- Aplicaciones
- Características técnicas
- Descripción del proceso
  - Diagrama general
  - Venteo
  - Calentamiento
  - Esterilización
  - Pre-enfriamiento
  - Enfriamiento
  - Drenado <sup>[B1]</sup>

### Características generales

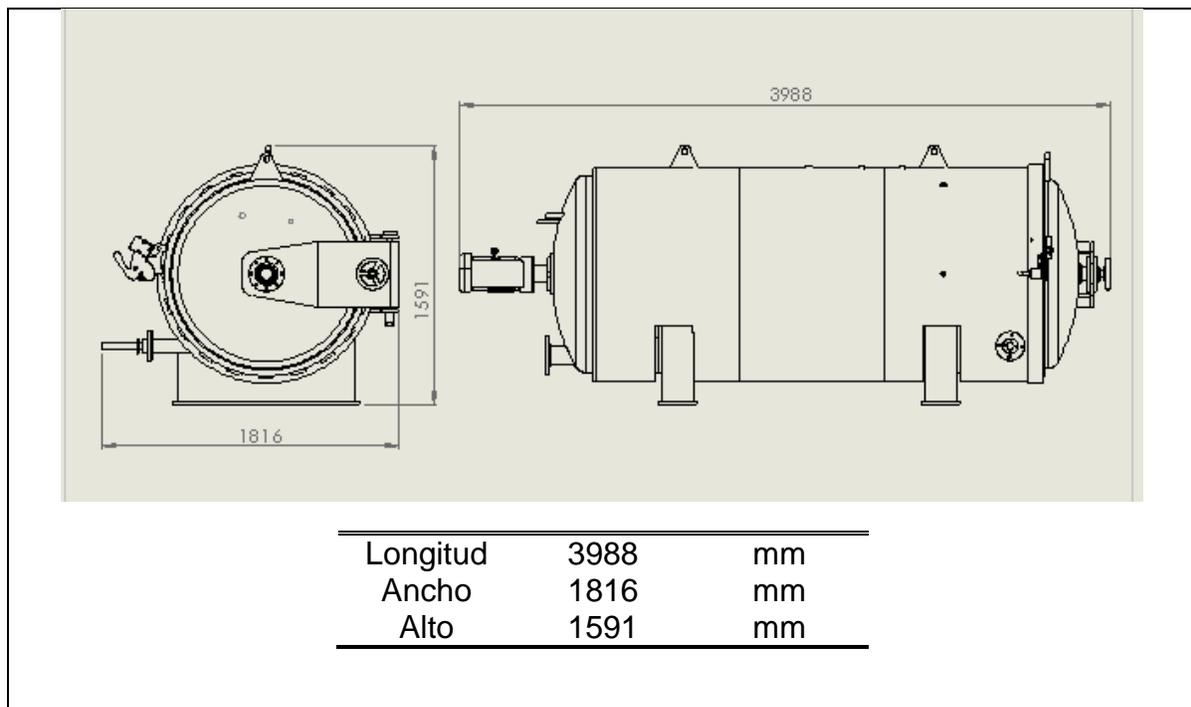
En la fig. 2 se muestran las características generales de una autoclave.

<b>Designación General</b>		<b>Autoclave Cilíndrica Horizontal</b>
<b>Modelo</b>	<b>1200-3</b>	
<b>Proceso</b>	Vapor - Aire	
Diámetro nominal	1200	mm
Capacidad	3	Canastillas
Capacidad	1785	Kg
Consumo vapor	240	Kg/ciclo
Consumo de agua	4230	L/ciclo

*Figura 3. Características generales de una autoclave horizontal*

### Dimensiones generales

Las dimensiones generales de una autoclave se muestran en la fig. 3.



*Figura 4. Dimensiones Generales de la autoclave analizada*

## Aplicaciones

Esta autoclave está diseñada principalmente para esterilización de alimentos envasados en empaques rígidos y flexibles. Los envases empleados en este proceso deben soportar la temperatura y presión de trabajo y choques térmicos fluctuantes. No debe usarse este equipo con material flamable o colapsable <sup>[B1]</sup>.

## Características técnicas

Potencia eléctrica total instalada: 14 KW, 440 V a 60 Hz

Consumo de Aire comprimido: 160 m<sup>3</sup> / hr normales de aire seco a 5 bar

Consumo de Vapor: 1500 kg/hr de vapor a 5 bar de presión máxima y 158°C Max

Consumo de Agua de proceso: 20 m<sup>3</sup> / hr de agua potable a 5bar máx.

Consumo de Agua de enfriamiento: 30 m<sup>3</sup> de agua a 5 bar máx.

Peso del equipo en vacío: 1 620 kg <sup>[B1]</sup>

## Descripción del proceso

El proceso esterilización en la autoclave se realiza siguiendo estas 6 fases principales: venteo, calentamiento, esterilización, pre-enfriamiento, enfriamiento y drenado. A continuación se muestra el diagrama general del equipo para tener un mejor entendimiento del proceso y posteriormente se explica cada una de sus fases de operación: venteo, calentamiento, esterilización, pre-enfriamiento, enfriamiento y drenado

- Diagrama general del equipo

El diagrama de una autoclave se muestra en la siguiente figura (4).

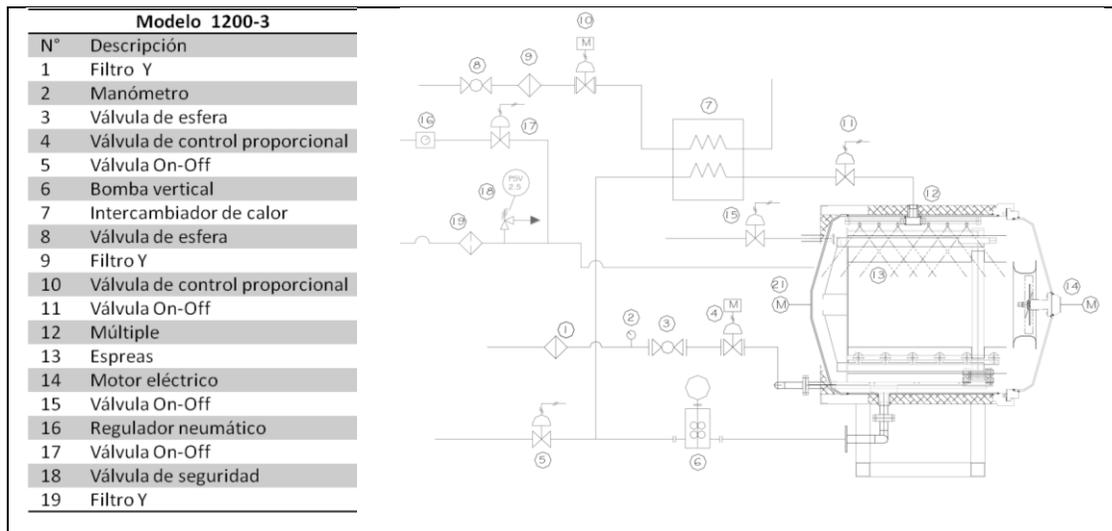


Figura 5. Diagrama general de una autoclave modelo 1200-3

- Venteo

Esta fase inicial es muy importante en la operación de una autoclave porque mejora la homogeneidad de temperatura entre los productos.

Es importante, de hecho, sacar todo cuanto sea posible el aire contenido en al autoclave al inicio del ciclo y reemplazar este volumen de aire con vapor, de esta forma la se mejora la transferencia de calor entre el vapor y los productos contenidos en el autoclave.

Esta función se lleva a cabo al mismo tiempo que se abre la válvula que regula la admisión de vapor y la válvula que hace la purga inicial de la autoclave.

Para mejorar aún más la homogeneidad durante esta fase, el ventilador agita la atmósfera dentro de la autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Calentamiento

Esta es la fase en la que la temperatura se incrementa para alcanzar el valor de referencia de esterilización a un incremento controlado. Este incremento es llamado gradiente o rampa, y se determina de acuerdo a las características del producto y del empaque.

Esta fase se lleva a cabo cuando la válvula que regula la admisión de vapor se abre y se cierra al llegar a la referencia, durante el tiempo determinado por el programa.

La presión se incrementa hasta que la presión dentro del empaque sea igual a la presión dentro de la autoclave. Para asegurar la homogeneidad durante esta fase, el ventilador agita la atmosfera en la autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Esterilización

La temperatura de la autoclave es controlada por la válvula de admisión de vapor y en paralelo por pequeñas inyecciones de aire comprimido a través de la válvula, provocando que la presión dentro de la autoclave se incremente.

El propósito de esta presión es compensar las variaciones de presión dentro de la autoclave, que cambian de acuerdo con el aumento de la temperatura del producto, para garantizar que los envases no pierdan su forma.

Para asegurar la homogeneidad durante esta fase, el ventilador agita la atmosfera dentro de la autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Pre-Enfriamiento

Esta es una fase de transición entre la esterilización y el enfriamiento, pero a pesar de la preparación de la autoclave para el proceso de enfriamiento, el proceso de esterilización continua en el interior del empaque.

El propósito principal del pre-enfriamiento es reemplazar el vapor dentro del autoclave con una cantidad de aire comprimido, de modo que el proceso de enfriamiento se realice sin problemas, sin causar la caída súbita de presión que

podría ocurrir si el agua se bombea desde el fondo de la autoclave y se rocía directamente sobre los empaques.

El siguiente objetivo es incrementar la cantidad de agua dentro de la autoclave para que la bomba se pueda usar en el proceso de enfriamiento.

Una pequeña cantidad de agua se introduce a la autoclave a través de una válvula, esta operación combinada con la acción del ventilador provoca que el vapor se condense.

Esta condensación causa a su vez que la presión en la autoclave caiga. Esta pérdida de presión se controla automática y coordinadamente por la introducción de aire comprimido a través de la válvula para mantener estable la presión dentro del dispositivo <sup>[B1]</sup>.

- Enfriamiento

El intercambiador de calor que permite el enfriamiento de la autoclave consiste en dos circuitos completamente separados, uno ligado a la toma general de agua llamado circuito de servicio, y otro conectado a la autoclave el cual es llamado circuito de proceso.

El ventilador se detiene, la bomba de agua toma agua del fondo de la autoclave y la pasa a través del circuito de proceso del intercambiador de calor, asimismo, es rociada sobre los empaques al abrir la válvula

En este momento la válvula de enfriamiento en el circuito de servicio del intercambiador se abre, permitiendo desalojar la energía. Durante esta fase, a causa de la caída de temperatura, la presión en el autoclave se reduce gradualmente a través de la válvula de venteo, permitiendo un balance entre el interior del empaque y el autoclave <sup>[B1]</sup>.

- Drenado

Al final del enfriamiento, el agua es drenada de la autoclave en pocos minutos con ayuda de una bomba. Cuando la autoclave está vacía la válvula se abre y la válvula de drenado permanece abierta. El ciclo se completa y después de revisar la presión en el manómetro la puerta se puede abrir <sup>[B1]</sup>.

## 2.3 Tipos de Autoclaves

Con base en el tipo de aplicación, los cuatro principales tipos de autoclaves existentes son:

- Autoclave de laboratorio
- Autoclave de uso médico
- Autoclave industrial
- Autoclave de materiales compuestos

### Autoclave de laboratorio



Figura 6. Autoclave de laboratorio

Una autoclave de laboratorio es un dispositivo que sirve para esterilizar material de laboratorio. Las autoclaves son ampliamente utilizadas en laboratorios, como una medida elemental de esterilización de material. Aunque cabe notar que, debido a que el proceso involucra vapor de agua a alta temperatura, ciertos materiales no pueden ser esterilizados en autoclave, como el papel y muchos plásticos (a excepción del polipropileno). Cuando la autoclave está destinada a la esterilización de productos sanitarios tiene unos requisitos especiales <sup>[15]</sup>.

### Autoclave de uso médico



Figura 7. Autoclave Médica

Una autoclave de uso médico es un accesorio de los productos sanitarios que permite su esterilización utilizando para ello vapor de agua a alta presión y temperatura.

Como accesorio de un producto sanitario es considerado por la directiva 93/42/EEC [16] como regulado también por la directiva y clasificado independientemente. Así las autoclaves o esterilizadores de uso médico son productos sanitarios de la clase II por regla 15 de anexo IX de la directiva 93/42/EEC.1 [16]. Esta clasificación cambiará al entrar en vigor la modificación de la directiva por la directiva 2007/47/EC [17].

Las autoclaves son ampliamente utilizadas por los fabricantes de productos sanitarios estériles y en las centrales de esterilización hospitalarias, como una medida elemental de esterilización de los productos [15].

### Autoclave Industrial

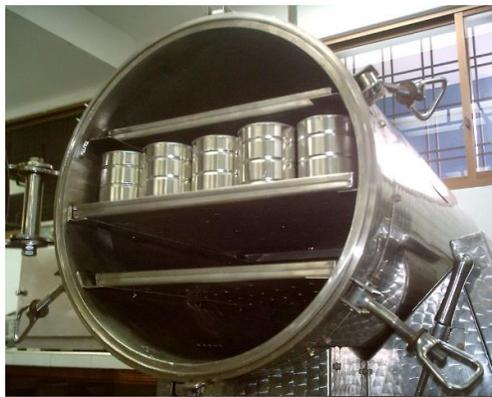


Figura 8. Autoclave Industrial

En el contexto industrial la palabra autoclave se utiliza para referirse a una olla a presión de gran talla, utilizada para cocimiento en procesos industriales.

Algunos usos destacados de las autoclaves industriales son:

- En la industria alimentaria: se utilizan para la esterilización de conservas y alimentos enlatados cuyas características requieren un tratamiento por encima de los 100 grados centígrados.
- En la industria maderera: se utiliza para tratar la madera para construcciones en exterior (pérgolas, porches, etc.) y así protegerla de parásitos.
- En la industria textil: se denominan autoclaves ciertas máquinas utilizadas para el teñido de telas.
- En la industria de los neumáticos: se utilizan para realizar el vulcanizado [15].

## Autoclave para Materiales Compuestos



Figura 9. Autoclave para materiales Compuestos

Una autoclave de materiales compuestos es un recipiente o vasija (normalmente en forma cilíndrica) con un sistema de temperatura y presurización, utilizado para curar y consolidar materiales compuestos.

El tamaño y el diseño de la autoclave depende de la aplicación o, lo que es lo mismo, del tipo de piezas a procesar. Uno de los sectores que más utiliza esta técnica es el aeronáutico, por lo que en ocasiones estos sistemas tienen dimensiones muy grandes.

Los componentes principales de una autoclave de materiales compuestos son:

- Cámara presurizada: Es la vasija propiamente dicha, en la que se introducen los componentes a curar.
- Dispositivos de calentamiento: Son los encargados de conseguir las distintas temperaturas de curado para cada tipo de material introducido.
- Sistema de aplicación de vacío: Es uno de los componentes más importantes en este tipo de autoclaves, ya que es una parte fundamental para el proceso de fabricación de un laminado de material compuesto. Se encarga de la primera compactación del laminado, elimina componentes volátiles de la resina y permite que se aplique presión sobre la pieza a conformar sin que ésta permanezca en contacto con la atmósfera de la autoclave. Consiste en una membrana delgada plástica, no reutilizable, y una serie de elementos que eliminan la cantidad de resina sobrante y consiguen buenos acabados superficiales de la pieza.
- Sistema de control de los parámetros de curado: Asegura en todo momento, mediante sistemas monitorizados, que las condiciones de presión y temperaturas son las adecuadas para el proceso.
- Soporte de los moldes para su introducción en la cámara <sup>[15]</sup>.

### 3.- HERRAMIENTA DE SUSTAINABLE MINDS

La Herramienta de *Sustainable Minds* (HSM) (<http://www.sustainableminds.com>), es un software muy interactivo que, gracias a su facilidad de manejo, se ha generalizado su uso tanto en el ambiente académico como industrial. Para realizar una evaluación con la HSM es necesario contar con la siguiente información de cada uno de los componentes que integran el sistema:

- Definición del producto.
- Tiempo de vida del producto.
- Los materiales y las cantidades usadas, así como su empaquetamiento.
- Proceso de manufactura.
- Energía, agua, combustible y otros materiales o productos que son consumidos durante el uso del producto.
- Conocimiento del proceso seguido para desechar el producto.
- Los diferentes modos de transporte y las distancias en todo el ciclo de vida.

La HSM está organizada en cuatro secciones:

1. Revisión general.
2. Manufactura.
3. Uso.
4. Fin de vida.
5. Transportación.

Con el fin de explicar la aplicación de la HSM al diseño de la autoclave, a continuación se presentan las cuatro secciones aplicadas a la evaluación del componente cilindro, el cual constituye el cuerpo de la autoclave. Se reporta, paso a paso, el uso de la HSM para este componente particular. Al finalizar el capítulo se incluye la tabla comparativa que ilustra la evaluación del sistema autoclave usando diferentes materiales; cabe mencionar que la autora estimó conveniente evaluar solamente tres componentes de una autoclave de vapor típica: el cuerpo (cilindro), la bisagra de tapa y el fondo-cuerpo.

#### 3.1 Revisión General

Para crear un nuevo concepto de solución en la HSM primero se realiza la revisión general del diseño que consiste en establecer el nombre del concepto, descripción y horas de servicio por día del sistema. Abajo, en la figura 10, se ilustra la ventana que despliega la HSM. La herramienta solicita, en idioma inglés, la siguiente información:

1. Descripción del concepto y los atributos de diferenciación del sistema.
2. Número total de horas de servicio, asimismo, el criterio utilizado para realizar dicho cálculo.

**Concept description:**

Include what is distinctive about this concept along with ecodesign strategies being explored.  
[View ecodesign strategy wheel >](#)

El material de los tres componentes de la autoclave será de Aluminio.

---

**Total amount of service delivered: \***

*Example calculation: one hour per day for 10 years = 3,650 hours of total service delivered. Enter 3,650 below.*

58400 X 1 year of use (functional unit)

*Unit of service is a generic unit of measure for service delivered.*

Describe your rationale or calculations used to estimate the amount of service delivered.

Las autoclaves para esterilización de un hospital tienen una duración aproximada de 20 años y se ocupan al día al rededor de 8 horas.

*Figura 10. Sección de revisión general de la HSM*

### 3.2 Fabricación

El ciclo de vida de fabricación toma en cuenta las actividades que causan emisiones, el agotamiento de los recursos y forma en cómo cambia la tierra antes y durante la etapa de fabricación: la extracción y el material de producción y procesamiento de materiales durante la fabricación.

En la sección de fabricación de la lista de materiales del sistema, se incluyen los materiales en el producto y el embalaje, y procesos asociados aplicados durante la fabricación. Esto se realiza mediante la selección de materiales y procesos de las partes o piezas en subconjuntos.

A continuación, en la figura 11, se ilustra la ventana que despliega la HSM. La herramienta solicita, en idioma inglés, la siguiente información:

- 1.- El material del componente.
- 2.- El peso del componente.

Part name: Cilindro  
 Part #: 1  
 Quantity: \* 1

Select material:\*

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Aluminum, cast, lost foam, at plant/	lb	74.891	7.81
Aluminum, cast, precision sand cast	lb	298.404	7.71
Aluminum, cast, semi-permanent mc	lb	371.29	6.81
<b>Aluminum, primary</b>	<b>lb</b>	<b>54.497</b>	<b>5.51</b>
Aluminum, production mix	lb	38.626	3.87
Aluminum, secondary, new scrap	lb	3.583	0.214
Aluminum, secondary, old scrap	lb	7.347	0.687

Amount: \* 30 kg - kilogram  
 Is this selected material and/or amount based on: \* Estimate

Figura 11. Selección del material y asignación del peso del componente (cilindro).

Posteriormente la HSM, dependiendo del material que es utilizado, solicita ingresar el proceso de manufactura utilizado para fabricar el componente analizado, como se muestra en la figura 12.

Process:\*

Aluminum, primary

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Heat treatment, al	lb	0.011	0.063
<b>Machining aluminium</b>	<b>lb</b>	<b>0.176</b>	<b>0.057</b>
Section bar extrusion, al	lb	6.556	0.594
Sheet rolling, al	lb	8.826	0.334
Spot welding Al. 1	weld	0.261	0.085
Spot welding Al. 3	weld	1.229	0.399
Turning, aluminum	lb	91.519	4.65
Turning, aluminum, CNC	lb	93.834	5.32
Welding, arc, aluminim	ft	0.842	0.066

Amount: \* 30 kg - kilogram  
 Is this selected process and/or amount based on: \* Estimate

Figura 12. Selección del proceso de manufactura para el cilindro

En la siguiente figura 13 se muestra una tabla resumen donde se especifica el material y el proceso de manufactura establecido para un componente. Además la HSM contiene como unidades de medida lo siguiente:

mPts: Las puntuaciones millipoint (mPts) indican el comportamiento medioambiental general del producto o sistema que ha sido evaluado.

MS: Es la base en que se sustenta la información, es decir la “E” es estimado, “L” literatura y “M” medidas.

CO<sub>2</sub>: huella de carbono en kilogramos de CO<sub>2</sub>.

<span style="float: right;"> <a href="#">Add a Part</a> +                        <a href="#">Add Sub-Assembly</a> +                        <a href="#">Import BOM</a> +                 </span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
- <input type="checkbox"/> Cilindro		1	30	kg	3.62x10 <sup>3</sup>	368	E	1
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		30	kg	3.60x10 <sup>3</sup>	364	E	
<input type="checkbox"/> Process	Machining aluminium		30	kg	11.6	3.78	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>3.62x10<sup>3</sup></b>	<b>368</b>	<b>E</b>	

Figura 13. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, para el caso del componente cilindro

### 3.3 Uso

La etapa de uso toma en cuenta el uso de energía, de agua y otros materiales consumidos durante el uso del producto, causando emisiones y el agotamiento de recursos durante el uso del producto.

Estos materiales se listan a continuación.

Material consumido: incluye los productos y materiales que se consumen durante la etapa de uso de un producto. Si el producto consume, por ejemplo, combustible, lubricantes, detergentes, papel, tinta, agua y otros insumos, durante su uso, lo cual se puede especificar usando la lista de materiales, *system bill of materials* (SBOM).

Agua: si el producto y su mantenimiento consumen agua, se especifica utilizando el SBOM.

Potencia: si se cuenta con información precisa sobre el consumo de energía durante el uso del producto, esta se ingresa aquí.

La HSM en este apartado solicita los consumibles del sistema, es decir, los consumibles de la autoclave, en este caso no es solo del cilindro; por lo que en las figuras 14-16 son introducidos estos consumibles. En la figura 17 se muestra el resumen de los consumibles que son utilizados.

**Select consumable:**

- Liquid consumable
  - Detergent
  - Lubricant
  - Refrigerant
  - Fuel
  - Gas Emissions

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Lubricating oil, at plant/RER with US lb		1.584	0.551
White mineral oil, at plant NREL /RN lb		11.421	0.836

**Amount:** \*  kg - kilogram ▼

**Is this selected consumable and/or amount based on:** \* Estimate ▼

*Figura 14. Lubricante consumido por la autoclave*

**Add a water use**

**Select water:**

- Water

Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
Water, completely softened, at plant gal		0.003	0
Water, decarbonised, at plant/RER v gal		0.001	0
Water, deionised	gal	0.058	0.005
Water, deionised, at plant/CH with L gal		0.058	0.005
Water, depleting	gal	0.001	0
Water, grey (on-site)	gal	0	0
Water, imported	gal	0.003	0
Water, recycled (on-site)	gal	0	0
Water, ultrapure, at plant/GLO with gal		0.049	0.003

**Amount:** \*  L - liter ▼

**Is this selected water and/or amount based on:** \* Estimate ▼

*Figura 15. Agua consumida por la autoclave*

**Add a power use**

Select power:\*

	Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
<input checked="" type="checkbox"/>	Electricity average mix			
<input type="checkbox"/>	Heat			
<input type="checkbox"/>	Hydro electricity			
<input type="checkbox"/>	Nuclear electricity			
<input type="checkbox"/>	Solar electricity			
<input type="checkbox"/>	Wind electricity			
	Electricity, 120 V, EU	kWh	4.895	0.592
	Electricity, 120 V, US	kWh	2.991	0.839
	Electricity, 240 V, EU	kWh	3.575	0.53
	Electricity, 240 V, US	kWh	2.382	0.773
	Electricity, 360 V, EU	kWh	3.423	0.522
	Electricity, 360 V, US	kWh	2.302	0.762
	Electricity, low voltage, DC	kWh	3.654	1.05

Amount: \*  kWh - Kilowatt-hour

Is this selected power and/or amount based on: \*

Figura 16. Energía consumida por la autoclave

Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS
—  Consumables				69.9	24.3	E
<input type="checkbox"/> Consumable	Lubricating oil, at plant/RER with US electric 20		kg	69.9	24.3	E
—  Water use				257	23.1	E
<input type="checkbox"/> Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E
—  Power use				22.0	2.66	E
<input type="checkbox"/> Power	Electricity, 120 V, EU	4.5	kWh	22.0	2.66	E
	<b>Use total</b>			<b>349</b>	<b>50.1</b>	<b>E</b>

Figura 17. Tabla que ilustra en forma resumida todos los consumibles de la autoclave y la evaluación ambiental correspondiente

### 3.4 Fin de etapa de vida (obsolescencia)

El fin de la etapa de la vida del producto significa los diferentes caminos en los que puede desechar el producto, causando emisiones y cambios de uso del suelo.

En esta etapa se puede seleccionar cualquiera de los tres finales del producto o métodos en los cuales pueden ser reutilizados como vertederos, incineración o reciclaje - para cada parte. Impactos de reciclaje se tienen en cuenta en los materiales secundarios (reciclado).

En general, hay tres caminos para el fin de etapa de vida:

- Llenado Tierra
- Incineración
- Reciclaje

La ruta de acceso dominante depende del tipo de producto y la región en la que se procesa el final de su vida. Por ejemplo, la mayoría de los residuos domésticos y de oficinas en los EE.UU. será llenado de tierra, mientras que la mayoría utiliza los productos electrónicos en la Unión Europea se recicla.

En la mayoría de los casos hay un camino que es claramente dominante, por lo que hay que seleccionar ese extremo de método de vida.

En este punto la HSM solicita el fin de vida del material del componente; en el caso del cilindro se escogió el que tiene más mPts, tal como lo muestra la figura 18.

Material: <b>Aluminum, primary</b>					
Amount: <b>30 kg</b>					
<b>End of life method:*</b>					
<input type="checkbox"/>	<b>Aluminum, primary</b>	<b>Name</b>	<b>Unit</b>	<b>mPts</b>	<b>CO<sub>2</sub> eq. kg</b>
		aluminum, municipal incin.	lb	781.761	0.017
		<b>Aluminum, sanitary landfill</b>	<b>lb</b>	<b>949.36</b>	<b>0.014</b>
		Recycling	lb	0	0

Figura 18. Fin de vida del material (cilindro)

### 3.5 Transporte

El transporte del ciclo de vida toma en cuenta las actividades de transporte que se producen durante todo el ciclo de vida del producto.

En la sección de transporte el SBOM, se agregan las actividades de transporte y se seleccionan los modos de transporte y las distancias correspondientes.

El transporte es un paso complejo en el proceso de evaluación porque la mayoría de los componentes de productos se mueven a través de escenarios complejos de transporte en el proceso de producción y los productos pasan a través de escenarios complejos de distribución en el proceso de distribución al usuario.

Se pueden realizar cálculos complejos de distribución con muchas capas o cálculos sencillos que incluyan sólo los pasos de transporte más importantes en el ciclo de vida del producto. Los pasos principales de transporte (desde el fabricante al minorista y de usuario a vertedero) suelen crear los principales efectos ambientales, por lo que se deben incluir en la evaluación. Si el producto se envía a través de barco y luego se distribuye por camión al minorista - esos dos pasos deben especificarse.

Finalmente en este punto la HSM solicita ingresar el medio de transporte del sistema completo como se muestra en la figura 19 y posteriormente el medio de transporte del componente como se muestra en la figura 20.

**Name:** Autoclave

**Weight:** 66.1387 lb

**Select transportation mode:\***

	Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
<input type="checkbox"/>	Air			
<input type="checkbox"/>	Rail			
<input checked="" type="checkbox"/>	Road			
<input type="checkbox"/>	Water			
	Bus	person-mi	0.101	0.092
	Car, 96% biogas	person-mi	0.808	0.268
	Car, diesel	person-mi	0.578	0.315
	Truck >28t	mi	~0	~0

**Distance: \*** 100 km - kilometer

**Is this selected transportation mode and/or distance based on: \*** Estimate

Figura 19. Medio de transporte de la autoclave

Material: **Aluminum, primary**  
Amount: **30 kg**

Transportation mode:\*

	Name	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg
<input type="checkbox"/>	Air			
<input type="checkbox"/>	Rail			
<input checked="" type="checkbox"/>	Road			
<input type="checkbox"/>	Water			
	Bus	person-mi	0.101	0.092
	Car, 96% biogas	person-mi	0.808	0.268
	<b>Car, diesel</b>	<b>person-mi</b>	<b>0.578</b>	<b>0.315</b>
	Car, gasoline + 5% ethanol	person-mi	1.241	0.348
	Car, gasoline, 15% vol. ETBE with	person-mi	0.645	0.335
	Car, gasoline, fleet average	person-mi	0.6	0.372
	Car, methanol	person-mi	1.166	0.186
	Car, natural gas	person-mi	0.575	0.325
	Car, rape seed methyl ester 5%	person-mi	0.614	0.315
	Truck >28t	mi	~0	~0

Distance: \* 100 km - kilometer

Is this selected transportation mode and/or distance based on: \* Estimate

Figura 20. Medio de transporte del componente (cilindro)

En la siguiente figura se muestra un resumen de los medios de transporte para el sistema y el componente cilindro.

Name	Transportation mode	Qty	Amnt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID		
- Assembled product										
<input type="checkbox"/> Autoclave	Car, diesel		100	km	3.82x10 <sup>3</sup>	2.08x10 <sup>3</sup>	E		Add trans. mode +	
- Sub-assemblies and parts										
<input type="checkbox"/> Cilindro		1	30	kg	3.82x10 <sup>3</sup>	2.08x10 <sup>3</sup>	E	1	Add trans. mode +	
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		30	kg			E			
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, diesel		100	km	3.82x10 <sup>3</sup>	2.08x10 <sup>3</sup>	E			
<b>Transportation total</b>					<b>7.64x10<sup>3</sup></b>	<b>4.17x10<sup>3</sup></b>	<b>E</b>			

Figura 21. Resumen de medios de transporte para el cilindro y la autoclave



### 3.6 Valoración para el sistema Autoclave de Aluminio

A continuación se muestran las tablas resumen de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) para el sistema Autoclave de Aluminio, esto es, los 3 componentes son fabricados con este material. Cada uno de los componentes es agregado y llenado como lo pide la HSM y como se muestra en los subtemas anteriores (3.2 - 3.5).

En las figuras 22-25 se presentan dichas secciones para el sistema Autoclave de Aluminio.

<span>▶ Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>								
<span>Add a Part +</span> <span>Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
–  ITEMS		1			526	53.7	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
–  CILINDRO		1	1	kg	121	12.3	E	1.1.1
Material	Aluminum, primary		1	kg	120	12.1	E	
Process	Machining aluminium		1	kg	0.388	0.126	E	
–  TAPA		1	2	kg	241	24.5	E	1.1.2
Material	Aluminum, primary		2	kg	240	24.3	E	
Process	Machining aluminium		2	kg	0.775	0.252	E	
–  BISAGRA DE T,		1	3	kg	165	16.9	E	1.1.3
Material	Aluminum, primary		3	kg	163	16.5	E	
Process	Machining aluminium		3	kg	1.16	0.378	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>526</b>	<b>53.7</b>	<b>E</b>	

Figura 22. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, Autoclave de Aluminio

<a href="#">Manufacturing</a>		<a href="#">Use</a>	<a href="#">End of life</a>	<a href="#">Transportation</a>			
<b>Name</b>	<b>Consumables/water/power</b>	<b>Amt</b>	<b>Unit</b>	<b>mPts</b>	<b>CO<sub>2</sub> eq. kg</b>	<b>MS</b>	
-  Consumables				69.9	24.3	E	
Consumable	Lubricating oil, at plant/RER with US electric 20		kg	69.9	24.3	E	
-  Water use				257	23.1	E	
Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E	
-  Power use				13.5	3.78	E	
Power	Electricity, 120 V, US	4.5	kWh	13.5	3.78	E	
	<b>Use total</b>			<b>340</b>	<b>51.2</b>	<b>E</b>	

Figura 23. Resumen de los consumibles de la Autoclave de Aluminio

<a href="#">Manufacturing</a>		<a href="#">Use</a>	<a href="#">End of life</a>	<a href="#">Transportation</a>				
<b>Name</b>	<b>End of life method</b>	<b>Qty</b>	<b>Amt</b>	<b>Unit</b>	<b>mPts</b>	<b>CO<sub>2</sub> eq. kg</b>	<b>MS</b>	<b>Part ID</b>
-  ITEMS		1			7.52x10 <sup>3</sup>	0.160	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
-  CILINDRO		1	1	kg	0	0	E	1.1.1
Material	Aluminum, primary		1	kg			E	
Process	aluminum, municipal incin.		1	kg	1.72x10 <sup>3</sup>	0.0366		
-  TAPA		1	2	kg	0	0	E	1.1.2
Material	Aluminum, primary		2	kg			E	
Process	aluminum, municipal incin.		2	kg	3.45x10 <sup>3</sup>	0.0732		
-  BISAGRA DE T,		1	3	kg	0	0	E	1.1.3
Material	Aluminum, primary		3	kg			E	
Process	aluminum, municipal incin.		3	kg	2.35x10 <sup>3</sup>	0.0498		
	<b>End of Life total</b>				<b>7.52x10<sup>3</sup></b>	<b>0.160</b>	<b>E</b>	

Figura 24. Fin de vida de los materiales de la Autoclave de Aluminio.

<a href="#">Manufacturing</a>		<a href="#">Use</a>		<a href="#">End of life</a>		<a href="#">Transportation</a>		<a href="#">System BOI</a>	
								<a href="#">Transportat</a>	
								<a href="#">Estimating</a>	
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
- Assembled product									
<input type="checkbox"/> Autoclave Aluminio	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	1.19x10 <sup>3</sup>	335	E		
- Sub-assemblies and parts									
- <input type="checkbox"/> ITEMS									
<i>Los ítems pueden de ser de diferentes materiales</i>									
- <input type="checkbox"/> CILINDRO									
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		1	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	274	76.7	E		
- <input type="checkbox"/> TAPA									
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		2	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	547	153	E		
- <input type="checkbox"/> BISAGRA DE TAPA									
<input type="checkbox"/> Material	Aluminum, primary		3	kg			E		
<input type="checkbox"/> Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	372	104	E		
					<b>Transportation total</b>	<b>2.39x10<sup>3</sup></b>	<b>669</b>	<b>E</b>	

Figura 25. Resumen de medios de transporte para la Autoclave de Aluminio.

Después del llenado de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) la HSM provee una tabla de resultados respecto al material que se eligió como referencia, en este caso el material de referencia es el Aluminio, por lo que en este caso no tendremos una tabla comparativa, si no hasta que son analizadas las autoclaves de Acero Inoxidable (Figura 30.) y Acero al Carbón (Figura 35).



### 3.7 Valoración para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable

A continuación se muestran las tablas resumen de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable, siendo sus 3 componentes de este material. Cada uno de los componentes es agregado y llenado como lo pide la HSM y como se muestra en los subtemas anteriores (3.2 – 3.5).

En las figuras 26-29 se presentan dichas secciones para el sistema Autoclave de Acero Inoxidable. En la figura 30 se muestra la tabla comparativa entre la Autoclave de Aluminio y la de Acero Inoxidable.

<span>▶ Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>								
<span>Add a Part +</span> <span>Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
–  ITEMS		1			4.74x10 <sup>3</sup>	250	E	2.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
–  CILINDRO		1	2.9	kg	789	41.6	E	2.1.1
Material	Steel, stainless		2.900000	kg	220	17.4	E	
Process	Milling, stainless steel		2.900000	kg	570	24.2	E	
–  TAPA		1	5.8	kg	1.58x10 <sup>3</sup>	83.2	E	2.1.2
Material	Steel, stainless		5.800000	kg	439	34.8	E	
Process	Milling, stainless steel		5.800000	kg	1.14x10 <sup>3</sup>	48.5	E	
–  BISAGRA DE T...		1	8.7	kg	2.37x10 <sup>3</sup>	125	E	2.1.3
Material	Steel, stainless		8.699999	kg	659	52.2	E	
Process	Milling, stainless steel		8.699999	kg	1.71x10 <sup>3</sup>	72.7	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>4.74x10<sup>3</sup></b>	<b>250</b>	<b>E</b>	

Figura 26. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, Autoclave de Acero Inoxidable

<span>Manufacturing</span> <span>▶ Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>							System Use s Cons
Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	
–  Consumables				69.9	24.3	E	
Consumable	Lubricating oil, at plant/RER with US electric 20		kg	69.9	24.3	E	
–  Water use				257	23.1	E	
Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E	
–  Power use				13.5	3.78	E	
Power	Electricity, 120 V, US	4.5	kWh	13.5	3.78	E	
<b>Use total</b>				<b>340</b>	<b>51.2</b>	<b>E</b>	

Figura 27. Resumen de los consumibles de la Autoclave de Acero Inoxidable.

Manufacturing		Use	End of life	Transportation				
Name	End of life method	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
ITEMS		1			7.47x10 <sup>3</sup>	0.320	E	2.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
CILINDRO		1	2.9	kg	1.24x10 <sup>3</sup>	0.0533	E	2.1.1
Material	Steel, stainless		2.900000	kg			E	
Process	steel, municipal incin.		2.900000	kg	1.24x10 <sup>3</sup>	0.0533		
TAPA		1	5.8	kg	2.49x10 <sup>3</sup>	0.107	E	2.1.2
Material	Steel, stainless		5.800000	kg			E	
Process	steel, municipal incin.		5.800000	kg	2.49x10 <sup>3</sup>	0.107		
BISAGRA DE T.		1	8.7	kg	3.73x10 <sup>3</sup>	0.160	E	2.1.3
Material	Steel, stainless		8.699999	kg			E	
Process	steel, municipal incin.		8.699999	kg	3.73x10 <sup>3</sup>	0.160		
<b>End of Life total</b>					<b>7.47x10<sup>3</sup></b>	<b>0.320</b>	<b>E</b>	

Figura 28. Fin de vida de los materiales de la Autoclave de Acero Inoxidable.

Manufacturing		Use	End of life	Transportation					
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
Assembled product									
Autoclave Acero Inoxi	Car, gasoline + 5% ethanol	100		km	4.76x10 <sup>3</sup>	1.33x10 <sup>3</sup>	E		
Sub-assemblies and parts									
ITEMS		1			4.76x10 <sup>3</sup>	1.33x10 <sup>3</sup>	E	2.1	
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>									
CILINDRO		1	2.9	kg	793	222	E	2.1.1	
Material	Steel, stainless		2.900000	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	793	222	E		
TAPA		1	5.8	kg	1.59x10 <sup>3</sup>	445	E	2.1.2	
Material	Steel, stainless		5.800000	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	1.59x10 <sup>3</sup>	445	E		
BISAGRA DE TAPA		1	8.7	kg	2.38x10 <sup>3</sup>	667	E	2.1.3	
Material	Steel, stainless		8.699999	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	2.38x10 <sup>3</sup>	667	E		
<b>Transportation total</b>					<b>9.52x10<sup>3</sup></b>	<b>2.67x10<sup>3</sup></b>	<b>E</b>		

Figura 29. Resumen de medios de transporte para la Autoclave de Acero Inoxidable.

**Scorecard**

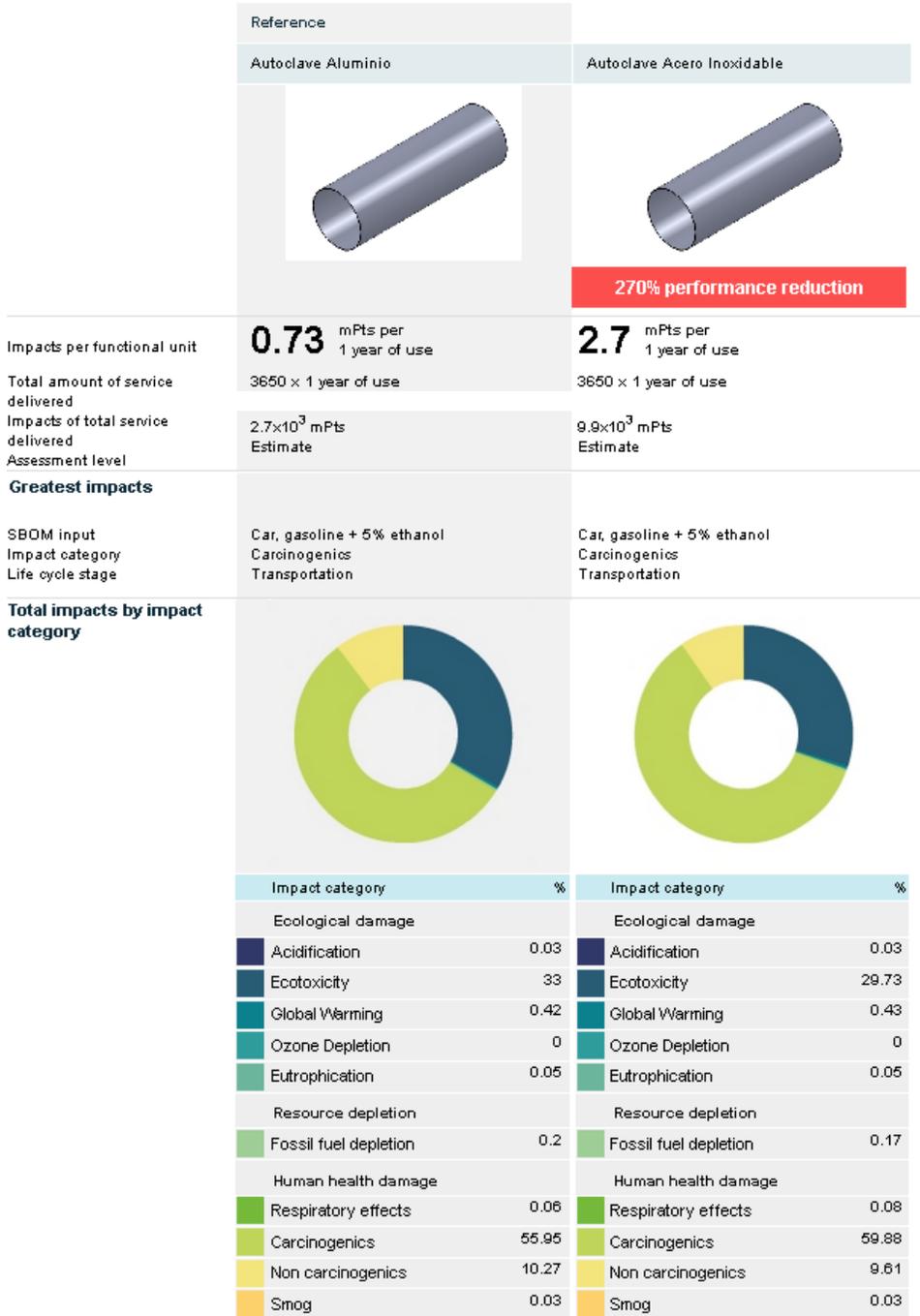


Figura 30. Gráfica de dona para medir los impactos mayores, tales como la Ecotoxicidad de la Autoclave de Acero Inoxidable contra la Autoclave de Aluminio

### 3.8 Valoración para el sistema Autoclave de Acero al Carbón

A continuación se muestra las tablas resumen de las 4 secciones (Fabricación, Uso, Fin de etapa de vida, Transporte) para el sistema *Autoclave de Acero al Carbón*, siendo sus 3 componentes de este material. Cada uno de los componentes es agregado y llenado como lo pide la HSM y como se muestra en los subtemas anteriores (3.2 – 3.5).

En las figuras 31-34 se presentan dichas secciones para el sistema Autoclave de Acero al Carbón. En la figura 35 se muestra la tabla comparativa entre la Autoclave de Aluminio y la de Acero al Carbón.

<span>Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>								
<span>Add a Part +</span> <span>Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>								
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID
ITEMS		1			7.83x10 <sup>3</sup>	2.71x10 <sup>4</sup>	E	3.1
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>								
CILINDRO		1	3.3	kg	7.22	19.6	E	3.1.1
Material	Steel, low-alloyed, 25% seci		3.299999€	kg	3.38	6.32	E	
Process	Milling, steel		3.299999€	kg	3.84	13.3	E	
TAPA		1	6.6	kg	7.81x10 <sup>3</sup>	2.70x10 <sup>4</sup>	E	3.1.2
Material	Steel, low-alloyed, 25% seci		6.599999€	kg	3.06	5.73	E	
Process	Milling, steel		6.599999€	kg	7.80x10 <sup>3</sup>	2.70x10 <sup>4</sup>	E	
BISAGRA DE T		1	9.9	kg	16.1	48.5	E	3.1.3
Material	Steel, low-alloyed, 25% seci		9.899999€	kg	4.59	8.59	E	
Process	Milling, steel		9.899999€	kg	11.5	39.9	E	
<b>Manufacturing total</b>					<b>7.83x10<sup>3</sup></b>	<b>2.71x10<sup>4</sup></b>	<b>E</b>	

Figura 31. Tabla resumen, material y proceso de manufactura, Autoclave de Acero al Carbón.

<span>Manufacturing</span> <span>Use</span> <span>End of life</span> <span>Transportation</span>						
Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS
Consumables				3.14	24.4	E
Consumable	Lubricating oil	20	kg	3.14	24.4	E
Water use				257	23.1	E
Water	Water, deionised	16920	L	257	23.1	E
Power use				0.224	3.79	E
Power	Electricity, 120 V, US	4.5	kWh	0.224	3.79	E
<b>Use total</b>				<b>260</b>	<b>51.3</b>	<b>E</b>

Figura 32. Resumen de los consumibles de la Autoclave de Acero al Carbón.

Manufacturing		Use		End of life		Transportation			
Name	End of life method	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
ITEMS		1			0.00636	0.0820	E	3.1	
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>									
CILINDRO		1	3.3	kg	0.00195	0.0251	E	3.1.1	
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		3.299999€	kg			E		
Process	Landfill, steel		3.299999€	kg	0.00195	0.0251			
TAPA		1	6.6	kg	0.00177	0.0228	E	3.1.2	
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		6.599999€	kg			E		
Process	Landfill, steel		6.599999€	kg	0.00177	0.0228			
BISAGRA DE T		1	9.9	kg	0.00265	0.0341	E	3.1.3	
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		9.899999€	kg			E		
Process	Landfill, steel		9.899999€	kg	0.00265	0.0341			
<b>End of Life total</b>					<b>0.00636</b>	<b>0.0820</b>	<b>E</b>		

Figura 33. Fin de vida de los materiales de la Autoclave de Acero al Carbón.

Manufacturing		Use		End of life		Transportation			
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
<b>Assembled product</b>									
Autoclave Acero al Ca	Car, gasoline + 5% ethanol	100		km	2.95x10 <sup>2</sup>	827	E		
<b>Sub-assemblies and parts</b>									
ITEMS		1			2.95x10 <sup>2</sup>	827	E	3.1	
<i>Los items pueden de ser de diferentes materiales</i>									
CILINDRO		1	3.3	kg	903	253	E	3.1.1	
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		3.299999€	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	903	253	E		
TAPA		1	6.6	kg	819	230	E	3.1.2	
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		6.599999€	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	819	230	E		
BISAGRA DE TAPA		1	9.9	kg	1.23x10 <sup>3</sup>	345	E	3.1.3	
Material	Steel, low-alloyed, 25% sec		9.899999€	kg			E		
Transportation	Car, gasoline + 5% ethanol		100	km	1.23x10 <sup>3</sup>	345	E		
<b>Transportation total</b>					<b>5.90x10<sup>3</sup></b>	<b>1.65x10<sup>3</sup></b>	<b>E</b>		

Figura 34. Resumen de medios de transporte para la Autoclave de Acero al Carbón.

**Scorecard**

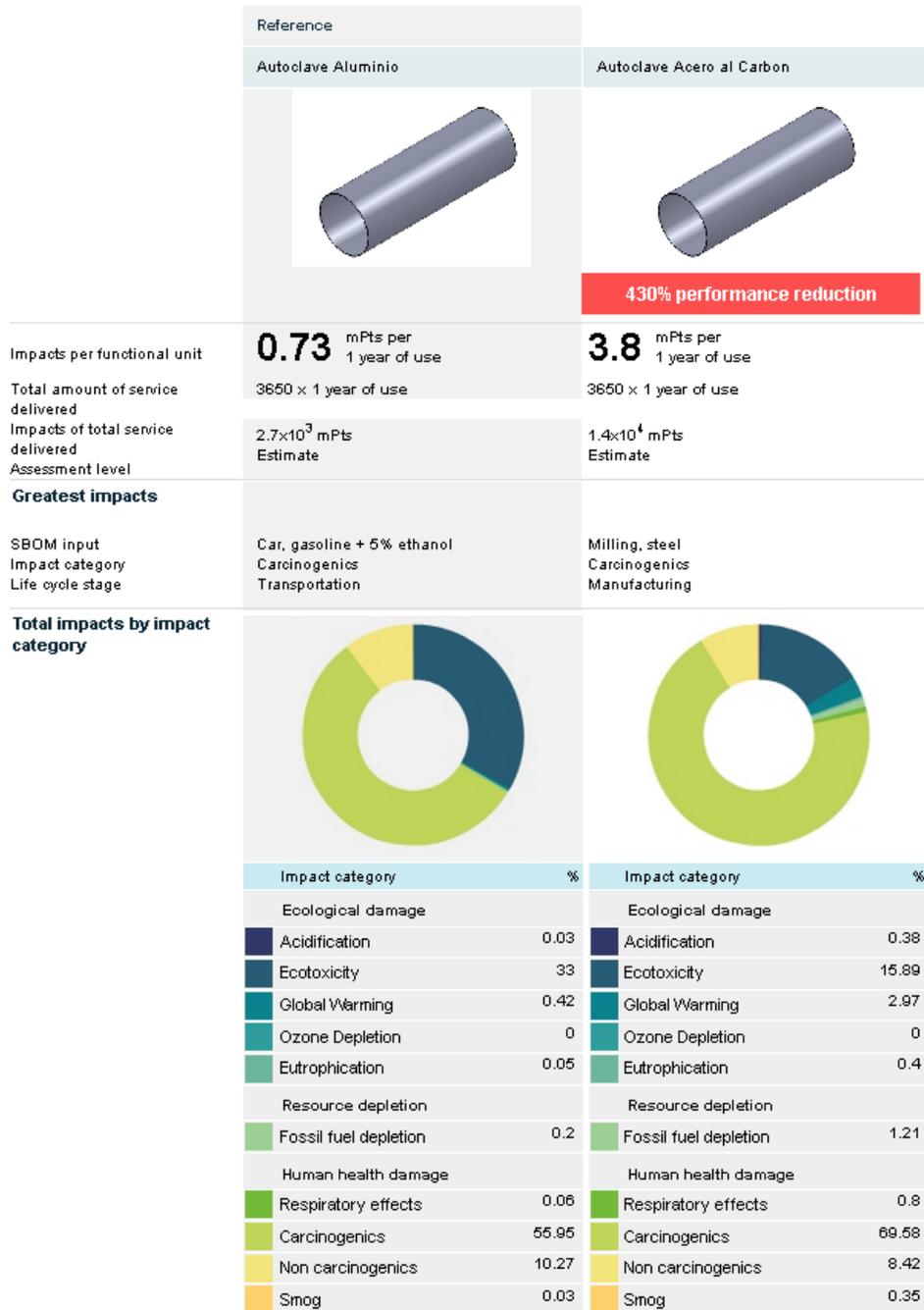


Figura 35. Gráfica de dona para medir los impactos mayores, tales como la Ecotoxicidad de la Autoclave de Acero al Carbón contra la Autoclave de Aluminio

### 3.9 Resultado de la evaluación

Después de haber completado todos los datos de cada componente, para cada una de las tres alternativas de material, la HSM estima el sistema más sustentable. En la figura 36 se observa que el sistema que cumple de una mejor manera con los criterios de sustentabilidad es el de aluminio, ya que el de acero Inoxidable y el de acero al carbón tienen un porcentaje de 270% y 430% más contaminante, respectivamente.

Functional unit: 1 year of use		Impacts / functional unit mPts/func unit	CO <sub>2</sub> eq. kg / functional unit CO <sub>2</sub> eq. kg/func unit	Performance improvement from reference mPts	Performance improvement from reference %	Units of svc delivered Svc. Units	Assessment type
Create a new Concept + <b>Reference, Lowest impact</b>  <b>Autoclave Aluminio</b> Copy   Declare as: Final		0.73	0.21			3650	Estimate
 <b>Autoclave Acero Inoxidable</b> Copy   Delete   Declare as: Reference   Final		2.7	0.81	-2.0	-270%	3650	Estimate
 <b>Autoclave Acero al Carbon</b> Copy   Delete   Declare as: Reference   Final		3.8	7.9	-3.1	-430%	3650	Estimate

Figura 36. Tabla de valoración de la HSM para determinar cuál de los tres sistemas propuestos es más sustentable

## 4.- DISCUSIÓN

La HSM es un instrumento útil para establecer un criterio de selección entre diferentes alternativas de solución para un mismo problema, sin embargo, hay dos puntos que son importantes señalar. Uno es relacionado con la falta de información relacionada con los cálculos realizados por la HSM para obtener la estimación de mPts y CO<sub>2</sub>. La HSM no reporta a detalle la metodología y procedimiento seguido para obtener dichos índices, asimismo, la metodología se basa en datos e información técnica principalmente recopilada en los Estados Unidos de América. Actualmente en México existe el programa GEI, que es un programa nacional voluntario de contabilidad y reporte de Gases Efecto Invernadero (GEI), asimismo, es un programa que sirve para la generación de proyectos de reducción de emisiones. El programa GEI se encuentra dentro de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) como una medida del sector industrial para la contabilidad y reporte de emisiones de GEI. Se reconoce a México como un país en donde muchas importantes empresas han adoptado el protocolo de contabilidad y reporte de emisiones propuesto por el WRI (en idioma inglés, World Resources Institute) y el WBCSD (en idioma inglés, World Business Council for Sustainable Development), gracias al cual han desarrollado capacidades técnicas para estimar sus emisiones, elaborar los inventarios correspondientes y encontrar oportunidades de mejora y mitigación.

Otro tema importante es el relacionado con el uso de la HSM dentro de lo que es el proceso de diseño de una máquina o producto. Esto es, dentro del proceso de diseño y construcción de una autoclave completa, ¿cómo encaja y en qué etapas se puede utilizar la HSM? Si se toma, por ejemplo, el proceso de Diseño y desarrollo de productos de Ulrich, que consiste en:

- Identificar necesidades
- Especificaciones del producto
- Diseño conceptual
- Selección de conceptos
- Prueba de conceptos
- Establecer especificaciones finales
- Planeación de desarrollo descendente <sup>[B2]</sup>

La HSM puede utilizarse en dos pasos del proceso; primero en el paso de *especificaciones del producto*, ya que en este punto el equipo de trabajo establece un conjunto de especificaciones que explican, en detalle preciso y medible, lo que el producto tiene que hacer para ser exitoso desde el punto de vista sustentable, comercial etc. Las especificaciones deben reflejar las necesidades del cliente, diferenciar al producto con respecto a los productos de la competencia, y ser técnica y económicamente realizable, además que a partir de la aprobación de la Ley General de Cambio Climático, México exigirá a las empresas medir y reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Aquellas empresas que se anticipen gestionarán sus costos y posibles impactos relacionados al tema, por lo cual el que un producto pueda ser sustentable cobra mayor importancia hoy en día.

El otro en el cual la HSM puede ser utilizada es en el de *selección de concepto*, dado que es el proceso para evaluar conceptos con respecto a necesidades del cliente y otros criterios (sustentabilidad), comparando los puntos fuertes y débiles de los conceptos, y seleccionando uno o más para su posterior investigación o desarrollo. En este punto la HSM es muy visual ya que muestra gráficamente cual concepto tiene un mejor desempeño <sup>[B2]</sup>.

La HSM es una herramienta que aunque no es totalmente transparente es una guía útil para escoger entre diferentes materiales la mejor alternativa sustentable.

## 5.- CONCLUSIONES

El objetivo planteado de incorporar aspectos de sustentabilidad a una autoclave así como determinar de qué forma podría ser empleada la HSM y si esta es una herramienta confiable se logró satisfactoriamente. Durante el proceso de este trabajo se mostró la forma fácil de utilizar la HSM, los conceptos que ésta usa y su utilidad como guía para generar diseño de productos sustentables.

Esta tesis no profundizó en dos elementos fundamentales de sustentabilidad, que son el aspecto social y económico, solamente se enfocó en la parte ambiental, y más específicamente en la parte de materiales, ya que al conocer las propiedades requeridas que un producto requiere de un material se pueden analizar diferentes opciones. Así mismo, se demostró que para la generación de productos sustentables existen herramientas confiables y organismos que son de utilidad para tener un mejor ambiente.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB

### # Ref Bibliografía

- [B1] Reporte Técnico, UNAM-Jersa, Proyecto “Diseño y Manufactura.....”, Enero 2012, Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica, UNAM
- [B2] Diseño y desarrollo de productos, Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, 4ta edición . Mc Graw Hill

### # Ref Sitios web

- 11 <http://moldesign.blogspot.mx/2011/03/que-caracteristicas-tienen-los.html>
- 12 <http://www.expoknews.com/2010/02/18/caracteristicas-de-un-producto-sustentable/>
- 13 <http://www.masr.com.mx/que-son-los-productos-sustentables/>
- 14 <http://extensionacademica.wordpress.com/2010/03/26/el-concepto-de-sustentabilidad-y-la-importancia-de-cuidar-el-medio-ambiente/>
- 15 <https://es.wikipedia.org/wiki/Autoclave>
- 16 <http://www.tecnologias-sanitarias.com/MD/93-42-EEC-esp.pdf>
- 17 [http://www.tecnologias-sanitarias.com/MD/DIR\\_MD\\_9342/directiva-2007\\_47\\_revision-directivas.pdf](http://www.tecnologias-sanitarias.com/MD/DIR_MD_9342/directiva-2007_47_revision-directivas.pdf)