

# << Análisis de la información para prototipos de reciclado de residuos sólidos urbanos (RSU)>> Informe Técnico

Thomy Alvarado García, Celia Fernández Vásquez, María Isabel Arias Prieto, Enrique Castillo  
Zaragoza, Julio Cesar Rodríguez López  
Mantenimiento Industrial / Industrial  
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz  
Cuitláhuac, Veracruz, México

[A11188@utc.edu.mx](mailto:A11188@utc.edu.mx), [celia.fernandez@utc.edu.mx](mailto:celia.fernandez@utc.edu.mx), [maria.arias@utc.edu.mx](mailto:maria.arias@utc.edu.mx),  
[enrique.castillo@utc.edu.mx](mailto:enrique.castillo@utc.edu.mx), [julio.rodriguez@utc.edu.mx](mailto:julio.rodriguez@utc.edu.mx).

---

## Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

**Cuerpo Académico:** << Gestión de Calidad y Eficiencia Industrial.>>

1. **LIADT:** << Eficiencia Energética
2. Calidad, Eficiencia y Mantenimiento de los Procesos Industriales.>>

## **Resumen**

En épocas contemporáneas, la contaminación ha aumentado exponencialmente como jamás se había visto, esto es el resultado de la producción de Residuos Sólidos Urbanos y el aumento de la población; la poca o inexistente aplicación de prototipos de reciclaje es considerada también un factor primordial, debido a que no existe un aprovechamiento eficiente de los residuos; esto afecta a todos los estratos sociales, comunidades y centros de estudio. A partir de la investigación de producción per cápita de residuos, se crearon tablas las cuales demuestran las cantidades producidas de RSU dentro de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, esto resulta útil para resaltar la necesidad presurosa de la aplicación de un prototipo de reciclaje.

El objetivo es crear sustentabilidad ecológica para la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, mediante la recabación de información acerca de prototipos de reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos, ya que, con la implementación de estos dispositivos, se reducirá la contaminación considerablemente dentro de la institución, y por medio de la investigación se incentivará la creación de proyectos de carácter ecológico, ayudando al medio ambiente y resaltando positivamente la imagen de la escuela

### **Palabras clave:**

Reciclado, sustentabilidad, residuos sólidos urbanos.

## **Introducción**

La aplicación de prototipos de reciclaje no es materia de estudio nueva, puesto que la aplicación de estos se ha estudiado y perfeccionado a lo largo de décadas en la mayoría de países desarrollados, sin embargo, surge la necesidad de aplicar más y mejores dispositivos de reciclaje debido al incremento exponencial de contaminación. Los prototipos de reciclaje son extremadamente útiles debido a que reutilizan materia prima que se considera inservible y extienden la vida útil de la misma; no solamente existen prototipos que renuevan los recursos, sino que los convierten directamente a energía eléctrica o biogás.

Dentro de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz se intenta frenar estos efectos por medio de la aplicación de un prototipo de reciclaje eficiente e innovador, ya que la universidad se ha visto afectada por la contaminación. La hipótesis central sugiere que se deben agilizar los métodos de reciclaje, puesto que no existe ningún punto negativo en su aplicación, al contrario, disminuirá la contaminación de manera exponencial e incesante.

Para determinar el prototipo que será aplicado, se ha hecho una investigación exhaustiva acerca de prototipos de reciclaje, así como se han resaltado las variables cualitativas y cuantitativas de los prototipos; esta información recabada aportó las características esenciales de los prototipos de reciclaje y ayudó a la creación de tablas comparativas que resaltan la utilidad, eficiencia, eficacia, rendimiento y costo que supone la aplicación de estos dispositivos en la universidad. Los resultados aportan sugerencias valiosas acerca del prototipo idóneo para aplicar y se elija aquel que cumpla con los requisitos según las necesidades.

## Discusión

En el estado de Veracruz se generan 0.9kg de RSU al día, (véase anexo número 2), posteriormente, se estima que el número total de alumnos de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz son 4,791 (véase anexo número 12), oscilando a 5,791 individuos si contamos con personal de trabajo y visitantes calculados a grosso modo.

### 1. Conocimiento de datos de RSU de la universidad a tratar.

Para poder determinar la cantidad total de la producción per cápita generada en la UTCV, se multiplicará el factor de producción de RSU per cápita en el estado de Veracruz por la cantidad de estudiantes y personal en la UTCV.

**Tabla 1:**

Generación total de Residuos Sólidos Urbanos en la UTCV (Día).			
Personas UTCV	Multiplicación	Índice per cápita (0.9kg/día)	RSU total
5,791	x	0.9kg	5,211.9kg

Se tiene entonces en cuenta que la cantidad total de RSU producida al día en la UTCV es de 5,211.9kg. Tomando como referencia la cantidad de tiempo que se le ha dado al desarrollo del presente proyecto (4 meses – mayo – agosto 2020), se procede a multiplicar los días totales del cuatrimestre por la cantidad de RSU total.

**Tabla 2:**

Generación total de Residuos Sólidos Urbanos en la UTCV (Cuatrimestre).			
Cantidad RSU (Día)	Multiplicación	Días totales del cuatrimestre	RSU total
5,211.9kg	x	123	641,063.7kg

Se estima entonces que en el tiempo de desarrollo de este proyecto se han generado 641,063.7kg de Residuos Sólidos Urbanos; finalmente, se hace un cálculo de la cantidad anual de RSU producida, donde se multiplica la cantidad de residuos totales por la cantidad de días en el año 2020, los cuales resultan ser 366, siendo que el presente año se considera bisiesto.

**Tabla 3:**

Generación total de Residuos Sólidos Urbanos en la UTCV (Anual – Bisiesto).			
Cantidad de RSU (Día)	Multiplicación	Días totales del año 2020 (Bisiesto)	RSU total
5,211.9kg	x	366	1,907,555.4kg

Como total de RSU producida anualmente en la UTCV se estima la cantidad de 1,907,555.4kg. Esta cantidad de residuos es ingente, alarmante y proporciona los datos adecuados para lograr tener una estimación si se aplica un prototipo de reciclado de RSU en la institución.

**Tabla 4:**

Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos en la UTCV			
Tiempo	Cantidad de RSU	Porcentaje	RSU total aprovechado
Día:	5,211.9kg	%27	1,407.213kg
Cuatrimestre:	641,063.7kg	%27	173,087.199kg
Año:	1,907,555.4kg	%27	515,039.958kg

## 2. Tabla comparativa de prototipos.

### Especificaciones de desarrollo

A continuación, se muestra comparaciones específicas de los prototipos de reciclaje:

El objetivo de esta tabla es comparar los prototipos para conocer sus características y definir cuál es el más adecuado para su aplicación en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Toda la información contenida en esta tabla se ha extraído de distintas investigaciones.

La tabla se divide en cuatro segmentos: (Prototipo. Características del prototipo. Materiales admisibles. Resultado final del proceso), los cuales aportan información esencial de cada prototipo. Los segmentos son los siguientes:

### **. Prototipo.**

Indica el número y el nombre del prototipo sujeto a análisis y comparación; contiene la imagen del prototipo sugerido.

### **. Características del prototipo.**

Este segmento indica con gran especificación las características básicas del prototipo de reciclaje sujeto a análisis y comparación. A continuación, un listado de los rasgos resaltados:

- **Capacidad de proceso:** Indica la cantidad de RSU que es posible convertir a materia útil.
- **Capacidad de almacenamiento:** Especifica si el prototipo cuenta con un compartimiento donde se deposite el RSU procesado.
- **Funciones:** Método de procesamiento de los RSU.
- **Peso:** Densidad del prototipo expresado en kg.
- **Dimensiones:** Tamaño del prototipo. (Altura, largo, ancho).
- **Suministro eléctrico:** Capacidad energética del prototipo expresado en voltios (V), así como identificación de fases y tipo de corriente que requiere.
- **Potencia:** Energía demandada por el motor del prototipo expresado en kilowatts (Kw).
- **Control:** Especifica el tipo de controlador con el que será manipulado el prototipo.
- **Requerimientos:** Especifica los requerimientos del prototipo, como el tipo de mantenimiento, presión o temperatura.
- **Movilidad:** Especifica el nivel de desplazamiento del prototipo. (Movable, empotrado, etcétera).
- **Riesgos:** Define los problemas que puede presentar el prototipo, así como el daño accidental que puede infligir.
- **Precio de adquisición:** Indica el precio total del prototipo de reciclaje.

**. Materiales admisibles:** Indica el tipo de materiales que puede procesar el prototipo de reciclaje.

**. Resultado final del proceso:** Define el resultado que se obtiene al final del proceso que efectúa el prototipo de reciclaje a los RSU.

Tabla 5:

TABLA COMPARATIVA DE PROTOTIPOS DE RECICLAJE DE RSU				
Prototipo	Características del prototipo	Materiales admisibles		Resultado final del proceso
 <p>1. Recicladora Autom.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesa 1.56 kg de botellas por hora.</li> <li>- Funciones: Cortadora automática-semiautomática.</li> <li>- Capacidad de proceso: 30 botellas de 3 litros por hora.</li> <li>- Peso: 120 kg.</li> <li>- Dimensiones: 1.80 (h) x 1.25 (L) x 0.8 (A) m.</li> <li>- Suministro eléctrico: AC 220V, bifásico.</li> <li>- Potencia: 1.5 kW.</li> <li>- Control: HMI.</li> <li>- Requerimientos: Aire comprimido 40 psi.</li> <li>- Movilidad: Sencilla en área de trabajo.</li> <li>- Riesgos: Atascamiento y corte.</li> <li>- Precio de adquisición: \$35,000.00 MXN.</li> </ul>	<p>Todos los tipos de botellas de plástico (PET).</p>		<p>Convierte PET a láminas, cintas e hilos, resultando en materia prima económica.</p>
 <p>2. Compactador SE. (Solar Energy).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso continuo sujeto a uso/capacidad de almacenamiento.</li> <li>- Funciones: Compactación simple.</li> <li>- Duración de proceso: 30 s por cada 10 gr.</li> <li>- Capacidad de almacenamiento: 180 kg.</li> <li>- Tiempo total de proceso (según capacidad de almacenamiento): 133.33 h.</li> <li>- Peso: 150 kg.</li> <li>- Dimensiones: 1.3 (h) x 1.84 (L) x 0.67 (A) m.</li> <li>- Suministro eléctrico: Paneles solares.</li> <li>- Potencia: 0.12 kW.</li> <li>- Control: PLC y GSM.</li> <li>- Requerimientos: Mantenimiento autónomo.</li> <li>- Movilidad: Nula.</li> <li>- Riesgos: Atascamiento.</li> <li>- Precio de adquisición: \$83,000.00 MXN.</li> </ul>	<p>Papel, latas de aluminio y botellas de plástico (PET) principalmente; además cuenta con un compartimiento para depositar otros tipos de residuos y almacenarlos hasta su futura recolección.</p>		<p>Convierte PET, latas y papel a cubos comprimidos, resultando en materia prima económica.</p>
 <p>3. Recycling Vending Machine. (RVM).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso continuo sujeto a uso/capacidad de almacenamiento.</li> <li>- Funciones: Compactación simple.</li> <li>- Duración de proceso: 19 s por cada 10 gr.</li> <li>- Capacidad de proceso: 1,200 botellas diarias.</li> <li>- Capacidad de almacenamiento: 30 kg.</li> <li>- Tiempo total de proceso (según capacidad de almacenamiento): 15.83 h.</li> <li>- Peso: 103 kg.</li> <li>- Dimensiones: 2 (h) x 0.45 (L) x 0.7 (A) m.</li> <li>- Suministro eléctrico: AC 220V, bifásico.</li> <li>- Potencia: 0.57 kW.</li> <li>- Control: LogoSoft.</li> <li>- Requerimientos: Mantenimiento autónomo.</li> <li>- Movilidad: Difícil.</li> <li>- Riesgos: Ninguno.</li> <li>- Precio de adquisición: \$90,000.00 MXN.</li> </ul>	<p>Botellas de plástico (PET) y latas de aluminio.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Convierte botellas de plástico y latas de aluminio a cubos comprimidos y pesados, resultando en materia prima económica.</li> <li>- Originalmente, la idea es premiar al individuo que recicla con \$0.01 USD (\$0.22 MXN) por cada botella introducida.</li> </ul>

### 3. Presentación de cálculos de eficiencia entre prototipos de reciclaje.

A continuación, se muestran tablas que ofrecerán diferencias de eficiencia entre prototipos de reciclaje con ayuda de una fórmula para determinar la eficiencia.

**Tabla 6:**

Cálculo de eficiencia para prototipo 1: Recicladora Autom. (Día).			
Tiempo de función previsto (h)	Tiempo perdido por factor de mantenimiento (h)	Aplicación de fórmula <b>Eficiencia</b> = $\frac{Nhu - Nh\phi}{Nhu} \times 100$	Eficiencia total
24	8	$24 - 8 = 16 / 24 = 0.66$	%66.6

**Tabla 7:**

Cálculo de eficiencia para prototipo 2: Compactador SE. (Día).			
Tiempo de función previsto (h)	Tiempo perdido por factor de mantenimiento (h)	Aplicación de fórmula <b>Eficiencia</b> = $\frac{Nhu - Nh\phi}{Nhu} \times 100$	Eficiencia total
16	5.55	$16 - 5.55 = 10.45 / 16 = 0.653$	%65.3

**Tabla 8:**

Cálculo de eficiencia para prototipo 3: Recycling Vending Machine. (Día).			
---	--	--	--

Tiempo de función previsto (h)	Tiempo perdido por factor de mantenimiento (h)	Aplicación de fórmula <b>Eficiencia</b> = $\frac{Nhu - Nh\phi}{Nhu} \times 100$	Eficiencia total
16	0.65	16-0.65 = 15.35/16 = 0.95	%95.93

#### 4. Generación de tablas de cálculo de eficacia entre prototipos de reciclaje.

Ahora, se describirán las diferencias de eficacia entre los prototipos de reciclaje:

**Tabla 9:**

Cálculo de eficacia para prototipo 1: Recicladora Autom. (Día).				
Cantidad de RSU procesado sujeto a expectativa (kg)	Cantidad de RSU perdida por factor de mantenimiento (kg)	Tiempo total de funcionamiento del prototipo (h)	Aplicación de fórmula <b>Eficacia</b> = $\frac{kgE - kgP}{Nht}$	Eficacia total
37.44	12.48	16	37.44-12.48=24.96/16=1.56	1.56 kg/h

**Tabla 10:**

Cálculo de eficacia para prototipo 2: Compactador SE. (Día).				
--	--	--	--	--

Cantidad de RSU procesado sujeto a expectativa (kg)	Cantidad de RSU perdida por factor de mantenimiento (kg)	Tiempo total de funcionamiento del prototipo (h)	Aplicación de fórmula <b>Eficacia</b> = $\frac{kgE - kgP}{Nht}$	Eficacia total
19.2	6.66	10.45	19.2-6.66=12.54/10.45=1.2	1.2kg/h

**Tabla 11:**

Cálculo de eficacia para prototipo 3: Recycling Vending Machine. (Día).				
Cantidad de RSU procesado sujeto a expectativa (kg)	Cantidad de RSU perdida por factor de mantenimiento (kg)	Tiempo total de funcionamiento del prototipo (h)	Aplicación de fórmula <b>Eficacia</b> = $\frac{kgE - kgP}{Nht}$	Eficacia total
28.9	1.17	15.35	28.9-1.17=27.73/15.35=1.80	1.8kg/h

## 5. Tablas de comparación de rendimiento y consumo eléctrico.

En la siguiente tabla se muestra la comparación de rendimiento energético entre los prototipos de reciclaje:

**Tabla 12:**

Comparación de rendimiento entre prototipos de reciclaje de RSU (Día)					
N° de prototipo	RSU (kg) procesado	Consumo de energía del	Horas de función	Energía consumida	Rendimiento total:

	alcanzado (día)	prototipo (kW)	máxima prevista (día)	total del proceso (kWh)	
1	37.44	1.5	24	36	1.04kg/kWh
2	50	0.12	6	0.72	6.94kg/kWh
3	45.47	0.57	16	9.12	4.98kg/kWh

Se exponen las diferencias del costo del consumo energético de los prototipos de reciclaje por día, cuatrimestre y año. Como aclaración importante, el prototipo número 2 no es sujeto a la aplicación de tarifa debido a que su obtención de energía es autónoma gracias a los paneles solares que le dotan la electricidad necesaria:

**Tabla 13:**

Costo total del consumo eléctrico (Día)				
N° de prototipo	Energía consumida total del proceso (día)	Multiplicación	Tarifa de la empresa suministradora (CFE)	Costo total del consumo eléctrico (día)
1	36 kWh	x	\$0.978	\$35,20.00
2	0.72 kWh	x	- No aplica -	\$0.00
3	9.12 kWh	x	\$0.978	\$8,92.00

**Tabla 14:**

Costo total del consumo eléctrico (Cuatrimestre)				
N° de prototipo	Energía consumida total del proceso (cuatrimestre)	Multiplicación	Tarifa de la empresa suministradora (CFE)	Costo total del consumo eléctrico (cuatrimestre)
1	36*123 = 4,428 kWh	x	\$0.978	\$4,330.58

2	0.72*123 = 88.56 kWh	x	- No aplica -	\$0.00
3	9.12*123 = 1,121.76 kWh	x	\$0.978	\$1,097.08

**Tabla 15:**

Costo total del consumo eléctrico (Anual - Bisiesto)				
N° de prototipo	Energía consumida total del proceso (anual)	Multiplicación	Tarifa de la empresa suministradora (CFE)	Costo total del consumo eléctrico (anual)
1	36*366 = 13,176 kWh	x	\$0.978	\$12,886.13
2	0.72*366 = 263.52 kWh	x	- No aplica -	\$0.00
3	9.12*366 = 3,337.92 kWh	x	\$0.978	\$3,264.49

## 6. Análisis de variables cualitativas y cuantitativas.

Es posible comprender que las herramientas utilizadas en la metodología poseen características cuantitativas, sin embargo, también el desarrollo se sirvió de variables cualitativas, puesto que, para llegar a conclusiones específicas, debemos analizar todos los puntos que apoyen y guíen a la correcta elección del prototipo de reciclaje para su aplicación en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.

Para comenzar, se especifican las variables identificadas como cualitativas. La variable dependiente define aquel factor que no es alterable y reside como el «problema» específico.

### **Variable dependiente: Residuos Sólidos Urbanos. (RSU).**

Definición conceptual:

«Aquellos desechos contaminantes que son generados en grandes núcleos urbanos. Tiendas, domicilios, centros de estudio y oficinas son consideradas productores de Residuos Sólidos Urbanos».

Definición operacional:

La presente variable será analizada por la cantidad producida de Residuos Sólidos Urbanos per cápita en México, Veracruz, haciendo hincapié en la cantidad aproximada total que se genera en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.

Por otro lado, la variable independiente es identificada como la «solución» al problema; este factor está sujeto a estudio continuo y a diferentes métodos de aplicación para poder darle el mayor aprovechamiento posible.

### **Variable independiente: Prototipos de reciclado.**

Definición conceptual:

«Modelo alterable y editable sujeto a cambios para su posterior mejoramiento, basado en un sistema previamente planeado, incluyendo su estructura y funcionalidad; en este caso, el objetivo inmutable de los prototipos concernientes al proyecto es el reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos».

Definición operacional:

Basado en la naturaleza cuantitativa de la variable, se calcularán los resultados de los prototipos de reciclado de Residuos Sólidos Urbanos previamente utilizados en núcleos de alta producción de RSU con el fin de simular los efectos que tendría su aplicación en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.

Enfocándonos en el problema sobre la contaminación dentro de la institución, es menester resaltar las cantidades generadas de RSU para poder proveer información específica de carácter cuantitativo, la cual nos ayudará a resaltar la necesidad presurosa de aplicación de prototipos de reciclaje. Con base en esta idea, se han creado tablas que muestran los números de producción de RSU dentro de la UTCV.

Consecuentemente, se requiere entonces de la aplicación de variables cuantitativas que apoyen a determinar las cantidades producidas dentro de la institución. Las tablas creadas resaltan esta producción de RSU por periodo de tiempo.

A continuación, un extracto que apoyó al desarrollo de la metodología por medio de estadísticas cualitativas aplicadas:

Para la «*Revista internacional de contaminación ambiental*», según Ruíz Morales, Mariana. (2012): «*Se encontró que el 52% del residuo generado en universidades es susceptible al proceso de composteo, 27% es material reciclable y únicamente el 21% es residuo que se destinaría a relleno sanitario*». Esto significa que el 27% de la cantidad total de RSU está sujeto a procesos por parte de prototipos de reciclado; entonces, para poseer una aproximación del aprovechamiento y eficiencia de los prototipos se debe calcular las cantidades con base en el porcentaje mencionado.

Se comprueba entonces que la variable independiente es inalterable, ya que el prototipo debe ser creado para procesar un específico tipo de RSU y no al revés.

Para la creación de las tablas que determinan la producción de RSU en la universidad se ocuparon las variables ya mencionadas, así como también fórmulas creadas para calcular de manera fehaciente estos números. A continuación, la descripción de cómo fueron aplicadas las variables (fórmulas) de carácter cuantitativo:

**Primera fórmula para definir kg de RSU totales:**

$$\mathbf{RSU\ T = Np\ (IPC)}$$

Donde:

**RSU T** = Es la cantidad de kg totales de RSU producidos al día.

**Np** = Representa el número de personas en la muestra.

**IPC** = Es el índice Per Cápita de producción de RSU registrado al día (24 horas).

La aplicación de la primera fórmula se utilizó para crear la «Tabla 1» y definir la cantidad de RSU producidos al día dentro de la UTCV. La muestra se obtuvo mediante la investigación del número de estudiantes en la institución (véase anexo 12), así como el índice per cápita de producción de RSU en el estado de Veracruz, (véase anexo 2).

Definiendo específicamente, se multiplicó la muestra de estudiantes, personal y visitantes (5,791) por el índice per cápita de producción de RSU en el estado de Veracruz (0.9 kg/día), dando como resultado final 5.211 kg de RSU producidos diariamente.

**Segunda fórmula para definir kg de RSU totales por periodo de tiempo:**

$$\mathbf{RSU\ PT} = \mathbf{RSUT} (Dt)$$

Donde:

**RSU PT** = Es la cantidad de kg totales de RSU producidos en una determinada cantidad de tiempo.

**RSUT** = Es la cantidad de kg totales de RSU producidos al día.

**Dt** = Representa los días totales.

La aplicación de la segunda fórmula se utilizó para crear la «Tabla 2» y la «Tabla 3» para definir las cantidades producidas de RSU en determinada cantidad de tiempo; estas tablas se sirven del resultado del índice de producción de RSU dentro de la UTCV al día (véase «Tabla 1»).

Definiendo: Se multiplicó la cantidad de kg totales producidos al día en la UTCV por el número de días; el número de días fue definido por la necesidad de representar la producción de RSU durante la duración del desarrollo de este proyecto, los cuales han sido cuatro meses (mayo-agosto), con la finalidad de resaltar y advertir la necesidad de agilizar la aplicación de un prototipo de reciclaje dentro de la institución. También se aplicó el cálculo de producción de RSU anual; se debe tomar en cuenta que, para esta última tabla, se calcularon 366 días al año, puesto que el desarrollo de este proyecto se efectuó en el año 2020, el cual, es considerado bisiesto.

**Tercera fórmula para determinar el aprovechamiento (kg) de los RSU procesados:**

$$\mathbf{RSU A} = \mathbf{RSU PT} \% \mathbf{Pu}$$

Donde:

**RSU A** = Representa el aprovechamiento de los RSU sujeto a su composición.

**RSU PT** = Es la cantidad de kg totales de RSU producidos en una determinada cantidad de tiempo.

**Pu** = Porcentaje de utilidad de los RSU que procesará el prototipo de reciclaje.

La aplicación de la tercera fórmula se empleó a la «Tabla 4» con el propósito de resaltar la cantidad de RSU que es posible aprovechar con la aplicación del adecuado prototipo de reciclaje.

Definiendo: Se ha calculado el porcentaje de utilidad de los RSU totales producidos; este factor de porcentaje (%27) ha sido extraído de la investigación sobre los tipos de residuos que son procesables por prototipos de reciclaje estándar y su utilidad máxima posible. Posteriormente, se ha utilizado la cantidad de kg de RSU producidos por periodo de tiempo para obtener el aprovechamiento total del proceso de reciclado.

Si bien se han obtenido los resultados sobre la producción de RSU por periodo de tiempo, así como también la utilidad de estos, se debe ahora pensar en prototipos que ayuden eficazmente a procesar estos residuos y convertirlos en recursos útiles; con base en las necesidades de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz se han escogido tres distintos prototipos para la aplicación a la institución. En la «Tabla 5» se resaltan las características de cada prototipo de forma específica, tanto cuantitativa como cualitativamente, para apreciar su utilidad y a la vez hacer comparación de cada uno de ellos.

**Cuarta fórmula para definir la eficiencia del prototipo de reciclaje:**

$$\mathbf{Eficiencia} = \frac{\mathbf{Nhu} - \mathbf{Nh\phi}}{\mathbf{Nhu}} \times 100$$

Donde:

**Eficiencia** = Representa el porcentaje de eficiencia del prototipo de reciclaje. Menor

al %75 será NO EFICIENTE. Del %75 al %80 EFICIENTE. Mayor a %80 MUY EFICIENTE.

**Nhu** = Es la cantidad de horas previstas que trabajará el prototipo de reciclaje. (**N** = Número. **h** = horas. **u** = uso).

**Nhp** = Es la cantidad de horas que se le restará al prototipo de reciclaje tiempo previsto por mantenimiento, fallas o comparaciones de funcionamiento con otros equipos. (**N** = Número. **h** = horas. **p** = perdidas).

La cuarta fórmula se utilizó para desarrollar la «Tabla 6», la «Tabla 7» y la «Tabla 8», destinadas a definir y comparar la eficiencia de cada prototipo de reciclaje sugerido al día.

Definiendo: Se utilizó el número de horas de uso en el que estará activo el prototipo, posteriormente, a esta cantidad se le restó el número de horas por mantenimiento o inactividad del mismo, después, se dividió el resultado entre el número de horas previstas de trabajo, finalmente, este resultado se multiplicó por cien para obtener la eficiencia total diaria. Cada tabla se especifica en determinar el porcentaje final eficiencia de cada equipo.

**Quinta fórmula para definir la eficacia del prototipo de reciclaje:**

$$\text{Eficacia} = \frac{kgE - kgP}{Nht}$$

Donde:

**Eficacia** = Representa la cantidad de kg/h de eficacia del prototipo de reciclaje.

**kgE** = Es la cantidad de kg de RSU sujetos a la expectativa de producción del prototipo de reciclaje.

**kgP** = Es la cantidad de pérdidas en kg de RSU que se experimentaron en el proceso del funcionamiento del prototipo de reciclaje.

**NhT** = Es la cantidad de horas totales que estuvo en funcionamiento el prototipo de reciclaje.

La quinta fórmula se utilizó para desarrollar la «Tabla 9», la «Tabla 10» y la «Tabla 11», destinadas a definir y comparar la eficacia de cada prototipo de reciclaje sugerido

al día.

Definiendo: Se utilizó la cantidad de kg de RSU procesados sujetos a la expectativa de producción del prototipo, posteriormente, a esta cantidad se le restó la cantidad de kg de RSU que se perdieron por inactividad y/o mantenimiento del mismo, después, se dividió el resultado por la cantidad de horas totales que estuvo en funcionamiento el prototipo de reciclaje, finalmente, se obtuvo el resultado expresado en kg/h. Cada tabla se especifica en determinar la eficacia de cada prototipo de reciclaje.

#### **Sexta fórmula para definir el rendimiento del prototipo de reciclaje:**

$$\text{Rendimiento} = \text{Resultado alcanzado} / \text{Kwh}$$

Donde:

**Rendimiento** = Es el porcentaje de rendimiento del prototipo de reciclaje. Representado en kg/kWh.

**Resultado alcanzado** = Es la cantidad de kg de RSU que se lograron procesar al final de la operación del prototipo de reciclaje.

**Kwh** = Es la cantidad de energía que consumió el prototipo de reciclaje por cada hora de operación.

La sexta fórmula se utilizó para desarrollar la «Tabla 12», destinada a definir y comparar el rendimiento de cada prototipo de reciclaje al día. Esta tabla contiene todos los prototipos con sus respectivos datos comparativos.

Definiendo: Primero, se indicó el número de prototipo a comparar, posteriormente, se integraron los kg producidos de RSU procesado, después, se indicó el consumo de energía del prototipo expresado en kilowatts (kW), en el paso siguiente, se confirmó el número de horas de actividad del prototipo, finalmente, se especificó la energía consumida total del proceso expresado en kilowatt/hora (kWh). Se dividió el resultado alcanzado de producción de cada prototipo, expresado en kg entre los kWh consumidos. Se especifica el rendimiento total para cada equipo.

A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas para realizar las conversiones de watts (W) a kilowatts (kW), calcular el tiempo total del uso del prototipo de reciclaje y especificar el consumo de energía para cada dispositivo.

### **Fórmulas para calcular el consumo de energía:**

#### **Fórmula 1. Paso 1:**

$$\mathbf{kW = W / 1000}$$

Donde:

**kW** = Representa el resultado de conversión de «W» (Watts) a «kW» (Kilowatts).

**W** = Representa el número de Watts que consume el prototipo de reciclaje.

**1000** = Es el divisor constante para llegar a la cantidad de kW que se desea averiguar.

#### **Fórmula 2. Paso 2:**

$$\mathbf{T = Nh \times Nd}$$

Donde:

**T** = Representa el tiempo total de uso del prototipo de reciclaje.

**Nh** = Es el número de horas que se utiliza el prototipo de reciclaje al día.

**Nd** = Es el número de días que se utilizará el prototipo de reciclaje.

#### **Fórmula 3. Paso 3:**

$$\mathbf{E = kW \times T}$$

Donde:

**E** = Representa el consumo de energía eléctrica en kWh totales del prototipo de reciclaje.

**kW** = Representa el resultado de conversión de «W» (Watts) a «kW» (Kilowatts).

**T** = Representa el tiempo total de uso del prototipo de reciclaje.

**Séptima fórmula para definir el costo total de consumo eléctrico del prototipo de reciclaje:**

$$\text{Costo total} = E \times \text{tarifa}$$

Donde:

**Costo total** = Resultado de los costos totales de consumo de energía eléctrica del prototipo de reciclaje.

**E** = Representa el consumo de energía eléctrica en kWh totales del prototipo de reciclaje.

**Tarifa** = Es el precio del kWh sujeto a la empresa suministradora de energía eléctrica que haya instalado la acometida.

La séptima fórmula se utilizó para desarrollar la «Tabla 13», la «Tabla 14» y la «Tabla 15» las cuales tienen el objetivo de definir el costo total del consumo energético de cada prototipo de reciclaje.

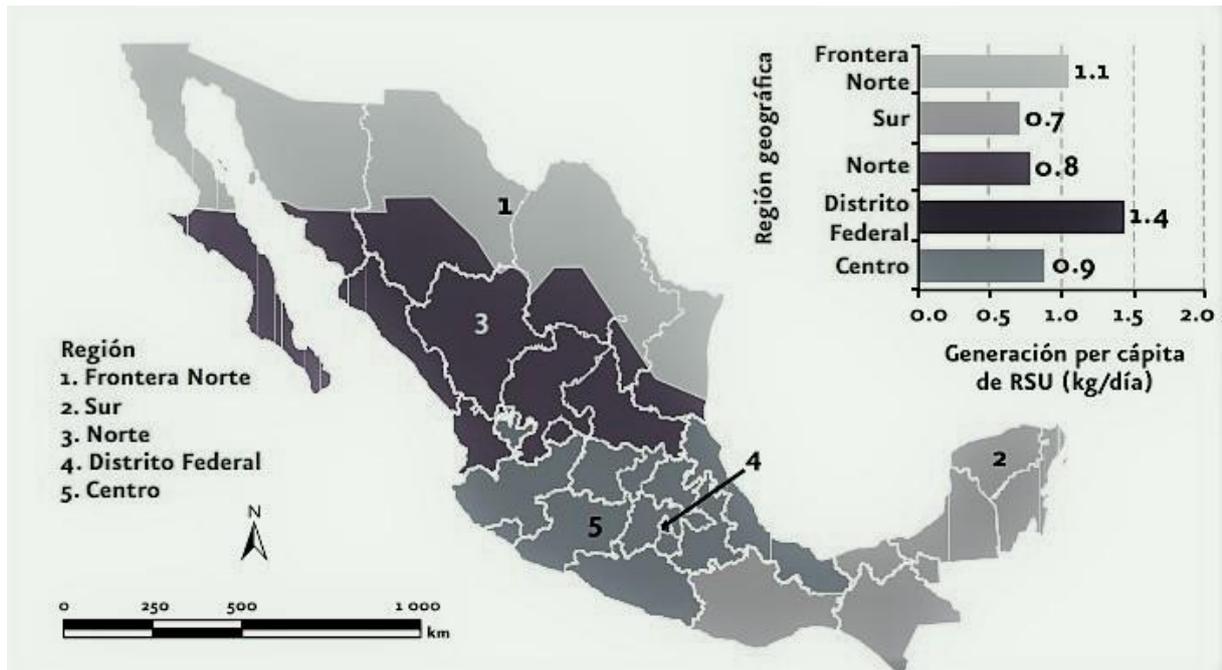
Definiendo: Se multiplicó el consumo de energía eléctrica expresado en kWh (kilowatt-hora) por la tarifa de consumo medio que impone la Comisión Federal de Electricidad (CFE) un precio de \$0.978MXN. Finalmente, se obtiene el costo total del consumo de cada prototipo de reciclaje. Se crearon tres tablas para definir el costo por periodo de tiempo: al día, cuatrimestral y anual (año bisiesto).

Como aclaración importante, el prototipo número 2 no es sujeto a la aplicación de tarifa debido a que su obtención de energía es autónoma gracias a los paneles solares que le dotan la electricidad necesaria.

No	Subproducto	Sitio de Tratamiento			Media Aritmética (%)	Desviación Estándar (-)
		Bordo Poniente (%)	San Juan de Aragón (%)	Santa Catarina (%)		
1	Abatelenguas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Algodón	0.08	0.25	0.02	0.12	0.12
3	Cartón	R 5.53	7.33	5.35	6.07	1.10
4	Cuero	0.93	0.48	0.72	0.71	0.23
5	Envase de Cartón	R 1.59	1.09	1.01	1.23	0.31
6	Fibra Dura Vegetal	0.49	0.10	0.16	0.25	0.21
7	Fibra Sintética	0.50	0.39	0.95	0.61	0.30
8	Gasa	0.09	0.00	0.00	0.03	0.05
9	Hueso	R 0.88	0.71	0.40	0.66	0.24
10	Hule	0.13	0.90	0.60	0.54	0.39
11	Jeringa Desechable	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Lata Aluminio	R 0.80	0.68	0.49	0.66	0.16
13	Loza y Cerámica	0.28	0.28	0.13	0.23	0.09
14	Madera	2.16	3.24	3.36	2.92	0.66
15	Material de Construcción	4.52	6.38	4.90	5.27	0.98
16	Material Ferroso	R 1.80	0.70	1.79	1.43	0.63
17	Material No Ferroso	R 0.37	0.02	0.01	0.13	0.20
18	Papel Bond	R 1.70	6.48	10.03	6.07	4.18
19	Papel Periódico	R 4.57	0.76	1.88	2.40	1.96
20	Papel Sanitario	5.05	3.87	2.24	3.72	1.41
21	Panal Desechable	4.69	4.27	5.14	4.70	0.43
22	Placas Radiologías	R 0.04	0.00	0.01	0.02	0.02
23	Plástico de Película	R 9.09	8.23	7.73	8.35	0.69
24	Plástico Rígido	R 5.28	2.10	3.19	3.52	1.61
25	Poliuretano	0.30	0.14	0.18	0.21	0.08
26	Poliuretano Expandido	0.19	0.91	2.23	1.11	1.04
27	Residuo Alimenticio	13.25	12.47	13.63	13.12	0.59
28	Residuo de Jardinería	17.23	6.44	8.46	10.71	5.74
29	Toallas Sanitarias	0.29	0.02	0.00	0.10	0.16
30	Trapo	R 3.97	4.66	5.23	4.62	0.63
31	Vendas	0.10	0.00	0.00	0.03	0.06
32	Vidrio de Color	R 1.31	0.50	0.49	0.77	0.47
33	Vidrio Transparente	R 0.61	0.70	1.52	0.94	0.50
34	Residuo Fino	3.84	7.11	7.58	6.18	2.04
35	Otros	8.36	18.82	10.59	12.59	5.51
TOTAL		100.00	100.00	100.00	100.00	---

R= RECICLABLE

1. Kogyo, K. (1999). «Resumen de análisis de composición de los Residuos Sólidos que ingresan a sitios de tratamiento del Distrito Federal. (Medias aritméticas de todos los muestreos)».



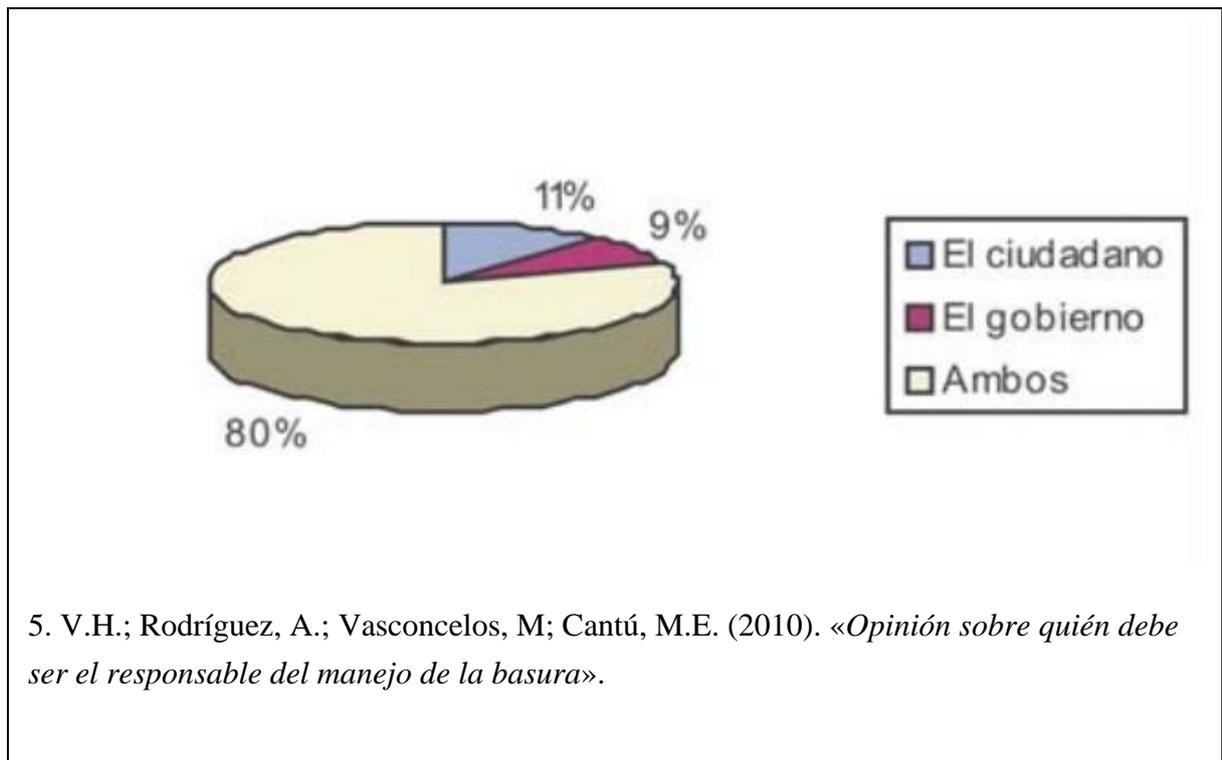
2. GTZ, Semarnat. (2006). «Regionalización para el análisis de generación de RSU y generación per cápita».

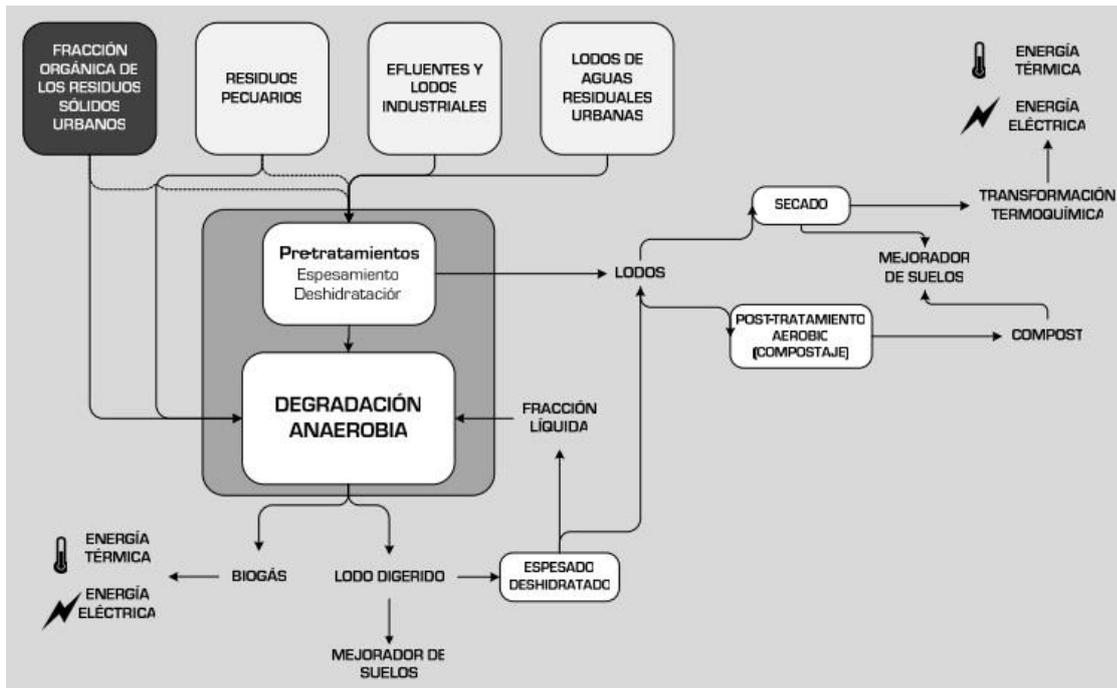
GEI	Fórmula química	Potencial de calentamiento (base CO <sub>2</sub> )	Vida media (años)	Principales fuentes
<b>Bióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales.
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	23	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, <b>residuos sólidos</b> urbanos, emisiones fugitivas
<b>Óxido nitroso</b>	N <sub>2</sub> O	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos
<b>Hidrofluorocarbonos</b>	HFC-23	12,000	1.5 a 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, refrigerantes y aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	HFC-125	3,400		
	HFC-134a	1,300		
	HFC-152a	120		
	HFC-227ea	3,500		
	HFC-236fa	9,400		
HFC-4310mee	1,500			
<b>Perfluorocarbonos</b>	CF <sub>4</sub>	5,700	2,600 a 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	11,900		
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	8,600		
	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9,000		
<b>Hexafluoruro de azufre</b>	SF <sub>6</sub>	22,200	3,200	Aislante dieléctrico, refrigerante industrial, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos

3. GIRE SOL. (2007). «Gases de efecto invernadero y sus principales fuentes de generación en México».

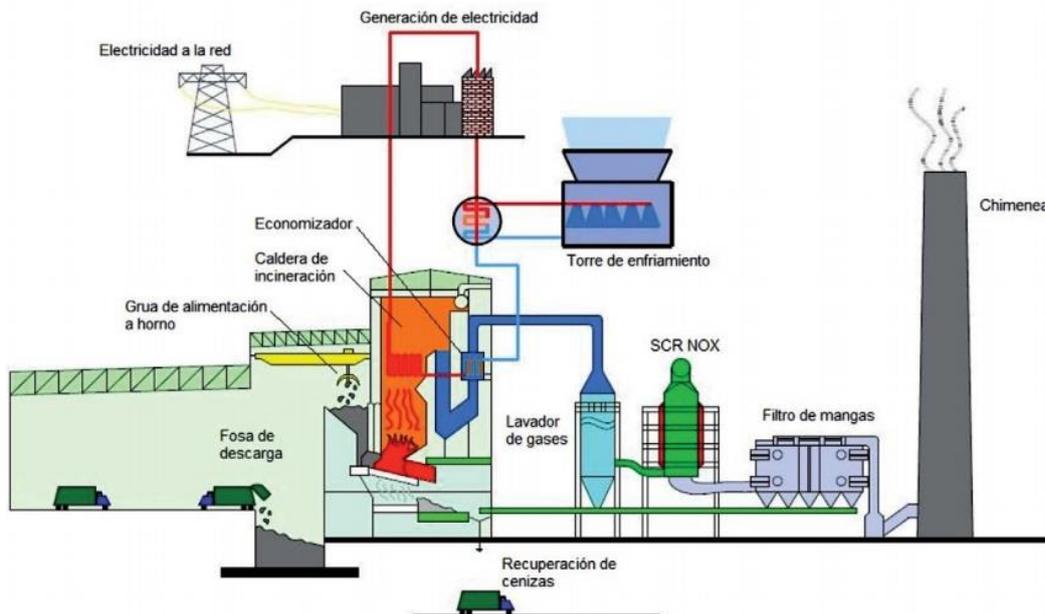
Subproducto	Frontera norte	Norte	Centro	Sur	D.F.
Papel y cartón	16%	15%	16%	14%	20%
Textiles	2%	2%	1%	2%	1%
Plásticos	8%	8%	4%	3%	11%
Vidrios	7%	6%	9%	4%	11%
Metales ferrosos	2%	2%	1%	1%	2%
No ferrosos y aluminio	3%	2%	3%	5%	2%
Orgánicos	43%	42%	46%	44%	40%
Otros	19%	23%	20%	27%	13%

4. Arvizu Fernández José L. (2010). «Composición de la basura en México».





6. Juárez Hernández, Sergio. (2012). «Biomasa apta para la degradación anaerobia y aprovechamiento de los subproductos».



7. Romo Millares, C. A. (2015). «Diagrama de una planta de incineración con recuperación de energía».

Tipo de residuos	Porcentaje
Orgánicos	53
Potencialmente reciclables	28
Otros	19
Total	100

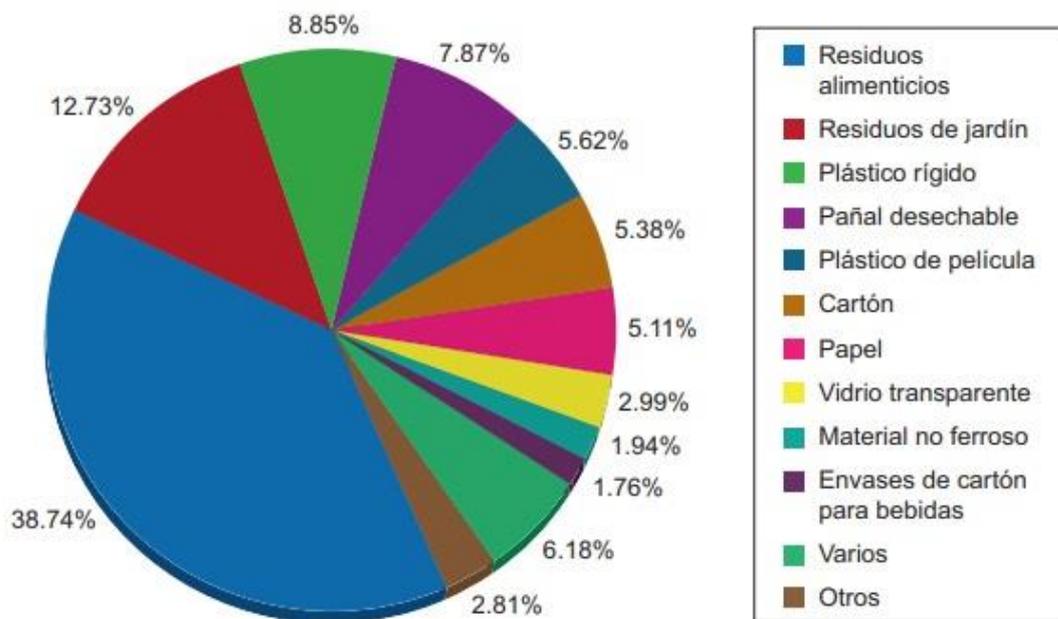
8. Agencia Informativa Conacyt. (2016). «Composición de las fracciones principales del RSU».



9. Garay, Hernán. (2011). «Cinta de clasificación de RSU».



10. Castillo Herrera, W. (2014). «Compactadora de un solo rodillo».



11. CASTILLO-GONZÁLEZ, Eduardo, & DE MEDINA-SALAS, Lorena. (2014). «Residuos Sólidos Domésticos en localidades urbanas pequeñas».



12. Castillo Herrera, W. (2014). «Máquina de reciclaje RVM (Reverse Vending Machine)».



13. Hidalgo Aguilera, Luis; Imbaquingo, Jimmy; Mideros, Daniel. (2017). «Máquina de reciclaje por corte, procesadora de botellas plásticas PET».



14. VICON Heavy Industry. (2020). «Máquina de reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos utilizando energía solar».

PROGRAMA EDUCATIVO	UTCV	CAMPO GRANDE	MALTRATA	MATRÍCULA TOTAL
AGRICULTURA SUSTENTABLE Y PROTEGIDA	92			92
DESARROLLO DE NEGOCIOS ÁREA LOGÍSTICA Y TRANSPORTE	63			63
DESARROLLO DE NEGOCIOS ÁREA MERCADOTECNIA	407	95		502
ENERGÍAS RENOVABLES ÁREA CALIDAD Y AHORRO DE ENERGÍA	67			67
GASTRONOMÍA	390		104	494
MANTENIMIENTO ÁREA INDUSTRIAL	650	113		763
MANTENIMIENTO ÁREA PETRÓLEO	33			33
MECÁNICA ÁREA AUTOMOTRIZ	251		83	334
MECATRÓNICA ÁREA AUTOMATIZACIÓN	191			191
NANOTECNOLOGÍA ÁREA MATERIALES	32			32
PROCESOS ALIMENTARIOS	171			171
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN ÁREA MULTIMEDIA Y COMERCIO ELECTRÓNICO	165		16	181
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN ÁREA REDES Y TELECOMUNICACIONES	26			26
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN ÁREA SISTEMAS INFORMÁTICOS	47		9	56
TURISMO ÁREA HOTELERÍA	324	30		354
<b>TOTAL TSU</b>	<b>2909</b>	<b>238</b>	<b>212</b>	<b>3359</b>
INGENIERÍA EN AGRICULTURA SUSTENTABLE Y PROTEGIDA	30			30
INGENIERÍA EN DESARROLLO E INNOVACIÓN EMPRESARIAL	278			278
INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	14			14
INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	432			432
INGENIERÍA EN PROCESOS BIOALIMENTARIOS	105			105
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	136			136
LICENCIATURA EN GASTRONOMÍA	196			196
LICENCIATURA EN TURISMO	241			241
<b>TOTAL INGENIERÍA</b>	<b>1432</b>			<b>1432</b>
<b>MATRÍCULA TOTAL</b>	<b>4341</b>	<b>238</b>	<b>212</b>	<b>4791</b>

12. Departamento de Servicios Escolares de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. (2017). «*Matrícula inicial por Programa Educativo y por sede en enero-abril 2017*».

## Resultados

Siguiendo el orden de la metodología, los resultados obtenidos, sobre las cantidades generadas de los residuos sólidos urbanos en la universidad, contemplando el prototipo de reciclaje adecuado, se calcula que:

**Tabla:**

Resultados absolutos de la generación de RSU en la UTCV		
Día	Cuatrimestre	Año
5,211.9kg	641,063.7kg	1,907,555.4kg
De los cuales son aprovechados:		
1,407.213kg	173,087.199kg	515,039.958kg

En cuanto a los prototipos de reciclaje, se determinará a continuación, por sus propiedades cualitativas, cuál de ellos puede implementarse en la UTCV, enfocándonos en «*Capacidad de proceso*», «*Materiales admisibles*», «*Precio de adquisición*» y «*Resultado final del proceso*».

Se utilizará código de color: se marcará con color «*verde*» aquellas comparaciones que resulten benéficas y con color «*rojo*» aquellas que sean negativas y se dejará en «*blanco*» aquellas que sean neutrales.

**Tabla:**

Comparación final de prototipos de reciclaje de RSU por cualidades cualitativas				
N° de prototipo	Capacidad de proceso	Materiales admisibles	Precio de adquisición	Resultado final del proceso
1	37.44 kg/día	Todos los tipos de botellas de plástico. (PET).	\$35,000.00 MXN	Convierte PET a láminas, cintas e hilos, resultando en materia prima económica.
2	28.8 kg/día	Papel, latas de aluminio y botellas de plástico (PET) principalmente; además, cuenta con un compartimiento para depositar otros tipos de	\$83,000.00 MXN	Convierte PET, latas y papel a cubos comprimidos, resultando en materia prima económica.

		residuos y almacenarlos hasta su futura recolección.		
3	43.2 kg/día	Botellas de plástico (PET) y latas de aluminio.	\$90,000.00 MXN	- Convierte botellas de plástico y latas de aluminio a cubos comprimidos y pesados, resultando en materia prima económica.  - Originalmente, la idea es premiar al individuo que recicla con \$0.01 USD (\$0.22 MXN) por cada botella introducida.

Basándonos en las comparaciones cualitativas, es posible notar que el prototipo que tiene más cualidades positivas es el número 2, aquel que tiene menos cualidades benéficas es el prototipo número 3 y, finalmente, el prototipo neutral es el número 1.

Por lo tanto, se sugiere el uso del prototipo número 2 debido a sus cualidades, ya que posee un rango mayor en cuanto a tipos de RSU procesables y el resultado final del proceso es el más útil.

Ahora se compararán los prototipos considerando sus cualidades cuantitativas. Nuevamente se utilizará código de color: se marcará con color «verde» aquellas comparaciones que resulten benéficas y con color «rojo» aquellas que sean negativas y se dejará en «blanco» aquellas que sean neutrales.

**Tabla : Según eficiencia:**

Comparación final de prototipos según eficiencia		
Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
%66.6	%65.3	%95.93

Con base en la comparación de prototipos según la eficiencia, puede apreciarse que el prototipo que tiene más cualidades positivas es el número 3, aquel que tiene menos cualidades benéficas es el prototipo número 2 y, finalmente, el prototipo neutral es el número 1.

Se sugiere entonces, considerar al prototipo número 3 como aquel que posee más eficiencia con base en la cantidad de tiempo que será utilizado.

**Tabla: Según eficacia:**

Comparación final de prototipos según eficacia		
Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
1.56 kg/h	1.20 kg/h	1.80 kg/h

Con base en la comparación de prototipos según la eficacia, puede apreciarse que el prototipo que tiene más cualidades positivas es el número 3, aquel que tiene menos cualidades benéficas es el prototipo número 2 y, finalmente, el prototipo neutral es el número 1.

Se sugiere entonces, considerar al prototipo número 3 como aquel que posee más eficacia con base en la cantidad de tiempo que será utilizado.

**Tabla: Según rendimiento:**

Comparación final de prototipos según rendimiento		
Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
1.04 kg/kWh	6.94 kg/kWh	4.98 kg/kWh

Con

base en la comparación de prototipos según el rendimiento, puede apreciarse que el prototipo que tiene más cualidades positivas es el número 1, aquel que tiene menos cualidades benéficas es el prototipo número 2 y, finalmente, el prototipo neutral es el número 3.

Se sugiere entonces, considerar al prototipo número 1 como aquel que tiene mayor rendimiento con base en la cantidad de tiempo que será utilizado.

**Tabla: Según costo de consumo eléctrico:**

Comparación final de prototipos según costo de consumo eléctrico (Anual)		
Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
\$12,886.13	\$0.00	\$3,264.49

Con base en la comparación de prototipos según el costo de consumo eléctrico, puede apreciarse que el prototipo que tiene más cualidades positivas es el número 2, aquel que tiene menos cualidades benéficas es el prototipo número 1 y, finalmente, el prototipo neutral es el número 3.

Se sugiere entonces, considerar al prototipo número 2 como aquel que genera menos costos de

consumo eléctrico con base en la cantidad de tiempo que será utilizado.

Finalmente, los prototipos que son proclives a su aplicación en la UTCV son el prototipo número 2: «*Compactador SE (Solar Energy)*» y el prototipo número 3: «*Recycling Vending Machine (RVM)*». La aplicación prototipo número 1: «*Recicladora Autom*» se debe descartar, aun teniendo en cuenta los beneficios que pueda aportar.

## **Conclusión y Trabajos Futuros**

Partiendo desde la metodología de la presente tesina, teniendo en cuenta que se constituye por una naturaleza meramente investigativa, se hacen presentes características las cuales quedan abiertas a una indagación más profunda, por este motivo, es menester ahondar en cada uno de los temas para obtener mayor exactitud de cada uno ellos. Enfocándonos en el desarrollo de las ya mencionadas metodologías, queda a merced de estudio y análisis temas alternos, las cuales se identifican como líneas de investigación las cuales han surgido a través de la formación de la presente tesina; también existe información que, si bien no posee una relación directa con el tema manejado, sí contienen datos importantes que deben ser investigados para el progreso del tópico. A continuación, se hace un listado de trabajos que, por no estar relacionados al tema de manera directa, se han descartado, sin embargo, deben ser efectuados en el futuro para poder ofrecer una visión más amplia y mejorada de los resultados.

1. Crear una serie de pasos con la correcta metodología para la identificación, recolección, reciclaje y disposición de Residuos Sólidos Urbanos.
2. Investigar acerca de planos, herramientas y materiales que faciliten la fabricación de prototipos sencillos de reciclaje de RSU.
3. Proponer un prototipo de reciclaje que procese distintos tipos de residuos, haciendo hincapié en los residuos orgánicos.
4. Extraer muestras de población y su respectiva producción de RSU de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz de manera presencial para obtener una mayor precisión de estadísticas.
5. Desarrollar un sistema automatizado capaz de identificar y separar los residuos útiles, clasificándolos por tipos de residuo.

En retrospectiva, se presume que se investigaron distintos prototipos de reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos, todos ellos cuentan con características únicas pensadas en las necesidades de su entorno; si bien esto resulta favorable, también puede considerarse como un tipo de limitación, ya que, al no procesar distintos tipos de residuos, se estancan en un solo tipo de aplicación.

La recomendación a continuación pretende sugerir la creación de un prototipo que sea capaz de procesar múltiples tipos de residuo, con esto, se ampliará la gama de aplicación del dispositivo de reciclaje, favoreciendo al medio ambiente y al desarrollo tecnológico de la institución que lo implemente.

Se deben entonces continuar las investigaciones sobre prototipos para el reciclado de Residuos Sólidos Urbanos, de esta manera, se obtendrán más ideas y métodos de creación y desarrollo de prototipos que ayudarán a la invención de un prototipo aplicable a diversos entornos.

Añadiendo, se debe estimular a los estudiantes de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz a que realicen más proyectos e investigaciones relacionadas a la ecología y cuidado del medio ambiente, para que no solamente exista un enfoque hacia máquinas que reciclen los RSU, sino que se desarrollen proyectos que directamente disminuyan la cantidad de estos.

Como última recomendación, se debe aumentar la cantidad de recursos que faciliten la correcta identificación, reutilización y/o disposición de los Residuos Sólidos Urbanos en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, tales como contenedores que separen los tipos de residuo o trituradoras de papel y aluminio, de esta manera no sólo se organizarán los residuos, también se obtendrá materia prima útil.

## Referencias

[1] Becker, Yona ; Lemieux, Daniel M. (1995). «*Automatic waste recycling machine and disposal system*». United States Patent. Disponible en :

<https://patents.google.com/patent/US5447017A/en>

[2] Kogyo, K. (1999). «*Estudio sobre el manejo de residuos sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos. Informe final, volumen I*». Agencia de Cooperación Internacional de Japón, (JICA) y Gobierno del Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos.

[3] GTZ, SEMARNAT. (2006). «*Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*». México.

[4] GIRESOL, (2007). «*Red nacional de promotores ambientales para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos*». SEMARNAT-INE-AMMA-GTZ. México.

[5] Arvizu Fernández José L. (2010). «*La basura como recurso energético. Situación actual y prospectiva en México*». Ingeniería Civil. Ed. 496.

[6] V.H.; Rodríguez, A.; Vasconcelos, M; Cantú, M.E. (2010). «*Situación de la separación de residuos sólidos urbanos en Santiago, Nuevo León, México*». Nuevo León, México. UANL. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/2277>

[7] Garay, Hernán. (2011). «*Instalación de una planta de separación y clasificación de RSU en una estación de transferencia*». Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Disponible en:

<http://52.67.178.216/bitstream/handle/123456789/1057/Tesis%20RSU%20-%20Hern%c3%a1n%20Garay.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[8] Juárez Hernández, Sergio. (2012). «*Planeación, diseño e instalación de un prototipo para la conversión de desechos orgánicos a energía térmica*». (Tesis de Maestría).

Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/303591>

[9] RUÍZ MORALES, Mariana. (2012). «*Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México*». Revista internacional de contaminación ambiental, 28 (1), 93-97.

Recuperado en 05 de agosto de 2020, de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100008&lng=es&tlng=es).

[10] CASTILLO-GONZÁLEZ, Eduardo, & DE MEDINA-SALAS, Lorena. (2014). «*Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México*». Revista internacional de contaminación ambiental, 30(1), 81-90. Recuperado en 20 de mayo de 2020. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100007&lng=es&tlng=es).

[11] Castillo Herrera, W. (2014). «*Diseño y construcción de un modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de Mecánica – ESPOCH*». Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3708/1/15T00576.pdf>

[12] García Villalba, Luz Angélica; Ponce Corral, Carlos; Martínez López Edith Janette, León Ordaz, Javier. (2014). «*Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET*». UACJ. Ciudad Juárez, México. Disponible en:

<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/866>

[13] Torrecillas Romero, A. (2015). «*Propuesta de instalación de una planta de reciclaje de residuos de construcción y demolición en la ciudad autónoma de Buenos Aires*». Buenos Aires, Argentina. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en:

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26252/TorrecillasRomero\\_Ariadna.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26252/TorrecillasRomero_Ariadna.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[14] Gobierno de México. (2015). «*Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial en el Estado de Veracruz*». Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187445/Veracruz.pdf>

[15] Romo Millares, C. A. (2015). «*Aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos*». Ciudad de México, México. Tendencia Tecnológica.

Disponible en: <https://www.ineel.mx//boletin022015/tenden02.pdf>

[16] Ballén Forero, Juan Manuel; Velosa Prieto, Ángela Patricia. (2015). «*Diseño de una caneca de reciclaje con identificación y almacenamiento automático de materiales reciclables*». Bogotá, Colombia. Universidad de San Buenaventura. Disponible en:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50043139/Diseno\\_de\\_una\\_caneca\\_de\\_reciclaje\\_con\\_identificacion\\_y\\_almacenamiento\\_automatgico\\_de\\_materiales\\_reciclables.pdf?1478050717=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiseno\\_de\\_una\\_caneca\\_de\\_reciclaje\\_con\\_id.pdf&Expires](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50043139/Diseno_de_una_caneca_de_reciclaje_con_identificacion_y_almacenamiento_automatgico_de_materiales_reciclables.pdf?1478050717=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiseno_de_una_caneca_de_reciclaje_con_id.pdf&Expires)

[s=1591923213&Signature=F~h9qdDPEGSKFI1sRSvzhA0wZCja-4JoDGluyLkgr-a~8Ae~ZFF5k7DQ82KJSnm4tPE6HhpHbeMeqA~Ux531AFGS-ePpF-svaFGbxI0fL3TUZ6aHhliTYHASu-HVBX6lx6rsxZ70Jz9t2V928ysllNJHbRNA9IxQvM3YtvaPJg-LFPEdT29QOcAJVA3Mk5uXUG6RkPpMCb0pWQr0udug484-qUirBqjvrTAz1~dTHmouDeK mzUr w7IubHs7rBAZjLtapT5P0kIu92d4~-BXyru3XOPnv1YXi4Q2FkSNL1TOh~H0tqJc0in6hBqX2F~wKkmEeeZBKxSgezREUjhd0A\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.researchgate.net/publication/326657989)

[17] Ojeda Benítez, Sara; Taboada González, Paul Adolfo; Aguilar Virgen Quetzalli, Cruz Sotelo, Samantha Eugenia; Nakasima López, Midori; Aníbal Quispe Limaylla. (2016). «*Encuentro de expertos en residuos sólidos: Los residuos como fuente de materiales y energía - Tecnologías alternativas para el manejo apropiado de residuos sólidos orgánicos de pequeña y mediana capacidad*». Texcoco, Estado de México, México. pp. 399-408 Ed. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Rojas-Valencia/publication/326657989](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Rojas-Valencia/publication/326657989) [Seleccion de un sitio para la instalacion de un centro de procesamiento de residuos solidos urbanos en Hidalgo/links/5b5b707e0f7e9bc79a6a675d/Seleccion-de-un-sitio-para-la-instalacion-de-un-centro-de-procesamiento-de-residuos-solidos-urbanos-en-Hidalgo.pdf#page=399](https://www.researchgate.net/publication/326657989)

[18] Agencia Informativa Conacyt. Bonilla, Armando. (2016). «*Desarrollan nuevo sistema para manejo de residuos sólidos*». Ciencia MX Noticias. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/11226-desarrollan-nuevo-sistema-para-manejo-de-residuos-solidos>

[19] Hidalgo Aguilera, Luis; Imbaquingo, Jimmy; Mideros, Daniel. (2017). «*Diseño e implementación de una máquina recicladora de botellas plásticas por corte, controlada automáticamente*». Tabacundo, Ecuador. Enfoque UTE. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/321893378> [Diseno e implementacion de una maquina recicladora de botellas plasticas por corte controlada automaticamente](https://www.researchgate.net/publication/321893378)

[20] Orizaba, SEGOB. (2017). «*Nuevo Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos*». Orizaba, México.

Disponible en: <http://www.orizaba.gob.mx/Dependencias/Limpia-pública>

[21] Pérez Gamero, Roberto Arquímedes. (2018). «*Diseño de recolector compactador hidráulico de residuos sólidos con energía solar para el campus universitario*». Arequipa, Perú. Facultad de ingeniería de producción y servicios. Escuela profesional de ingeniería mecánica. Disponible

en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8488>

[22] Trevisan, Stefano; Rodríguez, Alejandro Daniel. (2018). «*Gestión de residuos sólidos domésticos en un módulo habitacional sustentable orientado al desarrollo de una propuesta de diseño (prototipo) que posibilite la separación selectiva, la recuperación, el reciclado y/o la reducción de los mismos*». Santa Fe, Argentina. SEDICI. CRETA. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71337>

[23] VICON. (2020). «*Contenedor compactador de basura de energía solar*». VICON Heavy Industry. China. Disponible en: <http://snow-trucks.com/2-1-3-3-solar-powered-waste-recycling-bin.html>