


**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**


Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	JOHAN LISANDRO	
Apellido (s):	RINCON GRASS	
Código:	20141375005	
E-mail:	johanlrincon@hotmail.com	
Teléfono fijo:	4599709	
Celular:	3223876847	

Ejecutor 2

Nombre (s):	JOHN ALEXANDER	
Apellido (s):	SÁNCHEZ CABEZAS	
Código:	20151375035	
E-mail:	soydel_leon6@hotmail.com	
Teléfono fijo:	NA	
Celular:	3105762930	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	Diseño de un sistema triturador para la recuperación del polietileno de tereftalato (pet).	
Duración (estimada):	Seis meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	
	Otro	x
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto innovación y servicio	
Línea de Investigación de la Facultad:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:		

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. CARLOS ARTURO BOHORQUEZ AVILA
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Ing.

DISEÑO DE UN SISTEMA TRITURADOR PARA LA RECUPERACION
DEL POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET).

JOHAN LISANDRO RINCÓN GRASS
JHON ALEXANDER SÁNCHEZ CABEZAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2015

DISEÑO DE UN SISTEMA TRITURADOR PARA LA RECUPERACION
DEL POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET).

JOHAN LISANDRO RINCÓN GRASS
JHON ALEXANDER SÁNCHEZ CABEZAS

Propuesta de proyecto para optar al título de Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2015

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS	¡Error! Marcador no definido.
1 INTRODUCCIÓN	3
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3 Planeación del problema	4
3.1 Problemática mundial	4
3.2 El contexto nacional-regional	5
3.3 contexto-Local	5
3.4 ESTADO DEL ARTE	6
3.4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	6
3.4.2 ¿Qué es el PET?	7
3.4.3 PROYECTOS TRITURADORAS	9
3.4.4 CONTAMINACION	11
3.5 JUSTIFICACIÓN	16
4 OBJETIVOS	18
4.1 OBJETIVO GENERAL	18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5 MARCO TEÓRICO	19
5.1 Reciclado mecánico	19
5.1.1 Etapas del reciclado mecánico	19
5.2 Los molinos en el reciclaje de plásticos	23
5.2.1 Triturador	24
5.2.2 Guillotina	25
5.2.3 Molino de cuchillas	25
5.2.4 Molino demartillos	26
5.2.5 Molino de discos dentados (pulverizadores)	26

5.3 Partes de un molino	27
6 METODOLOGÍA	28
6.1 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	28
6.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LA EMPRESA INGEA	28
6.3 ELECCIÓN DEL DISEÑO	29
6.4 DISEÑO DE LA MÁQUINA	29
6.5 ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA	29
7 CRONOGRAMA	24
8 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	26
8.1 PRESUPUESTO	26
8.2 FUENTES DE FINANCIACIÓN	27
9 BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. caracterización de RMS en algunas regiones	9
Tabla 2. Materiales para el montaje del sistema	26
Tabla 3. Recursos administrativos	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Composición de RSU de Tepic	10
Figura 2. códigos de identificación	12
Figura 3. diagrama del proceso de reciclaje de pet	19
Figura 4. Esquema y forma de un molino convencional para PET	21
Figura 5. Tambores con paletas para flotación de poli olefinas	22
Figura 6. Triturador	24
Figura 7. guillotina	25
Figura 8. Molino de cuchillas	25
Figura 9. Molino de martillos	26
Figura 10. Molino de discos dentados	26
Figura 11. Partes de un molino de pet	27

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años el planeta ha estado en constante deterioro como consecuencia de las actividades antrópicas que se realizan de manera inadecuada en el mismo, por ende los países buscan estrategias ambientales, sociales y económicas para reducir la contaminación y así lograr que el impacto ambiental negativo generado por los seres humanos sea mitigado, consiguiendo la protección y el uso eficiente de los recursos inagotables, renovables y no renovables que brinda la naturaleza, manteniendo la existencia de los organismos que la conforman, algunos de estos recursos son: El recurso hídrico, atmosférico, fauna, flora, gas, petróleo entre otros.

Debido a ese deterioro y al consumo excesivo de los recursos naturales, se busca la creación de empresas que contribuyan cada día más con el cuidado del ambiente, como INGEA la cual realiza la recolección y venta de los residuos de Botellas PET que se generan en los colegios, tiendas, empresas y supermercados, sin embargo esta compañía requiere de maquinaria para alcanzar su industrialización y realizar la transformación de dicho material, por consiguiente en el presente proyecto se diseñara un Molino de Botellas PET, el cual es el primer paso para que la empresa logre sus objetivos, pudiendo favorecer a las futuras generaciones con un planeta más limpio.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PLANEACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño de la máquina trituradora de botellas nace de la necesidad que vivimos hoy con manejo de residuos los cuales no se tratan de la mejor manera sino de la manera más facilista actualmente reciclan solo el 3 % mientras el otro 97% terminan en rellenos.

La empresa ingea la cual se crea a partir del manejo de residuos sólidos requiere para su equipo de trabajo una trituradora para facilitar el proceso de reciclaje, cuenta con una inversión baja, de aquí llega la idea de diseñar una maquina con bajo presupuesto de alta eficiencia la cual nos permita la motivación, ganancia y mejor calidad de vida para todos.

2.2 PROBLEMÁTICA MUNDIAL

Basado en el protocolo Kioto el cual es un acuerdo internacional autónomo pero vinculado a un tratado existente-. Ello significa que el protocolo sobre el clima comparte las preocupaciones y los principios establecidos en la Convención sobre el Cambio Climático¹. Se encuentra la problemática de cambio climático en este proyecto buscamos hacer un mejor manejo de las basuras específicamente botellas de pet o plásticas debido a que:

- Una botella tarda de 100 a 700 años en descomponerse.
- el 90% del coste del agua embotellada es por la botella.
- el 80% de las botellas no se reciclan -millones van cada año a la basura.
- Hacen falta 100 millones de litros de petróleo para fabricar mil millones de botellas.
- Embotellar y manipular agua es el método menos eficiente para conseguir agua.

¹(Colombia, 2012)

2.3 EL CONTEXTO NACIONAL-REGIONAL

Anualmente 12.7 millones de toneladas de plásticos termina en los océanos según datos entregados por la fundación mar vida.

Esta cifra equivalen al 90%de los desechos que flotan en el océano y afectan más de 170n especies marinas, que son reportadas por la ingesta de polímeros lo que representa además un riesgo para la salud humana como transferencia de compuestos tóxicos a atrás vez de la cadena alimenticia.

“Se estima que más o menos el 80% de la contaminación marina provienen de tierra firme es decir es producido por comunidades que viven mar adentro atravesó de investigaciones varias investigaciones científicas se ha estimado 270 tonelada de botellas de plásticos flotan hoy en el mar. Colombia registra un consumo de 84 mil toneladas anuales de botellas plásticas las cuales apenas el 24 % se reciclan”.

Explico Héctor Tavera coordinador de ordenamiento de manglares de la fundación marviva.²

2.4 CONTEXTO-LOCAL

Nos preocupa que actualmente en Bogotá se recojan cerca de 6000 toneladas diarias de basuras en el Relleno Sanitario de Doña Juana¹, de las cuales el 20% son productos plásticos como botellas de agua, bolsas, recipientes de aceites, envases de productos de aseo, envases de gaseosas entre otros. Uno de los componentes principales de estos desechos es el Tereftalato de polietileno (PET), el cual es de difícil biodegradación y de un alto compromiso en la contaminación ambiental de la ciudad.

²(tavaera, 2015)

De toda esta basura, cerca de 1800 toneladas son materiales reciclables de los cuales los Bogotanos solo reciclan el 3%², es decir, una mínima cantidad está siendo reciclada, por eso se hace necesario establecer medidas tendientes a optimizar la recolección, separación u otros instrumentos que busquen los fines del reciclaje.

De 6 mil toneladas de basuras que diariamente llegan al relleno sanitario Doña Juana, cerca de mil 800 son materiales reciclables. De esta cantidad, hoy en día los bogotanos apenas recuperan el 3 por ciento, separando cartón, papel, vidrios, plásticos y metales de los desechos orgánicos.³

En la actualidad la mentalidad de las personas es causante del problema de contaminación los malos hábitos, falta de conciencia, educación y sentido de pertenencia. Las estadísticas del gobierno indican que solo el 3% es reciclado mientras el 97% es incinerado o termina en el relleno sanitario.

2.5 ESTADO DEL ARTE

2.5.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Desde la aparición de las primeras civilizaciones, los residuos de la actividad humana o basura, han sido un problema que ha ido incrementándose, lo cual a lo largo de la historia, ha presentado inconvenientes como enfermedades, contaminación y empeoramiento de las condiciones de vida de algunas comunidades, no solo humanas sino también de otras especies. Debido a esto el hombre ha intentado idear diversas soluciones para aminorar, y en algunos casos eliminar la producción de desperdicios; Gracias a la conciencia ambiental que ha ido aumentando en las nuevas generaciones de profesionales, se han mejorado los procesos de desarrollo de diferentes trabajos, haciendo que los mismos sean más eficientes reduciendo la emisión de agentes nocivos para el medio ambiente y la salud pública. Una de las mejores soluciones que se han planteado para mermar el impacto ambiental, ha sido el reciclaje proceso por el cual se recolecta los materiales de uso común y se transforman para el mismo u otro uso, evitando incurrir a usar más materia prima. Aunque las obras de ingeniería presentan grandes beneficios para la sociedad, sí no se realizan controles o estudios previos

³(Hernandez, 2011)

con respecto a la posible degradación del medio ambiente, se podría llegar a generar más dificultades en vez de ganancias; Es por esto que actualmente se ha intentado incluir nuevos componentes y técnicas más amigables con la naturaleza, o en su defecto reutilizar los convencionales tratando de menguar los efectos dañinos en su utilización. Uno de los objetos de uso ordinario son los envases PET (polietileno tereftalato), los cuales exponen, un creciente peligro para el medio ambiente, aunque tienen como ventaja ser reciclables. Este atributo ha permitido su implementación para la construcción de cerramientos, ya que si es relleno con un material adecuado, tiene características similares a las de un bloque o ladrillo, adicionando como posible ventaja un costo inferior de fabricación en comparación a los últimos. 16 Finalmente es importante mencionar la utilidad del uso de productos reciclables en la edificación, ya que estos pueden proporcionar una disminución de los costos de obra, y así incentivar la fabricación de viviendas u otros inmuebles para comunidades de bajos recursos, mejorando su calidad de vida.⁴

2.5.2 ¿QUÉ ES EL PET?

PET (polietilentereftalato), fue patentado como un polímero para fibra en 1941, comenzando su producción comercial en 1955. En 1976 se inicia su utilización para fabricar envases.

Se obtiene mediante el proceso de esterificación del ácido Tereftálico y el monoetilenglicol en el que se obtiene un monómero que sometido a una poli condensación posterior en condiciones de alto vacío deriva en el polímero PET.

Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y es termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de: extrusión, inyección, inyección-soplado y termo formado. Esta característica le confiere también su plena reciclabilidad en igualdad con otros materiales tradicionales: metales y vidrio.

⁴(NARANJO, 2014)

Presenta como características más relevantes:

- ✦ Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- ✦ Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes.
- ✦ Alta resistencia al choque.
- ✦ Alta resistencia al desgaste.
- ✦ Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- ✦ Buena resistencia química.
- ✦ Buenas propiedades térmicas.
- ✦ Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- ✦ Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- ✦ Totalmente reciclable
- ✦ Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material ha alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, especialmente: botellas, tarros, bandejas, flejes y láminas.

Tabla 1. Caracterización de RMS en algunas regiones

TIPO DE RESIDUO	MATERIA ORGANICA	PAPEL	CARTON	PLASTICO	VIDRIO	METALES	TEXTILES	ESCOMBROS	HUESOS	OTROS	
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO	12,90%	19,30%		10,50%	2,40%	10,50%		17,10%		27,20%	
REGIÓN METROPOLITANA SANTIAGO DE CHILE	VERANO	49,19%	15,20%		10,41%	4,39%	2,01%	2,07%	2,11%	0,56%	14,06%
	INVIERNO	49,20%	11,82%		9,74%	3,50%	1,59%	1,87%	6,30%	0,63%	15,36%
	ALTO	53,80%	17,50%		11,70%	0,00%	0,20%	6,80%	0,00%	0,00%	10,10%
	MEDIO ALTO	44,90%	17,00%		12,30%	0,10%	2,30%	8,20%	0,40%	0,20%	14,60%
	MEDIO	63,60%	11,70%		11,70%	4,10%	3,90%	4,40%	0,10%	0,30%	0,30%
	MEDIO BAJO	51,80%	10,10%		12,60%	2,90%	3,70%	3,90%	9,20%	0,80%	5,10%
CHILE	ALTO	48,80%	20,40%		12,10%	2,50%	2,40%	2,30%	4,90%	0,50%	6,10%
	MEDIO ALTO	41,80%	22,00%		11,50%	1,70%	2,50%	5,50%	5,80%	0,40%	8,70%
	MEDIO BAJO	54,70%	17,00%		8,60%	1,30%	2,10%	3,50%	6,10%	0,60%	6,10%
	BAJO	56,40%	12,90%		8,10%	1,00%	1,80%	6,00%	7,60%	0,40%	5,80%
DISTRITO CAJAMARCA PERU	BAJO	62,61%	4,91%	1,41%	6,79%	1,32%	1,49%	1,71%			1,71%
	MEDIO	55,23%	3,41%	2,96%	9,33%	1,46%	1,68%	1,87%			1,87%
	ALTO	52,68%	3,65%	2,20%	11,08%	2,24%	2,56%	1,70%			1,70%
DISTRITO DE SANTA ANITA - PERU	BAJO	71,80%	2,65%	1,40%	7,54%	1,64%	2,26%	0,94%			0,94%
	MEDIO BAJO	76,71%	2,71%	1,19%	7,11%	0,65%	2,19%	0,97%			8,41%
	MEDIO	72,34%	2,48%	2,86%	8,79%	0,64%	2,75%	0,38%			9,71%
	MEDIO ALTO	65,41%	11,69%	1,33%	7,77%	0,30%	2,80%	1,08%			9,62%
ZONA LITORAL BAHIA DE LA HABANA	75,00%	7,00%		2,00%	4,00%	5,00%	1,00%			6,00%	
PROVINCIA MOYAMBA PERU	65,84%	1,14%	1,90%	6,29%	5,22%	1,82%	1,88%		0,00%	15,91%	
ESPAÑA	42,50%	22,50%		11,50%	7,00%	3,70%	5,00%			0,95%	
EE.UU.	25,00%	40,00%		8,00%	7,00%	9,00%	0,00%			11,00%	

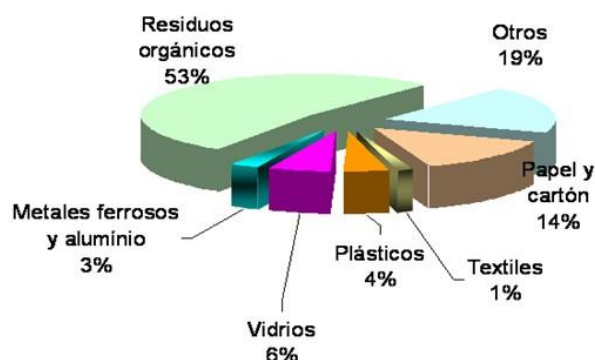
2.5.3 PROYECTOS TRITURADORAS

Actualmente se consume gran cantidad de materiales plásticos para beneficio del ser humano. Esta elevada producción lleva consigo el cómo reutilizar o reciclar los productos desechados. Un ejemplo muy singular es el consumo de bebidas; la mayoría de las personas consume una cantidad considerable de bebidas contenidas en envases de plástico comúnmente en plástico Polietileno de Tereftalato (PET) y que después de haber cumplido con su objetivo estos envases son desechados. La problemática con el plástico PET es que su producción es muy elevada y que el reciclaje o reutilización del mismo, a nivel nacional, se podría considerar demasiado bajo, es por ello que se ha decidido trabajar en ésta área proponiendo el diseño de una trituradora (actualmente en vías de construcción) que tendrá la capacidad de triturar entre 2000-4000 kg de PET dependiendo de las horas de trabajo. Para la Universidad es una opción a la fomentación de una cultura hacia el reciclaje dirigida a los compañeros universitarios con la creación de equipos innovadores y eficientes que lleve consigo la mejora del medio ambiente. Los beneficios de éste equipo son el de reducir la cantidad de residuo

que se acumula en los rellenos sanitarios de nuestra ciudad, reduciendo así los volúmenes del mismo, ya que los materiales plásticos no tienen un peso elevado pero si ocupan un volumen considerable; otro beneficio muy importante es la generación de empleos.

2. Reciclaje mecánico El reciclado representa una de las mejores historias de éxito ambiental del siglo XX. Algunos beneficios del reciclado son la conservación de recursos, la reducción de contaminantes, ahorros de energía, creación de trabajos y menor necesidad de rellenos sanitarios e incineradores. En este proceso se recogen los plásticos de los procesos de fabricación de la industria (petroquímica o transformadora). El procesamiento de materiales plásticos utilizados consiste en trocear el material para introducirlo posteriormente en una máquina extrusora-graneadora. El material obtenido se moldea mediante los métodos tradicionales. Solamente puede aplicarse a los termoplásticos, que son aquellos que se funden por acción de la temperatura. Este tipo de reciclado presenta dos problemas fundamentalmente; el primero es que el plástico ya utilizado pierde parte de sus propiedades, lo que obliga a emplearlos en la fabricación de otro tipo de productos con menos exigencias; el segundo, es la dificultad para separar los distintos tipos de plásticos. El proceso de reciclado se puede realizar varias veces, pero se debe tener en cuenta que cada vez que se lleva a cabo, el material tiende a perder entre los 5 y 10% de sus propiedades mecánicas, que con el agregado de ciertos aditivos se pueden restituir]. Mediante el reciclado mecánico se pueden fabricar otros materiales, como por ejemplo aglomerados, aunque este proceso genera a su vez algunos residuos. Por otra parte, estos aglomerados son útiles para aislamiento o para revestimiento de baja calidad.

Figura 1. Composición de RSU de Tepic



Fuente: <http://slideplayer.es>

Se puede concluir que el diseño propuesto desde el inicio de este trabajo fue satisfactoriamente bien realizado ya que cumple con los objetivos planteados, la trituradora es capaz de moler los montos anteriormente establecidos (250-500 kg/h) debido al diseño de sus componentes principales como los porta cuchillas, cuchillas y el eje. Debido a los costos de equipos de trituración a la venta (para una capacidad similar a la del equipo desarrollado se encuentran alrededor de 125,000-160,000 m/n), la construcción del equipo es muy factible, ya que requiere de una inversión muy baja de aproximadamente \$115, 000 m/n y la recuperación de la inversión se realizará en aproximadamente 1 año ya que con este equipo se molerá gran cantidad de plástico diariamente. También se concluye que este equipo es muy eficiente ambientalmente, porque el proceso que se lleva a cabo reduce los volúmenes utilizados por estos materiales en los vertederos. El equipo se ve bien justificado porque el consumo del plástico PET es muy elevado y es necesario realizar actividades de reciclaje y reutilización de estos materiales, es justificado también porque el material resultante de la molienda en el equipo se puede utilizar para un siguiente proceso y así convertir el plástico en nuevos productos de uso común⁵

2.5.4 CONTAMINACION

La idea surge teniendo en cuenta que el 30% de la basura son envases plásticos, entre ellos el Pet es el más popular, con este proyecto de la trituradora pretendemos aprovechar el PET presente en la basura y obtener hojuelas para poder reutilizarlo ya sea en la elaboración de nuevos envases o en la fabricación de asfalto obteniendo con ello un beneficio económico y un apoyo al medio ambiente.

El problema ambiental que dio origen a esta innovación es del calentamiento global muy sonado en nuestros días en el mundo, ya que es ocasionado por diversos factores tales como la basura que se desecha en grandes cantidades, donde en esta van incluidas las botellas de plástico PET que tardan un periodo considerablemente largo para su proceso de degradación. La necesidad de reciclar hoy en día tiene un gran auge debido a la contaminación que existe en el ambiente y al ahorro de recursos naturales no renovables como el petróleo.⁶

⁵(José Emmanuel Medina García, 2011)

⁶(Vazquez, 2013)

Figura 2. Códigos de identificación



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co>

Recomendaciones para el sistema de reciclaje en México:

- La consideración de una adición al sistema de acopio de residuos debe contemplar la generación de los materiales, los puntos de transferencia del sistema, la infraestructura existente, la facilidad comercial y la facilidad de accesos al mercado para su producto, así mismo debe contemplar las inferencias en el sistema para evitar posibles problemas como traslapes del campo de acción o localizarlo en un punto inaccesible para algunos centros urbanos.
- Con el fin de mejorar la eficiencia del sistema los recorridos de barrido y recolección para los RSU deben ser separados y asignados a un horario, preferentemente nocturno para evitar el congestionamiento en las vías de tránsito. Este barrido manual de la acera debe ser realizado en sentido de la circulación de los vehículos y el de la cuneta debe ser barrido en sentido contrario con el fin de recoger los montículos que se hayan dejado, procurando no tapar las bocas de los drenajes.
- Otro factor que se propone es que en las zonas con menor densidad de población o con bajas tasas de residuos, se utilicen camiones con dos compartimentos para recoger al mismo tiempo los orgánicos y los inorgánicos, en lugares con densidades mayores se propone una recolección selectiva de residuos, de coleccionar materiales reciclables, elementos contaminados y otros un día y residuos orgánicos al siguiente.
- Se propone también que estos vehículos cuenten con talleres de mantenimiento preventivo, con el fin de alargar la vida útil, y evitar gastos innecesarios en reparaciones, también se debe cuidar que las rutas de recolección sean diseñadas

cuidadosamente, ya que por lo general en muchos municipios se considera que no existen o son insuficientes (principalmente en zonas de reciente creación), lo que origina que los desperdicios se tiren en barrancas u otros lugares, permitiendo una contaminación mayor del medio ambiente y limitando su potencial de recuperación.

- La asignación de recursos aun es ambigua en el campo de los residuos sólidos, tradicionalmente este ha sido financiado por subsidios municipales, sin embargo bajo los estándares internacionales se han buscado nuevas formas de abarcar este costo, la opción más fiable es la acepción de un impuesto a los productos que generen más basura (productos con menos capacidad para reciclar los empaques, con infraestructura localizada en el país), y la posibilidad de legislar un pago por parte de los mayores generadores para acciones de reciclaje de parte del gobierno (un pago similar a los usados en Europa bajo el rubro de sistemas integrales de residuos manejados por el municipio como por ejemplo el llamado Punto Verde [Der Grüne Punkt]), de hecho como lo hace ECOCE es un primer paso hacia un sistema de este tipo, sin embargo aún debe extenderse a todas las embotelladoras existentes, por lo que se recomienda hacerlo un proyecto de ley para que las compañías cumplan con estas obligaciones o propongan nuevos sistemas para el acopio de sus materiales de envase.

- Después del análisis de las opciones de las opciones de recolección bajo los estándares de los requerimientos de la industria y algunos aspectos que influyen en ellos, se ha determinado que Papeles sanitarios usados, pañales desechables, toallas sanitarias y envolturas de alimentos. la mejor opción de recuperación es una recuperación selectiva de los residuos, aunque para llegar a hacerlo es necesario invertir en infraestructura, ya que la disponible hasta el momento es insuficiente, si bien otra opción es subcontratar el servicio con compañías externas al gobierno, permitiéndoles gestionar los residuos por su parte como una manera de que generen ingresos adicionales y pagando la tonelada de residuos seleccionados a precios referenciales de manera que sea rentable para las compañías recolectoras.

- La segunda opción de recuperación por muy poco margen en la evaluación fue el sistema de depósito que funciona todavía en parte en nuestro país, este rubro funciona todavía mejor en el campo de los envases retornables por lo cual, se considera que es preferible seguir usando esta infraestructura, hasta cierto punto, de acuerdo con la investigación existen todavía algunos países europeos, principalmente; en los cuales los planes de generación solo permiten un margen de envase desechables y otro de envases retornables, con respecto a la

generación de envases desechables, esta generación está limitada, a la capacidad de reciclaje de las fábricas y otra parte menor a la recuperación térmica de los residuos (como los plásticos provienen de hidrocarburos la quema de estos materiales es una fuente de calor muy apreciada en muchos países como Japón y Alemania).

- La recuperación hasta el momento se ha enfocado a la generación de residuos de forma residencial, sin embargo esta generación se debe recordar que no solo es en forma residencial, se deben hacer campañas para que los eventos de espectáculos o deportivos, así como en las áreas comerciales o industriales también haya conciencia social, en ciertos centros comerciales de la ciudad de México, se ha comenzado a separar la basura de acuerdo a la legislación en orgánicos e inorgánicos, pero no en todos, así mismo en algunas universidades como la UNAM, el manejo de residuos es manejado de forma apropiada, no hay que descuidar otros puntos de generación como parques, gimnasios o mercados, al respecto puede mencionarse un ejemplo en Aguascalientes el gimnasio “Gold Gima” ha empezado campañas de reciclaje con miras a obtener recursos para ayudar a la fundación “Abuelo” con sede en ese estado.

- Programas similares se pueden extender en los centros de generación, promovidas por los propios centros, para asegurar una recolección más eficiente de preferencia solo con la venta de residuos y no recibiendo fincas (pago extraordinario). Sin embargo es importante destacar que no todos los plásticos pueden servir para esta función, ya que algunos plásticos pueden generar gases cancerígenos, como por ejemplo el PVC.

- Con respecto al almacenamiento de grandes generadores de basura, especialmente los comerciales (como mercados o centros comerciales), en la mayoría de los casos no cuentan con espacios adecuados para cumplir esta tarea, ya que sus contenedores para residuos, no son resistentes ni tienen tapa lo que representa un riesgo de contaminación elevado y de contaminación al ambiente; tampoco estos contenedores son idóneos para su manejo en recolección; así mismo no se cuenta con espacio para las maniobras de recolección en muchos puntos; por ejemplo en algunos casos los espacios están en calles profundas donde no se cuenta con espacio para los camiones, lo cual dificulta la maniobra y aumenta el tiempo destinado a la actividad.

- Los espacios destinados al almacenamiento de basura deben estar bajo techo, para evitar posible contaminación, y evitar el proceso de contaminación por lixiviados, así mismo los contenedores deben estar sobre una pequeña plataforma

para permitir un poco de escurrimiento y alejarlos de fauna nociva que pueda llegar a atraer por el olor, también el piso de estos espacios debe ser impermeable y anti-derrapaste para mejorar el manejo de los contenedores y evitar accidentes. • Con respecto a las estaciones de transferencia, cuyos objetivos principales son incrementar la eficiencia global, una mayor utilización de los equipos, eliminación de tiempo ocioso, fijar funciones para una mayor especialización, y estar preparados para un aumento en las operaciones, estos parecer ser desconocidos en la mayor parte de las estaciones y se piensa que la única función es disminuir las distancias, lo cual solo debe estar limitada por cuál debe ser su ahorro de tiempo en comparación con los costos de inversión y operación de dichas estaciones, lo cual no siempre ocurre; por lo que se recomienda intensificar estudios de indicadores de inversión y desempeño, ya que la mayor parte de la información solo está basado en estimaciones, que no siempre corresponden con la realidad del municipio.

- Las estaciones de transferencia deben tomar en cuenta que tienen que separar la circulación de los camiones recolectores y los tráileres para transferencia, las balanzas deben contar con suficiente espacio de maniobra y para hacer cola, y tener las alturas adecuadas para el paso y posiblemente más espacio para ampliación de la capacidad a futuro.

- Con respecto a las campañas de publicidad para incrementar la participación ciudadana, se debe tener en cuenta que estas campañas deben ser divertidas para generar un estado mental positivo, concientizado ras e informativas para comprender que opciones se tienen y como se puede colaborar con el reciclaje, deben también proponer acciones concretas o evitar ambigüedades, no basta con decir “colabore con el aseo”, sino debe ser memorable como “una ciudad limpia, para vivir mejor”.

- También se propone que las grandes compañías que se encuentran dentro de estos programas añadan una leyenda al margen en sus espacios publicitarios con el fin de concienciar aún más a la población.

El PET y el ambiente Los recipientes son 100% reciclables. Sin embargo, no sólo es su calidad de reciclabilidad que lo hace amistoso medioambientalmente. Siendo el envase sumamente ligero, también ayuda a disminuir la formación de desechos de empaque al mismo tiempo que reduce la emisión de contaminantes durante su transporte. Además, dado que se requiere menos combustible durante su transporte, también ayuda a la conservación de la energía. Estos recipientes se usan para toda clase de bebidas: como cerveza y jugos de fruta que son sensibles

a la luz. De hecho el sabor de los jugos y la cerveza pueden degradarse si la luz UV penetra las paredes del recipiente. El PET puede acomodarse a las necesidades del gusto de jugos de fruta, gracias a una barrera funcional que puede insertarse dentro de las paredes de la botella. Esto es lo que se llama “botellas de barrera” en el argot del PET. Para dar nacimiento a un nuevo producto, deben coleccionarse los recipientes usados por encima de todo. Hoy día, la mayor parte de las ciudades europeas y americanas ha puesto en lugar un esquema de la colección para recuperar los artículos reciclables. El segundo paso en recuperar es enviar el material a una planta dónde los materiales son separados según su naturaleza. Las botellas recuperadas entonces son perforadas y embaladas y enviadas a un reclamador. El reclamador, es una fábrica que trasforma las botellas en hojuelas de PET, el material crudo es la base de los productos reciclados. La primera cosa que el reclamador tiene que hacer es desembalar los bultos. Para asegurarse que el producto final será tan puro como sea posible, las botellas desembaladas se ordenan una vez más después se pre-lavan y las convierten en hojuelas. Las hojuelas se lavan, secan, se almacenan y se venden. Cuando las hojuelas se venden entra en acción el verdadero proceso de reciclado: se funden las hojuelas, se obtiene el material, y entonces es fabricado un nuevo producto.⁷

2.6 JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de este proyecto tanto la universidad como los estudiantes darán un paso significativo en el tema del reciclaje, teniendo en cuenta que en los últimos años ha sido un tema ambiental de gran importancia, siendo este proceso una manera eficiente para reducir el impacto negativo ambiental provocada por la inadecuada disposición de residuos.

Este proyecto se enfocara en el reciclaje de las Botellas PET debido a que según estudios del Enviromental products inc. (EPI) cada segundo se arrojan 1,500 botellas de estos residuos a las calles, ríos y/o al Relleno Sanitario de cada lugar, volviendo a este último un sitio de disposición que a largo plazo no será una opción para contener dichos residuos considerando que una botella PET puede tardar más de 100 años en degradarse y teniendo en cuenta también los otro tipos

⁷(Olivares, 2013)

de residuos que llegan al mismo generando como resultado la reducción de la vida útil del relleno.

Se estudia con intensidad desde hace mucho, diferentes soluciones, que no contaminen más el medio ambiente, se busca es la mejor opción logrando una solución prolongada.

Un punto importante que motivó a la realización de este proyecto es que los gobiernos del mundo, en la actualidad requieren cada vez más que sus habitantes colaboren con la descontaminación del planeta. La empresa de servicios ambientales INGEA es uno de los colaboradores que en el presente desea industrializarse adquiriendo maquinaria que procese el plástico y de esta manera lograr reducir la contaminación ambiental y contribuir con la descontaminación del medio ambiente y la saturación de los rellenos sanitarios.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- ◆ Diseñar un sistema de trituración para la recuperación de PET en la empresa INGEA.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

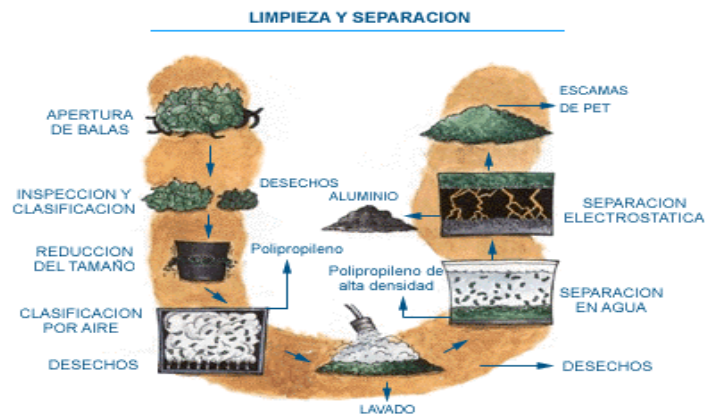
- ◆ Usando Benchmarking y las necesidades del cliente crear el QFD para plantear las alternativas de diseño
- ◆ Diseño de la alternativa seleccionada con análisis de las piezas principales y estudio económico
- ◆ Realizar planos de fabricación y ensamble
- ◆ Realizar un manual de funcionamiento y mantenimiento

4 MARCO TEÓRICO

4.1 RECICLADO MECÁNICO

La técnica más utilizada en la actualidad es el reciclado mecánico. Esta consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, en la fabricación de productos por inyección o extrusión.

Figura 3. Diagrama del proceso de reciclaje de pet



Fuente: <http://tallergalan.com.ar>

4.1.1 ETAPAS DEL RECICLADO MECÁNICO

El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos. Consiste en la separación y/o selección, limpieza y en algunos casos todavía el Peletizado, aunque el moldeado por inyección, por compresión o termo formación puede realizarse con el material limpio picado.

4.1.1.1 ACOPIO DE MATERIAL

El acopio es simplemente la recolección del material ya sea en puntos fijos o en recorridos, es importante además puntualizar que un buen sistema de acopio garantizará un buen suministro de materia prima para el resto de los procesos, no debiendo existir cortes de materia prima.

4.1.1.2 PACADO

Es común que en las grandes empresas de reciclado el material se compacte para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. No obstante, el PET debido a su elevada recuperación elástico-plástica, es difícil de prensar.

Cuando se realiza este proceso, las “pacas” deben ser posteriormente abiertas y picadas tal como llegan a la planta, es decir con tapas y etiquetas, que es una alternativa en el proceso. Sin embargo, cuando a la planta llegan botellas sueltas, si bien el volumen ocupado es mucho mayor, la posibilidad de realizar el des etiquetado y destapado permiten obtener un producto más fácil de tratar constituyéndose en la segunda alternativa del proceso.

4.1.1.3 REDUCCIÓN DE TAMAÑO

La reducción de tamaño no es otra cosa que el picado (molido) del material recolectado, cuyo principal objetivo es facilitar la siguiente operación dentro el proceso de reciclado, el cual puede ser la separación de los diferentes tipos de polímeros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado. Para la reducción de tamaño existen diversos tipos de tecnología según el tamaño al cual se quiera llegar, para el PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.

Figura 4. Esquema y forma de un molino convencional para PET



Fuente: <http://tallergalan.com.ar>

Hoy en día existe tecnología para procesar y reducir material PET hasta polvo fino usando cámaras criogénicas a partir de nitrógeno líquido, donde el nitrógeno líquido fragiliza considerablemente el material lográndose obtener material fino. Este tipo de tecnología como es de suponerse es bastante costosa, su mayor empleo es para el control de calidad en productos específicos como por ejemplo el control de niveles de acetaldehído en preformas para el soplado de botellas.

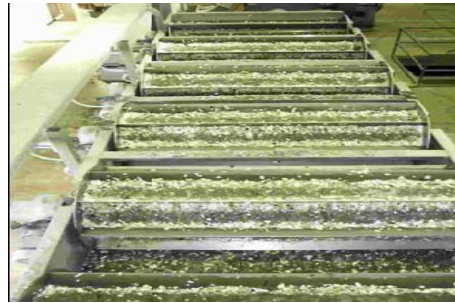
4.1.1.4 SEPARACIÓN

La separación tiene por finalidad liberar al plástico de interés (en nuestro caso PET) de diferentes tipos de materiales especialmente de los otros tipos de polímeros que estén acompañando al material de interés y también de metales, algunas veces vidrio o papel. La importancia de la separación radica en que si existiesen otros materiales presentes, éstos podrían perjudicar el proceso de reciclaje o directamente empeorar la calidad del producto final. Existen métodos de separación automatizada basados en las diferencias de gravedad específica, difracción de rayos x y disolución en solventes.

Otra alternativa es la de tener sistemas de flotación cuando se reducen de tamaño todas las especies a la vez, es decir se puede contar con sistemas de flotación, ya sean éstas equipos Sink and Float a burbujeo o simplemente tinajas de flotación vibratorias con bandas transportadoras como las que se muestran. En estas tinajas, el PET con una densidad mayor cae al fondo y es recogido por un tornillo sinfín

que lo transporta a la siguiente etapa. El otro material que flota es recogido por unas paletas que arrastran desde la superficie el material hacia otra etapa.

Figura 5. Tambores con paletas para flotación de poli olefinas



Fuente: <http://tallergalan.com.ar/>

4.1.1.5 LIMPIEZA

Los flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes.

El uso de hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman hojuelas limpias o granulado limpio.

El uso de detergentes está limitado por la cuestión ambiental debido a que los efluentes del proceso o procesos de lavado deben ser tratados para que puedan ser reutilizados nuevamente en el ciclo de lavado. En segundo lugar, es necesario encontrar un adecuado sistema de purificación de las aguas residuales para no contaminar ni dañar el entorno en el cual se desarrolla el proceso de reciclado.

El uso de sosa cáustica para el proceso de lavado es adecuado por las bajas concentraciones necesarias y porque la soda cáustica remanente en disolución se

puede reutilizar para otros lavados, simplemente reponiendo la que se pierde en el proceso de lavado.

Sobre este punto ya existen tecnologías y sistemas de recuperación y tratamiento de aguas residuales de procesos de lavado de materiales contaminados que están disponibles.

4.1.1.6 SECADO

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado. Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo. O también pueden utilizarse secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circulando por entre el material picado, eliminan la humedad hasta límites permisibles. Varios otros sistemas se han desarrollado para este proceso, dentro los cuales también están los de procesos simultáneos, los cuales combinan directamente los dos de los anteriormente mencionados. Es decir, sistemas que pueden al mismo tiempo operar como centrifugas con aire en contracorriente.

Y por último El granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en "pellet". Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua⁸.

4.2 LOS MOLINOS EN EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Una trituradora, chancadora o chancador, es una máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original. Chancadora es un dispositivo diseñado para disminuir el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza, para romper y reducir el objeto en una

⁸(Valladolid)

serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas. En el reciclaje de plásticos los molinos, que convierten una pieza de plástico de un tamaño a otra de menor tamaño, son un elemento muy importante. Existen diversas formas de clasificar los molinos. Aquí las clasificaremos de acuerdo con el tamaño de grano que generan⁹:

Mayor a 50mm

- Triturador (shredder)
- Guillotinas

Entre 5 y 50mm

- Molino de cuchillas
- Molino de martillos

Menor a 5mm

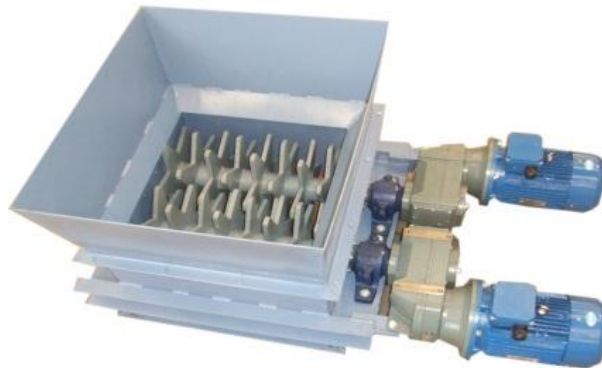
- Molino de discos dentados

Se muestra a continuación las diferentes maquinas que se encargan de moler el pet en la actualidad.

4.2.1 TRITURADOR

Utilizado principalmente para moler plastas de plástico, neumáticos, piezas metálicas e incluso autos.

Figura 6. Triturador



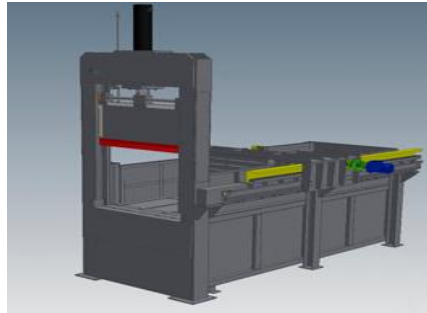
Fuente: <http://www.ceracam.es>

⁹(lexicoon)

4.2.2 GUILLOTINA

Permite cortar las pacas o fardos de materiales o bien las plastas de plástico.

Figura 7. Guillotina



Fuente: <http://www.domenechmaquinaria.com>

4.2.3 MOLINO DE CUCHILLAS

El equipo más común en el reciclaje de plásticos. Convierte una pieza de plástico en hojuelas o gránulos.

Figura 8. Molino de cuchillas



Fuente: <http://4.bp.blogspot.com>

4.2.4 MOLINO DEMARTILLOS

Reduce piezas de plásticos rígidos a gránulos.

Figura 9. Molino de martillos

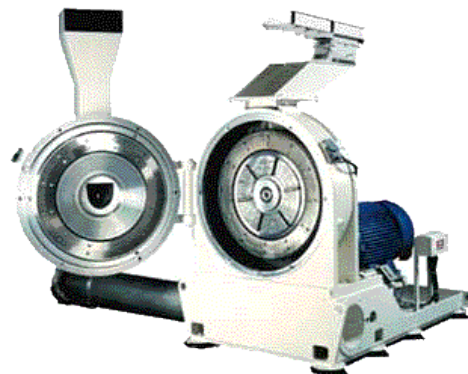


Fuentes: <http://3.bp.blogspot.com>

4.2.5 MOLINO DE DISCOS DENTADOS (PULVERIZADORES)

Reduce gránulos u hojuelas de plástico a polvo.

Figura 10. Molino de discos dentados

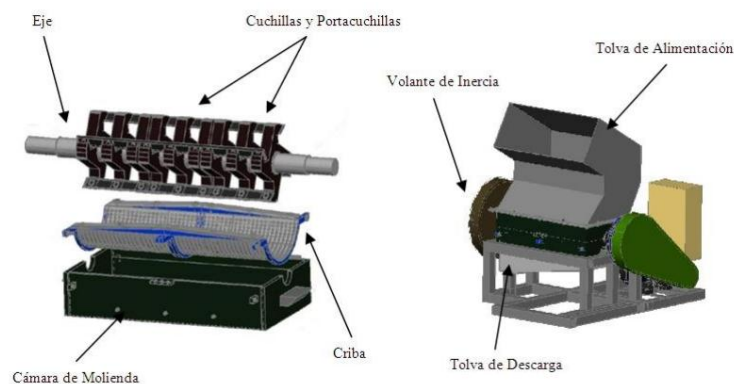


Fuente: <http://www.neue-herbold.com>

4.3 PARTES DE UN MOLINO

Anteriormente se decía que el tipo de molino más usado en el reciclaje mecánico de plásticos es el molino de cuchillas. Es por eso que es importante conocer los elementos básicos que componen ese tipo de molino para así tomar la mejor decisión en el momento en que se compre maquinaria para reciclaje. El plástico a moler se introduce por la parte superior del molino en una tolva de alimentación y cae a la caja de molienda donde unas cuchillas rotatorias giran constantemente y, al pasar junto a otras cuchillas fijas, cortan el material. Una criba en la parte inferior de la cámara determina el tamaño de las hojuelas que se obtendrán. El plástico molido cae a una caja de descarga o, cuando se hace la extracción de forma automática, a un embudo.

Figura 11. Partes de un molino de pet



Fuente: <http://www.recimex.com>

Aunque en apariencia los molinos para plásticos son muy parecidos, no todos son iguales ya que la tolva y la configuración de la cámara de molienda los hacen muy diferentes. Empezando con la tolva de alimentación, se puede dividir en dos clases la cual puede ser para alimentación manual y para alimentación por banda. Un molino tiene una serie de componentes mecánicos y accesorios que en conjunto arrojan una determinada productividad, no basta con centrarse en el caballaje o configuración de la cámara de molienda. Las tolvas son componentes

que deben considerarse para la selección de un molino ya que optimizan el uso de estos equipos, entre los principales factores que hay que considerar está¹⁰:

- Tipo y forma del material.
- Producción
- Trabajo en húmedo o en seco
- Seguridad del operador

5 METODOLOGÍA

5.1 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Se buscará información acerca de la importancia del uso de las máquinas trituradoras de las Botellas PET, adicionalmente se conseguirá información sobre los impactos negativos que conlleva una inadecuada disposición de dicho material; se realizará la revisión bibliográfica de aquellos parámetros que se deben tener en cuenta para el diseño de una máquina trituradora de Botellas PET; se investigará acerca de las empresas que fabrican dicha tecnología y se tendrá en cuenta el tipo de máquina, la eficiencia y los posibles costos que representa el producto terminado; por último se analizará la información otorgada por INGEA con respecto al volumen de Botellas PET que se recolectan en la empresa.

Esta búsqueda bibliográfica se realizará en libros, manuales, páginas web, artículos, bases de datos especializadas y documentos que INGEA tenga a su disposición.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LA EMPRESA INGEA

Se visitara la bodega de INGEA y se tendrá en cuenta los requisitos exigidos por la empresa para así proceder a elegir el diseño de la Máquina.

¹⁰(Recimex, 2011)

5.3 ELECCIÓN DEL DISEÑO

Se va a elegir el diseño adecuado teniendo en cuenta la necesidad social, económica y ambiental de INGEA, adicionalmente se tendrá en cuenta la capacidad de almacenamiento de las Botellas PET recolectadas a diario dentro de la bodega de la empresa.

5.4 DISEÑO DE LA MÁQUINA

Para el diseño se usará un programa de diseño, en el cual se modelará la máquina trituradora de Botellas PET, haciendo uso de cálculos y diferentes parámetros físicos necesarios como: Torques, impacto, fatigas, potencia, entre otros.

Luego de que la máquina esta esbozada se realizará un enmallado de elementos finitos para mostrar los puntos críticos del diseño y poder efectuar posteriormente sus respectivas mejoras.

5.5 ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA

El diseño consta de un motor eléctrico monofásico de tal forma , que ejerzan la fuerza necesaria para molienda de las botellas pet , será controlada por un operador, el cual estimara el tiempo necesario de uso y cantidad de botellas por ciclos también se requiere poleas o con su respectivo mecanismo para transmisión de potencia ,rodillos con cuchillas encargadas de triturar la botella pet ,un recipiente o lonas las cuales recibirán el materia procesado ,una tolva en donde se depositara la botella pet para finalizar se tomara el pesa del material triturado por unidad de tiempo así determinaremos su eficiencia.

6 CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Realización de ante proyecto								
Revisión por el tutor								
Corrección de anteproyecto								
Entrega de anteproyecto								
Desarrollo del proyecto								
Planteamientos del diseño								
Diseño del proyecto								
Cálculos del proyecto								
Planteamientos de mejoras								
Diseño final								
Compra de materiales								
Mecanización								
Montaje								
Pruebas técnicas								

Toma de resultados								
Organización de proyecto de tesis								
Realización tesis								
Presentación								
Corrección de tesis								
Entrega final								
Sustentación								

7 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

7.1 PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto analiza desde dos aspectos: materiales necesarios para el diseño del proyecto y el costo de los recursos administrativos.

En la tabla 2 se enumeran los materiales necesarios para el diseño de nuestra máquina, cabe señalar que estos elementos o sus costos pueden variar a medida que se desarrolle el proyecto.

Tabla 2. Materiales para el montaje del sistema

MATERIALES PARA EL DISEÑO DE LA MAQUINA			
ITEM	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO
11	Bloque de acero rectangular	1	\$ 400.000
12	Placas de acero	2	\$ 82.000
13	Láminas de acero	4	\$ 72.000
14	Cuchillas para corte	4	\$ 300.000
15	Pintura	1 litro	\$ 24.000
16	Tornillos	30	\$ 10.000
17	tolva de alimentación	1	\$ 100.000
18	Perfil de acero	1	\$ 66.000
19	Ejes de acero	2	\$ 20.000
20	Chumaceras	2	\$ 54.000
21	Pernos	30	\$ 34.000
22	Cable coaxial	2m	\$ 6.000
23	Motor	1	\$ 500.000
	TOTAL		\$ 988.000

En la tabla 3 se encuentran los costos administrativos, en los que se consideran el precio de biblioteca, transporte, entre otros.

Tabla 3. Recursos administrativos

RECURSOS ADMINISTRATIVOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	COSTO
1	LABORATORIO	10000	15 HORAS	\$ 150.000
2	PAPELERÍA	100	80 HOJAS	\$ 80.000
3	TRANSPORTES	1500	90 PASAJES	\$ 135.000
4	BIBLIOTECA	15000	30 HORAS	\$ 350.000
5	INTERNET	1000	50 HORAS	\$ 50.000
7	PERSONAL AUXILIAR	25000	15 HORAS	\$ 375.000
10	IMPREVISTOS			\$ 300.000
	TOTAL			\$ 1.440.000

7.2 FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los ítems de la tabla 2 serán suministrados por la empresa Ingea que los contrato para realizar el diseño de la máquina.

Los recursos correspondientes al ítem 1 y 4 de la tabla 3 será suministrado por la universidad distrital francisco José de caldas o instituciones que faciliten el uso de sus instalaciones, los demás ítems serán asumidos por los autores.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Aksakal, B. Ö. (2004). Metallurgical Failure Analysis of Various Implant. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 17-23.
- anet. (15 de 04 de 2010). *anet-pet*. Recuperado el 30 de 08 de 2015, de http://www.anep-pet.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=10
- Colombia, M. d. (01 de 2012). *min*. Recuperado el 22 de 08 de 2015, de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=458:plantilla-cambio-climatico-14>
- Elokurov, V. N., & Pavlovskii, V. É. (2002). Test bench for full-scale cycling of prosthesis: Artificial lower limb. *Strength of Materials*, 518-521.
- GONZÁLEZ RIVEROS, G. G., & RIVERA CÓRDOBA, J. A. (2007). DISEÑO DE UNA MAQUINA PARA ENSAYO DE PRÓTESIS DE REEMPLAZO DE MIEMBROS INFERIORES. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Gutiérrez Jiménez, Á. A., & Torres Torres, M. F. (2009). DISEÑO DE UN DISPOSITIVO MECÁNICO MEDIDOR DE LA DURABILIDAD DE LAS PRÓTESIS DE PIE CIREC. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Hernandez, R. (2011). *alcaldía bogota*. Recuperado el 22 de 08 de 2015, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=42152>
- José Emmanuel Medina García, C. E. (12 de 2011). *google academi*. Recuperado el 30 de 08 de 2015, de [http://www.redisa.uji.es/artSim2011/TecnologiasParaElManejoDeResiduosSolidos/Dise%C3%B1o%20de%20una%20trituradora%20para%20pl%C3%A1stico%20Polietileno%20de%20Tereftalato%20\(PET\).pdf](http://www.redisa.uji.es/artSim2011/TecnologiasParaElManejoDeResiduosSolidos/Dise%C3%B1o%20de%20una%20trituradora%20para%20pl%C3%A1stico%20Polietileno%20de%20Tereftalato%20(PET).pdf)
- lexicoon. (s.f.). *trituradora*. Recuperado el 22 de 09 de 2015, de [lexicoon: http://lexicoon.org/es/trituradora](http://lexicoon.org/es/trituradora)
- Linden, M. v. (1999). A methodology for studying the effects of various types of prosthetic. *Elsevier*, 877-889.

- Medicine, F. S. (2007). *Prosthetics Research Laboratory and Rehabilitation Prosthetics Research Laboratory and Rehabilitation*. Obtenido de http://www.feinberg.northwestern.edu/depts/repoc/sections/facilities/fac_mechanics.html
- NARANJO, D. F. (11 de 2014). *REPOSITORY*. Recuperado el 30 de 08 de 2015, de <http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/2025/1/Construcci%C3%B3n-con-material-reciclable.pdf>
- Olivares, A. A. (08 de 2013). *google academico*. Recuperado el 31 de 08 de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/aago.pdf>
- Recimex, B. (2011). *molinos en el reciclaje*. Recuperado el 22 de 09 de 2015, de Recimex: <http://www.recimex.com.mx/blog/?p=18>
- Rodríguez B., J. L., & Rodríguez M., S. S. (2011). EVALUACIÓN DEL DISEÑO DEL DISPOSITIVO MECÁNICO MEDIDOR DE LA VIDA ÚTIL DE LAS PRÓTESIS DE PIE CIREC. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Royen, J. (1997). Material fatigue in the prosthetic sach foot: effects on the mechanical characteristics and gait. National center for prosthetics and orthotics school of biosciences. La Trobe University.
- tavera, h. (9 de 06 de 2015). *rcnradio*. Recuperado el 22 de 08 de 2015, de <http://www2.rcnradio.com.co/nacional/noticias/mas-de-12-millones-de-toneladas-termina-anualmente-en-los-oceanos-marviva-217700>
- Toh, S. L., & Goh, H. J. (1993). Fatigue testing of energy storing prosthetic feet. *Fatigue testing of energy storing prosthetic feet, Prosthetics and Orthotics International*, 180-188.
- Valladolid, U. d. (s.f.)., N.A. *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales* . Recuperado el 22 de septiembre de 2015, de <http://www.eis.uva.es/>
- Vazquez, A. S. (5 de 08 de 2013). *universitronica*. Recuperado el 30 de 08 de 2015, de <http://www.universitronica.com.mx/proyecto-trituradora-de-pet-automatizada/>
- Ziolo, T., B.Sc.E, Z. R., Bryant, T., & Eng, P. (s.f.). N.A. *The NPO fatigue tester*. Kingston General Hospital, Kingston, ON, Canada and Mechanical

Engineering Department Queen's University, Kingston, ON, Canada:
Human Mobility Research Center (HMRC) .