

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA  
RECUPERACIÓN DEL POLITEREFTALATO DE ETILENO**

**TRABAJO ESCRITO**

Que para obtener el GRADO de  
**MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD**

**Presenta:**

**Rubén Alonso Véjar Samayoa**

**Director de Tesis:**

**Dr. Javier Esquer Peralta**

**HERMOSILLO, SONORA**

**AGOSTO 2016**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



# CARTA DE APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL JURADO



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"


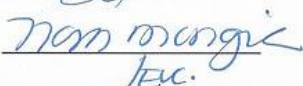
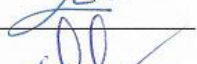

Universidad de Sonora  
División de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Posgrado en Sustentabilidad  
*Maestría en Sustentabilidad*  
*Especialidad en Desarrollo Sustentable*

Hermosillo, Sonora a 03 de Agosto del 2016

**Dra. Nora Elba Munguía Vega**  
**Coordinadora de Programa**  
**Maestría en Sustentabilidad**  
**Presente.-**

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen de posgrado del alumno (a) Rubén Alonso Véjar Samayoa con Expediente 214290146, el cual será el día 18 de Agosto del 2016 en el aula 5M-201 a las 10:30 horas.

Relación de Jurados:

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE:	Dr. Javier Esquer Peralta	
SECRETARIO:	Dra. Nora Elba Munguía Vega	
VOCAL:	Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras	
SUPLENTE:	M.C. Rafael Pérez Ríos	

ATENTAMENTE

MIEMBROS DEL JURADO



## RESUMEN

El uso de empaques de plástico producidos de politereftalato de etileno o "PET" genera impactos negativos al ambiente, la economía y la salud pública derivado de sus efectos contaminantes. Esta investigación propone una máquina expendedora inversa (reverse vending machine) como modelo de utilidad a través de innovación tecnológica para recuperar el PET generando un manejo eficiente de residuos. Esta propuesta fue desarrollada a través de diseño para el medio ambiente, solarimetría y herramientas de diseño para modelado en 3D. Esta innovación trata de un diseño amigable con el medio ambiente y ayuda a minimizar los impactos adversos a los ecosistemas generados por los residuos del PET y a mejorar los sistemas de manejo de residuos haciendo más eficiente su recuperación o re uso; al mismo tiempo ayuda en la educación de la comunidad en temas relacionados con el medio ambiente y sus problemáticas derivadas de un mal manejo de residuos

## **ABSTRACT**

Using plastic packages made of polyethylene terephthalate or PET, mainly plastic bottles from packaged beverages, generates negative impacts to the environment, the economy and public health derived from its contaminant effects. This article proposes a reverse vending machine as a technological innovation to recover PET for a good waste management. It was developed through design for the environment, solarimetry, and design tools for 3D modeling. Particularly, the Function Analysis as well as the Eco-Design Strategy Wheel methods were used for the conceptual design. This innovation might be used to address both technological and non-technological aspects. Initially, using an environmentally friendly design contributes to minimize adverse impacts to ecosystems as well as to enhance waste management systems by making more efficient the recovery of PET for its recycling or reuse; on the other hand, helping educate the community in topics regarding to environmental concerns due to a bad waste management.

# ÍNDICE

## Índice de Contenido.

<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
<u>I. Introducción</u>	1
<u>II. Objetivo Estratégico</u>	2
<u>III. Objetivos Específicos</u>	2
<u>IV. Análisis Literario</u>	3
<u>V. Metodología</u>	12
<u>VI. Resultados</u>	14
<u>VII. Discusión</u>	48
<u>VIII. Conclusiones</u>	52
<u>IX. Recomendaciones</u>	53
<u>X. Referencias</u>	55

## Índice de Tablas

Tabla 1. Demanda energética de producción y cadena de suministro de PET anual en EU .....	3
Tabla 2. Valores de las categorías con mayor impacto para la producción y transportación de gránulos y botellas de PET .....	4
Tabla 3. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente: Compactadora Actual de PET impulsada con energía convencional. ....	18
Tabla 4. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente: Trituradora Actual de PET impulsada con energía convencional. ....	19
Tabla 5. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente: máquina expendedora inversa .....	20
Tabla 6. Componentes de Módulo Interno de la máquina expendedora inversa.	37
Tabla 7. Componentes de Módulo de Atención al Cliente de la máquina expendedora inversa. ....	38
Tabla 8. Componentes de Módulo de Energía Solar de la máquina expendedora inversa. ....	40
Tabla 9. Ingenierías que pertenecen a la División de Ingenierías de la Universidad de Sonora, población estudiantil y porcentaje representativo a la población total de la División. ....	40
Tabla 10. Número de encuestas a aplicar por Ingeniería según el porcentaje de representación del total de la muestra.....	42



## Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de Vida del PET.....	4
Figura 2. Introducción de micro plástico a la cadena alimenticia .....	5
Figura 3. Plastiki: barco realizado en base a 12 500 botellas de PET .....	8
Figura 4. Máquina Biorecicladora <sup>TM</sup> Hengsheng Plastics MX .....	9
Figura 5. Máquina denominada PETIT <sup>TM</sup> .....	9
Figura 6. Metodología académica de diseño.....	12
Figura 7. Caja Negra de Funciones para una máquina expendedora inversa capaz de recuperar botellas de PET. ....	15
Figura 8. Diagrama de Flujo de Funciones Secundarias.....	16
Figura 9. Diagrama de Análisis de Funciones Resultantes. ....	16
Figura 10. Estrategia “5. Reducción del impacto durante su uso” - Rueda de Eco-diseño – Comparativa de Compactadora, Trituradora y máquina expendedora inversa. ....	23
Figura 11. Rueda de Ecodiseño – Comparativa de Equipos Actuales en el Mercado.....	24
Figura 12. Rueda de Ecodiseño – Máquina expendedora inversa.....	27
Figura 13. Panel Solar de 250 Watts.....	32
Figura 14. Batería Powerwall.....	33
Figura 15. Módulo Interno Vista Frontal de la máquina expendedora inversa. ....	34
Figura 16. Módulo Interno Vista Lateral Izquierda de la máquina expendedora inversa. ....	34
Figura 17. Módulo Interno Vista Lateral Derecha de la máquina expendedora inversa .....	35
Figura 18. Módulo Interno Vista Lateral Izquierda de la maquinaria de la máquina expendedora inversa. ....	35
Figura 19. Módulo Interno Vista Lateral derecha de la maquinaria de la máquina expendedora inversa. ....	35
Figura 20. Módulo de Atención al Cliente – máquina expendedora inversa. ....	36
Figura 21. Módulo de Utilidad Propuesto – Módulo Solar y Módulo de Atención – Vista Isométrica Derecha.....	39
Figura 22. Módulo de Utilidad Propuesto – Módulo Solar y Módulo de Atención – Vista Isométrica Izquierda .....	39
Figura 23. Población Total Encuestada.....	43
Figura 24. ¿Tiene la costumbre de comprar bebidas en botellas de plástico? ..	44
Figura 25. ¿Compra su bebida en la UNISON? .....	45
Figura 26. ¿Qué hace con la botella cuando se acaba la bebida?.....	46
Figura 27. Si existiera un servicio de recuperación de botellas plásticas (máquina) dentro de la universidad, el cual diera una bonificación acumulable para usar dentro de los servicios de la UNISON, ¿lo usarías? .....	46
Figura 28. ¿Por cuál espacio de la UNISON pasas con más frecuencia? .....	47

## Índice de Anexos

Anexo 1. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente. Compactadora de PET impulsada con energía convencional .....	59
Anexo 2. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente. Trituradora de PET impulsada con energía convencional .....	65
Anexo 3. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente. Máquina Expendedora Inversa.....	71
Anexo 4. Conductores Internos y Externos del diseño para la sustentabilidad.	77
Anexo 5. Rueda del Eco-Diseño - evaluación de compactadora y trituradora en el mercado, y la máquina expendedora inversa .....	80
Anexo 6. Cálculos de Ingeniería- Sistema Fotovoltaico .....	89
Anexo 7. Estudio de Viabilidad del Proyecto - "Encuesta a estudiantes de licenciatura sobre el consumo de botellas de plástico en la Universidad de Sonora" .....	90



## I. INTRODUCCIÓN

Los empaques y botellas de Politereftalato de Etileno o PET generan impactos negativos al ambiente, la economía y la salud pública. Estos impactos incluyen la sobre explotación de mantos acuíferos, elevadas emisiones de gases de efecto invernadero derivado de la producción y cadena de suministro, así como efectos adversos al océano y a la salud pública debido a que estos residuos terminan en los mares. Al suceder esto la biota marina tiende a comer estos plásticos confundiendo con alimentos. En este momento, estos contaminantes bio acumulativos y tóxicos, como el antimonio y el bisphenol contenidos en los plásticos, entran a la cadena alimenticia del ser humano afectando la salud pública y el bienestar de la sociedad (Gleick y Cooley, 2012; Ivar do Sul y Costa, 2014; Pupo, et al., 2012; Guart, et al., 2011).

También, las características físicas de las botellas de PET, como su bajo peso y transparencia, facilitan el desecharlo (Hawkins, 2013). Esto ha causado que las botellas de PET se conviertan en el 20% de la basura en los rellenos sanitarios municipales, por lo tanto, las municipalidades han establecido el reciclaje o re uso del PET como su objetivo primario, esperando reducir la extracción de petróleo crudo para su manufactura y su acumulación en los rellenos sanitarios municipales como también generar nuevos trabajos y mercados locales (Verdolotti, et al., 2014).

La aplicación de tecnologías como las máquinas recuperadoras compactadoras o trituradoras de PET han generado un incremento en la recuperación y el reciclaje de botellas plásticas y otros reciclables, reduciendo la logística y actividades de reciclaje (Hengsheng Plastic MX, 2014; Benito, 2014). Además, algunas iniciativas pueden motivar a los consumidores para que reciclen, por ejemplo, incentivar económicamente al usuario por involucrarse en el reciclaje del producto (Viscusi, Huber and Bell, 2011).

El propósito de este estudio es el de presentar una propuesta de diseño de maquinaria de recuperación de botellas de PET que use al sol como su fuente de energía eléctrica. Esto a través de metodologías de diseño para el medio ambiente, Solarimetría, herramientas de modelado en 3D y la implementación de un estudio de mercado para verificar la viabilidad del proyecto en la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora, en Hermosillo, Sonora, México.

## **II. OBJETIVO ESTRATÉGICO**

Coadyuvar a la prevención, eliminación y/o reducción de la contaminación derivada de la disposición inadecuada de Politereftalato de etileno (PET) mediante el diseño innovador de una máquina expendedora inversa que utilice energía solar.

## **III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un análisis literario sobre el estado del arte referente al impacto ambiental del Politereftalato de Etileno (PET), innovación en el reuso y reciclado, energía solar entre otros tópicos relacionados.
- Diseñar una máquina expendedora inversa recuperadora de residuos plásticos de PET que utilice energía solar en su funcionamiento.
- Validar el potencial de uso de la máquina expendedora inversa a través de un estudio de mercado.

## IV. ANÁLISIS LITERARIO

### 4.1 Impacto Ambiental del Politereftalato de Etileno (PET)

El consumir agua embotellada es mucho menos amigable con el ambiente que el consumo de agua del grifo ya que se requiere mayor cantidad de materiales y energía para su adquisición y producción, y genera muchos más desperdicios y efectos negativos al ambiente (Lagioia, Calabró y Amicarelli, 2012; Saylor, Stalker Prokopy y Amberg, 2011), con lo cual concuerdan Jaffee y Newman (2013) al afirmar que el proceso de fabricación impacta de manera dramática al consumir entre mil y dos mil veces más energía por unidad de volumen que el consumo de agua local; no obstante, el consumo de botellas de Politereftalato de Etileno (PET) se intensifica por varias razones, que van desde la facilidad para obtener agua de buena calidad hasta por imagen y moda.

Este hábito de consumo apunta a consecuencias ambientales y sociales como la explotación desmedida de mantos acuíferos, problemas ambientales y emisiones de gases de efecto invernadero durante su producción y cadena de suministros (Gleick y Cooley, 2012), tal y como se muestra en la tabla 1, donde la demanda energética oscila entre 5.6 y 10.2 Mega-Joules por el agua embotellada producida anualmente en Estados Unidos (EU), lo cual representa alrededor de 17 millones de barriles de petróleo (Gleick y Cooley, 2009).

**Tabla 1. Demanda energética de producción y cadena de suministro de PET anual en EU**

	Intensidad de Energía MJ (tb) 1 <sup>-1</sup>
Manufactura de Botella Plástica	4.0
Tratamiento en planta embotelladora	0.0001-0.02
Llenado, etiquetado y sellado de botella	0.01
Transportación: rango de tres escenarios	1.4-5.8
Enfriamiento	0.2-0.4
<b>Total</b>	<b>5.6-10.2</b>

Fuente: Gleick y Cooley, 2009

De acuerdo con Gironi y Piemonte (2010) al analizar el ciclo de vida del PET, mostrado en la figura 1 se pueden apreciar los impactos generados por la emisión de CO<sub>2</sub>, utilización de agua, generación de desperdicios, emisiones al aire y al agua, los cuales contribuyen en gran medida al calentamiento global, al consumo de energías no renovables, y a la

acidificación y eutrofización del ambiente por emisiones de azufre y fósforo como puede apreciarse en la tabla 2. Sanz (2010), concuerda con ellos señalando que la producción de botellas de PET es uno de los procesos más contaminantes que existen en el planeta, debido a que requiere en combustibles lo equivalente a lo que utilizarían un millón de automóviles al año; además es uno de los procesos con mayor huella ecológica durante todo su ciclo de vida al ser responsable de generar grandes cantidades de gases de efecto invernadero (Carbonos, Nitrógenos y Azufres) lo que contribuye a la alza del calentamiento global (Younos, 2014; Dormer, et al., 2013; Pasqualino, et al., 2011 ).

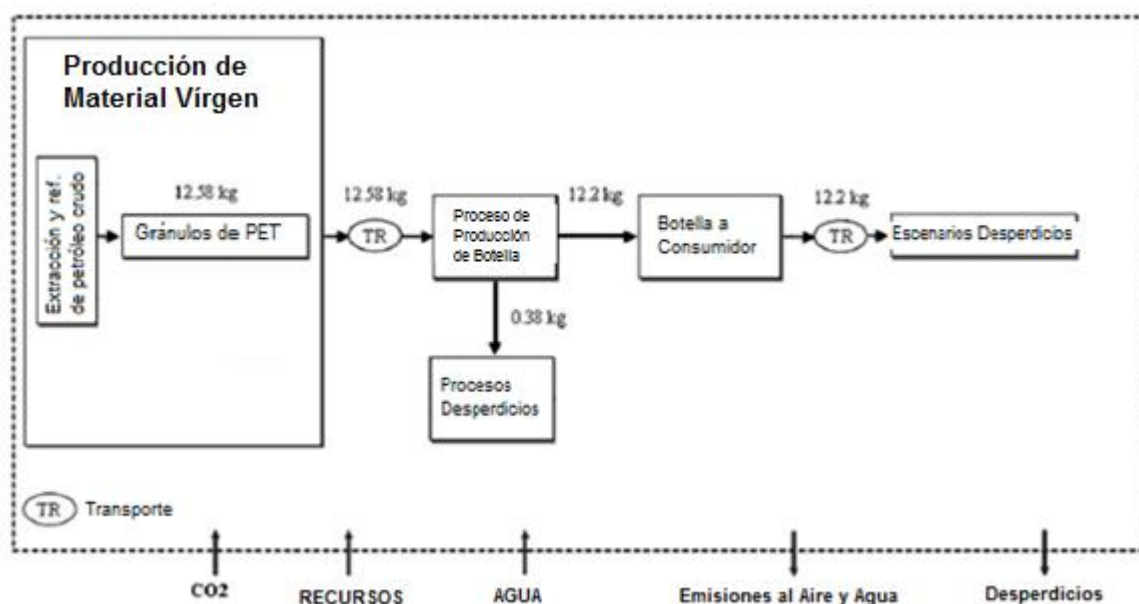


Figura 1. Ciclo de Vida del PET

Fuente: Gironi y Piemonte, 2010

Tabla 2. Valores de las categorías con mayor impacto para la producción y transportación de gránulos y botellas de PET

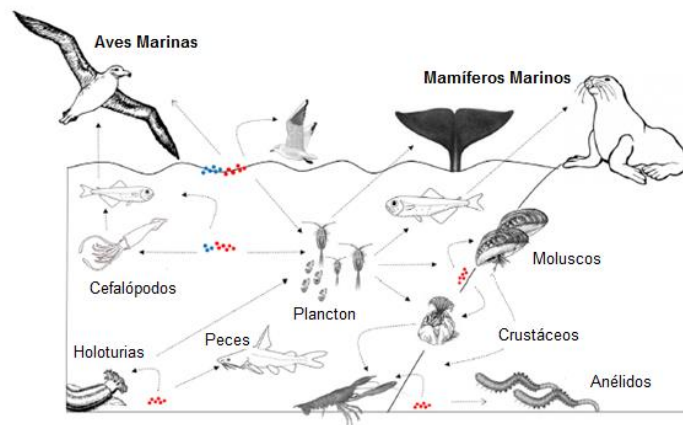
Categorías de Impacto	Producción de Gránulos	Transportación	Producción de Botellas	TOTAL
Calentamiento Global KgCO <sub>2</sub> eq/1000 botellas	33.306	0.122	4.636	38.186
Energía Norenovable Mjeq/1000 botellas	989.908	1.708	327.692	1319.43
Energía Renovable Mjeq/1000 botellas	13.054	-	79.056	92.232
Acidificación gSO <sub>2</sub> eq/1000 botellas	116.998	0.732	33.184	150.792
Eutrofización gPO <sub>4</sub> eq/1000 botellas	37.088	-	1.708	38.796

Fuente: Gironi y Piemonte, 2010

Mirasgedis, et al (2014) afirman que estudios recientes han demostrado que el consumo de PET es un problema sistémico sin fin ya que con el paso del tiempo aumenta su producción

y demanda lo que contribuye al calentamiento global, utilizándose la mayoría de la producción de esta resina solo para el embotellamiento de agua (Espinosa, 2013). También, los residuos generados por PET, causan grandes problemas al medio ambiente como la contaminación de océanos y mares convirtiéndose en un gran problema ecológico debido a que este tipo de residuos tienen la capacidad de afectar mortalmente a la biota marina ya que sus características físicas les permiten movilizarse a través de los mares y llegar a costas, océanos y profundidades contaminando el ambiente global marino confundiendo por alimentos naturales de las especies locales (Al-Shwafi y Ahmed, 2011).

En este sentido, al llegar a los océanos y mares, los residuos del PET pueden convertirse en micro-plásticos debido a su degradación y fragmentación pudiendo ser consumidos por crustáceos, plancton, moluscos, peces y diferentes especies marinas entrando en la cadena alimenticia, tal y como se muestra en la figura 2 (Lusher, et al., 2014; Setälä, Fleming-Lethinen y Lehtiniemi, 2014); lo cual de acuerdo con Ivar do Sul y Costa (2014) liberan químicos contaminantes persistentes, bio acumulativos y tóxicos. También dentro de estos químicos se encuentran diferentes carcinógenos como el antimonio y el bisphenol (Pupo, et al., 2012; Guart, et al., 2011), inducen a la obesidad y diabetes (Barraza, 2013), y generan cambios endocrinos en el sexo masculino afectando la generación de espermatozoides, reduciendo la calidad del semen y dañando el ADN en el esperma (Meeker, 2011).



**Figura 2. Introducción de micro plástico a la cadena alimenticia**

Fuente: Ivar do sul and Costa, 2014

Hengsheng Plastic MX (2014) afirma que 590 toneladas de PET terminan en rellenos sanitarios, las cuales debido a sus características físicas y químicas, pueden durar cientos de años sin degradarse (Malcolm Richard, et al., 2011), además que al estar en condiciones inadecuadas de almacenamiento como temperaturas elevadas y fluctuantes, manipulación



inadecuada y en contacto con agua y lixiviados del relleno sanitario estos residuos liberan sus componentes químicos y tóxicos, como el antimonio, sobre estos elementos (agua, lixiviados, tierra), contaminando el área local, posibles afluentes y mantos acuíferos cerca del relleno sanitario (Liberatore, 2011).

Según Zhou y colaboradores (2014), los residuos de PET pueden ser utilizados para la generación de energía a través de su incineración o combustión, lo cual disminuiría el volumen de residuos en los rellenos; sin embargo, Tian y colaboradores (2013) afirman que esta opción de tratamiento de residuos genera contaminación al aire y la atmósfera, porque el proceso de incineración libera componentes químicos y tóxicos en forma de Carbonos, Nitrógenos, Azufres y Dioxinas aumentando la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera y contribuyendo al calentamiento global.

#### **4.2 Reciclaje y Reutilización del PET**

En términos de desechabilidad, la botella de PET ha dado nuevos significados al “tomar y desechar”, debido a que sus características físicas como su bajo peso y cristalinidad generan en el usuario una mayor facilidad para su desecho (Hawkins, 2013), lo cual ha ocasionado que el 20% de los residuos en los rellenos municipales sean de este tipo de materiales, de ahí, el reciclaje y la reutilización del PET han sido las metas primordiales de los últimos años a fin de generar una reducción en la demanda de la extracción del petróleo y la acumulación de desperdicios en rellenos municipales (Verdolotti, et al., 2014)

Lazarevic y colaboradores (2010), aseguran que la mayoría de los estudios de ciclo de vida realizados indican que la opción más amigable para el medio ambiente en el manejo de residuos plásticos es el reciclaje de los materiales, con lo cual concuerdan Li, Wu y Xu (2015) al considerarlo como la mejor manera de tratar este tipo de desperdicios ya que ayuda a generar ahorros energéticos significativos al no realizar extracción de materiales vírgenes; sin embargo y a pesar de que más del 90% de los productos plásticos son clasificados y reciclados por recolectores informales como carroñeros y compradores de desechos (Zhang and Wen, 2014), la separación de los tipos de plástico para su reciclaje en los rellenos municipales ha sido una de las tareas más difíciles para poder generar un reciclaje de alta eficiencia ya que las mezclas específicas de dichos plásticos contienen

características intrínsecas a cada producto en cuestión (Wang, Wang and Liu, 2015; Özkan, et al., 2015).

La toma de decisión para reciclar entre los consumidores puede variar según el nivel de educación del consumidor motivándose a reciclar para reducir la contaminación y el calentamiento global, las recompensas económicas producidas por este tipo de acciones son las de mayor peso para que el consumidor se motive a reciclar (Viscusi, Huber and Bell, 2011), así mismo el PET reciclado puede ser utilizado no solo para regenerar botellas plásticas si no para producir una gran variedad de productos necesarios para la vida humana como la generación de paneles para la construcción y el aislamiento térmico de casas habitación (Ingrao, et al. 2014). Además, según Torres-Huerta (2014), dentro del proceso de reciclaje se pueden generar bio-plásticos adicionando emulsionantes derivados de plantas como el maíz, papa o mezclas de quitosán, los cuales generan polímeros que minimizan los estragos ambientales generados por los productos plásticos reduciendo dramáticamente su tiempo de degradación.

En lo que respecta a la reutilización del PET, las grandes compañías productoras de agua embotellada se han replanteado la forma en que envasan sus productos, la forma en que comunican y generan conciencia en la población acerca del problema de la generación de este material, tal es el caso de la campaña "PLASTIKI" enfocándose en fabricar un barco a base de 12 500 botellas de PET (Figura 3), que navegó de San Francisco a Sydney, Australia (Food Engineering & Ingredientes, 2012). Sin embargo, Babu y Chouskey (2011), afirman que esos esfuerzos de concientización no tendrán ningún eco si no se realizan acciones aún más contundentes como utilizar plásticos reciclados para el relleno de terrenos ya que mejoran la fortaleza del suelo lo cual aumenta la capacidad de soporte del terreno.



**Figura 3. Plastiki: barco realizado en base a 12 500 botellas de PET**

Fuente: Food Engineering & Ingredientes, 2012

Por otra parte, el uso del plástico en la construcción de casas habitación ha sido una innovación interesante en los últimos años, sobre todo porque ha permitido su reutilización en la elaboración de techos de gran fuerza y resistencia al ambiente y que además permite la filtración de la luz natural a la casa habitación, reduciendo costos por utilización de energía (Sieffert, Huygen y Daudon, 2014); asimismo y de acuerdo con Siddique, Khatib y Kaur (2008) se puede utilizar para la mezcla de concretos, lo cual mejora su resistencia y reduce su agrietamiento en las casas habitación y en pavimentos (Vasudevan, et al., 2012).

En lo que respecta a innovaciones tecnológicas de acuerdo con Torreta (2013), estas apuntan al cambio de hábitos en los consumidores, tal es el caso de la utilización de kioscos expendedores de agua, los cuales han demostrado una reducción importante en la emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente al igual que una mayor eficiencia económica en comparación con el uso de agua embotellada; sin embargo, se requiere un cambio de hábitos al buscar volver a consumir el agua de grifo, un ejemplo de que esto puede lograrse es el caso de las estaciones de llenado rápido de agua filtrada EZH<sub>2</sub>O™ en distintos campus y universidades de Estados Unidos (PRNewswire, 2011) o el caso del denominado 321 Water™ donde una botella plástica reusable con filtro de carbón activado en la tapadera de la botella está causando una revolución en el consumo del agua en Australia (Tilley, 2014).

Por otra parte, la aplicación de innovaciones tecnológicas como la denominada la “Máquina Biorecicladora™” de Hengsheng Plastics MX (figura 4), ha generado una revolución y gran demanda para la recuperación y posterior reciclaje de botellas plásticas en México al poder

compactar hasta 1 200 botellas plásticas por máquina (Ruiz, 2014). En otro caso, en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, se construyó e implementó la máquina, denominada PETIT™ (figura 5), la cual ha reducido los procesos de traslado y reciclaje mecánico ya que este modelo de utilidad tritura en pequeñas escamas las botellas plásticas incrementando su capacidad de acopio hasta 2 000 unidades equivalentes a 40 kilogramos de PET de una forma amigable, contribuyendo también a la educación para el reciclaje y la sustentabilidad (Benito, 2014).



**Figura 4. Máquina Biorecicladora™ Hengsheng Plastics MX**  
Fuente: Ruiz, 2014, Entrevista Hengsheng Plastics MX por autor



**Figura 5. Máquina denominada PETIT™**  
Fuente: Benito, 2014, PETIT: un invento que hace el reciclaje más sencillo.

### 4.3 Energía Solar

El uso de hidrocarburos como el petróleo o el gas seguirán siendo actores dominantes para el abastecimiento de energía global, tanto para la industria manufacturera (como la de los plásticos) como para el uso doméstico, sin embargo, la energía solar ayudará a la industria en los lugares donde no sea fácil la adquisición de estos combustibles convencionales o su abastecimiento sea limitado (Absi Halabi, Al-Qattan y Al-Otaibi, 2015). Sin embargo, es necesario un análisis de la situación actual en conjunto con la investigación y el desarrollo sobre la forma en que realizamos nuestras actividades lo cual derivará en la necesidad de innovación tecnológica como la utilización de energía solar (Gherab, 2012), ya que es una fuente de energía limpia y renovable, tiene la capacidad de mitigar las demandas energéticas globales, el cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del uso energético (Sahu, 2015).

Benson y Magee (2014) afirman que estudios han analizado las tendencias en mejoras tecnológicas con la finalidad de proyectar sus capacidades en el futuro, en lo que respecta a la energía solar, los rangos de mejoras en costo y retorno de inversión van desde un 9% anual para celdas fotovoltaicas, 3.1% para baterías de almacenamiento y 21.1% para capacitores e inversores energéticos. Sin embargo, el uso de celdas fotovoltaicas para la generación de energía tiene ciertas variables y limitantes como la reducción en su eficiencia productiva derivada del calentamiento de las mismas por encima de 25 °C siendo del 0.5% por cada grado excedido (Broderick, et al., 2015).

El uso de energía solar concentrada puede consumir más agua que el uso de carbón y gas combinados dependiendo de su sistema de enfriamiento y la disposición de celdas fotovoltaicas debe ser bien manejada ya que contienen elementos tóxicos y dañinos para la salud como el cadmio, arsénico y polvo de silicatos (Hernandez, et al., 2014; Aman, et al., 2015); sin embargo, estos impactos pueden considerarse significativamente menores, debido a que las plantas solares generan emisiones de 36 g CO<sub>2</sub> KWh<sup>-1</sup> en contra 1 100 g CO<sub>2</sub> KWh<sup>-1</sup> en electricidad basada en carbón (Turney y Fthenakis, 2011; Hosenuzzaman, et al., 2015).

La posible implementación de recolectores solares o paneles foto voltaicos dentro de las ciudades se ve limitada al crecimiento vertical de las mismas, ya que la construcción de

edificios y estructuras elevadas reduce la capacidad de irradiación y recolección solar debido al incremento de sombras y obstrucciones solares (Freitas, et al., 2015). Sin embargo, observando estudios en la ciudad de Londres es posible incrementar la cosecha de energía solar haciendo combinaciones entre techos y fachadas con disponibilidad de buena irradiación solar al igual que la utilización de espacios por fuera de los perímetros de la ciudad para construir estructuras que nos permitan recolectar energía solar (Sarralde, et al., 2015).

La Unión Europea, ha enfocado sus estrategias energéticas hacia la energía solar y han logrado la meta de producción de energía en un 20% de energías renovables, lo cual les ha traído beneficios económicos y ambientales (Sanz-Casado, et al., 2014). Asimismo, el Reino Unido ha incrementado en gran medida el uso de la energía solar brindando tanto energía para calefacción como para electricidad en base a políticas que incentivan su uso y ampliando su investigación territorial para la explotación de este recurso (Burnett, Barbour y Harrison, 2014). China es otro país, que ha decidido generar inversión en energía solar, sobre todo porque su potencial geográfico le permitirá reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y disminuir sus costos para el 2020 (Wang, Zhou, Huo, 2014).

Estudiando los casos de aplicación de energía solar en el mundo se han realizado investigaciones que demuestran que México posee un gran potencial para la generación de energía solar contando con posibilidades energéticas que varían de 5 KWh/m<sup>2</sup>/día hasta 6 KWh/m<sup>2</sup>/día en comparación con países de alta producción como Alemania el cual cuenta con 3.2 KWh/m<sup>2</sup>/día (Mundo-Hernández, et al., 2014; Alemán-Nava, et al., 2014), en este potencial destacan los estados ubicados en zona del golfo de México como Tamaulipas y Veracruz (Hernández-Escobedo, et al., 2015); sin embargo, el estado con mayor potencial, de acuerdo, con la Agencia Informativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), es el estado de Sonora, ubicado en el Noroeste del país, ya que su ubicación permitiría abastecer de energía eléctrica a todo el país teniendo una posibilidad de generación de 430 520 GWh al año en diferencia con una necesidad energética del país de 234 219 GWh por año aprovechando la irradiación solar de tan sólo el 1% de su territorio (Sánchez, 2014).

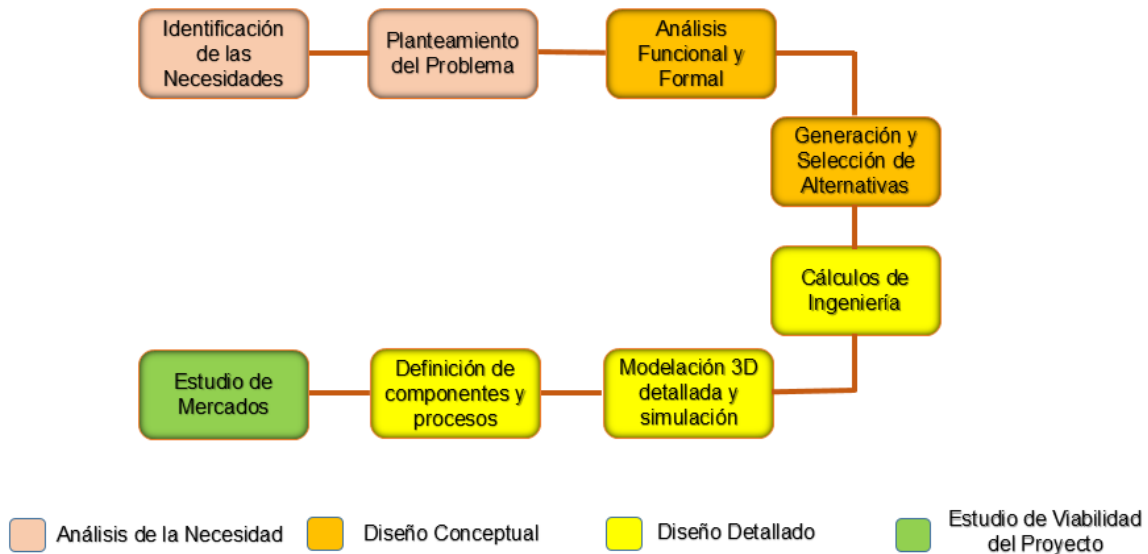
## V. METODOLOGÍA

### 5.1 Tipo de Estudio

El presente estudio es de tipo cuantitativo ya que se sustenta en la determinación cuantificable de la cantidad de Politereftalato de Etileno posible a recuperar a través de una máquina expendedora inversa.

### 5.2 Diseño Metodológico

El diseño metodológico del presente estudio es de tipo exploratorio y está basado en una adaptación de la metodología descrita por Mejía y Osorio (2012). Se divide en 4 etapas principales: Análisis de la necesidad, Diseño conceptual, Diseño detallado y un Estudio de Viabilidad del Proyecto el cual se llevó a cabo a través de un estudio de mercado, utilizando como herramienta de medición una encuesta (Figura 6).



**Figura 6. Metodología académica de diseño**  
Fuente: Adaptado de Mejía y Osorio (2012)

### 5.3 Alcance

El alcance de este proyecto fue de 18 meses comprendidos entre Enero del 2015 a Junio del 2016 en el Campus Regional Centro de la Universidad de Sonora en la ciudad de Hermosillo.

#### 5.4 Pregunta de Investigación

¿Es posible recuperar el politereftalato de etileno (PET) generado por la comunidad de la Universidad de Sonora Unidad Regional Centro a través de una máquina expendedora inversa?

#### 5.5 Objeto de Estudio

El objeto de estudio es una máquina expendedora inversa con la cual se espera recuperar los residuos sólidos del PET generados en la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, utilizando energía solar dentro de sus funcionamientos.

#### 5.6 Selección del Objeto de Estudio

En este proyecto, se utilizó el diseño de una máquina expendedora inversa para la recuperación de PET ya que se ha demostrado que la implementación de innovaciones tecnológicas ofrece y motiva una recuperación adecuada de residuos sólidos, específicamente el PET, siendo modelos de éxito en la Cd. de México y en Buenos, Aires Argentina, permitiendo un manejo eficiente del residuo, disminuyendo la contaminación derivada de su mal manejo y educando a los usuarios en temas de reciclaje y sustentabilidad (Benito, 2014).

#### 5.7 Instrumentos de recolección y manejo de datos

- Análisis Funcional y Formal de los modelos de utilidad actuales a través del uso de la **Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente** (Yarwood y Eagan, n.d.) y la Identificación de los conductores del diseño para la sustentabilidad (UNEP, 2009)
- Generación y Selección de Alternativas a través del uso de la metodología de la **Rueda del Ecodiseño** (UNEP, 2009).
- Diseño Industrial una máquina expendedora inversa generado en el programa de diseño SolidWorks® Premium 2014 x64 Edition.
- Estudio de mercado para verificar la viabilidad del proyecto a través de una encuesta como herramienta de medición.



## VI. RESULTADOS

### 6.1 Análisis de la Necesidad

#### 6.1.1. Identificación de las Necesidades

Observando los retos que propone el avanzar hacia un desarrollo sustentable y en miras de sus objetivos como institución educativa, la Universidad de Sonora ha desarrollado un Plan de Desarrollo Sustentable en el cual resalta en sus ejes rectores la necesidad de: “5. La consolidación de sistemas de gestión ambiental para la sustentabilidad en los espacios universitarios a fin de mejorar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y peligrosos, la seguridad de sus laboratorios, el uso eficiente de la energía y el agua que consumimos, la recuperación y protección de las áreas verdes y comunitarias; los temas de movilidad y transporte, el diseño amigable y sostenible de nuestra infraestructura o las medidas administrativas necesarias para reducir el consumo en papel u otros insumos, por señalar solo algunos aspectos (PDS UNISON, 2012).

#### 6.1.2. Planteamiento del Problema

Desde el año 2010 la Universidad de Sonora Unidad Regional Centro ha estado generando 1 109 kg de residuos sólidos por semana, únicamente en el área 5 de la Unidad Regional Centro, siendo el plástico el 31% de estos residuos (343.79 kg) e identificando, dentro del campus, el 33% de esta generación de plástico (113.45 kg) como PET (Cruz, 2010). También se puede observar una generación de residuos plásticos en el Comedor de la Universidad identificando la generación de plástico en un 24% representando 51 kg de PET semanales sólo en esta área (Grijalva, 2015).

Este tipo de problemáticas ha motivado la implementación de estrategias orientadas al reciclaje y reuso ya que se encuentran recursos no renovables entre los procesos de producción y distribución de las botellas de PET y al reemplazar estos recursos vírgenes por recursos reciclados logramos una eficiencia energética disminuyendo emisiones de gases de efecto invernadero (Nakatani y Hirao, 2011). La aplicación de innovaciones tecnológicas como la de la “Máquina Biorecicladora™” de Hengsheng Plastics MX ha

generado una revolución y gran demanda para el reciclaje de botellas plásticas en México, reduciendo procesos para el reciclaje mecánico teniendo la capacidad de compactar hasta 1 200 botellas plásticas por máquina, realizar una separación de residuos sólidos para su reciclaje eficiente y desarrollando nuevos compuestos plásticos biodegradables hasta en 8 años debido a su procesamiento y reutilización en sus plantas de reciclaje (Ruiz, 2014).

Por otra parte, la aplicación de modelos de utilidad como la máquina “PETIT <sup>TM</sup>” implementada en Buenos Aires, Argentina, reduce aún más los procesos de traslado y reciclaje mecánico ya que este modelo de utilidad tritura en pequeñas escamas las botellas plásticas incrementando su capacidad de acopio hasta 2 000 unidades equivalentes a 40 kg de PET de una forma amigable y contribuyendo a la educación para el reciclaje y la sustentabilidad (Benito, 2014).

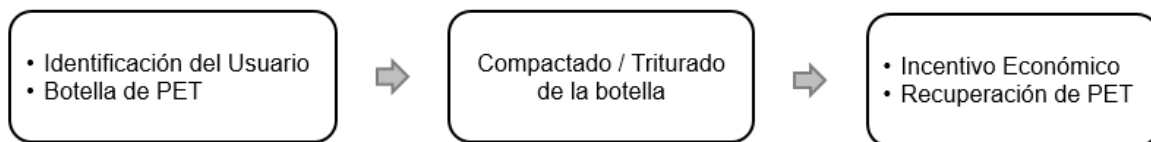
Tomando como ejemplo dichos modelos de utilidad se decidió estudiar el diseño industrial de una máquina recuperadora de PET impulsada por energía solar para su posible aplicación dentro de las instalaciones de la Universidad de Sonora Unidad Regional Centro.

## 6.2 Diseño conceptual

### 6.2.1 Análisis Funcional y Formal

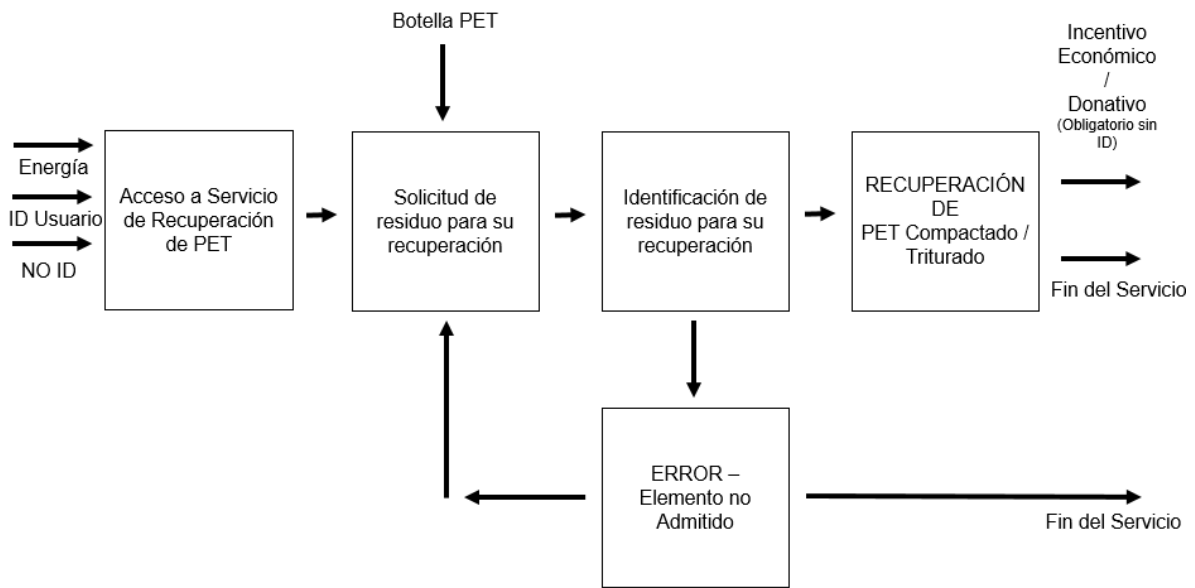
#### 6.2.1.1. Análisis de Funciones

Siguiendo la metodología del Análisis de Funciones (Cross, 1999) se desarrollaron los procedimientos de “Caja Negra” (Véase Figura 7), Diagrama de Flujo de Funciones Secundarias (Véase Figura 8) y el Diagrama de Análisis de Funciones Resultantes (Véase Figura 9) para identificar las funciones básicas y precisas que la máquina expendedora inversa pretende otorgar como servicio de recuperación de PET.



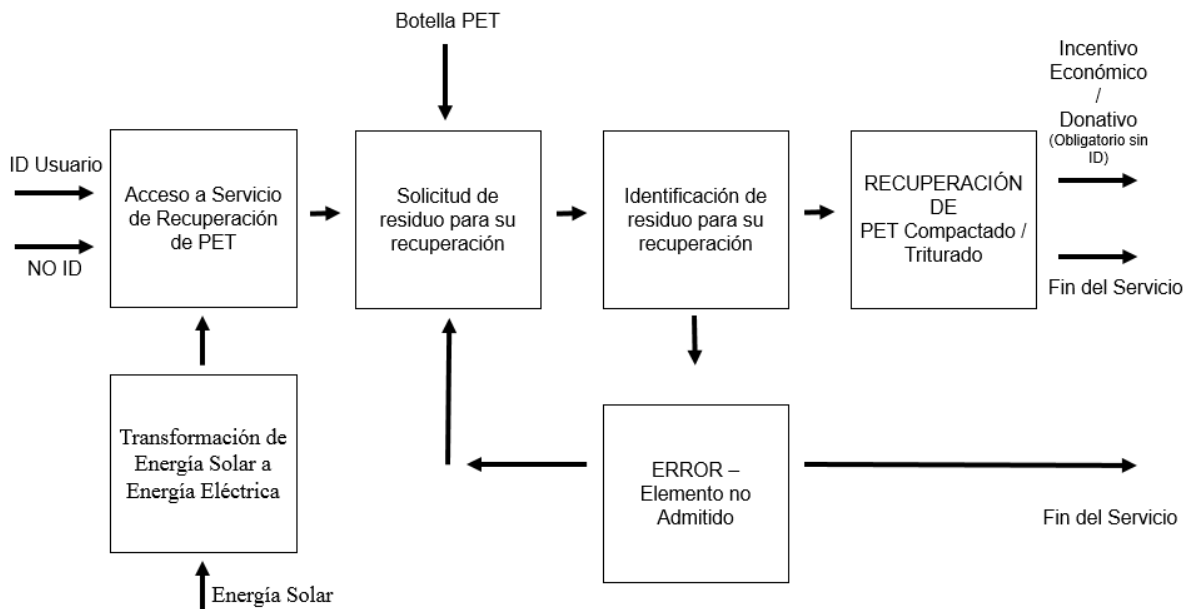
**Figura 7. Caja Negra de Funciones para una máquina expendedora inversa capaz de recuperar botellas de PET.**

Fuente: Elaboración propia basado en Cross (1999).



**Figura 8. Diagrama de Flujo de Funciones Secundarias.**

Fuente: Elaboración propia basado en Cross (1999).



**Figura 9. Diagrama de Análisis de Funciones Resultantes.**

Fuente: Elaboración propia basado en Cross (1999).

Se realizó un análisis minucioso acerca de las funciones y elementos de una máquina compactadora y una máquina trituradora de PET con el fin de generar y seleccionar

alternativas para la aplicación de una máquina expendedora inversa en la Universidad de Sonora Unidad Regional Centro.

Este análisis se llevó a cabo utilizando la Matriz de producto de Diseño para el Medio Ambiente presentado en el Compendio de Herramientas de Diseño para el Medio Ambiente (Yarwood y Eagan, n.d.). Esta matriz permite determinar el impacto ambiental de un producto causado por la manufactura, uso y desecho de un producto siguiendo un cuestionario de 100 preguntas encaminadas a temas de diseño y medio ambiente.

Así mismo se realizó la Identificación de los Conductores del Diseño para el Medio Ambiente estipulado en el manual de Diseño para la Sustentabilidad: Un Acercamiento Paso a Paso (UNEP, 2009) con el fin de determinar la generación y selección de alternativas.

#### 6.2.1.2. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente

Para realizar el análisis en la Matriz (ver Tabla 3) se siguieron los siguientes pasos:

1. Siguiendo las opciones de la implementación de la Matriz, no se analizó la primera etapa de vida "Premanufactura" permitiendo una calificación Total de 100 puntos.
2. Se contestó cada pregunta de la matriz, a través de información documentada, iniciando con la segunda etapa de vida llamada "Manufactura del Producto" siguiendo el cuestionario de la matriz. Si la respuesta es "sí" se le atribuye el número de puntos para la columna de dicha pregunta, si la respuesta es "no" se le atribuyen cero puntos a la columna de dicha pregunta. Si la pregunta no aplica para dicho producto o el producto no genera impacto en esta área se contesta "sí".
3. Para cada elemento de la matriz se determina una puntuación entre 0 y 5 según el número de "sí" obtenidos. Dicho total se debe ponderar en el recuadro correspondiente de la matriz.
4. Se agregan los resultados en cada columna y fila, y se suma el total de cada fila y cada columna.
5. La suma del total de las columnas y del total de las filas debe ser el mismo. Se coloca esta suma en el recuadro inferior derecho de la matriz. Este resultado es un valor relativo para el producto el cual puede ser utilizado para comparar productos

existentes con productos que actualmente se desean diseñar. Los totales para cada etapa de vida y aspecto ambiental indican las fortalezas y áreas de oportunidad en términos de atributos ambientales de un producto.

Aplicando la metodología de la Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente (Anexo 1 y Anexo 2) se obtuvieron los siguientes resultados para su comparación (Tabla 3 y Tabla 4):

**Tabla 3. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente: Compactadora Actual de PET impulsada con energía convencional.**

		1	2	3	4	5		
		Aspectos Ambientales						
	Etapa de Vida	Materiales	Uso Energético	Residuos Sólidos	Residuos Líquidos	Residuos Gaseosos	TOTAL	
							66	
A	Premanufactura	---	---	---	---	---		
B	Manufactura del Producto	4	0	5	5	1	15	
C	Empaque y Distribución	5	5	3	5	2	20	
D	Uso del Producto y Mantenimiento	4	2	5	5	0	16	
E	Termino de Vida	4	0	5	5	1	15	
	Total	17	7	18	20	4	66	

Fuente: Elaboración propia basado en Yarwood y Eagan (N.D.)

**Tabla 4. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente: Trituradora Actual de PET impulsada con energía convencional.**

		1	2	3	4	5	
		Aspectos Ambientales					
	Etapas de Vida	Materiales	Uso Energético	Residuos Sólidos	Residuos Líquidos	Residuos Gaseosos	TOTAL
							72
A	Premanufactura	---	---	---	---	---	
B	Manufactura del Producto	4	3	5	5	1	18
C	Empaque y Distribución	5	5	5	5	5	25
D	Uso del Producto y Mantenimiento	4	0	5	5	0	14
E	Termino de Vida	4	0	5	5	1	15
	<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>72</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Yarwood y Eagan (N.D.)

Se puede observar una diferencia de 6 puntos entre la Trituradora de PET y la Compactadora siendo la primera la de mayor puntuación con 72 puntos en base a 100.

Estas diferencias se observan en la Etapa de Vida de Manufactura de producto y Empaque y distribución, y en los Aspectos Ambientales en el Uso energético, Residuos Sólidos, y Residuos Gaseosos. Estos indicadores denotan una mayor puntuación por parte de la trituradora ya que este modelo de utilidad se produce y distribuye a nivel local a diferencia de la compactadora que se manufactura, empaqueta y distribuye en China para movilizarse a través de todo el mundo. Se observa que el uso del producto y mantenimiento produce residuos gaseosos en ambos casos debido al uso de energía convencional generada a través de la combustión de carbonos y/o hidrocarburos.

A diferencia con la máquina expendedora inversa (Anexo 3), la cual muestra una puntuación de desempeño ambiental de 96 (véase Tabla 5) ya que su producción local y la cercanía de su puesta en marcha, al igual que el utilizar energías renovables (energía solar) para su total funcionamiento la colocan como una mejor opción entre las máquinas recuperadoras actuales en el mercado.

**Tabla 5. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente: máquina expendedora inversa**

		1	2	3	4	5	
		Aspectos Ambientales					
	Etapa de Vida	Materiales	Uso Energético	Residuos Sólidos	Residuos Líquidos	Residuos Gaseosos	TOTAL
							96
A	Premanufactura	---	---	---	---	---	
B	Manufactura del Producto	4	3	5	5	5	22
C	Empaque y Distribución	5	5	5	5	5	25
D	Uso del Producto y Mantenimiento	5	5	5	5	5	25
E	Termino de Vida	4	5	5	5	5	24
	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>96</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Yarwood y Eagan (N.D.)

### 6.2.1.3. Conductores del diseño para el medio ambiente

Utilizando la caracterización de los Conductores Internos y Externos del diseño para la sustentabilidad (Anexo 4) (UNEP, 2009) se identificaron cuáles conductores son relevantes para el proyecto priorizando a los conductores e indicando su relación con el planeta (PL), las personas (PR) y las ganancias (GS) o una combinación entre ellas (Tabla 4).

**Tabla 4. Conductores del diseño para el medio ambiente**

Prioridad de Conductores Internos	Selección PR-PL-GS	Prioridad de Conductores Externos	Selección PR-PL-GS
1. Equidad Social – Consciencia Ambiental – Incrementar el valor y reputación de la marca	PR-PL-GS	1. Presión directa de la comunidad	PL
2. Innovación de Producto	GS	2. Esquemas de subsidios	GS
3. Política Social Fuerte	PR	3. Opinión Pública	PR
4. Nuevas oportunidades para creación de valor	GS	4. Demanda del consumidor	GS
5. Diferenciación de Marca	GS	5. Competencia con proveedores	GS

Fuente: Elaboración Propia basado en UNEP (2009)

Se puede observar que los conductores internos más fuertes se inclinan hacia una combinación de los atributos de las personas, el planeta y las ganancias buscando una

equidad social intentando otorgar un incentivo económico al utilizar la máquina expendedora inversa, incrementando la consciencia ambiental al mismo tiempo y la reputación de la marca todo a través de una innovación y una política social fuerte.

Por otro lado, los conductores externos se inclinan hacia una presión directa de la comunidad de la universidad al no poseer una buena gestión del recurso del PET al convertirse en desecho dentro de las instalaciones, la opinión pública de la manera de gestar los residuos y la posibilidad de esquemas de subsidios para la creación de esta máquina expendedora inversa.

## 6.2.2 Generación y Selección de Alternativas

### Rueda del Eco-diseño

Las ideas obtenidas a través de la Matriz de Diseño de Producto para el medio ambiente y de los Conductores de Diseño para la sustentabilidad, implementados en los equipos recuperadores de PET actuales en el mercado, ayudarán a definir las mejores estrategias de diseño para el producto en cuestión, además de información documentada de la maquinaria en el mercado.

Se utilizó la metodología llamada como Rueda de Eco-diseño para comparar la máquina trituradora y compactadora en el mercado con el fin de encontrar las mejores estrategias de eco diseño para innovar dichos productos (véase Figura 11). Asimismo, se analizó la propuesta de rediseño para conocer el rendimiento ambiental la máquina expendedora inversa (véase Figura 12). Dicha metodología se adaptó del Módulo E del manual de la UNEP, “Diseño para el medio ambiente un acercamiento paso a paso” (UNEP, 2009) (Anexo 5). Se utilizó una ponderación de 0 a 5, siendo 0 el rango más bajo de calificación y 5 el mayor, para calificar los desempeños ambientales de dichos productos, en base al cuestionario encontrado en el manual de la UNEP, con el fin de conocer dichos desempeños en cada estrategia de la rueda de ecodiseño para enfocarlas en el rediseño a proponer:

1. Selección de materiales de bajo impacto
2. Reducción del uso de materiales



3. Optimización de técnicas de producción
  4. Optimización de sistemas de distribución
  5. Reducción del impacto durante su uso
  6. Optimización del inicio de vida
  7. Optimización del sistema del fin de vida del producto
- @. Revisión de diseño de producto – se refiere a una innovación o un producto completamente nuevo

Para conocer las mejores estrategias de eco-diseño para una posible innovación y rediseño se utilizó la metodología de la Rueda del Eco-Diseño tomando en cuenta los elementos de criterios que se encuentran en el manual de UNEP, mismos que se utilizaron para identificar qué elementos de las ocho estrategias podrían aplicarse.

Hay dos números que se necesitan tener en cuenta, el valor de los elementos de criterios, y una puntuación basada en 5. El primero representa la aplicabilidad de los criterios y para cada elemento de criterio, el valor de “0” es usado si la oración aplica al producto, pero no se cumple; un valor de “0.5” es usado si la oración aplica y se cumple parcialmente; un valor de “1” es usado si la oración aplica y se cumple totalmente; y adicionalmente una letra “N” es usada si la oración no aplica de ninguna manera en el producto a evaluar.

Por otro lado, la puntuación basada en 5 representa el desempeño ambiental general de la estrategia que se está evaluando y se obtiene dividiendo la “Suma de los valores de los elementos que aplican” entre el “Número de elementos que aplican” y luego multiplicado por 5. Es importante resaltar que el uso de esta herramienta involucra cierto nivel de subjetividad, sin embargo, información documentada encontrada en la literatura fue usada para decidir la puntuación de cada elemento de criterio.

Por ejemplo, en la propuesta de máquina expendedora inversa, la estrategia “5. Reducción del impacto durante su uso”, como se muestra en la Figura 10, incluye 20 elementos de criterios, de los cuales 11 aplican para este producto. La suma del “Valor del elemento de criterios” es de 10.5, el cual es dividido entre 11 elementos que aplican. El resultado es de 0.9545, éste es multiplicado por la puntuación mayor que es 5, dando como resultado 4.772 puntos de desempeño ambiental, redondeándose a 4.8. Siguiendo este ejemplo se

estimaron todas las demás estrategias de desempeño ambiental, como se muestra en la Figura 12.

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN			ESTRATEGIA 5. REDUCCIÓN DEL IMPACTO DURANTE SU USO
7.5	9	10.5	
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN			Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:
13	13	11	"0" si la frase aplica pero no es satisfecha
			"0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
			"1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
			"n" si la frase no aplica
COMPACTADORA	TRITURADORA	MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA	
DESEMPEÑO AMBIENTAL			
2.9	3.5	4.8	5> REDUCCIÓN DEL IMPACTO DURANTE SU USO
			a> Consumo energético bajo
0	0	1	54_ Usa los componentes menos consumidores de energía del mercado.
1	1	1	55_ Hace uso de "modo de apagado" por default.
1	1	1	56_ Se aseguro que las funciones de reloj y descanso pueden ser apagadas por el usuario.
0.5	1	1	57_ Si energía es usada para mover el producto se asegura que este sea lo más ligero posible.
N	N	N	58_ Si es usada energía para calentar sustancias se asegura que el componente relevante esta bien aislado.
			b> Fuentes de energía limpia
0	0	1	59_ Se selecciona la fuente de energía menos dañina.
N	N	1	60_ No se alienta el uso de baterías no recargables.
0	0	1	61_ Se alienta el uso de energía limpia como fuentes de energía bajo en sulfuro, fermentación, energía eólica, energía hidráulica o solar.
			c> Menos consumibles necesarios
1	1	1	62_ Se diseña el producto para minimizar el uso de materiales auxiliares.
N	N	N	63_ Se minimizan las fugas de máquinas que usan gran cantidad de consumibles.
N	N	N	64_ Se estudia la posibilidad de reusar consumibles.
			d> Consumibles limpios
N	N	N	65_ Se diseña el producto para usar los consumibles más limpios disponibles.
N	N	N	66_ Se asegura que usar el producto no resulta en desperdicios dañinos.
			e> Reducción de desperdicio de energía y otros consumibles
1	1	1	67_ El mal uso del producto como un todo debe ser evitado por instrucciones claras y diseño apropiado.
1	1	N	68_ Se diseña el producto para que el usuario no desperdicie material auxiliar.
N	N	N	69_ Se usan marcas de calibración en el producto para que el usuario sepa exactamente cuanto material auxiliar usar.
0	0	N	70_ Se realiza un estado de default lo cual es lo más deseable desde un punto de vista ambiental.
			f> Valor social agregado, soporte de salud
1	1	1	71_ Se asegura que el producto no realiza o minimiza el impacto en la salud del usuario evitando sustancias toxicas, niveles bajos de radiación, etc.
0.5	1	0.5	72_ Se diseña el producto de acuerdo con las necesidades socioeconómicas y posibilidades de grupos de usuarios.
0.5	1	N	73_ Se estudian las oportunidades de diseño de productos para grupos de bajos recursos.

Figura 10. Estrategia "5. Reducción del impacto durante su uso" - Rueda de Eco-diseño – Comparativa de Compactadora, Trituradora y máquina expendedora inversa.

Elaboración propia basada en UNEP (2009)

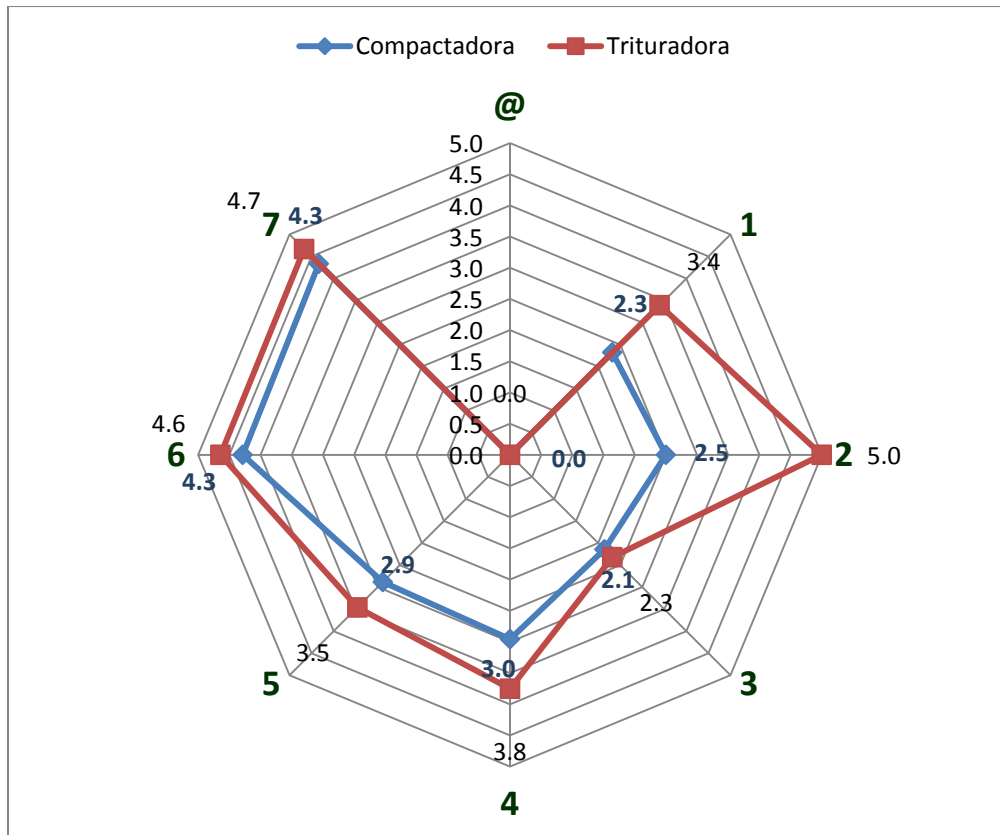


Figura 11. Rueda de Ecodiseño – Comparativa de Equipos Actuales en el Mercado.  
Elaboración propia basado en UNEP (2009)

### Análisis de la Rueda de Eco Diseño de los Equipos Actuales

#### 1. Selección de Materiales de Bajo Impacto:

Compactadora: 2.3	Trituradora: 3.4
-------------------	------------------

La máquina trituradora tiene más puntos en esta estrategia debido a que su producción es de carácter local a diferencia de la compactadora la cual se produce y ensambla en áreas donde es necesario utilizar distribución en espacios muy separados.

#### 2. Reducción en el uso de materiales:

Compactadora: 2.5	Trituradora: 5.0
-------------------	------------------

En esta estrategia se puede observar que la máquina trituradora tiene más puntos que la compactadora debido a que su diseño está realizado para ser una máquina

pequeña, con pocos elementos y que recupere mucha cantidad de botellas de PET por encima de la máquina compactadora.

### 3. Optimización de las técnicas de producción:

Compactadora: 2.1	Trituradora: 2.3
-------------------	------------------

Se puede observar que la máquina trituradora se encuentra por encima de la compactadora debido a que el hecho de que se produzca de manera local le permite tener un mayor control en los procesos de producción, su producción no es tan masiva ni impactante en emisiones al medio ambiente y su diseño está realizado pensando en la combinación de funciones para minimizar los procesos productivos.

### 4. Optimización del sistema de distribución:

Compactadora: 3.0	Trituradora: 3.8
-------------------	------------------

Este puntaje se debe a que la trituradora actúa de manera local o regional lo cual facilita trabajar con proveedores y distribuidores locales minimizando los impactos ambientales que se producen por estas actividades.

### 5. Reducción del impacto durante su uso:

Compactadora: 2.9	Trituradora: 3.5
-------------------	------------------

Se obtuvo este puntaje debido a que la trituradora es mucho más ligera que la compactadora permitiendo eficientar el uso energético para su traslado y distribución, además de que su diseño está realizado de acuerdo a las necesidades específicas de la región en la que actúa.

### 6. Optimización en el inicio de vida:

Compactadora: 4.3	Trituradora: 4.6
-------------------	------------------

Esta pequeña diferencia se debe al que la trituradora se produce y actúa de manera local permitiendo el uso de servicios de mantenimiento de la región en la que funciona.

## 7. Optimización del sistema de término de vida:

Compactadora: 4.3	Trituradora: 4.7
-------------------	------------------

Al igual que la estrategia anterior el impacto ambiental se ve minimizado en la trituradora debido a su rango de acción local.

## @. Desarrollo de nuevos productos:

Compactadora: 0	Trituradora: 0
-----------------	----------------

Los hallazgos encontrados en las metodologías utilizadas orientan a optar por un rediseño del producto para mejorar sus atributos y desempeños ambientales.

Se puede observar a través del análisis de la rueda del ecodiseño que las estrategias a tomar, a raíz de la comparativa de las máquinas recuperadoras de PET existentes, son:

- Selección de materiales de bajo impacto
- Reducción en el uso de materiales
- Reducción del impacto durante su uso
- Desarrollo de nuevos productos.

De esta manera se observa que es muy importante el desmaterializar lo más posible el diseño de dichos componentes con el fin de reducir la cantidad de materiales usados y elegirlos como de bajo impacto. También se puede identificar un gran impacto durante su uso ya que ambas máquinas utilizan energías no renovables basadas en hidrocarburos. De esta manera se puntualiza que el rediseño de dichas máquinas es necesario con el fin de lograr minimizar los impactos expuestos y maximizar la eficiencia en el diseño y funcionamiento de dichas máquinas.

Utilizando la metodología de la Rueda de Estrategia se definen las estrategias de diseño para realizar una innovación en el sistema del producto con el fin de reducir el impacto durante el uso del producto enfocándose en la implementación de un módulo energético solar el cual permita funcionar la máquina expendedora inversa a través del uso de energías renovables para minimizar el impacto ambiental generado por la utilización de energía.

Asimismo, se realizó el análisis de la rueda de eco diseño para la máquina expendedora inversa (Figura 5).

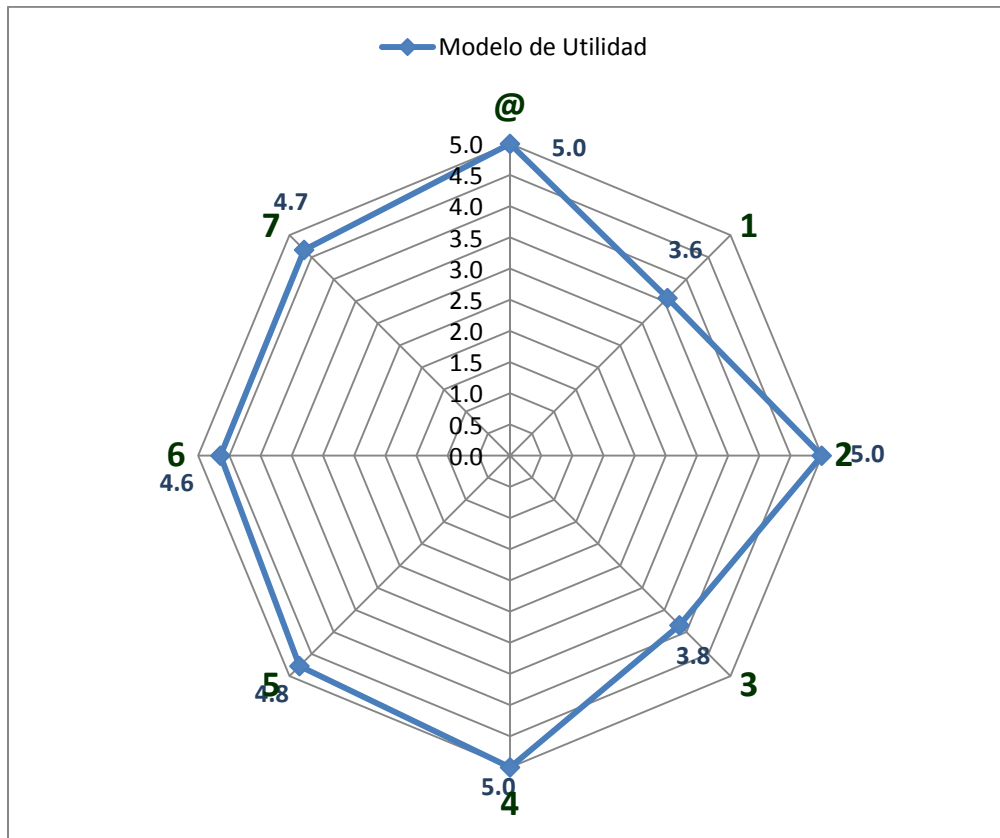


Figura 12. Rueda de Ecodiseño – Máquina expendedora inversa.  
Elaboración propia basado en UNEP (2009)

Análisis de la Rueda del Eco Diseño de la máquina expendedora inversa

### 1. Selección de Materiales de Bajo Impacto:

Compactadora: 2.3	Trituradora: 3.4	Máquina expendedora inversa: 3.6
-------------------	------------------	----------------------------------

Esta diferencia radica en que el diseño de la máquina expendedora inversa contempla la posibilidad de utilizar, en su mayor posibilidad, elementos reciclados y compatibles con los materiales de los demás componentes de la máquina expendedora inversa.

## 2. Reducción en el uso de materiales:

Compactadora: 2.5	Trituradora: 5.0	Máquina expendedora inversa: 5.0
-------------------	------------------	----------------------------------

Esto se debe a que su diseño está realizado para ser una máquina pequeña, con pocos elementos y que recupere mucha cantidad de botellas de PET por encima de la máquina compactadora.

## 3. Optimización de las técnicas de producción:

Compactadora: 2.1	Trituradora: 2.3	Máquina expendedora inversa: 3.8
-------------------	------------------	----------------------------------

Esta diferencia radica en que el diseño de la máquina expendedora inversa contempla materiales locales de bajo impacto energético en su producción, además de utilizar técnicas de producción más limpia que requieren menos sustancias o aditivos auxiliares dañinos.

## 4. Optimización del sistema de distribución:

Compactadora: 3.0	Trituradora: 3.8	Máquina expendedora inversa: 5.0
-------------------	------------------	----------------------------------

Esta diferencia se debe a que la máquina expendedora inversa es un prototipo el cual no cuenta con empaque, necesidad de distribución, o modos de transporte.

## 5. Reducción del impacto durante su uso:

Compactadora: 2.9	Trituradora: 3.5	Máquina expendedora inversa: 4.8
-------------------	------------------	----------------------------------

Se obtuvo este puntaje debido a que se propone un módulo de energía solar (la cual es una energía limpia) para empoderar el funcionamiento de los componentes de la máquina expendedora inversa, y también el diseño de la máquina expendedora inversa contempla dentro de sus componentes los de mayor eficiencia energética.

## 6. Optimización en el inicio de vida:

Compactadora: 4.3	Trituradora: 4.6	Máquina expendedora inversa: 4.6
-------------------	------------------	----------------------------------

Esta diferencia se debe al que la trituradora y la máquina expendedora inversa se producen y actúan de manera local permitiendo el uso de servicios de mantenimiento de la región en la que funciona.

## 7. Optimización del sistema de término de vida:

Compactadora: 4.3	Trituradora: 4.7	Máquina expendedora inversa: 4.7
-------------------	------------------	----------------------------------

Este puntaje se debe al rango de acción local en la generación de la máquina expendedora inversa y la posibilidad de re uso de componentes y reciclaje dentro de la región.

## @. Desarrollo de nuevos productos:

Compactadora: 0	Trituradora: 0	Máquina expendedora inversa: 5
-----------------	----------------	--------------------------------

Este puntaje se debe a que la máquina expendedora inversa es el rediseño basado en las máquinas recuperadoras de PET en el mercado que fueron analizadas.

## 6.3 Diseño Detallado

### 6.3.1 Cálculos de Ingeniería

#### *Módulo de Energía Solar*

Para calcular el número apropiado de paneles solares necesarios para cubrir la demanda energética la máquina expendedora inversa se necesitó de primera instancia conocer dicha demanda energética diaria y la eficiencia del panel solar en la latitud en donde se realizará dicha instalación. De igual manera se calculó el factor de degradación por temperatura adicional soportada por el panel solar en su uso eficiente (por encima de 25° C) estipulado en la NOM-001-SEDE-2005 para Instalaciones Eléctricas (Secretaría de Energía, 2006).



Se inició con el cálculo de la producción total diaria de un panel solar de 250 Watts (W) tomando en cuenta la degradación por temperatura adicional soportada por cada panel. Para realizar dicho cálculo se estipuló un 0.6% de factor de degradación por grado centígrado adicional a los 25 grados que sea expuesto el panel para la generación de energía (Ramírez y Sebastian, 2014). Según la NOM-001-SEDE-2005 la temperatura nominal del conductor utilizado en la región de Hermosillo, Sonora, México debe de considerarse a la de 75° C encontrando una diferencia de 50° C para el cálculo de la degradación por temperatura adicional lo cual señala un 30% de factor de degradación por panel solar.

Para calcular la producción total diaria por panel solar de 250 W se multiplicó la capacidad generadora de dicho panel por el valor de insolación global promedio diario mensual en kWh/m<sup>2</sup> para la latitud de Hermosillo, Sonora, México con Orientación al Sur la cual estipula un promedio de 6 hrs de producción solar para dicha latitud (Arango, et al., 2001) dando un total relativo de 1 500 W por día.

Aplicando el factor de degradación por temperatura adicional (30%) al total relativo de 1 500 W por día se observa una degradación de 450 W diarios por panel solar dando como producción total diaria por panel solar de 250 W un total de 1 050 W por día para la latitud correspondiente a Hermosillo, Sonora, México.

La demanda energética la máquina expendedora inversa se calculó identificando los componentes que necesitan energía para lograr su funcionamiento. Este cálculo es igual para la propuesta de dos máquinas expendedoras inversas, una con capacidad de compactado de la botella de PET y otra con capacidad de triturar la botella de PET, ya que el diseño de dichas máquinas se ha realizado para adaptarse a las posibilidades del mercado de compra de PET, teniendo la posibilidad de cambiar los rodillos de la máquina para compactar o triturar.

### *Demanda Energética de la Máquina expendedora inversa*

Dentro de los componentes de la máquina expendedora inversa se identifican dos en la utilización de energía para poder otorgar los servicios de compactado o triturado (según sea el caso). Dichos componentes son:

1. Motor con capacidad de 1 caballo de fuerza que servirá para triturar la botella de PET al ser recuperada, con una necesidad energética de 745.69 W y con un promedio de uso de 6 hrs. dando como resultado una demanda energética diaria de 4 474.19 W.
2. Tablet controladora del sistema operativo de la máquina expendedora inversa, la cual servirá de interface para la utilización de los servicios que ofrece la máquina con una necesidad energética de 10.6 W y un promedio de uso de 13 hrs. dando como resultado una demanda energética diaria de 137.8 W.

Observando las demandas energéticas de los componentes de dicha máquina expendedora inversa se puede deducir una demanda energética total a 4 611.99 W diarios.

### *Dimensionamiento de Paneles Solares*

Para calcular el número de paneles solares necesarios para dicha demanda energética se dividió el total de la demanda energética entre el rendimiento de cada panel solar de 250 W (Véase Figura 13) dando como resultado 4.3 paneles solares lo cual estipula la necesidad de 5 paneles solares para la demanda energética de dicha máquina expendedora inversa (Véase Anexo 6).



**Figura 13. Panel Solar de 250 Watts.**  
**(imagen sólo con fines ilustrativos)**  
Fuente: GH Solar, 2013

### *Baterías Necesarias*

Para la máquina expendedora inversa se propone el uso de la batería denominada “PowerWall” distribuida por Tesla motors (Véase Figura 14) siguiendo la estrategia de diseño de “materiales de bajo impacto”. Esta batería permite un ciclo energético de 7 kilo Watts por hora diarios evitando el uso de múltiples baterías. Dicha batería tiene una garantía de uso de 10 años y provee 2.0 kilo Watts por hora en modo continuo y 3.3 kilo Watts por hora en picos energéticos (Tesla Motors, 2015).



**Figura 14. Batería Powerwall**  
**(imagen sólo con fines ilustrativos)**  
Fuente: Tesla Motors, 2015

### 6.3.2 Modelación 3D detallada y simulación.

Se utilizó el programa de modelado mecánico en 3D SolidWorks® Premium 2014 x64 Edition para plasmar la máquina expendedora inversa, el cual se compone de los siguientes módulos:

#### *Módulo Interno*

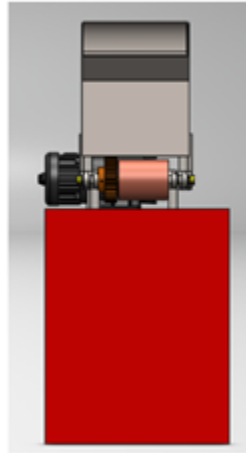
Este se compone de la estructura de funcionamiento mecánico la cual está ligada a un controlador (Tablet) y brinda el servicio de compactado o triturado según sea el caso (Véase Figura 7 y 8).

Siguiendo el análisis de la maquinaria en el mercado y enfocados en la estrategia 5 de la rueda del eco-diseño (Reducción del impacto durante su uso) se decidió disminuir la potencia del motor de 5 HP a 1 HP para minimizar el impacto del uso energético y asegurar el compactado o triturado de la botella de PET.

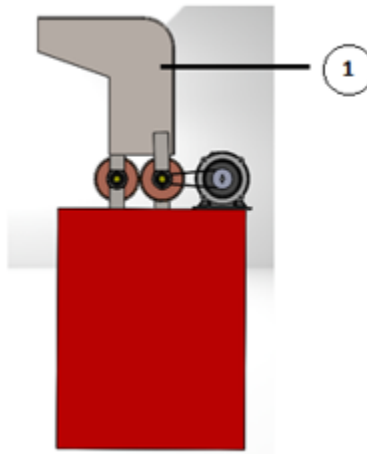
La siguiente lista representa los componentes que integran la máquina expendedora inversa ilustrados en las figuras 15, 16, 17, 18 y 19:

1. Gabinete guía de residuos (40 cm de alto x 32 cm de ancho x 40 cm de largo)
2. Un contenedor de residuos (70 cm alto x 55 cm de ancho x 55 cm de largo)

3. Dos rodillos de compactado o triturado (16 cm de largo x 12 cm de radio)
4. Dos engranes de movimiento de rodillos 4 cm de largo x 12 cm de radio)
5. Dos flechas guía para los rodillos (35 cm de largo x 2 cm de diámetro)
6. Cuatro Rodamientos o Bases para los rodillos y el gabinete guía
7. Un motor de 1 caballo de fuerza (HP)
8. Una banda para movimiento de rodillos



**Figura 15. Módulo Interno Vista Frontal de la máquina expendedora inversa.**



**Figura 16. Módulo Interno Vista Lateral Izquierda de la máquina expendedora inversa.**

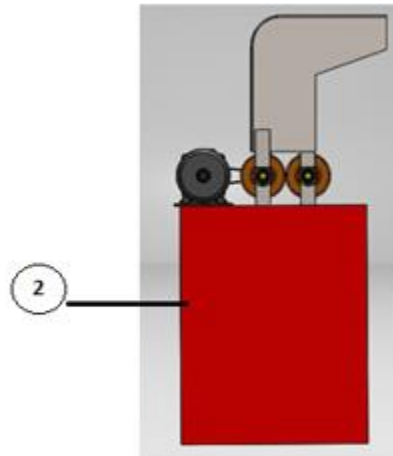


Figura 17. Módulo Interno Vista Lateral Derecha de la máquina expendedora inversa

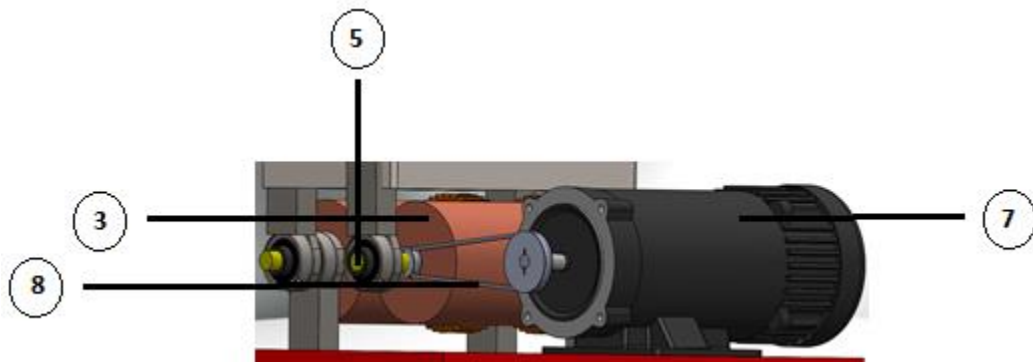


Figura 18. Módulo Interno Vista Lateral Izquierda de la maquinaria de la máquina expendedora inversa.

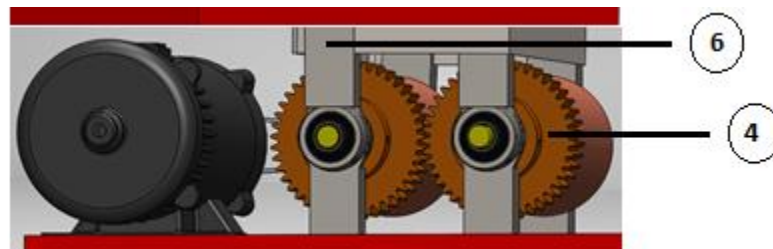


Figura 19. Módulo Interno Vista Lateral derecha de la maquinaria de la máquina expendedora inversa.

### *Módulo de Atención al Cliente*

Este módulo está compuesto por una estructura de acero inoxidable reutilizado de 180cm de alto por 75 cm de ancho por 70 cm de largo, siguiendo las estrategias de eco diseño “1. Selección de materiales de bajo impacto” y “2. Reducción del uso de materiales”. También se compone de un controlador tipo “Tablet” para que la máquina expendedora inversa pueda proveer al usuario una interface de servicio en donde este sea conducido paso a paso en el “cómo hacer uso” de la máquina expendedora inversa, también a través de la Tablet se brindarán instrucciones de operación, temas relacionados a la educación ambiental y el total de incentivo acumulado por recuperar PET (Véase Figura 20).



**Figura 20. Módulo de Atención al Cliente – máquina expendedora inversa.**

### 6.3.3 Definición de Componentes y Procesos

#### *Módulo Interno*

Está compuesto por la estructura mecánica conectada a un controlador (Tablet) y permite ofrecer el servicio de compactado o triturado, dependiendo de la decisión que se tome. Siguiendo el análisis de la maquinaria disponible en el mercado y enfocándose en la estrategia de eco-diseño “5. Reducción del impacto durante su uso”, se disminuyó la fuerza del motor de 5 HP a 1 HP con la finalidad de reducir el uso de energía y asegurar los servicios de compactado o triturado de las botellas de PET. Véase Tabla 6 para observar los componentes del módulo interno de la máquina expendedora inversa.

**Tabla 6. Componentes de Módulo Interno de la máquina expendedora inversa.**

Pieza	Cantidad	Proveedor	Precio de Lista		Total	Total MXN
<b>MÓDULO INTERNO</b>						
Motor	1	BALDOR	\$ 1,757.00	USD	\$1,757.00	\$ 30,483.95
Rodillos	2	Maquinados de Hermosillo	\$ 7,000.00	MXN	\$7,000.00	\$ 7,000.00
Rodamientos / Bases	4	Maquinados de Hermosillo	\$ 800.00	MXN	\$3,200.00	\$ 3,200.00
Contenedor de residuos	1	Maquinados de Hermosillo	\$ 500.00	MXN	\$ 500.00	\$ 500.00
Gabinete guía de residuos	1	Maquinados de Hermosillo	\$ 800.00	MXN	\$ 800.00	\$ 800.00
Banda	1	Maquinados de Hermosillo	\$ 620.00	MXN	\$ 620.00	\$ 620.00
Engranajes	2	Maquinados de Hermosillo	\$ 500.00		\$1,000.00	\$ 1,000.00
Flecha de Rodillos	2	Maquinados de Hermosillo	\$ 500.00		\$1,000.00	\$ 1,000.00
Sensores		Maquinados de Hermosillo				\$10,000.00
Módulo eléctrico		Maquinados de Hermosillo				\$15,000.00
Construcción e Ingeniería		Maquinados de Hermosillo				\$30,000.00

#### *Módulo de Atención al Cliente*

Este módulo está compuesto por una estructura de acero inoxidable reutilizado de 180cm de alto por 75 cm de ancho por 70 cm de largo, también se compone de un controlador tipo “Tablet” para que la máquina expendedora inversa pueda proveer al usuario una interfaz de servicio en donde este sea conducido paso a paso en el “cómo hacer uso” de la máquina expendedora inversa, también a través de la Tablet se brindarán instrucciones de operación, temas relacionados a la educación ambiental y el total de incentivo acumulado por recuperar PET.



El servicio se otorga a usuarios que busquen generar un incentivo económico, y al público en general que desee donar ese incentivo a causas de benéficas. La diferencia entre uno y otro es que el que desea el incentivo económico se encuentra dentro de una base de datos operada por la máquina expendedora inversa. De esta manera el usuario dispone de una identificación la cual puede ser utilizada para acumular dinero electrónico en su cuenta de cliente permitiéndole su administración y consulta vía internet. Dicho dinero electrónico puede ser usado en distintos servicios dentro de alguna ciudad, institución educativa o cualquier servicio que desee adherirse a este modelo de negocio. De otra manera, la máquina expendedora inversa permite donar ese incentivo a diferentes causas benéficas y apoyar al medio ambiente en el reciclaje de residuos. La máquina expendedora inversa es una invitación para la comunidad de la UNISON y el público en general para reciclar, aprender de temas ambientales y generar un ingreso económico a través de los servicios que otorga.

Véase Tabla 7 para observar los componentes del módulo de atención a clientes de la máquina expendedora inversa.

**Tabla 7. Componentes de Módulo de Atención al Cliente de la máquina expendedora inversa.**

Pieza	Cantidad	Proveedor	Precio de Lista		Total	Total MXN
<b>MÓDULO DE ATENCIÓN AL CLIENTE</b>						
Gabinete / Exterior Máquina	1	Maquinados de Hermosillo	\$ 12,000.00	MXN	\$12,000.00	\$12,000.00
Tablet	1	AMAZON	\$ 339.99	USD	\$ 339.99	\$ 5,898.83
App / Sistema	1	Maquinados de Hermosillo	\$ 5,000.00	EUR	\$ 5,000.00	\$95,000.00

### *Módulo de Energía Solar*

El módulo de energía solar está compuesto por una estructura de Perfil Tubular Rectangular (PTR) de 200 cm de alto por 290 cm de ancho por 330 cm de largo, cubriendo una superficie de 9.57 mt<sub>2</sub>. Dicha estructura soportará los paneles solares para que generen electricidad y funcionen como un quiosco de resguardo tanto para el usuario como para la máquina expendedora inversa (Véase Figura 21 y 22).



Figura 21. Módulo de Utilidad Propuesto – Módulo Solar y Módulo de Atención – Vista Isométrica Derecha

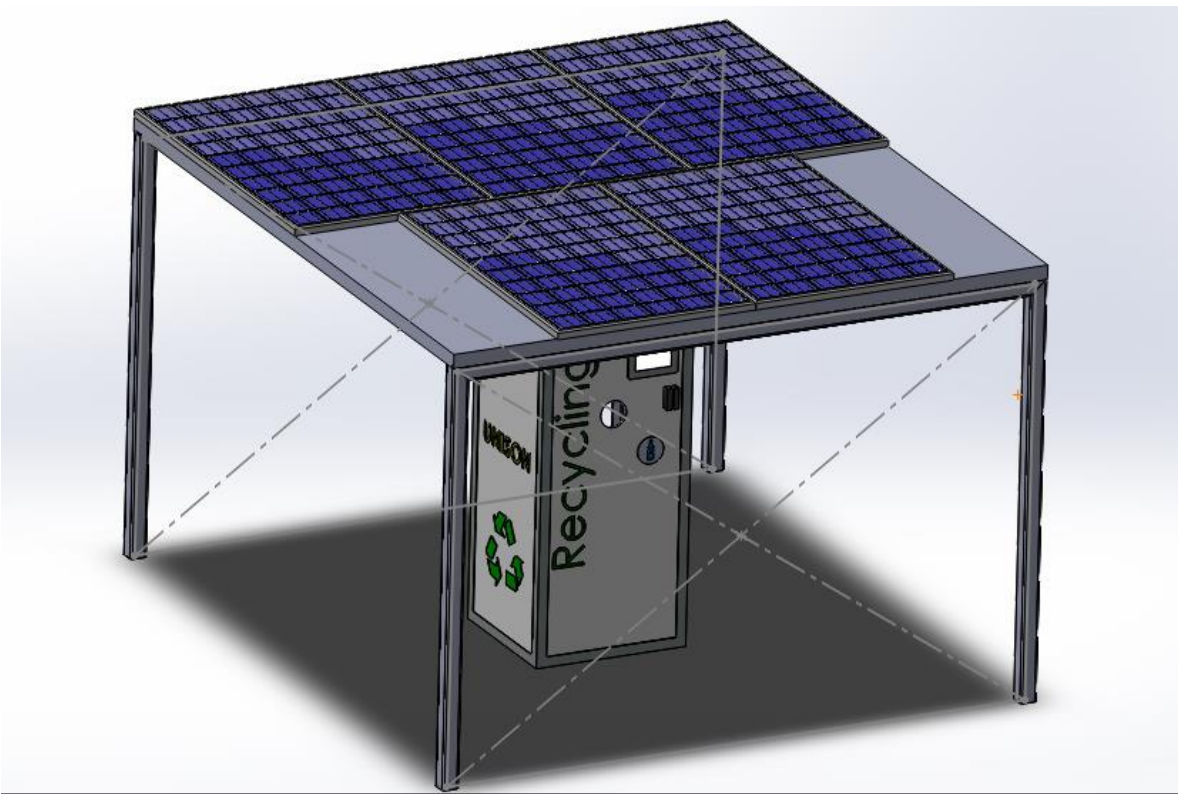


Figura 22. Módulo de Utilidad Propuesto – Módulo Solar y Módulo de Atención – Vista Isométrica Izquierda

Véase Tabla 8 para observar los componentes del módulo de energía solar de la máquina expendedora inversa.

**Tabla 8. Componentes de Módulo de Energía Solar de la máquina expendedora inversa.**

Pieza	Cantidad	Proveedor	Precio de Lista		Total	Total MXN
<b>MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR</b>						
Páneos Solares	5	Soluciones Verdes	\$ 4,450.00	MXN	\$ 22,250.00	\$ 22,250.00
PTR para estructura	40	Proveedor del Herrero	\$ 60.00	MXN	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00
PowerWall Batería Tesla	1	Tesla Motors	\$ 3,000.00	USD	\$ 3,000.00	\$ 52,050.00

## 7. Estudio de Viabilidad del Proyecto

### 7.1 Estudio de Mercado

El presente trabajo de investigación es un estudio de tipo exploratorio cuantitativo con el objetivo de conocer los hábitos de consumo y desecho de botellas de plástico que genera la comunidad estudiantil de licenciatura de la Universidad de Sonora.

#### *Sujetos de Estudio*

En la División de Ingenierías existe una población de 4 629 alumnos inscritos de los cuales (ver Tabla 9):

**Tabla 9. Ingenierías que pertenecen a la División de Ingenierías de la Universidad de Sonora, población estudiantil y porcentaje representativo a la población total de la División.**

Ingenierías	Estudiantes	Porcentaje Representativo al total de la población
Ingeniería Civil	1 210	26.13 %
Ingeniería en Materiales	96	2.07 %
Ingeniería Mecatrónica	586	12.65 %
Ingeniería en Sistemas de Información	378	8.16 %
Ingeniería Industrial y de Sistemas	1 176	25.40 %
Ingeniería en Metalurgia	152	3.28 %
Ingeniería en Minas	541	11.68 %
Ingeniería Química	490	10.58 %

El criterio a tomar en cuenta para pertenecer a la muestra es que el sujeto participante esté inscrito en dichas ingenierías sin importar el sexo ni el semestre que cursen.

El procedimiento obedeció a un muestre probabilístico aleatorio estratificado, ya que los métodos probabilísticos se basan en el principio de equi-probabilidad, para que todos los

individuos tengan la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. Aleatorio estratificado ya que suelen reducir el error muestral en este tipo de población, además de asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra y debido a la consideración característica específica de la población, como el ser alumno de las ingenierías antes mencionadas.

### *Escenario*

La recopilación de datos se llevó a cabo en la División de Ingenierías (Ingenierías mencionadas en la Tabla 8).

### *Procedimiento*

Se acudió a las aulas de las ingenierías pertenecientes a la División de Ingenierías de la Universidad de Sonora. Después de explicar la presente investigación y de solicitar su autorización para formar parte de ella, se les aplicó a los alumnos el instrumento **“ENCUESTA A ESTUDIANTES DE LICENCIATURA SOBRE EL CONSUMO DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA”**.

### *Instrumento*

Este instrumento elaborado exprofeso y diseñado con la asesoría de expertos de la División de Ciencias Sociales, al igual que de la División de Ingenierías de la UNISON, explora la opinión de los estudiantes de la División de Ingeniería de la Universidad de Sonora acerca de sus hábitos de consumo y desecho de botellas de plástico que genera dicha comunidad estudiantil (Véase Anexo 7).

Se realizó una prueba piloto para conocer si el instrumento es entendible y fácil de responder, como su correcta obtención de los datos requeridos, para esto se implementaron 7 encuestas al azar. Una vez aplicada la prueba piloto, se obtuvo un promedio de respuesta de 2:15 min. sin necesidad de cambiar la estructura o preguntas del instrumento por lo que se procedió a la aplicación de las encuestas a la muestra obtenida.

## Procesamiento de Datos

En el procesamiento de datos se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra;
- Z es el nivel de confianza;
- p es la variabilidad positiva;
- q es la variabilidad negativa;
- N es el tamaño de la población;
- E es la precisión o el error.

En donde, aplicándolo al tamaño total de la población de la División de Ingenierías de la UNISON (4 629 alumnos), con un nivel de confianza del 95% una homogeneidad del 50% y un margen de error del 5% se obtiene un total para el tamaño de muestra de: **355**

Para lo cual se dividió dicho tamaño de muestra entre los porcentajes representativos de cada ingeniería con el fin de conocer el total de encuestas a aplicar en cada una de ellas según el tamaño del estrato en cuestión.

Para disminuir la variabilidad se aumentaron la cantidad del 20% de las encuestas realizadas dando un total de 428 encuestas aplicadas en la comunidad estudiantil del área de ingenierías de la Universidad de Sonora (ver Tabla 10).

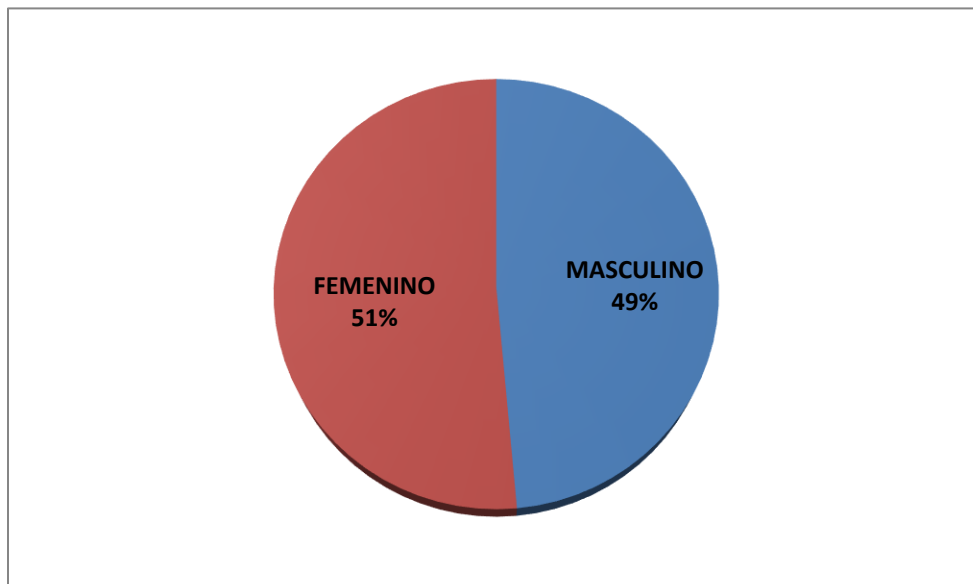
**Tabla 10. Número de encuestas a aplicar por Ingeniería según el porcentaje de representación del total de la muestra.**

Ingenierías	Estudiantes	Porcentaje representativo al total de la población	Número de encuestas a aplicar	Número real de encuestas aplicadas
Ingeniería Civil	1 210	26.13 %	93	109
Ingeniería en Materiales	96	2.07 %	7	8
Ingeniería Mecatrónica	586	12.65 %	45	59
Ingeniería en Sistemas de Información	378	8.16 %	29	33
Ingeniería Industrial y de Sistemas	1 176	25.40 %	90	109
Ingeniería en Metalurgia	152	3.28 %	12	14
Ingeniería en Minas	541	11.68 %	41	47
Ingeniería Química	490	10.58 %	38	49
<b>Total</b>	<b>4 629</b>	<b>100.00 %</b>	<b>355</b>	<b>428</b>

### *Interpretación de los Datos*

Para interpretar los datos se utilizó el software probabilístico SPSS con la finalidad de especificar las diferentes categorías encontradas en el instrumento los comportamientos que se midieron.

En la figura 23 se muestra que el 51% de la población a la que se le aplicó el instrumento para conocer sus hábitos de consumo y de desecho de botellas fue de sexo femenino y el 49% de la población fue de sexo masculino.



**Figura 23. Población Total Encuestada.**  
**Fuente: Elaboración Propia**

En la figura 24 se pueden ver los resultados por programa académico de la costumbre de consumo de botellas de plástico en la División de Ingenierías de la UNISON, correspondiente a la pregunta: ¿Tiene la costumbre de comprar bebidas en botellas de plástico? Observando que la gran mayoría de la población compra bebidas en botellas de plástico.

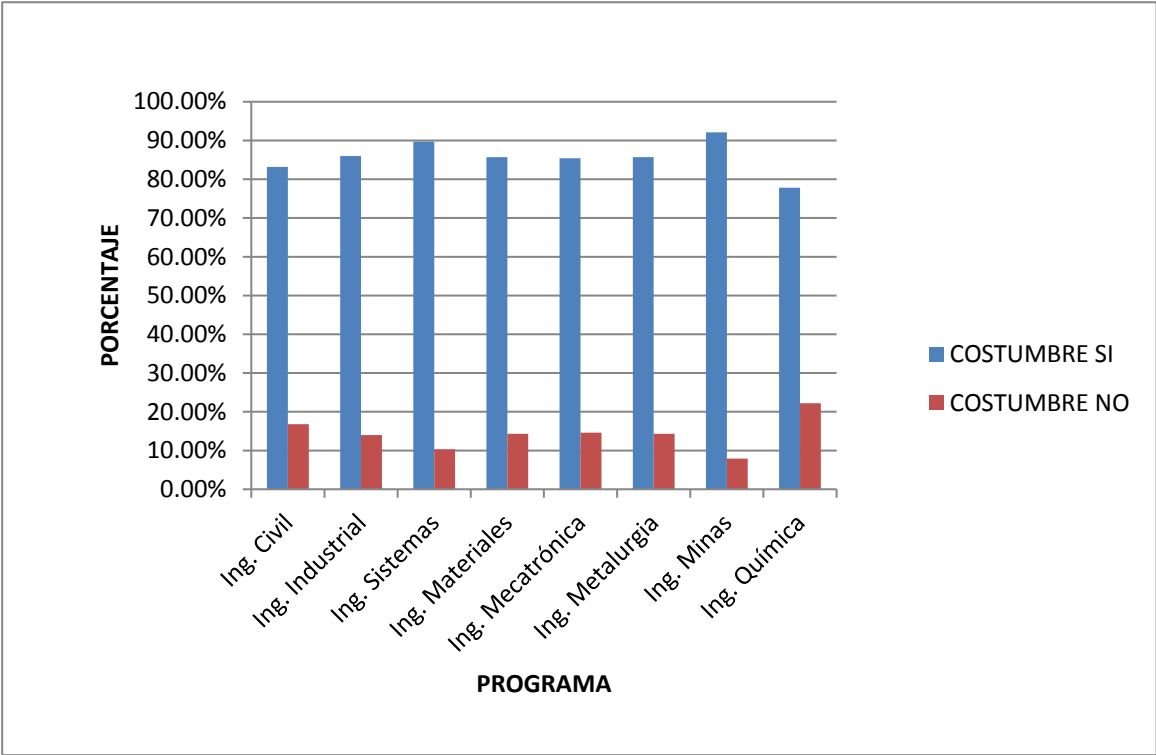
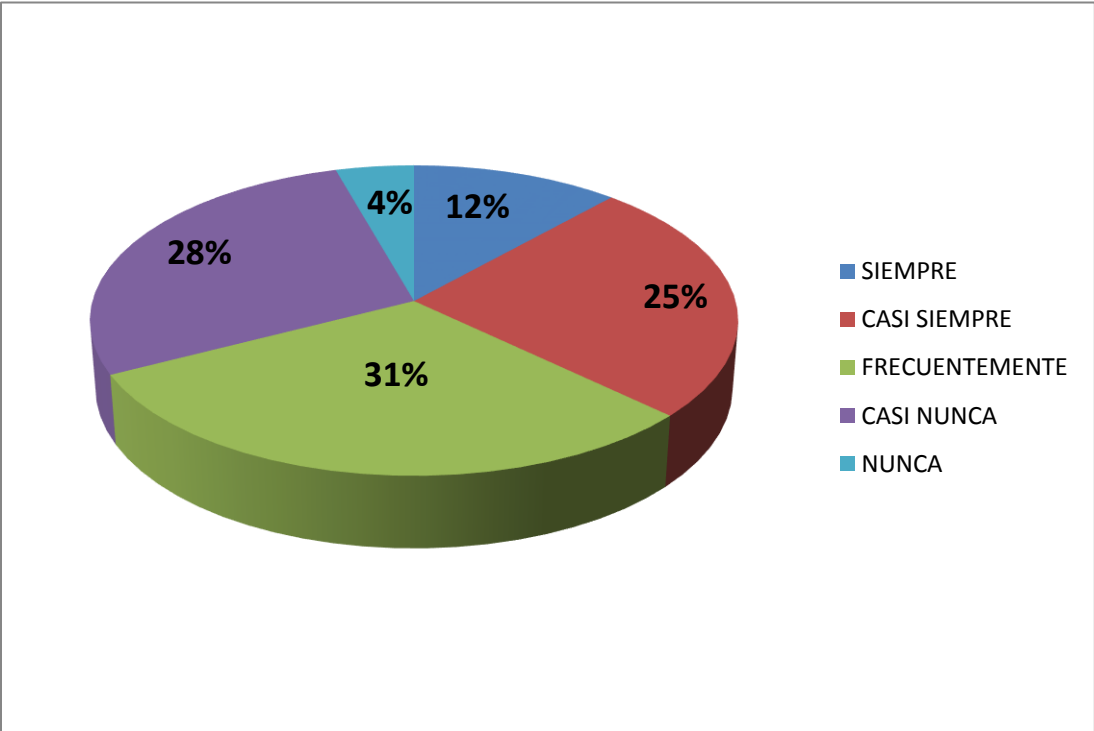


Figura 24. ¿Tiene la costumbre de comprar bebidas en botellas de plástico?

Fuente: Elaboración Propia

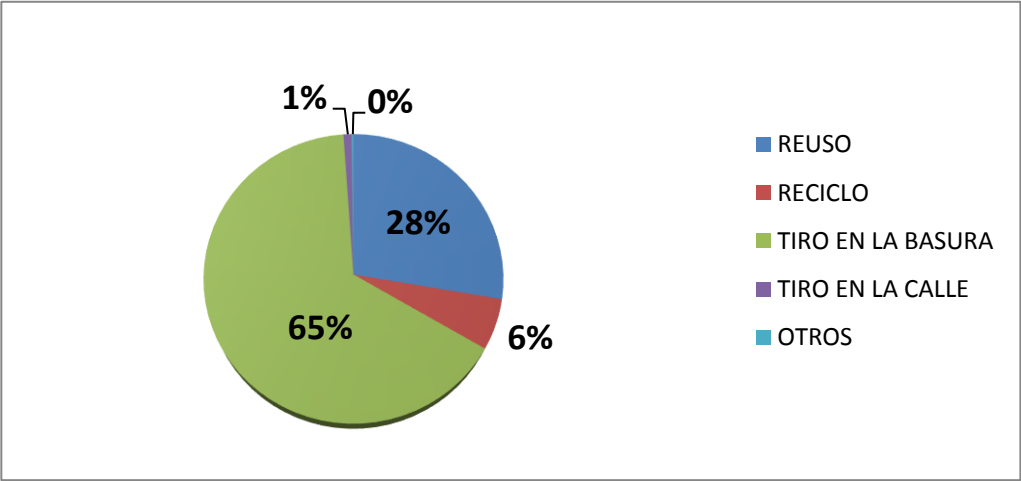
La figura 25 ilustra la frecuencia en la que los estudiantes de la División de Ingeniería compran sus bebidas de botellas plásticas dentro de la UNISON, percibiendo que más del 60% de la población frecuentemente, casi siempre o siempre compran sus bebidas en las instalaciones de la universidad.



**Figura 25. ¿Compra su bebida en la UNISON?**  
Fuente: Elaboración Propia

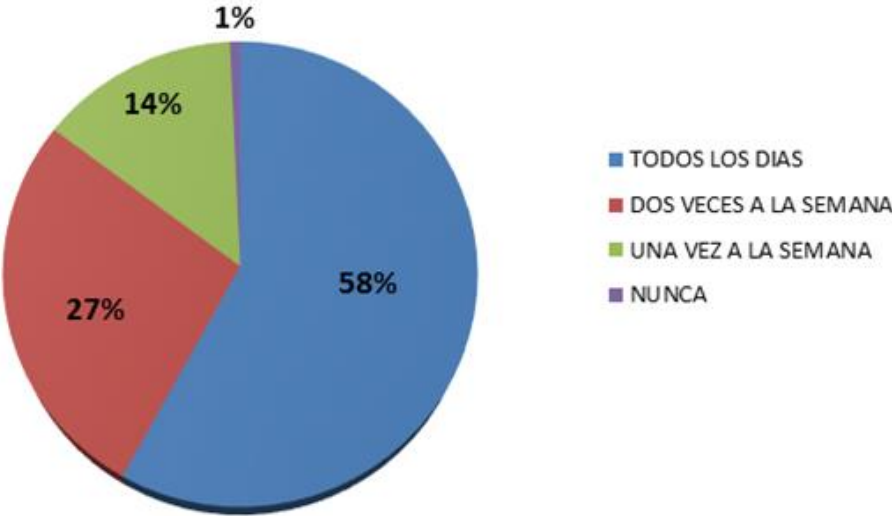


Los resultados obtenidos en el estudio de mercado aplicado determinan que el 65% de los estudiantes de ingeniería de la UNISON tiran sus residuos de botellas de plástico a la basura, únicamente el 6% de la población recicla y el 28% re usa las botellas de plástico (Véase Figura 26).



**Figura 26. ¿Qué hace con la botella cuando se acaba la bebida?**  
 Fuente: Elaboración Propia

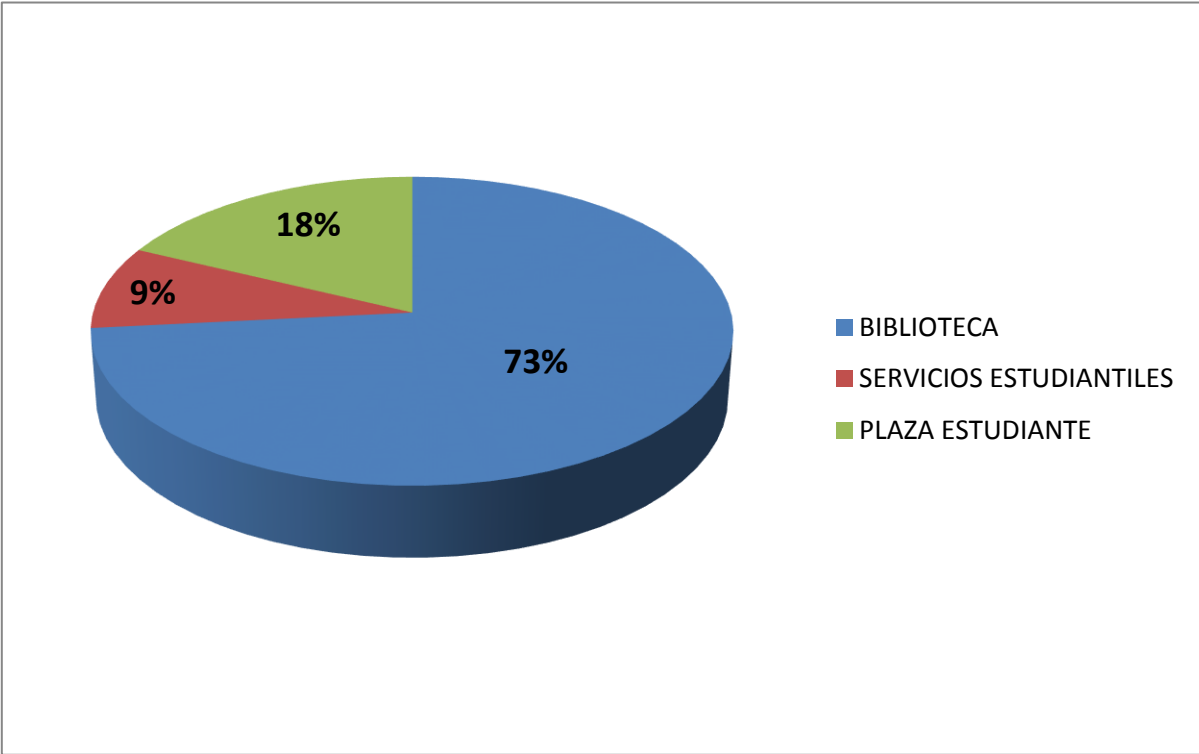
Como se observa en la Figura 27, el 99% de los estudiantes de la División de Ingeniería de la UNISON desea hacer uso de la máquina expendedora inversa.



**Figura 27. Si existiera un servicio de recuperación de botellas plásticas (máquina) dentro de la universidad, el cual diera una bonificación acumulable para usar dentro de los servicios de la UNISON, ¿lo usarías?**

Fuente: Elaboración Propia

El lugar de posicionamiento que parece más aceptado para la máquina expendedora inversa es un área cercana a la biblioteca central de la UNISON ya que el 73% de los estudiantes frecuentan más estos espacios en sus interacciones diarias (Véase Figura 28).



**Figura 28. ¿Por cuál espacio de la UNISON pasas con más frecuencia?**  
Fuente: Elaboración Propia

## VII. DISCUSIÓN

Las máquinas recuperadoras de residuos en el mercado funcionan con energía obtenida a través del petróleo, del carbón o de la incineración de residuos, dañando al medio ambiente en estos procesos. Los resultados muestran la posibilidad de integración de la energía solar como una sustitución eléctrica para este tipo de maquinarias y la posibilidad de crear un manejo de residuos eficiente al utilizar esta estrategia de recuperación de residuos.

Además esta estrategia de recuperación de residuos ayudará a educar, tanto a los usuarios como a los no usuarios de la máquina expendedora inversa, en temas de educación ambiental, reciclaje y re uso de residuos, conocimientos acerca de los impactos que este tipo de residuo genera en los ecosistemas y la salud pública, y las posibilidades de un ingreso económico modificando el concepto de “basura” en una oportunidad de materia prima para ser usada en procesos nuevos o existentes, ayudando a generar nuevos trabajos y nuevos mercados locales.

Los resultados obtenidos mostraron que la implementación de las tecnologías como las máquinas recuperadoras de residuos es eficiente para el buen manejo de residuos dentro de alguna institución, estado o país que genere residuos reciclables. Además, la estrategia económica de incentivar al usuario, por hacer uso de este equipo, incrementa las posibilidades de gestionar de manera eficiente los residuos que se generan logrando disminuir la contaminación del espacio y de garantizar el reciclaje del residuo disminuyendo 1.8 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> por cada kilogramo de plástico reciclado (Aage Vestergaard Larsen A/S, 2015).

Esta estrategia actualmente funciona en México y Argentina. La mayoría de estas maquinarias funcionan compactando los residuos. Sólo un tipo de maquinaria (Argentina) funciona triturando las botellas de plástico, iniciando el proceso de reciclaje in situ lo cual disminuye costos ambientales y económicos relacionados con la energía y movilización del residuo en la planta de reciclaje.

Los hallazgos obtenidos por las metodologías de diseño nos han recomendado el uso de las siguientes estrategias de eco diseño:

- Desarrollo de Concepto Nuevo [estrategia @]: Re diseñar las opciones de interfaces actuales en el mercado, con el fin de mejorar sus rendimientos ambientales y generar una interface más amigable con el ambiente y la sociedad.
- Selección de materiales de bajo impacto [estrategia 1]: Se han seleccionado materiales de bajo impacto siendo el acero inoxidable re utilizado el elemento con mayor uso dentro de la estructura y componentes de la interface.
- Reducción del uso de materiales [estrategia 2]: El uso de acero inoxidable re utilizado permite que evitemos incorporar variedades de materiales permitiendo la reducción del uso de materiales y estandarizando los procesos de producción de la interface.
- Reducción del impacto durante su uso [estrategia 5]: La implementación de un Sistema solar autónomo para la generación de energía permite una reducción de impactos ambientales durante su uso ofreciendo un servicio impulsado por energías renovables y limpias.

La generación de residuos sólidos dentro de UNISON hace difícil el manejo de residuos. La implementación de tecnología como la máquina expendedora inversa puede solucionar el problema motivando a la comunidad de la universidad para utilizarlo debido al incentivo económico brindado por el uso del servicio. Ya que UNISON tiene un consumo energético muy elevado, la integración de un sistema autónomo solar que provea de energía a la máquina expendedora inversa ayudará a aliviar la necesidad de energía para no afectar la infraestructura de la institución.

Para esto, el estudio de mercado aplicado en UNISON muestra que en las carreras de la División de Ingeniería:

- El 85.1% de la población estudiantil consume botellas de plástico.
- El 29% consume 9 botellas de plástico de 1.5 lt de agua por semana.
- El 15.7% consume 3 botellas de plástico de 1 lt de agua por semana.
- El 26.2% consume 9 botellas de plástico de 600 ml de agua por semana.
- El 23.8% consume 9 botellas de plástico de 1 lt de soda por semana.
- El 30.4% frecuentemente lo compra en la UNISON
- El 25.3% casi siempre lo compra en la UNISON
- El 11.7% siempre lo compra en la UNISON
- El 65.4% tira estos envases a la basura.

- El 27.7% re-usa estos envases.
- El 76.1% no conoce este tipo de estrategias y tecnologías para la recuperación de residuos.
- El 56.2% de la población usaría todos los días la máquina expendedora inversa.
- El 26.4% de la población usaría dos veces a la semana la máquina expendedora inversa.
- El 13.6% de la población usaría una vez por semana la máquina expendedora inversa.
- Al 73.4% de la población se le facilitaría el uso de la máquina expendedora inversa en la Biblioteca Central de la Universidad de Sonora.

El diseño propuesto se ha realizado contemplando diferentes estructuras que actúan sobre lo que la interface debe brindar tanto para el usuario como para el entorno, encontrando 4 estructuras en las que se ve inmersa:

1. Usuario: La interface le brinda al usuario varios beneficios. La interface se convierte en un medio de educación y generación de consciencia ambiental al informar al usuario con datos acerca de la importancia del reciclaje, re uso y re conceptualización de los residuos, al igual que los impactos positivos que estas acciones genera, tanto para su salud como para el ambiente, y los impactos negativos del mal manejo del residuo. Al mismo tiempo impacta de manera positiva la economía del usuario al brindarle un incentivo económico por hacer uso de la interface o en su caso le brinda un estado de satisfacción al permitirle donar ese incentivo a alguna causa benéfica.
2. Energía Solar: El espacio en donde se desea realizar esta implementación energética nos permite lograr un sistema autónomo facilitando el uso de energía renovable en el funcionamiento de la interface, disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero y por ende contribuyendo a la disminución del calentamiento de la tierra reduciendo el cambio climático.
3. Manejo eficiente de los residuos: La interface propuesta permite realizar un manejo eficiente de residuos en el lugar en donde funciona, asegurando la re introducción de estos materiales a la cadena de suministro evitando extracciones de materiales vírgenes y sus efectos adversos al ambiente como la emisión de gases de efecto

invernadero, al igual de evitar que contamine mares y tierras evitando su conversión a “basura”.

4. Eco Diseño: Esta herramienta nos ha permitido evaluar las interfaces en el mercado y re diseñarlas con el fin de generar una innovación la cual sea sustentable, siendo amigable con el ambiente, la economía y la sociedad en donde funciona. De esta manera hemos observado que los mercados son influencia para el servicio que pudiera brindar la interface encontrando que algunos reciben el residuo solo compactado o solo triturado lo que nos ha permitido diseñar la posibilidad de adaptación del servicio que brinda la máquina propuesta pudiéndose convertir en trituradora o compactadora.

## VIII. CONCLUSIONES

A través de la aplicación de la Rueda de la estrategia del eco-diseño se concluye que varios desempeños ambientales, de la maquinaria de recuperación de residuos actual en el mercado, pueden ser mejorados con el fin de hacer que este tipo de tecnologías sean más sustentables y amigables con el ambiente. Estas estrategias resultantes buscan re-diseñar y desmaterializar los diseños actuales en el mercado, aconsejando una selección de materiales de bajo impacto [estrategia 1], usar la menor cantidad de materiales posibles reduciendo la cantidad y tipo de materiales [estrategia 2] e integrar un sistema autónomo de energías renovables permitiendo la reducción del impacto durante su uso [estrategia 5].

Así mismo, se concluye que la posibilidad de integrar un sistema autónomo de energía solar para impulsar la maquinaria y tecnología necesaria para poder brindar este servicio, a través de una interface como la máquina expendedora inversa, es viable en la región de Hermosillo, Sonora, México debido a su gran potencial de generación de electricidad a través de paneles fotovoltaicos, permitiendo su adaptación para otras regiones y lugares en donde se desee adoptar este tipo de tecnología para el manejo eficiente de residuos e impulsado con energías renovables.

De esta manera se concluye que el rediseño, implementación y uso de la máquina expendedora inversa es viable para la Universidad de Sonora, observando un mercado abierto para explorar y utilizar los servicios de la máquina, lo que permitirá un manejo eficiente de sus residuos plásticos, retribuyendo beneficios económicos, ambientales y de salud a su comunidad interna y a la sociedad externa de ella.

Es un proyecto económicamente viable, con impactos positivos en el crecimiento de consciencia y salud pública, al igual que en el ambiente y la naturaleza, teniendo la posibilidad de ofertar una interface sustentable para el manejo eficiente de los residuos, la educación ambiental de la sociedad y el crecimiento de la economía local. Finalmente, en respuesta a la pregunta de investigación, se puede concluir que sí es viable la recuperación de PET generado por la comunidad de la UNISON a través del uso de una máquina expendedora inversa como estrategia de recuperación y gestión de residuos sólidos no peligrosos.

## IX. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones propuestas para el seguimiento de esta investigación son:

1. Construir el prototipo propuesto de la máquina expendedora inversa para medir su eficacia y eficiencia en el servicio e integración con el módulo autónomo de energía solar.
2. Involucrar a las escuelas de:
  - a. Ingeniería en sistemas de Información: Para la generación del sistema operativo y de servicio al cliente, al igual que la integración de bases de datos para la identificación de usuarios, acumulación de incentivos económicos y donativos realizados, como también, trabajar en conjunto con el Posgrado en Desarrollo Sustentable para la generación de investigación y desarrollo para la máquina expendedora inversa y este modelo de negocios.
  - b. Ingeniería en Mecatrónica: Para la creación de la máquina expendedora inversa, su maquinado e integración de todas sus partes físicas para que pueda funcionar en los espacios propuestos y de manera eficiente, al igual que trabajar en conjunto con el Posgrado en Desarrollo Sustentable para la generación de investigación y desarrollo para esta máquina expendedora inversa y este modelo de negocios.
  - c. Posgrado en Desarrollo Sustentable: Para la generación de los contenidos de educación ambiental y mediciones de eficiencia de la máquina expendedora inversa, al igual que para la generación de investigación y desarrollo para este modelo de negocio.
3. Investigar la posibilidad de realizar el proceso completo de reciclaje dentro de los laboratorios de la UNISON, involucrando a las escuelas de Ingeniería Química con el fin de ofrecer un servicio de reciclaje, el cual ya es un mercado solicitado por la comunidad Sonorense; generar empleos, reciclar residuos impactando positivamente al medio ambiente y la salud pública de la región y el mundo, y realizar un modelo de negocio que permita generar ingresos económicos a UNISON para la aplicación de sus programas de Desarrollo Sustentable.



De esta manera se abre a la comunidad estudiantil la oportunidad de desarrollarse de manera sustentable al generar experiencia empírica en un modelo de negocio operado por la UNISON, obteniendo beneficios profesionales y de formación.

También, la UNISON pudiera gestionar de manera eficiente sus residuos plásticos e impactar de manera positiva el medio ambiente y su mismo desarrollo sustentable.

Siguiendo esta estrategia de alianzas estratégicas entre escuelas de la UNISON podemos reducir de manera significativa la inversión para la construcción y puesta en marcha de la máquina expendedora inversa en hasta un 65% y hacer aún más eficiente el manejo de residuos dentro de la institución.

## X. REFERENCIAS

- Aage Vestergaard Larsen A/S. Environment. [online] Disponible en: <http://avl.dk/en/environment> [Consultado 16/V/2016]
- Absi Halabi, M., Al-Qattan, A., and Al-Otaibi, A., 2015. Application of solar energy in the oil industry — Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, pp. 296–314.
- Alemán-Nava, G., et. al., 2014. Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 32, pp. 140–153.
- Al-Shwafi, N. and Ahmed, A., 2011. Litter on the Beaches of the Red Sea of Yemen. *Russian Journal of General Chemistry*, 81, 13, pp. 2717–2723.
- Aman, et al., 2015. A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, pp. 1190-1204.
- Arango, et al., 2001. Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica: Volúmen 1 Libro de Consulta. Sandia National Laboratories. Temixco:Morelos.
- Babu, G.L. and Chouskey, S., 2011. Stress–strain response of plastic waste mixed soil. *Waste Management*, 31, pp. 481–488
- Barraza, L., 2013. A New Approach for Regulating Bisphenol A for the Protection of the Public's Health. *Journal of law, medicine & ethics*, Spring 2013, pp. 9-12.
- Benito, L., 2014. PETIT: un invento que hace el reciclaje más sencillo. [online] Disponible en:<http://www.labioguia.com/petit-reciclaje-recuperacion-botellas-pet/> [Consultado 8/I/2015]
- Benson, C. and Magee, C., 2014. On improvement rates for renewable energy technologies: Solar PV, wind turbines, capacitors, and batteries. *Renewable Energy*, 68, pp. 745-751.
- Broderick, L., et al., 2015. Design for energy: Modeling of spectrum, temperature and device structure dependences of solar cell energy production. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 136, pp. 48–63.
- Burnett, D., Barbour, E. and Harrison, G., 2014. The UK solar energy resource and the impact of climate change. *Renewable Energy*, 71, pp. 333-343.
- Cruz, J., 2010. Gestión Sustentable de Residuos Sólidos en el Área Cinco de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro. Tesis Gestión Sustentable de Residuos Sólidos en el Área Cinco de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro. Químico Biólogo.
- Cross, N., 1999. Métodos de Diseño: Estrategias para el Diseño de Productos. Limusa Wiley. México:DF. ISBN: 968-18-5302-4.
- Dormer, A., et al., 2013. Carbon footprint analysis in plastics manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 51, pp. 133-141.
- Espinosa, E., 2013. Los más sedientos de agua, pero en botella. [online] *Excelsior: Dinero en imagen*. Disponible en: <http://www.dineroenimagen.com/2013-01-29/15202> [Consultado 27/XII/2014]
- Food Engineering & Ingredients, 2012. Ten green bottles: how big drinks manufacturers are moving away from oil-based plastics. *Food Engineering & Ingredients*, February/March 2012, Packaging, 37, pp. 19-22.
- Freitas, S., et al., 2015. Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, pp. 915–931.
- GH Solar, 2013. Products. [online] Disponible en: <http://www.zjghenergy.com/products.aspx?id=3> [Consultado 15/XII/2015]

- Gherab, K., 2012. La innovación tecnológica. ¿Cómo cambian las conductas? Nueva Revista de política, cultura y arte. [online] Disponible en: <http://www.nuevarevista.net/articulos/la-innovacion-tecnologica-como-cambian-las-conductas> [Consultado 8/1/2015]
- Gironi, F. and Piemonte, V., 2010. Life Cycle Assessment of Polylactic Acid and Polyethylene Terephthalate Bottles for Drinking Water. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 30, 3, pp. 459-468.
- Gleick, P., and Cooley, H., 2012. Bottled Water and Energy. In: Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security. *The World's Water Volume 7: The Biennial Report on Freshwater Resource*. Pp. 157-164.
- Gleick, P., and Cooley, H., 2009. Energy implications of bottled water. *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*, 4, pp. 1-6.
- Grijalva, N., 2015. Gestión de Residuos Sólidos de un Comedor Universitario. Universidad de Sonora. Posgrado en Sustentabilidad. Hermosillo: México.
- Guart, A., et al., 2011. Migration of plasticizersphthalates, bisphenol A and alkylphenols from plastic containers and evaluation of risk. *Food Additives and Contaminants*, 28, 5, pp. 676–685.
- Hawkins, G., 2013. The performativity of food packaging: market devices, waste crisis and recycling. *The Sociological Review*, 69, S2, pp. 66–83.
- Hengsheng Plastics MX, 2014. BioInnovación. [leaflet] November 2014. Mexico, D.F.: Hengsheng Plastics MX.
- Hernández-Escobedo, Q., et al., 2015. Solar energy resource assessment in Mexican states along the Gulf of Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, pp. 216–238.
- Hernandez, R., et al., 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, pp. 766–779.
- Hosenuzzaman, M., et al., 2015. Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, pp. 284–297.
- Ingrao, C., et al., 2014. Recycled-PET fibre based panels for building thermal insulation: Environmental impact and improvement potential assessment for a greener production. *Science of the Total Environment*, 493, pp. 914–929.
- Ivar do sul, J., and Costa, M., 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185, 352-364
- Jaffee, D. and Newman, S., 2013. A More Perfect Commodity: Bottled Water, Global Accumulation, and Local Contestation. *The Rural Sociological Society*, Vol. 78, No. 1, pp. 1-28.
- Lagioia, G., Calabró, G., and Amicarelli, V., 2012. Empirical study of the environmental management of Italy's drinking water supply. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, pp. 119-130.
- Lazarevic, D., et al., 2010. Plastic waste management in the context of a European recycling society: Comparing results and uncertainties in a life cycle perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, pp. 246–259.
- Li, J., Wu, G. and Xu, Z., 2015. Tribo-charging properties of waste plastic granules in process of tribo-electrostatic separation. *Waste Management*, 35, pp. 36–41.
- Liberatore, S., 2011. Are plastic water bottles safe to drink from and reuse repeatedly? *National Science Teachers Association*, April/May 2011, pp. 68-69.
- Lusher, A., et al., 2014. Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and opportunistic sampling. *Marine Pollution Bulletin*, 88, pp. 325–333.

- Malcolm Richard, G., et al. 2011. Optimization of the recovery of plastics for recycling by density media separation cyclones. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, pp. 472–482.
- Mejía, R., y Osorio, G., 2012. Enfoque de industrialización de proyectos académicos – Un caso aplicado en movilidad eléctrica. *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education*, Vol. 6, 1, pp. 18-31.
- Meeker, J., 2011. Correlation with Urinary BPA in Infertile Men. *Fertility Weekly*, pp. 10-11.
- Mirasgedis, S., et al., 2014. The Impact of Climate Change on the Pattern of Demand for Bottled Water and Non-Alcoholic Beverages. *Business Strategy and the Environment*, 23, pp. 272-288.
- Mundo-Hernández, J., et al., 2014. An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, pp. 639–649.
- Nakatani, J., and Hirao, M., 2011. Multicriteria Design of Plastic Recycling Based on Quality Information and Environmental Impacts. *Journal of Industrial Ecology*: 2011. Yale University.
- Özkan, K., et al., 2015. A new classification scheme of plastic wastes based upon recycling labels. *Waste Management*, 35, pp. 29–35
- Pasqualino, J., et al, 2011. The carbon footprint and energy consumption of beverage packaging selection and disposal. *Journal of Food Engineering*, 103, pp. 357-365.
- PDS UNISON., 2012. Plan de Desarrollo Sustentable de la Universidad de Sonora. [pdf] Available at: <  
<http://www.sustentabilidad.uson.mx/docs/PlandeDesarrolloSustentableUniversidaddeSonoraSep20123.pdf>  
 > [Accessed December 15, 2014]
- PRNewswire, 2011. The Revolutionary Reason to Recommit to Tap Water. *PR Newswire US*, Vol. 09-27-2011.
- Pupo, M., et al., 2012. Bisphenol A Induces Gene Expression Changes and Proliferative Effects through GPER in Breast Cancer Cells and Cancer-Associated Fibroblasts. *Environmental Health Perspectives*, 120, 8, pp. 1177-1182.
- Ramírez, J., and Sebastian, J., 2014. Instalación y puesta en operación de un sistema fotovoltaico autónomo de 1kw de potencia. Universidad Autónoma de México: Facultad de Ingeniería. D.F.:México.
- Ruiz, C., 2014. Entrevista Hengsheng Plastics MX. Interviewed by Rubén Alonso Véjar Samayoa. [live] Hengsheng Plastics MX, México, D.F., 21/XI/2014, 14:00.
- Sahu, B., 2015. A study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, pp 621–634.
- Sánchez, V., 2014. Sonora podría abastecer de energía a todo México con tecnología fotovoltaica. [online] Disponible en: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/329-reportaje-con-la-radiacion-solar-que-recibe-el-1-de-sonora-se-podria-generar-energia-suficiente-para-todo-el-pais> [Consultado 20/II/2015]
- Sanz-Casado, E., et al., 2014. Production, consumption and research on solar energy: The Spanish and German case. *Renewable Energy*, 68, pp. 733-744.
- Sanz, D. 2010. Cifras sobre el agua embotellada. [online] *Ecología Verde*. Disponible en: <  
<http://www.ecologiaverde.com/cifras-sobre-el-agua-embotellada/>> [Consultado 27/XII/2014]
- Sarralde, J., et al., 2015. Solar energy and urban morphology: Scenarios for increasing the renewable energy potential of neighbourhoods in London. *Renewable Energy*, 73, pp. 10-17.
- Saylor, A., Stalker Prokopy, L., and Amberg, S., 2011. What's Wrong with the Tap? Examining Perceptions of Tap Water and Bottled Water at Purdue University. *Environmental Management*, 48, pp. 588–601
- Secretaría de Energía, 2006. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (Utilización). TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados

- para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C. Diario Oficial de la Federación. Pp. 10, 11.
- Setälä, O., Fleming-Lethinen, V., and Lehtiniemi, M., 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, pp. 77-83.
- Siddique, R., Khatib, J. and Kaur, I., 2008. Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management*, 28, pp. 1835–1852.
- Sieffert, Y., Huygen, J.M., and Daudon, D., 2014. Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering & architecture collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 67, pp. 125-138.
- Tian, H., et al., 2013. Atmospheric pollution problems and control proposals associated with solid waste management in China: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 252– 253, pp. 142– 154.
- Tilley, K., 2014. Inventor develops filtered water bottle. *WATER bottles, Design & construction, PLASTIC bottles, Environmental aspects. Plastics News*, 26, 7, p. 7.
- Tesla Motors, 2015. PowerWall: Tesla Home Battery. [online] Available at:<  
<http://www.teslamotors.com/powerwall>> [Accessed October, 2015]
- Torres-Huerta, A., et al., 2014. Comparative assessment of miscibility and degradability on PET/PLA and PET/chitosan blends. *European Polymer Journal*, 61, pp. 285–299.
- Torreta, V., 2013. Environmental and economic aspects of water kiosks: Case study of a medium-sized Italian town. *Waste Management*, 33, pp. 1057–1063.
- Turney, D. and Fthenakis, V., 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, pp. 3261– 3270.
- United Nations Environment Programme (UNEP), 2009. Design for sustainability – A Step by Step Approach. Delf University of Technology.
- Vasudevan, et al., 2012. A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way – Application in construction of flexible pavements. *Construction and Building Materials*, 28, pp. 311–320.
- Verdolotti, L., et al., 2014. Recycling and Recovery of PE-PP-PET-based Fiber Polymeric Wastes as Aggregate Replacement in Lightweight Mortar: Evaluation of Environmental Friendly Application. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 33, 4, pp. 1445-1451.
- Viscusi, W., Huber, J. and Bell, J., 2011. Promoting Recycling: Private Values, Social Norms, and Economic Incentives. *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 101, 3, pp. 65–70.
- Wang, C., Wang, H. and Liu, Y., 2015. Separation of polyethylene terephthalate from municipal waste plastics by froth flotation for recycling industry. *Waste Management*, 35, pp. 42–47.
- Wang, Y., Zhou, S. and Huo, H., 2014. Cost and CO2 reductions of solar photovoltaic power generation in China: Perspectives for 2020. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, pp. 370–380.
- Yarwood, J., and Eagan, P., N.D. Design for the Environment: A Competitive Edge for the Future – Toolkit. Minnesota: Minnesota Office of Environmental Assistance.
- Younos, T., 2014. Bottled Water: Global Impacts and Potential. In: Springer International Publisher, Vol. 30, 2014. Potable Water: The Handbook of Environmental Chemistry. Blacksburg, VA: USA, pp. 213-227.
- Zhang, H. and Wen, Z., 2014. The consumption and recycling collection system of PET bottles: A case study of Beijing, China. *Waste Management*, 34, pp.987–998.
- Zhou, C., et al., 2014. Characteristics and the recovery potential of plastic wastes obtained from landfill mining. *Journal of Cleaner Production* 80, pp. 80-86.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente. Compactadora de PET impulsada con energía convencional

Se desarrolla el anexo en letra Arial 9 o Arial 10. Se ponen los anexos que sean necesarios con el MISMO FORMATO.

#### MANUFACTURA DE PRODUCTO

(para cada pregunta seleccione un número)

##### B.1: Manufactura de producto, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Se esta usando la mayor cantidad posible de material reciclado en tu producto?	1	0
2)El uso de materiales peligrosos es evitado o minimizado?	2	0
3)Son minimizadas las cantidades de materiales usados ?	1	0
4)Son minimizados los tipos de materiales usados?	1	0
Total de puntos para elemento B.1 de la Matriz	4	

##### B.2: Manufactura de producto, Uso energético

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Los procesos de manufactura minimizan el uso de procesos intensivos energéticamente?	2	0
2)Los procesos de manufactura usan co generación, intercambio de calor o alguna tecnica para utilizar la energía desperdiciada?	2	0
3)Existe la mínima transportación entre los puntos de ensamble y manufactura?	1	0
Total de puntos para elemento B.2 de la Matriz	0	

B.3: Manufactura de producto, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Son los materiales de desecho minimizados y reusados lo más posible durante la manufactura?	1	0
2) Se ha contactado a los proveedores de materia prima y partes para solicitarles la minimización de los tipos y cantidades de empaques de materiales que entran a tus facilidades?	1	0
3) Tu compañía ha maximizado las oportunidades de reuso y reducción de desecho de empaque entre la transportación de partes entre sus facilidades?	1	0
4) Se ha evitado intencionalmente la introducción de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los materiales del producto?	2	0
Total de puntos para elemento B.3 de la Matriz	5	

B.4: Manufactura de producto, Residuos Líquidos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Si se usan solventes y aceites peligrosos, se han investigado a fondo alternativas ?	2	0
2) Se han maximizado las oportunidades para capturar y reusar subproductos líquidos generados durante el proceso de manufactura?	1	0
3) Se evita o minimiza la generación de contaminantes del agua?	2	0
Total de puntos para elemento B.4 de la Matriz	5	

B.5: Manufactura de producto, Residuos Gaseosos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Se evita la generación de gases de efecto invernadero o de gases que agotan el ozono?	2	0
2) Se evita la generación de contaminantes del aire en los procesos de manufactura?	2	0
3) Es eliminado o minimizado el uso de solventes, pinturas, revestimientos o adhesivos con altos rangos de evaporación?	1	0
Total de puntos para elemento B.5 de la Matriz	1	

**DISTRIBUCIÓN, EMPAQUE****(para cada pregunta seleccione un número)**C.1: Distribución, Empaque, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Se han explorado opciones de reuso de empaque para la distribución interna?	1	0
2)Se han explorado opciones de reuso de empaque para la distribución entre tu compañía y sus proveedores?	2	0
3)Son usados materiales reciclados en el transporte y empaque al por menor?	1	0
4)Es minimizado el número de tipos diferentes de materiales usados en el empaque?	1	0
Total de puntos para elemento C.1 de la Matriz		5

C.2: Distribución, Empaque, Uso Energético

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Es usado, ya sea un empaque reusable o material del menor peso y volumen funcional para el transporte y empaque al por menor?	5	0
Total de puntos para elemento C.2 de la Matriz		5

C.3: Distribución, Empaque, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Es el empaque diseñado para la fácil separación de materiales para su reuso o reciclaje?	1	0
2)Son los tipos de empaque usados comúnmente reciclados?	2	0
3)Los materiales de empaque son claramente marcados o fácilmente identificados por tipo de material?	2	0
Total de puntos para elemento C.3 de la Matriz		3

C.4: Distribución, Empaque, Residuos Líquidos

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Se han tomado las máximas precauciones para prevenir derrames de líquidos peligrosos durante el transporte? (si no hay componentes peligrosos líquidos la respuesta es "5" o Si)	5	0
Total de puntos para elemento C.4 de la Matriz		5



C.5: Distribución, Empaque, Residuos Gaseosos

Para este producto o componente:

	Si	No
1)El empaque al por menor o de transportación no contiene polímeros clorinados o plásticos que puedan producir emisiones peligrosas si se incineran a bajas temperaturas?	3	0
2) El empaque no contiene retardantes de flama bromados que puedan producir emisiones peligrosas si se incineran a bajas temperaturas?	2	0
Total de puntos para elemento C.5 de la Matriz		2

**USO DE PRODUCTO, MANTENIMIENTO**

(para cada pregunta seleccione un número)

D.1:Uso de Producto, Mantenimiento, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Este producto o componente es fácil de desarmar para actualizar, reparar o reusar?	1	0
2)Existen las partes disponibles para reparar este producto o componente?	1	0
3)Son evitadas las barreras potenciales para el reciclaje como aditivos, rellenos, pedazos de metal en plásticos, pinturas en plásticos o el uso de materiales de composición desconocida?	2	0
4)Si son usados plásticos, están claramente marcados por tipo de resina?	1	0
Total de puntos para elemento D.1 de la Matriz		4

D.2:Uso de Producto, Mantenimiento, Uso energético

Para este producto o componente:

	Si	No
1)El diseño facilita la utilización mínima de energía mientras el producto está en servicio?	2	0
2) Este producto o componente puede ajustar su uso energético basado en el nivel de actividad?	3	0
Total de puntos para elemento D.2 de la Matriz		2

### D.3:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El diseño evita el uso de componentes desechables como cartuchos de un solo uso, contenedores o baterías?	1	0
2) Son los clavos, tornillos, chilillos del mismo tipo de cabeza o cualquier seguro removible fácil de desarmar, reparar, reusar o reciclar?	2	0
3)Es este producto diseñado para ser fácilmente reparado o actualizado en vez de ser reemplazado por completo?	2	0
Total de puntos para elemento D.3 de la Matriz		5

### D.4:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Líquidos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El uso del producto evita liberar sustancias conocidas de ser contaminantes de agua?	5	0
Total de puntos para elemento D.4 de la Matriz		5

### D.5:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Gaseosos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Es evitada la emisión de contaminantes peligrosos al aire durante su uso o mantenimiento?	2	0
2) Es evitada la emisión de gases de efecto invernadero y gases agotadores de ozono durante su uso o mantenimiento?	3	0
Total de puntos para elemento D.5 de la Matriz		0

## **FINAL DE VIDA**

(para cada pregunta seleccione un número)

### E.1:Final de Vida, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Son los materiales fácil de reutilizar o comúnmente reciclados?	1	0
2)Son los materiales fáciles de separar y de identificar por tipo?	1	0
3)Al ser desechados, ninguno de los materiales requiere ser desechado como material peligroso?	1	0
4)Se ha evitado intencionalmente la introducción de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los materiales del producto?	2	0
Total de puntos para elemento E.1 de la Matriz		4

### E.2:Final de Vida, Uso energético

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Pueden las partes fibrosas o plásticas ser usadas para la generación segura de energía?	2	0
2) Al ser desechados, ninguno de los materiales requiere ser transportado a una facilidad de manejo de materiales peligrosos?	3	0
Total de puntos para elemento E.2 de la Matriz	0	

### E.3:Final de Vida, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Existe la infraestructura, dentro o fuera de tu compañía, para recuperar o reciclar los materiales sólidos?	2	0
2)El diseño del producto evita unir materiales distintos en maneras que sea difícil revertir?	3	0
Total de puntos para elemento E.3 de la Matriz	5	

### E.4:Final de Vida, Residuos Líquidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) El producto esta diseñado para que al desmantelarse se puedan recuperar materiales líquidos problemáticos? (si no existen líquidos en el producto o componente la respuesta es "5" o Si)	5	0
Total de puntos para elemento E.4 de la Matriz	5	

### E.5:Final de Vida, Residuos Gaseosos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Es evitada la liberación de sustancias conocidas de ser agotadoras de ozono o gases de efecto invernadero al desechar este producto o componente?	2	0
2) Se pueden recuperar los gases al momento de ser desmantelado en ves de volatilizarse? (si no hay gases contenidos en el producto o componente la respuesta es "1" o si)	1	0
3) Al ser desechado este producto o componente se evitan la liberación de sustancias conocidas por ser contaminantes del aire?	2	0
Total de puntos para elemento E.5 de la Matriz	1	

## Anexo 2. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente. Trituradora de PET impulsada con energía convencional

### MANUFACTURA DE PRODUCTO

(para cada pregunta seleccione un número)

#### B.1: Manufactura de producto, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Se esta usando la mayor cantidad posible de material reciclado en tu producto?	1	0
2)El uso de materiales peligrosos es evitado o minimizado?	2	0
3)Son minimizadas las cantidades de materiales usados ?	1	0
4)Son minimizados los tipos de materiales usados?	1	0
Total de puntos para elemento B.1 de la Matriz	4	

#### B.2: Manufactura de producto, Uso energético

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Los procesos de manufactura minimizan el uso de procesos intensivos energéticamente?	2	0
2)Los procesos de manufactura usan co generación, intercambio de calor o alguna tecnica para utilizar la energía desperdiciada?	2	0
3)Existe la mínima transportación entre los puntos de ensamble y manufactura?	1	0
Total de puntos para elemento B.2 de la Matriz	3	

#### B.3: Manufactura de producto, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	Si	No
1)Son los materiales de desecho minimizados y reusados lo más posible durante la manufactura?	1	0
2)Se ha contactado a los proveedores de materia prima y partes para solicitarles la minimización de los tipos y cantidades de empaques de materiales que entran a tus facilidades?	1	0
3)Tu compañía ha maximizado las oportunidades de reuso y reducción de desecho de empaque entre la transportación de partes entre sus facilidades?	1	0
4)Se ha evitado intencionalmente la introducción de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los materiales del producto?	2	0
Total de puntos para elemento B.3 de la Matriz	5	

B.4: Manufactura de producto, Residuos Líquidos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Si se usan solventes y aceites peligrosos, se han investigado a fondo alternativas ?	2	0
2) Se han maximizado las oportunidades para capturar y reusar subproductos líquidos generados durante el proceso de manufactura?	1	0
3) Se evita o minimiza la generación de contaminantes del agua?	2	0
Total de puntos para elemento B.4 de la Matriz		5

B.5: Manufactura de producto, Residuos Gaseosos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Se evita la generación de gases de efecto invernadero o de gases que agotan el ozono?	2	0
2) Se evita la generación de contaminantes del aire en los procesos de manufactura?	2	0
3) Es eliminado o minimizado el uso de solventes, pinturas, revestimientos o adhesivos con altos rangos de evaporación?	1	0
Total de puntos para elemento B.5 de la Matriz		1

**DISTRIBUCIÓN, EMPAQUE**

(para cada pregunta seleccione un número)

C.1: Distribución, Empaque, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Se han explorado opciones de reuso de empaque para la distribución interna?	1	0
2) Se han explorado opciones de reuso de empaque para la distribución entre tu compañía y sus proveedores?	2	0
3) Son usados materiales reciclados en el empaque de transporte y empaque al por menor?	1	0
4) Es minimizado el número de tipos diferentes de materiales usados en el empaque?	1	0
Total de puntos para elemento C.1 de la Matriz		5

C.2: Distribución, Empaque, Uso Energético

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Es usado, ya sea un empaque reusable o material del menor peso y volumen funcional para el transporte y empaque al por menor?	5	0
Total de puntos para elemento C.2 de la Matriz		5

### C.3: Distribución, Empaque, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Es el empaque diseñado para la fácil separación de materiales para su reuso o reciclaje?	1	0
2)Son los tipos de empaque usados comúnmente reciclados?	2	0
3)Los materiales de empaque son claramente marcados o fácilmente identificados por tipo de material?	2	0
Total de puntos para elemento C.3 de la Matriz		5

### C.4: Distribución, Empaque, Residuos Líquidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Se han tomado las máximas precauciones para prevenir derrames de líquidos peligrosos durante el transporte? (si no hay componentes peligrosos líquidos la respuesta es "5" o Si)	5	0
Total de puntos para elemento C.4 de la Matriz		5

### C.5: Distribución, Empaque, Residuos Gaseosos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El empaque al por menor o de transportación no contiene polímeros clorinados o plásticos que puedan producir emisiones peligrosas si se incineran a bajas temperaturas?	3	0
2) El empaque no contiene retardantes de flama bromados que puedan producir emisiones peligrosas si se incineran a bajas temperaturas?	2	0
Total de puntos para elemento C.5 de la Matriz		5

## **USO DE PRODUCTO, MANTENIMIENTO**

(para cada pregunta seleccione un número)

### D.1:Uso de Producto, Mantenimiento, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Este producto o componente es fácil de desarmar para actualizar, reparar o reusar?	1	0
2)Existen las partes disponibles para reparar este producto o componente?	1	0
3)Son evitadas las barreras potenciales para el reciclaje como aditivos, rellenos, pedazos de metal en plásticos, pinturas en plásticos o el uso de materiales de composición desconocida?	2	0
4)Si son usados plásticos, están claramente marcados por tipo de resina?	1	0
Total de puntos para elemento D.1 de la Matriz		4

D.2:Uso de Producto, Mantenimiento, Uso energético

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El diseño facilita la utilización mínima de energía mientras el producto está en servicio?	2	0
2) Este producto o componente puede ajustar su uso energético basado en el nivel de actividad?	3	0
Total de puntos para elemento D.2 de la Matriz		0

D.3:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El diseño evita el uso de componentes desechables como cartuchos de un solo uso, contenedores o baterías?	1	0
2) Son los clavos, tornillos, chilillos del mismo tipo de cabeza o cualquier seguro removible fácil de desarmar, reparar, reusar o reciclar?	2	0
3)Es este producto diseñado para ser fácilmente reparado o actualizado en vez de ser reemplazado por completo?	2	0
Total de puntos para elemento D.3 de la Matriz		5

D.4:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Líquidos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El uso del producto evitar liberar sustancias conocidas de ser contaminantes de agua?	5	0
Total de puntos para elemento D.4 de la Matriz		5

D.5:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Gaseosos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Es evitada la emisión de contaminantes peligrosos al aire durante su uso o mantenimiento?	2	0
2) Es evitada la emisión de gases de efecto invernadero y gases agotadores de ozono durante su uso o mantenimiento?	3	0
Total de puntos para elemento D.5 de la Matriz		0

**FINAL DE VIDA****(para cada pregunta seleccione un número)**E.1:Final de Vida, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Son los materiales fácil de reutilizar o comúnmente reciclados?	1	0
2) Son los materiales fáciles de separar y de identificar por tipo?	1	0
3) Al ser desechados, ninguno de los materiales requiere ser desechado como material peligroso?	1	0
4) Se ha evitado intencionalmente la introducción de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los materiales del producto?	2	0
<b>Total de puntos para elemento E.1 de la Matriz</b>	<b>4</b>	

E.2:Final de Vida, Uso energético

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Pueden las partes fibrosas o plásticas ser usadas para la generación segura de energía?	2	0
2) Al ser desechados, ninguno de los materiales requiere ser transportado a una facilidad de manejo de materiales peligrosos?	3	0
<b>Total de puntos para elemento E.2 de la Matriz</b>	<b>0</b>	

E.3:Final de Vida, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Existe la infraestructura, dentro o fuera de tu compañía, para recuperar o reciclar los materiales sólidos?	2	0
2) El diseño del producto evita unir materiales distintos en maneras que sea difícil revertir?	3	0
<b>Total de puntos para elemento E.3 de la Matriz</b>	<b>5</b>	

E.4:Final de Vida, Residuos Líquidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) El producto está diseñado para que al desmantelarse se puedan recuperar materiales líquidos problemáticos? (si no existen líquidos en el producto o componente la respuesta es "5" o Si)	5	0
<b>Total de puntos para elemento E.4 de la Matriz</b>	<b>5</b>	



E.5:Final de Vida, Residuos Gaseosos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Es evitada la liberación de sustancias conocidas de ser agotadoras de ozono o gases de efecto invernadero al desechar este producto o componente?	2	0
2) Se pueden recuperar los gases al momento de ser desmantelado en ves de volatilizarse? (si no hay gases contenidos en el producto o componente la respuesta es "1" o si)	1	0
3) Al ser desechado este producto o componente se evitan la liberación de sustancias conocidas por ser contaminantes del aire?	2	0
Total de puntos para elemento E.5 de la Matriz	1	

### Anexo 3. Matriz de Diseño de Producto para el Medio Ambiente. Máquina Expendedora Inversa

**MANUFACTURA DE PRODUCTO**

(para cada pregunta seleccione un número)

B.1: Manufactura de producto, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	Si	No
1) Se está usando la mayor cantidad posible de material reciclado en tu producto?	1	0
2) El uso de materiales peligrosos es evitado o minimizado?	2	0
3) Son minimizadas las cantidades de materiales usados?	1	0
4) Son minimizados los tipos de materiales usados?	1	0
Total de puntos para elemento B.1 de la Matriz		
	4	

B.2: Manufactura de producto, Uso energético

Para este producto o componente:

	Si	No
1) Los procesos de manufactura minimizan el uso de procesos intensivos energéticamente?	2	0
2) Los procesos de manufactura usan co generación, intercambio de calor o alguna técnica para utilizar la energía desperdiciada?	2	0
3) Existe la mínima transportación entre los puntos de ensamble y manufactura?	1	0
Total de puntos para elemento B.2 de la Matriz		
	3	

B.3: Manufactura de producto, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	Si	No
1) Son los materiales de desecho minimizados y reusados lo más posible durante la manufactura?	1	0
2) Se ha contactado a los proveedores de materia prima y partes para solicitarles la minimización de los tipos y cantidades de empaques de materiales que entran a tus facilidades?	1	0
3) Tu compañía ha maximizado las oportunidades de reuso y reducción de desecho de empaque entre la transportación de partes entre sus facilidades?	1	0
4) Se ha evitado intencionalmente la introducción de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los materiales del producto?	2	0
Total de puntos para elemento B.3 de la Matriz		
	5	

#### B.4: Manufactura de producto, Residuos Líquidos

Para la manufactura de este producto o componente:	Si	No
1) Si se usan solventes y aceites peligrosos, se han investigado a fondo alternativas ?	2	0
2) Se han maximizado las oportunidades para capturar y reusar subproductos líquidos generados durante el proceso de manufactura?	1	0
3) Se evita o minimiza la generación de contaminantes del agua?	2	0
Total de puntos para elemento B.4 de la Matriz		5

#### B.5: Manufactura de producto, Residuos Gaseosos

Para la manufactura de este producto o componente:	Si	No
1) Se evita la generación de gases de efecto invernadero o de gases que agotan el ozono?	2	0
2) Se evita la generación de contaminantes del aire en los procesos de manufactura?	2	0
3) Es eliminado o minimizado el uso de solventes, pinturas, revestimientos o adhesivos con altos rangos de evaporación?	1	0
Total de puntos para elemento B.5 de la Matriz		5

### **DISTRIBUCIÓN, EMPAQUE**

(para cada pregunta seleccione un número)

#### C.1: Distribución, Empaque, Elección de Materiales

Para este producto o componente:	Si	No
1) Se han explorado opciones de reuso de empaque para la distribución interna?	1	0
2) Se han explorado opciones de reuso de empaque para la distribución entre tu compañía y sus proveedores?	2	0
3) Son usados materiales reciclados en el transporte y empaque al por menor?	1	0
4) Es minimizado el número de tipos diferentes de materiales usados en el empaque?	1	0
Total de puntos para elemento C.1 de la Matriz		5

C.2: Distribución, Empaque, Uso Energético

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Es usado, ya sea un empaque reusable o material del menor peso y volúmen funcional para el transporte y empaque al por menor?	5	0
Total de puntos para elemento C.2 de la Matriz		5

C.3: Distribución, Empaque, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Es el empaque diseñado para la fácil separación de materiales para su reuso o reciclaje?	1	0
2)Son los tipos de empaque usados comúnmente reciclados?	2	0
3)Los materiales de empaque son claramente marcados o fácilmente identificados por tipo de material?	2	0
Total de puntos para elemento C.3 de la Matriz		5

C.4: Distribución, Empaque, Residuos Líquidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Se han tomado las máximas precauciones para prevenir derrames de líquidos peligrosos durante el transporte? (si no hay componentes peligrosos líquidos la respuesta es "5" o Si)	5	0
Total de puntos para elemento C.4 de la Matriz		5

C.5: Distribución, Empaque, Residuos Gaseosos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El empaque al por menor o de transportación no contiene polímeros clorinados o plásticos que puedan producir emisiones peligrosas si se incineran a bajas temperaturas?	3	0
2) El empaque no contiene retardantes de flama bromados que puedan producir emisiones peligrosas si se incineran a bajas temperaturas?	2	0
Total de puntos para elemento C.5 de la Matriz		5

**USO DE PRODUCTO, MANTENIMIENTO**

(para cada pregunta seleccione un número)

D.1:Uso de Producto, Mantenimiento, Elección de Materiales

Para este producto o componente:	Si	No
1)Este producto o componente es fácil de desarmar para actualizar, reparar o reusar?	1	0
2)Existen las partes disponibles para reparar este producto o componente?	1	0
3)Son evitadas las barreras potenciales para el reciclaje como aditivos, rellenos, pedazos de metal en plásticos, pinturas en plásticos o el uso de materiales de composición desconocida?	2	0
4)Si son usados plásticos, están claramente marcados por tipo de resina?	1	0
Total de puntos para elemento D.1 de la Matriz		5

D.2:Uso de Producto, Mantenimiento, Uso energético

Para este producto o componente:	Si	No
1)El diseño facilita la utilización mínima de energía mientras el producto está en servicio?	2	0
2) Este producto o componente puede ajustar su uso energético basado en el nivel de actividad?	3	0
Total de puntos para elemento D.2 de la Matriz		5

D.3:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:	Si	No
1)El diseño evita el uso de componentes desechables como cartuchos de un solo uso, contenedores o baterías?	1	0
2) Son los clavos, tornillos, chilillos del mismo tipo de cabeza o cualquier seguro removible fácil de desarmar, reparar, reusar o reciclar?	2	0
3)Es este producto diseñado para ser fácilmente reparado o actualizado en vez de ser reemplazado por completo?	2	0
Total de puntos para elemento D.3 de la Matriz		5

D.4:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Líquidos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)El uso del producto evita liberar sustancias conocidas de ser contaminantes de agua?	5	0
Total de puntos para elemento D.4 de la Matriz		5

D.5:Uso de Producto, Mantenimiento, Residuos Gaseosos

Para la manufactura de este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1)Es evitada la emisión de contaminantes peligrosos al aire durante su uso o mantenimiento?	2	0
2) Es evitada la emisión de gases de efecto invernadero y gases agotadores de ozono durante su uso o mantenimiento?	3	0
Total de puntos para elemento D.5 de la Matriz		5

**FINAL DE VIDA**

(para cada pregunta seleccione un número)

E.1:Final de Vida, Elección de Materiales

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Son los materiales fácil de reutilizar o comúnmente reciclados?	1	0
2)Son los materiales fáciles de separar y de identificar por tipo?	1	0
3)Al ser desechados, ninguno de los materiales requiere ser desechado como material peligroso?	1	0
4)Se ha evitado intencionalmente la introducción de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los materiales del producto?	2	0
Total de puntos para elemento E.1 de la Matriz		4

E.2:Final de Vida, Uso energético

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Pueden las partes fibrosas o plásticas ser usadas para la generación segura de energía?	2	0
2) Al ser desechados, ninguno de los materiales requiere ser transportado a una facilidad de manejo de materiales peligrosos?	3	0
Total de puntos para elemento E.2 de la Matriz		5

E.3:Final de Vida, Residuos Sólidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Existe la infraestructura, dentro o fuera de tu compañía, para recuperar o reciclar los materiales sólidos?	2	0
2)El diseño del producto evita unir materiales distintos en maneras que sea difícil revertir?	3	0
Total de puntos para elemento E.3 de la Matriz		5

E.4:Final de Vida, Residuos Líquidos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) El producto esta diseñado para que al desmantelarse se puedan recuperar materiales líquidos problemáticos? (si no existen líquidos en el producto o componente la respuesta es "5" o Si)	5	0
Total de puntos para elemento E.4 de la Matriz		5

E.5:Final de Vida, Residuos Gaseosos

Para este producto o componente:

	<u>Si</u>	<u>No</u>
1) Es evitada la liberación de sustancias conocidas de ser agotadoras de ozono o gases de efecto invernadero al desechar este producto o componente?	2	0
2) Se pueden recuperar los gases al momento de ser desmantelado en ves de volatilizarse? (si no hay gases contenidos en el producto o componente la respuesta es "1" o si)	1	0
3) Al ser desechado este producto o componente se evitan la liberación de sustancias conocidas por ser contaminantes del aire?	2	0
Total de puntos para elemento E.5 de la Matriz		5

## **Anexo 4. Conductores Internos y Externos del diseño para la sustentabilidad.**

### **Conductores Internos para el Diseño para la Sustentabilidad**

#### Aspecto de las Personas (PR)

- Equidad Social – Puede reducir los riesgos en problemas laborales y sociales. Como resultado puede ayudar a evadir problemas de credibilidad y reputación.
- Política social fuerte – Puede incrementar la motivación del trabajador. Los trabajadores pueden ganar energía y experiencia de proyectos sociales y programas lanzados por la compañía.
- Gobernanza y manejo de sistemas en aspectos sociales – Puede hacer que los logros de la compañía sean más visibles para los accionistas y usuarios.

#### Aspectos del Planeta (PL)

- Marketing Verde – El diseño y producción de productos con valor agregado ambiental puede mejorar la reputación y valor de la marca.
- Conciencia Ambiental – Los administradores normalmente son conscientes de la importancia de las problemáticas ambientales y desean actuar acorde a ellas.

#### Aspectos de Ganancias (GS)

- Alcanzar nuevos consumidores – Encuestas demuestran que los consumidores incrementalmente están preparados para comprar en bases éticas.
- Mejora en la calidad del producto – Credibilidad y funcionalidad usualmente van de la mano con un producto más sustentable.
- Ahorro de costos – Se pueden realizar reducción de costos en el uso de material, energía, tratamiento de desechos, transporte y sistemas de distribución.
- Mejorar el valor y reputación de la marca
- Innovación de producto – Nuevas posibilidades de innovaciones de productos pueden encontrar soluciones para las necesidades y deseos de los consumidores.
- Diferenciación de marca
- Nuevas oportunidades para creación de valor



## Conductores Externos para el Diseño para la Sustentabilidad

### Aspecto de las Personas (PR)

- Opinión Pública – cada vez hay más interés por parte de los consumidores en el mundo que se encuentra detrás del producto que compran lo cual está orientando a las compañías para contabilizar las problemáticas ambientales y sociales.
- Presión de ONG's – Por años las industrias han estado bajo el fuego de las organizaciones no gubernamentales por prácticas controversiales y sus impactos relacionados con el ambiente.

### Aspectos del Planeta (PL)

- Requerimientos legislativos – en medio ambiente se incrementarán en muchas economías en desarrollo y puede forzar a las compañías a tomar estados más proactivos.
- Requerimientos de revelación – en información ambiental hacia proveedores y consumidores puede iniciar un proceso de mejora en la compañía
- Esquemas de eco etiquetado – puede ser un elemento adicional para la estrategia de marketing de la empresa.
- Requerimientos de organizaciones de consumidores – tales como seguridad, baja toxicidad y posibilidad de reciclaje de productos puede ser un incentivo para el diseño para la sustentabilidad. Productos que fallen en tener buenos indicios en estos aspectos pueden descalificarse como una buena opción en los exámenes de consumidores.
- Presión de grupos ambientales dedicados – Han forzado a las industrias para eliminar sustancias como los clorofluorocarbonos de sus productos. Estas organizaciones usualmente profesionales continuarán exponiendo productos dañinos para el ambiente.
- Presión directa de la comunidad – es normalmente dirigida a riesgos ambientales y de seguridad en la compañía y puede tener un gran impacto en la producción y productos.

### Aspecto de Ganancias (GS)

- Normas y Estándares – En aspectos de sustentabilidad de productos seguirán aumentando su rigidez y pueden forzar a compañías para que mejoren sus productos.
- Esquemas de Subsidios – están disponibles en algunos países para mejorar los aspectos de sustentabilidad de la producción y productos. Al mismo tiempo los subsidios a la energía y materiales crudos están terminando forzando a las compañías a mejorar su eficiencia en materiales y energía.
- Competencia de proveedores – está evolucionando para entrar o permanecer en la cadena de suministro, empujando a las empresas a ser más sustentables.
- Demanda del consumidor – por productos más sanos, seguros, y con una mayor responsabilidad social y ambiental se incrementa en categorías específicas de productos.

- Competencia del Mercado – está creciendo al igual que la competencia incrementa a niveles locales y globales. La industria puede ver por mejorar sus rendimientos en innovación lo que puede incluir la revisión de los aspectos sustentables de sus productos.

**Anexo 5. Rueda del Eco-Diseño - evaluación de compactadora y trituradora en el mercado, y la máquina expendedora inversa**

**ESTRATEGIA @. REVISIÓN DE DISEÑO DE PRODUCTO**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
0	0	1
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
1	1	1

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENEDORA  
INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
0.0	0.0	5.0

**@> REVISIÓN DEL DISEÑO DE PRODUCTO**

**a> Re Diseño de Producto**

0	0	1	106_Rediseño completo de Producto
---	---	---	-----------------------------------

**ESTRATEGIA 1. SELECCIÓN DE MATERIALES DE BAJO IMPACTO**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
6.5	9.5	10
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
14	14	14

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENEDORA  
INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
2.3	3.4	3.6

**1> SELECCIÓN DE MATERIALES DE BAJO IMPACTO**

**a> Materiales más limpios**

1	1	1	1_ No usa materiales o aditivos que sean prohibidos debido a su toxicidad. Esto incluye PCBs, PCTs, plomo, cadmio y mercurio.
1	1	1	2_ Se evitan materiales y aditivos que depletan la capa de ozono como cloro, fluor, bromo, aerosoles, etc.
N	N	N	3_ Se evita el uso de hidrocarburos causantes de smog.
N	N	N	4_ Se encuentran alternativas para técnicas de tratamiento de superficies.
N	N	1	5_ Se encuentran alternativas para metales no ferrosos como cobre, zinc, cromo, níquel debido a las emisiones dañinas que ocurren en su producción.

**b> Materiales renovables**

0	0	0	6_ Se encuentran alternativas para materiales exhaustivos.
---	---	---	------------------------------------------------------------

**c> Materiales con contenido bajo de energía**

1	1	1	7_ Se evitan materiales energéticamente intensivos como el aluminio.
N	N	N	8_ Se evitan materiales vírgenes producidos de agricultura intensiva.

**d> Materiales reciclados**

0	1	1	9_ Se usan materiales reciclados en lo posible para incrementar la demanda del mercado por materiales reciclados.
0	0.5	0.5	10_ Se usan metales secundarios como aluminio y cobre en ves de sus equivalentes vírgenes.
N	N	N	11_ Se usan plásticos reciclados para sus partes internas de productos que solo tiene funciones de soporte y no necesitan una calidad mecanica o higienica alta.
N	N	N	12_ Cuando la higiene es importante una lámina puede ser aplicada.
0	0	N	13_ Se usan características unicas para los materiales reciclados en los procesos de diseño.

**e> Materiales reciclables**

0	0	0	14_ Se selecciona un solo tipo de material para el producto total y sus sub ensambles.
0.5	0.5	0.5	15_ Cuando esto no sea posible se seleccionan materiales compatibles.
1	1	1	16_ Se evitan materiales que sean difíciles de separar.
0.5	0.5	1	17_ Preferentemente se usan materiales reciclables existentes en el mercado.
1	1	1	18_ Se evita el uso de elementos contaminantes como etiquetas que interfieren con el reciclaje.

**f> Materiales con impacto social positivo**

0.5	1	0.5	19_ Se usan materiales provenientes de productores locales.
0	1	0.5	20_ Se estimulan arreglos para el reciclaje de materiales por compañías locales las cuales pueden sustituir los materiales vírgenes de la compañía.

**ESTRATEGIA 2. REDUCCIÓN DEL USO DE MATERIALES**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
2.5	5	4
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
5	5	4

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENEDORA  
INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
2.5	5.0	5.0

**2> REDUCCIÓN DEL USO DE MATERIALES**

**a> Reducción en el peso**

0	1	1	21_ Se busca rigidez en las técnicas de construcción como costillas de refuerzo en vez de sobre dimensionar el producto.
0.5	1	1	22_ Se busca expresar calidad a través de un buen diseño en vez de sobredimensionar el producto.

**b> Reducción en el volumen de transporte**

0	1	1	23_ Se busca reducir la cantidad de espacio necesario para transportar y almacenar disminuyendo el tamaño y volumen total del producto.
1	1	1	24_ Se realiza el producto adecuado para doblarse o anidarse.
1	1	N	25_ Se considera transportar el producto en componentes separados que puedan ser anidados dejando el ensamble final a un tercero o al usuario.

**ESTRATEGIA 3. OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
6	6.5	10
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
14	14	13

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y es cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**COMPACTADORA TRITURADORA MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
2.1	2.3	3.8

**3> OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN**

**a> Técnicas de producción alternativa**

0.5	0.5	1	26_ Preferentemente se eligen técnicas de producción más limpia que requieren menos sustancias o aditivos auxiliares dañinos.
0.5	1	1	27_ Se seleccionan técnicas de producción que generan bajas emisiones, como doblar en vez de soldar.
0.5	0.5	1	28_ Se eligen procesos que hacen más eficiente el uso de materiales.

**b> Menos pasos de producción**

0.5	1	1	29_ Se combinan funciones integrantes en un componente para que se necesiten menos procesos de producción.
1	1	1	30_ Preferentemente se utilizan materiales que no requieren tratamientos de superficie adicional.

**c> Producción de energía mínima/más limpia**

0	0	0.5	31_ Se motiva al departamento de producción y a los proveedores para hacer sus procesos de producción más eficientes energéticamente.
0	0	0	32_ Se les motiva a usar energías renovables como eólica, hidráulica o solar. En lo posible se reduce el uso de combustibles fósiles para reducir el impacto ambiental.

**d> Menos desperdicio de producción**

0.5	0.5	1	33_ Se diseña el producto para minimizar el desperdicio de materiales, especialmente en procesos como de corte triturado, prensado, etc.
0	0	1	34_ Se motiva al departamento de producción y proveedores para reducir los desechos y el porcentaje de rechazos durante la producción.
0.5	0.5	0.5	35_ Se reciclan residuos de producción entre la compañía.

**e> Consumibles de producción minimizados/más limpios**

N	N	N	36_ Se reducen los consumibles requeridos para producción.
0	0	0.5	37_ Se consulta al departamento de producción y proveedores para incrementar la eficiencia de materiales de operación usados durante la producción.

**f> Limpieza y seguridad del espacio de trabajo**

1	1	1	38_ Se eligen tecnologías de producción que requieren menos sustancias dañinas y menos emisiones de tóxicos.
1	0.5	0.5	39_ Se usan técnicas de producción que generan menos desperdicios y organizan sistemas eficientes de re uso y reciclaje de desperdicios remanentes dentro de la compañía.
0	0	N	40_ Se implementan sistemas para condiciones laborales, seguridad y salud como el SA8000.

**ESTRATEGIA 4. OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
6.5	7.5	1
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
11	10	1

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENDEDORA  
INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
3.0	3.8	5.0

**4> OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION**

**a> Empaque minimizado/mas limpio/ reusable**

N	N	N	41_ Si todos o alguno de los empaques sirve para dar al producto cierto atractivo se utiliza un diseño atractivo y ligero para lograr el mismo efecto.
0	0	N	42_ Para transporte y el empaque en masa se toman consideraciones de empaque reusable in combinación con un sistema de deposito monetario o de retorno.
1	1	N	43_ Se usan materiales apropiados para el tipo de empaque.
1	1	N	44_ Se usan volúmenes y pesos mínimos para el empaque.
1	1	N	45_ Se asegura que el empaque es el apropiado para la reducción de volumen, doblado y la anidación de productos.

**b> Modo de transporte energéticamente eficiente**

0	0	N	46_ Se motiva al departamento de ventas para evitar formas de transporte ambientalmente dañinas.
0.5	N	N	47_ El transporte por contenedor en barco o tren es preferible que el transporte por camión.
1	1	N	48_ El transporte por aire debe ser prevenido en lo posible.

**c> Logística eficiente energéticamente**

0	1	N	49_ Se motiva al departamento de ventas para preferentemente trabajar con proveedores locales para evitar transporte de larga distancia.
1	1	N	50_ Se motiva al departamento de ventas para introducir formas eficientes de distribución.
0.5	0.5	N	51_ Se usa empaque estandarizado de transporte.

**d > Involucración de proveedores locales (economías distribuidas)**

0.5	1	1	52_ Se exploran opciones para contratar distribución y transporte local.
N	N	N	53_ Se forma un consorcio logístico con compañías compañeras de la comunidad para externalizar la distribución y el transporte en conjunto de una manera eficiente e involucrandoa distribuidores locales.

**ESTRATEGIA 5. REDUCCIÓN DEL IMPACTO DURANTE SU USO**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
7.5	9	10.5
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
13	13	11

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENDEDORA  
INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
2.9	3.5	4.8

**5> REDUCCIÓN DEL IMPACTO DURANTE SU USO**

**a> Consumo energético bajo**

0	0	1	54_ Usa los componentes menos consumidores de energía del mercado.
1	1	1	55_ Hace uso de "modo de apagado" por default.
1	1	1	56_ Se aseguro que las funciones de reloj y descanso pueden ser apagadas por el usuario.
0.5	1	1	57_ Si energía es usada para mover el producto se asegura que este sea lo más ligero posible.
N	N	N	58_ Si es usada energía para calentar sustancias se asegura que el componente relevante esta bien aislado.

**b> Fuentes de energía limpia**

0	0	1	59_ Se selecciona la fuente de energía menos dañina.
N	N	1	60_ No se alienta el uso de baterías no recargables.

0	0	1	61_ Se alienta el uso de energía limpia como fuentes de energía bajo en sulfuro, fermentación, energía eólica, energía hidráulica o solar.
---	---	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**c> Menos consumibles necesarios**

1	1	1	62_ Se diseña el producto para minimizar el uso de materiales auxiliares.
N	N	N	63_ Se minimizan las fugas de máquinas que usan gran cantidad de consumibles.
N	N	N	64_ Se estudia la posibilidad de reusar consumibles.

**d> Consumibles limpios**

N	N	N	65_ Se diseña el producto para usar los consumibles más limpios disponibles.
N	N	N	66_ Se asegura que usar el producto no resulta en desperdicios dañinos.

**e> Reducción de desperdicio de energía y otros consumibles**

1	1	1	67_ El mal uso del producto como un todo debe ser evitado por instrucciones claras y diseño apropiado.
1	1	N	68_ Se diseña el producto para que el usuario no desperdicie material auxiliar.
N	N	N	69_ Se usan marcas de calibración en el producto para que el usuario sepa exactamente cuanto material auxiliar usar.
0	0	N	70_ Se realiza un estado de default lo cual es lo más deseable desde un punto de vista ambiental.

**f> Valor social agregado, soporte de salud**

1	1	1	71_ Se asegura que el producto no realiza o minimiza el impacto en la salud del usuario evitando sustancias tóxicas, niveles bajos de radiación, etc.
0.5	1	0.5	72_ Se diseña el producto de acuerdo con las necesidades socioeconómicas y posibilidades de grupos de usuarios.
0.5	1	N	73_ Se estudian las oportunidades de diseño de productos para grupos de bajos recursos.

**ESTRATEGIA 6. OPTIMIZACIÓN DEL INICIO DE VIDA**

<b>SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN</b>		
12	13	13
<b>NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN</b>		
14	14	14

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y es cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENDEDORA  
INVERSA**

<b>DESEMPEÑO AMBIENTAL</b>		
4.3	4.6	4.6

**6> OPTIMIZACIÓN DEL INICIO DE VIDA**

**a> Confiabilidad y durabilidad**

1	1	1	74_ Se desarrolla un diseño eficiente y se evitan eslabones débiles. Métodos especiales como Modo de
---	---	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------



			Fallo y Análisis de Efecto se han desarrollado para este fin.
--	--	--	---------------------------------------------------------------

**b> Mantenimiento y reparación fácil**

1	1	1	75_ Se diseñó el producto de tal manera que necesita poco mantenimiento.
1	1	1	76_ Se indica en el producto como debe ser abierto para su reparación y limpieza.
1	1	1	77_ Se indica en el producto qué partes deben ser limpiadas o reparadas de forma específica.
1	1	1	78_ Se indica en el producto qué partes o sub ensamblajes se deben inspeccionar con regularidad.
1	1	1	79_ Se estipula la localización de desgaste del producto detectable para que su reparación o remplazo puedan ser realizados en tiempo.
N	N	N	80_ Se localizan las partes desgastadas relativamente rápido y con fácil acceso para su fácil desmontaje para reparación o remplazo.

**c> Estructura modular de producto**

1	1	1	81_ Se diseñó el producto en módulos para que el producto pueda ser actualizado agregando nuevos módulos o funciones obsoletos.
1	1	1	82_ Se diseñó el producto en módulos para que los módulos obsoletos técnica y estéticamente puedan ser renovados.

**d> Diseño Clásico**

1	1	1	83_ Se diseñó la apariencia del producto para que no se convierta rápidamente poco interesante asegurando que su vida estética no sea menor que la técnica.
---	---	---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**e> Relación producto usuario fuerte**

1	1	1	84_ Se diseñó el producto para que cumpla los requisitos posiblemente escondidos para el usuario para un largo plazo.
1	1	1	85_ Se asegura que el reparar y darle mantenimiento al producto es más un placer que una obligación.
1	1	1	86_ Se le da un valor agregado al producto en términos de diseño y funcionalidad de tal manera que el usuario no quiera reemplazarlo.

**f> Se involucran sistemas de mantenimiento y servicio local**

0	1	1	87_ Se diseñó el producto teniendo en mente las posibilidades de empresas locales de mantenimiento y servicio
0	0	0	88_ Se desarrollan en conjunto nuevos e innovadores centros de reparación y servicio en la región que puedan ser involucrados tanto en el servicio de productos nuevos como existentes.

**ESTRATEGIA 7. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DEL FIN DE VIDA DEL PRODUCTO**

SUMA DE LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS QUE APLICAN		
13	14	14
NÚMERO DE ELEMENTOS QUE APLICAN		
15	15	15

**Coloca en el recuadro AMARILLO uno de los siguientes:**

- "0" si la frase aplica pero no es satisfecha
- "0.5" Si la frase aplica y en cumplida en parte
- "1" si la frase aplica y es parcial o totalmente satisfecha
- "n" si la frase no aplica

**MÁQUINA  
COMPACTADORA TRITURADORA EXPENDEDORA  
INVERSA**

DESEMPEÑO AMBIENTAL		
4.3	4.7	4.7

**7> OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TERMINO DE VIDA**

**a> Re uso del producto**

N	N	N	89_ El diseño del producto es clasico y lo hace estéticamente agradable y atractivo para un segundo usuario.
1	1	1	90_ Se aseguro que la construcción se realizó de tal manera que no se convertirá prematuramente obsoleta en sentidos técnicos.

**b> Remanufactura/Re ensamble**

1	1	1	91_ Diseñado para desmantelar (de producto a sub ensambles) para asegurar un fácil acceso para inspección, limpieza, reparación y remplazo de partes vulnerables o sub ensamblajes de innovación.
1	1	1	92_ El producto tiene una estructura de diseño jerárquica y modular; los modulos pueden ser separados y remanufacturados en la mejor forma posible.
0.5	1	1	93_ Usa uniones desmontables como remaches o tornillos en vez de pegarlos o soldarlos.
1	1	1	94_ Usa uniones estandarizadas para que el producto pueda ser desmantelado con pocas herramientas universales.
1	1	1	95_ Se posicionan las uniones de tal manera que el responsable de desmantelaje no necesite moverlo o moverse.
1	1	1	96_ Se indica en el producto como debe ser abierto sin destruirlo.
1	1	1	97_ Se localizan las partes que son relativamente rápidas de quitar y estan cerca unas de otras para que sean fácilmente remplazadas.
1	1	1	98_ Se indica en el producto que partes deben ser limpiadas o tratadas en una forma específica.

**c> Reciclaje de Materiales**

1	1	1	99_ Se le da prioridad al reciclaje primario más que al secundario y terciario.
1	1	1	100_ Diseño para desamblaje.
1	1	1	101_ Se intenta usar materiales reciclados para lo cual ya existen mercados.
N	N	N	102_ Si materiales toxicos han sido usado en el producto deben de estar concentrados en áreas adyacentes para ser fácilmente removidos.

**d> Incineración segura**

1	1	1	103_ Mientras haya muchos materiales tóxicos en un producto se debe de responsabilizar más por el pago de su incineración. Entonces los elementos tóxicos deben de estar concentrados y ser fáciles de remover y tratados en una corriente de residuos distinta.
---	---	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**e> Tomar consideración de los sistemas locales e informales de reciclaje y recolección.**

0.5	0.5	1	104_ Se han estudiado las posibilidades de actividades de reciclaje formales e informales existentes en la comunidad que recuperará y reciclará el producto.
0	0.5	0	105_ Se desarrolla y apoya nuevas y eficientes formas de sistemas de recolección y reciclaje en la región.

## Anexo 6. Cálculos de Ingeniería- Sistema Fotovoltaico

Generación de energía diaria relativa por panel de 250 W

Valor de insolación global promedio diario mensual en kWh/m<sup>2</sup> - Latitud +- 29.05° (Hermosillo, Sonora, México) - Orientación Sur

6 hrs

Producción de energía por panel solar

250 watts

Producción diaria relativa por panel solar de 250 W

1500 w/día

Factor de Degradación por °C extra a 25 °C

0.6 %

Temperatura de trabajo en Hermosillo, Sonora, Mexico

75°C

50 °C

Temperatura adicional

30 %

Factor de Degradación por °C extra a 25 °C

Producción Total diaria por panel solar de 250 W

450 w/día

Factor de degradación

1500 w/día

Producción diaria relativa

1050 w/día

Producción total diaria

Demanda Energética de la Máquina expendedora inversa

Elemento	Watt	Hrs de uso	Demanda Energética		Dimensionamiento	Numero de Páneos
Motor	745.69987	6	4474.199232	w/hr	4.392380221	5
Tablet	10.6	13	137.8	w/hr		

TOTAL	4611.999232	W/h
TOTAL	4.611999232	KW/h

**Anexo 7. Estudio de Viabilidad del Proyecto - “Encuesta a estudiantes de licenciatura sobre el consumo de botellas de plástico en la Universidad de Sonora”**



“El saber es mi brillo  
hacia mi futuro”



**ENCUESTA A ESTUDIANTES DE LICENCIATURA SOBRE EL CONSUMO DE BOTELLAS DE PLÁSTICO EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA**

El objetivo de esta encuesta es el conocer los hábitos de consumo y desecho de botellas de plástico que genera la comunidad de la Universidad de Sonora.

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Programa académico: \_\_\_\_\_

ESTUDIANTE \_\_ DOCENTE/INVESTIGADOR \_\_ ADMINISTRATIVO \_\_

1. ¿Tiene la costumbre de comprar bebidas en botellas de plástico?  
Si\_\_ NO\_\_

2. ¿Estas bebidas son?

Agua\_\_ Soda/Refresco\_\_ Jugos\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

3. En promedio ¿Cuántas botellas plásticas con **AGUA** compra? Marque con una “X” la cantidad , frecuencia y tamaño.

Tamaño	600 ml o menos				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

Tamaño	1 lt				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

Tamaño	1.5 lts				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

4. ¿Cuántas botellas plásticas con **SODA/REFRESCO** compra? Marca con una “X” la frecuencia y la cantidad.

Tamaño	1 lt				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

Tamaño	600 ml o menos				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

5. ¿Cuántas botellas plásticas con **JUGO** compra? Marca con una "X" la frecuencia y la cantidad.

Tamaño	1 lt				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

Tamaño	600 ml o menos				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

6. ¿Cuántas botellas plásticas con **OTRAS BEBIDAS** compra? Marca con una "X" la frecuencia y la cantidad.

Tamaño	1 lt				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

Tamaño	600 ml o menos				
Frecuencia	Al día		A la semana		
Cantidad de botellas	1	2	3	4	5 o más

7. ¿Compra su bebida en la UNISON?

Siempre \_\_\_ Casi siempre \_\_\_ Frecuentemente \_\_\_ Casi  
 Nunca \_\_\_ Nunca \_\_\_

8. ¿Qué hace con la botella cuando se acaba la bebida?

Reúso \_\_\_ Reciclo \_\_\_ Tiro en la basura \_\_\_ Tiro en la calle \_\_\_ Otros:  
 \_\_\_\_\_

9. ¿Conoce las máquinas dedicadas a recuperar residuos las cuales dan un tipo de bonificación por el material que recicla? Si \_\_\_ NO \_\_\_

10. Si existiera un servicio de recuperación de botellas plásticas (máquina) dentro de la universidad, el cual diera una bonificación acumulable para usar dentro de los servicios de la UNISON, ¿lo usarías?

Todos los días \_\_\_ Cada dos días \_\_\_ Una vez a la semana \_\_\_  
 Nunca \_\_\_

11. ¿Por cuál espacio de la UNISON pasas con más frecuencia?

Biblioteca Central/Comedor Universitario \_\_\_\_\_ Servicios Estudiantiles \_\_\_\_\_  
 Plaza del Estudiante \_\_\_\_\_ Otro: \_\_\_\_\_