



UNIVERSIDAD DE MATANZAS.
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO: DISEÑO DE UN MOLINO DE CUCHILLAS
PARA LA INTRODUCCIÓN DEL RECICLAJE
MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN LA EMPRESA DE
MATERIAS PRIMAS DE MATANZAS.

AUTOR: DAIRO ALDAZABAL GARCÍA
TUTOR: DR. C. EDUARDO TORRES ALPÍZAR
MATANZAS, 2020

DEDICATORIA

Este presente trabajo se lo dedico especialmente a mi mamá por haberme dado la vida. La que me ha alumbrado el camino de todos estos años de estudio y me ha llenado de perseverancia, amor y pensamientos. Ella me ha dado la fuerza para seguir adelante y luchar para obtener mis metas, sueños y objetivos.

Se lo dedico a mis demás familiares que me han dado el apoyo suficiente e incondicional, siendo ellos la fuerza que motiva mi vida.

A mis hermanos ya que soy el mayor de ellos y quiero que tengan mi ejemplo para que se superen y vean en mí una persona que se esforzó y logró su objetivo fundamental: graduarme de la universidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutor Eduardo Torres Alpizar el que me guió por este camino para la culminación de mis estudios.

A mis padres que siempre estuvieron a mi lado dándome ánimo desde el principio de mi vida hasta ahora que ya me he convertido en un hombre productivo y que he logrado mi culminación de estudio.

Así mismo también quiero agradecer a todas las personas como fueron asesores y profesores que de una forma u otra me ayudaron con el desarrollo de este proyecto, ya que sin ellos no hubiese sido posible la realización del mismo. Finalmente, dar mérito a mis compañeros que hicieron más grata mi vida universitaria.

Gracias por todo el apoyo y cariño que me han dado estos años.

RESUMEN

Cando hablamos de valorización de los residuos plásticos nos referimos a una estrategia integral de tratamiento que abarca diferentes procesos, todos ellos conducen a preservar la materia prima para que su destino final no sea un relleno sanitario. Sin duda el reciclado mecánico es, de estos procesos, el más difundido en el mundo. Pero, como veremos más adelante, el reciclado mecánico es insuficiente por sí solo para dar cuenta de la totalidad de los residuos. El reciclado de los plásticos presenta algunas particularidades distintivas que se intentará explicar en el presente reporte. En el informe se propone implementar en la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Matanzas el reciclaje mecánico de los materiales plásticos como uno de los procesos que permitiría elevar las ventas de la entidad debido a que los precios de los productos obtenidos mediante el empleo de este proceso tecnológico se comercializan a un precio superior a los residuos plásticos que se comercializa sin haber sido sometidos al mismo.

Palabras claves: residuos plásticos, polímeros, reciclado mecánico

ABSTRACT

When it speaks of evaluation of the plastic remainders refer us to an integral strategy that hatches different processes, all they conduct your final destiny is not a sanitary filling. Without doubt the mechanical recycling is, of these processes, but the diffused in the world. But, as will see but ahead, the mechanical recycling is insufficient for if single to realize the totality of the remainders. The recycling of the plastics presents some distinctive particular properties that will try to at present explain report proposes implement in the enterprise of recovery of butchering the mechanical recycling of the plastic materials as one of the processes it permits raises the sales of the processes it permits raises the sales of the entity due to that the prices of the product obtained by means of the employment of this technological process are commercialized to a superior price to the plastic remainders that is commercialized without having been subdued to the same one.

Code words: plastic, polymerase remainders, mechanical recycling

Tabla de contenido

Resumen	2
ABSTRACT	4
Introducción	8
Capítulo 1: Consideraciones teóricas sobre el diseño de molinos de trituración de plásticos para el reciclaje mecánico.....	10
1.1. antecedentes	10
1.2. Molinos de plásticos.....	11
1.3. Máquina.....	12
1.4. Principales características a tener en cuenta en la fabricación de un molino de plástico...	12
1.5. Tipo de molinos de plásticos.....	12
1.5.1. Molino Triturador de plástico.....	13
1.5.2. Molino Triturador de 2 ejes.....	14
1.5.3. Molino Triturador de 4 ejes.....	15
1.5.4. Molinos a cuchillas o Molinos granuladores serie GR.....	17
1.5.5. Molinos monomotor.....	18
1.5.6. Molino Combinado	19
1.5.7. Molinos especiales.....	20
1.6. Características generales de los plásticos reciclables.....	21
1.6.1. Termoplásticos.....	21
1.6.2. Termoestables.....	21
1.7. Disposición de los desechos sólidos y su implicación en la salud.....	23
1.8. Reciclaje.....	23
1.8.1. Cadena de reciclaje.....	24
1.8.2. Objetivos del reciclaje.....	25
1.8.3. El reciclaje permite.....	25
1.9. Reciclaje de Plásticos.....	25
1.9.1 Factores que afectan al reciclado de los plásticos	25
1.9.2. Etapas para reciclar el plástico.....	27
1.9.3. Sistema de reciclaje.....	28

1.9.4. Reciclado Mecánico	29
1.9.5. Reciclado Químico	30
1.9.6. Pirolisis.....	30
1.9.7. Hidrogenación.....	30
1.9.8. Gasificación.....	31
1.9.9. Chemolysis.....	31
1.9.10. Metanólisis.....	31
1.10. Plástico tipo PET.....	31
Capítulo 2. Diseño del molino de trituradora de plásticos para el reciclado mecánico.....	33
2.2. Desarrollo de la propuesta.....	33
2.2.1. Reciclaje mecánico.....	33
2.2.2. Propiedades del PET.....	34
2.3. Diseño del equipo.....	35
2.4. Características constructivas de un molino de plásticos.....	36
2.4.1. Cámara De molienda.....	36
2.4.2. Cuchillas.....	36
2.4.3. Poleas.....	36
2.4.4. Cribas.....	36
2.5. Revoluciones del eje.....	39
2.6. Cálculo de la fuerza de la cuchilla.....	39
2.7. Cálculo de bandas y poleas.....	40
2.8. Longitud de la banda.....	40
2.9. Factor de servicio.....	41
2.10. Cálculo de la potencia ante sobrecarga.....	41
2.11. Factor de carga.....	42
2.12. Selección de la sección transversal de la banda tipo v.....	42
2.13. Hp por banda y factor de corrección de longitud.....	43
2.14. Arco de contacto.....	44
2.15. Número de bandas.....	45

2.16. Longitud y diámetro del eje.....	46
2.17. Características del metal del eje.....	46
2.18. Características del metal de la cuchilla.....	47
2.19. Cálculo de fuerzas sobre el eje y reacciones sobre chumaceras.....	48
2.20. Cálculo de esfuerzos en las chumaceras.....	51
2.21. Torque de las cuchillas.....	52
2.22. Especificaciones técnicas del molino de plástico.....	52
2.23. Motor Eléctrico de potencia 10HP.....	53
2.24. Componentes del Molino.....	53
2.25. Producto ha Moler	54
2.26. Modo de funcionamiento.....	54
2.26.1 Afilado de Cuchillas	54
2.26.2 Engrase de Chumaceras	54
2.26.3 Ajuste de Pernos	54
2.26.4 Normas de seguridad.....	55
2.26.5. Clasificación de los polvos.....	56
2.26.6. Toxicología de los polvos.....	56
2.26.7. Guantes mixtos.....	57
2.26.8. Casco de seguridad.....	58
2.26.9. Protección auditiva.....	59
2.26.10. Características de las Orejeras.....	59
2.26.11. Protección de los ojos.....	60
2.26.12. Protección del aparato respiratorio.....	60
2.26.13. Protección de extremidades inferiores.....	61
Capítulo 3. Evaluación económica del molino para la trituración de plásticos diseñado.....	62
3.1. Impacto ambiental.....	62
3.2. Beneficios del proyecto.....	63
3.3. Recursos Necesarios.....	63
3.3.1. Presupuesto del Capital Humano.....	63
3.3.2. Presupuesto de Materiales.....	63

3.3.3. Presupuesto Técnicos.....	64
3.3.4. Presupuesto Tecnológico.....	64
3.3.5. Presupuesto General.....	64
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	68
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	68
PÁGINAS WEB.....	69
ANEXOS.....	71

INTRODUCCIÓN

El reciclado mecánico consiste en el tratamiento de los residuos plásticos por medio de la presión y el calor para volver a darles forma y conseguir otros objetos iguales o distintos de los iniciales. Por ello sólo se aplica a los termoplásticos, ya que estos materiales son reciclables por naturaleza.

Aunque el proceso de reciclado (fusión y solidificación) puede repetirse varias veces, cada vez que se lleva a cabo, el plástico tiende a perder entre el 5 y 10% de sus propiedades mecánicas, tales como elongación, tenacidad y resistencia al impacto. Por esta razón, deben restituirse estas propiedades con ayuda de aditivos, como modificadores de impacto, estabilizadores al calor, absorbentes de luz ultravioleta y cargas.

El proceso de reciclado más eficiente involucra la separación de los materiales de acuerdo al tipo de resina, en razón de que la mayoría son termodinámicamente incompatibles entre sí. Las diferentes etapas del proceso pueden variar según la tecnología que se use. La mayoría de los equipos son similares a los empleados normalmente en la manufactura de plásticos a partir de materia prima virgen. (Ecoplast, 2011)

En tal sentido, de las visitas realizadas a la nave donde se empaican los residuos plásticos se pudo detectar la siguiente:

Situación Problemática: Se realiza el empaicado de los residuos plásticos empleando solamente como criterio de clasificación que estos sean plásticos de alta densidad, o plásticos de baja densidad, con la excepción del Polietileno de Tereftalato (PET) el cual se empaica por separado, y los plásticos que se destinan a las ventas solo reciben como proceso tecnológico de procesamiento su empaicado mediante el uso de una prensa hidráulica.

Relacionado con la situación problemática se estableció como:

Problema Investigativo: No se emplea en la Empresa de Materias Primas de Matanzas la recuperación de los materiales plásticos mediante el procesamiento de los residuos con el proceso tecnológico de reciclaje mecánico, el más empleado a nivel mundial para la recuperación de los mismos con vistas a su reutilización.

Para solucionar el Problema Investigativo se estableció la siguiente:

Hipótesis: El diseño de un molino para la trituración de plásticos permitiría fabricarlo para su empleo en el proceso tecnológico de reciclado mecánico, permitiría la obtención de nuevos productos de reciclaje de mayor precio en el mercado como son el plástico en escamas (scrap) o peletizado.

Objetivo Principal: Diseñar un molino de cuchillas para la obtención de escamas de plásticos, como paso inicial del proceso tecnológico de reciclado mecánico.

Objetivos complementarios:

- Recolectar información técnica acerca de un posible itinerario tecnológico para la creación de un taller de reciclaje mecánico en la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Matanzas.
- Identificar las necesidades de equipamiento necesario para desarrollar el proceso tecnológico de reciclaje mecánico.

Tareas:

1. Realizar búsqueda bibliográfica acerca de los molinos de trituración para el reciclado mecánico.
2. Diseñar el molino de cuchillas para la trituración del reciclaje mecánico de plásticos.
3. Determinar el costo de construcción del molino diseñado.

Capítulo 1: Consideraciones teóricas sobre el diseño de molinos de trituración de plásticos para el reciclaje mecánico

1.1. ANTECEDENTES

De acuerdo a (Ecoplast, 2011) la situación problemática enunciada en la introducción del reporte técnico se enmarca en el conjunto de incumplimientos detectados en su trabajo de investigación y que se relacionan con el cumplimiento de la Ley 1288/75 en todo nuestro territorio nacional.

Esta Ley establece la obligatoriedad por parte de las empresas estatales de la clasificación de los residuos reciclables en su fuente de origen, y de velar por su protección y entrega a las empresas que se ocupan de la recuperación de las materias primas. Anualmente se ejecutan más de 400 inspecciones al cumplimiento de las normas jurídicas por parte de las entidades estatales subordinadas a los diferentes Organismos de la Administración Central del Estado y los Consejos de Administración Provinciales, obteniendo la mayoría de estas empresas deficientes resultados asociados a los siguientes problemas:

- Incumplimiento de las normas técnicas de conservación y acondicionamiento de los desechos reciclables.
- Lento proceso de aprobación de las bajas técnicas de los equipos en desuso.
Insuficiente logística para llevar a cabo la recuperación en las diferentes fuentes generadoras de residuos reciclables.
- Ineficiente política de precios para los residuos reciclables que no tiene en cuenta el valor de estos materiales en el mercado internacional.
- Falta de uniformidad en las normas jurídicas para fijar los precios de los productos reciclables.
- Falta de estimulación para elaborar productos con mayor valor agregado a partir de materia prima reciclada.
- Existencia de contratos no actualizados entre las partes, falta de seguimiento al cumplimiento de las cláusulas pactadas y ausencia de reclamaciones legales para los incumplimientos.
- Existen empresas y organismos que no tienen definido el potencial y los planes de generación y entrega de los residuos reciclables.
- Se envían a los vertederos residuos reciclables.
- Incumplimiento en la entrega de los residuos reciclables.
- Existen entidades que desconocen por completo la existencia de esta ley.
- Entidades que no cuentan con un registro de entrega de los residuos reciclables que generan.

- En la mayoría de las entidades y organismos no se cuenta con el personal seleccionado y preparado para cumplir con la tarea recuperativa.

De acuerdo a (Manual de Gestión Integral, 2016), La dificultad en reciclar los residuos plásticos reside, justamente, en el hecho que estos se encuentran todos mezclados, lo cual obliga a separar los diferentes tipos, por ser incompatibles entre sí y no poder ser procesados por un equipo convencional. Por lo que los recicladores procuran adquirir la materia prima deseada previamente separada, a pesar de que siempre hace falta proceder a una inspección ocular para separar los plásticos indeseados, los cuales invariablemente están presentes en cada lote recibido.

1.2. Molinos de plásticos

VON MEYSENBURG, indica que: “en la actualidad se consume gran cantidad de materiales plásticos para beneficio claro está, del ser humano. Esta elevada producción viene acompañada del cómo reutilizar o reciclar los productos desechados” Pág. 224

Concordando con las palabras del autor el éxito del reciclaje está en saber cómo rehusar los materiales plásticos aparentemente inservibles.

Sin embargo hay que tomar en cuenta incluso, durante el proceso de fabricación de las botellas se generan ciertos excedentes que quedan unidos a estas, y que comúnmente se les llama "rebabas", las cuales son cortadas y depositadas en un bulto junto con las botellas que no cumplen con los requisitos de calidad. Todo este plástico es reprocesado para volverse a usar mediante un Molino de trituración de plásticos.

El Molino es un aparato que recibe el plástico por la parte superior (según modelo convencional), va cayendo poco a poco hasta llegar a su centro, el cual consta de un espacio con una pieza giratoria de acero aleado con wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que le proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad que al girar rápidamente hace la función de cuchilla, para cortar el plástico en pequeños pedazos listos para ser usados y procesados nuevamente.

Esta nueva iniciativa aportará la conservación del medio ambiente por lo tanto es menester crear este proyecto que no causa impacto ambiental.

1.3. Máquina

Los autores MATEO Pedro, GONZÁLEZ Agustín, GONZÁLEZ Diego, (2008) define como máquina “a un conjunto de piezas u órganos unidos entre ellos, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada.” Pág. 278.

Como añadidura a la idea del autor se puede decir que es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza determinada. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra y de esta manera generar un determinado efecto. Se conforma por conjuntos de elementos fijos o móviles, que permiten realizar distintos trabajos.

Una máquina ayuda a aumentar la capacidad de producción, agilitando el proceso de transformación de la materia hasta alcanzar el objetivo deseado.

1.4. Principales características a tener en cuenta en la fabricación de un molino de plástico

Potencia instalada en HP del motor eléctrico Tipo de transmisión Número de ejes cuchillas Número de cuchillas templadas Número de ejes de introducción Número de discos de introducción Número de rev. /min. Cuchillas Producción en kg/ hora Equipamientos de seguridad: parada de emergencia, contacto de cierre de tolva. Todo lo antes mencionado debe ser conforme a las normas CE (Comunidad Europea).

1.5. Tipo de molinos de plásticos

GREIG, Michaeli, VOSSEBURGER, Kaufmann: clasifica a los tipos de molinos de plásticos, de la siguiente forma:

- Molino triturador de plástico
- Molino triturador de 2 ejes
- Molino triturador de 4 ejes
- Molinos a cuchillas
- Molinos monomotor
- Molino Combinado
- Molinos Especiales

1.5.1. Molino Triturador de plástico

Es un aparato diseñado y basado en la exclusiva tecnología de cuatro ejes, la cual evita cualquier flotación del material sobre el grupo de cuchillas del aparato.

Fases de la molienda:

Fase 1: El envase, botella de plástico o simplemente cuerpo a destruir, se apoya sobre el grupo fresas. La ventaja es, que no es necesario aplicar ningún empujador para la trituración.

Fase 2: En esta segunda fase, luego del arranque de la máquina los discos de introducción facilitan la trituración del cuerpo o botella de plástico, otros tipos de materiales plásticos, etc., en gran medida forzando para introducir en el grupo de corte.

Fase 3: Como los dientes tienen una construcción especial, se facilita una acción continua de enganche del material a triturar.

Fase 4: El material o las piezas que son trituradas que no han alcanzado las medidas deseadas se reportan en círculo para repetir el proceso de trituración o molienda.

Las medidas que el triturador permite obtener del material triturado son de 12 a 14 mm, en este tipo de máquina.

Gráfico N°1. Molino Triturador de plástico



1.5.2. Molino Triturador de 2 ejes

Funcionamiento:

Este tipo de molino o máquina por lo general, se compone por un triturador de dos ejes a cuchillas rotativas y peines distanciadores.

Argumento:

Luego de introducir el material en la tolva y ya puesto el equipo en marcha, el triturador provee a la toma y al corte grosero del descarte.

Debido a la elevada capacidad de corte disponible y a las diferentes conformaciones del grupo fresas que contiene la máquina, se posibilita triturar diversos cuerpos de material diferente.

El proceso en general, es regulado de manera automática por un PLC de mando programable desde una pantalla que se coloca como aditamento en el cuadro eléctrico.

Grupo de trituración

Composición:

1. Unidad de carga: Tolva
2. Unidad de trituración: 2 ejes con elementos cortantes compuestos por discos de bordes filosos, provistos de garfios.

En este caso, los garfios tienen la función de agarrar el producto, cualquiera que sea este, arrastrarlo y cortarlo debido a la acción de los dos ejes contra giratorios. Los peines distanciadores, se encargan de mantener limpios los utensilios y a su vez facilitan la descarga del material.

3. Motorización: constituido por 2 motores eléctricos de corriente alterna, con transmisión a través de un motor reductor, conexión entre los ejes porta-cuchillas y los discos introductores por engranajes en baño de aceite.

4. Dispositivo de seguridad: entre sus funciones la de invertir temporalmente el movimiento de las cuchillas, previniendo de esta manera la posible sobrecarga de la estructura o el riesgo de rotura de la máquina o el equipo.

Este dispositivo debe tener la cualidad de ajustar siempre de manera óptima la regulación del grupo de trituración con el fin de conseguir un justo equilibrio entre máxima productividad y funcionamiento regular.

Gráfico N° 2. Molino Triturador de 2 ejes



1.5.3. Molino Triturador de 4 ejes

Conocidos como: Trituradores industriales

Funcionamiento:

Es un triturador con cuchillas rotativas, especialmente estudiado y diseñado para las pequeñas y medianas empresas. Este aparato tiene por función reducir toda tipo de desechos plásticos, con el fin de poderlos almacenar en sacos.

Argumento:

En este aparato o máquina, la potencia eléctrica que se necesita es muy pequeña y este molino o trituradora, de gran fiabilidad, apenas hace ruido, todo lo antes mencionado es debido al empleo de un limitador de función de los productos a destruir o triturar.

Entre las utilidades que se le puede dar a la máquina está principalmente las industrias de plástico, embalaje, cartón, madera, huesos de fruta, desechos de cuero, cortezas, entre otros.

Este aparato posibilita la conexión a una red de aspiración por medio de un tubo situado en la parte inferior del mismo.

Entre sus características más comunes:

1. En principio, el accionamiento de la máquina es obtenido por medio de un motor reductorepicicloidal; donde los ejes porta cuchillas y los conductores están unidos mediante engranajes en baño de aceite.

2. Cada una de las máquinas está equipada con un juego de llaves aptas a desmontar las cuchillas en caso necesario afilar las mismas. También tienen un manual técnico donde se explica claramente las modalidades de ejecución y de operación.

3. Este tipo de máquinas están equipados con una criba cuyo tamaño puede ir de 12 a 38 mm, lo que posibilita obtener distintos tamaños de partículas trituradas. Evidentemente mientras más fina sea la trituración deseada, menor será la producción de la máquina.

Entre las particularidades que estas máquinas presentan se encuentran las siguientes:

1. El nivel acústico de trabajo es inferior a 80 db: por lo que estas trituradoras emiten muy poco ruido o lo que es lo mismo, son silenciosas.

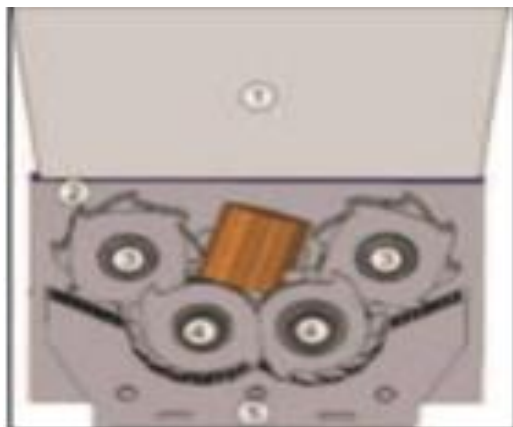
2. Poseen un fácil acceso a los discos de trituración y de arrastre para a su vez facilitar también las operaciones de mantenimiento.

3. Fácil intercambiabilidad de los discos con la posibilidad de que lo realice por el operador de la máquina.

4. Un reducido consumo de energía.

5. Este aparato tiene la propiedad de triturar cualquier material no ferroso, incluso si contiene algún clavo o trozos de alambre metálico, o bien piedras.

Gráfico N° 3. Molino de 4 ejes



1.5.4. Molinos a cuchillas o Molinos granuladores serie GR

Debido a su elevada versatilidad y sobre todo al costo económico, estos equipos constituyen el punto de partida para pequeñas plantas de reciclaje para plásticos.

Son molinos granuladores de pequeñas placas indicados especialmente para recuperar materiales de desecho no ferrosos.

La característica principal de este tipo de molino además de su versatilidad, está en la conformación del rotor, este se encuentra lleno y dotado de muchas cuchillas, de forma específica muchos tienen cuchillas con medidas de sólo 6 cm. colocadas de manera irregular. Posibilitando durante la rotación que cada una de estas herramientas procede al raspado del material y luego a la trituración final.

En comparación con los molinos tradicionales de cuchilla continua, estos aparatos son los indicados para piezas o materiales caracterizados por un elevado espesor y gran resistencia al corte.

Se debe argumentar que en la serie GR todo el par del motor y la inercia del doble volante se concentran sobre una superficie de herramienta muy baja, dándole una notable potencia.

Entre las aplicaciones de este tipo de máquina:

La trituración fina de material plástico, donde se incluyen bloques de tortas de extrusión o expurgo.

Este tipo de máquina puede ser dotada de cintas de carga temporizadas, sistemas de evacuación neumática con desempolvado y descarga big-bag.

Gráfico N° 4.Molinos a cuchillas



1.5.5. Molinos monomotor:

Los más conocidos son los de la serie M.

Argumento:

Existen también una serie de molinos especiales, con un cajón prensador especialmente diseñado para la trituración de materiales con una alta tenacidad al corte, añadiendo también un importante espesor. En los que se puede citar como ejemplo plástico grueso.

Funcionamiento:

Un cajón prensador hidráulico, es el encargado de empujar el material contra el rodillo dentado, debido a la rotación del mismo y a la acción de una contra cuchilla, se efectúa la pre-rotura y la trituración del material plástico.

El resultado o producto gira contra una parrilla perforada que determina la dimensión final del triturado o molido.

Las 3 fases de trabajo de esta máquina son:

Fase 1: Inicio de la trituración

Fase 2: Acción del prensador hidráulico contra el rodillo dentado.

Fase 3: Trituración avanzada del material

Dentro de las connotaciones en protección de esta máquina se encuentra: que en caso de excesivo esfuerzo, el cajón se libera para invertir la rotación del rodillo y rescatar el material con el fin de evitar sobre carga estructural

Gráfico N°5.Molino monomotor



1.5.6. Molino Combinado

Conocido como trituradora con molino a cuchilla en línea.

Argumento:

Es un tipo de molino diseñado y realizado como un equipo que combina las ventajas del triturador de cuatro ejes con un molino a cuchillas en línea, capaz de obtener pedazos finales de 4 a 8 mm, para completar el proceso de elaboración y recuperación de los desechos de plástico.

Desde el punto de vista de funcionamiento, en este tipo de molino, con solo introducir el material en la boca del triturador, será suficiente para obtener el producto molido final.

Funcionamiento:

Es una máquina que tiene la característica de poder triturar cuerpos de gran volumen y de considerable resistencia al corte, con un considerable ahorro en cuanto a costos de inversión y un eficiente desempeño.

Este tipo de molino es recomendado para las operaciones de trituración fina de: madera, plástico, goma, papel, cartón, embalajes, cintas de polietileno, películas plásticas, botellas en PET, toldos impermeabilizados, cáscaras, paragolpes, entre otros.

Gráfico N° 6.Molino combinado



1.5.7. Molinos especiales

Argumento:

Los molinos especiales son aquellos donde se combinan los distintos tipos de máquinas molidoras y granuladoras para obtener equipos verdaderamente completos, estos se dotan con cintas transportadoras, desferrizadores, sistemas de manipulación neumática y confección en big-bag.

Funcionamiento:

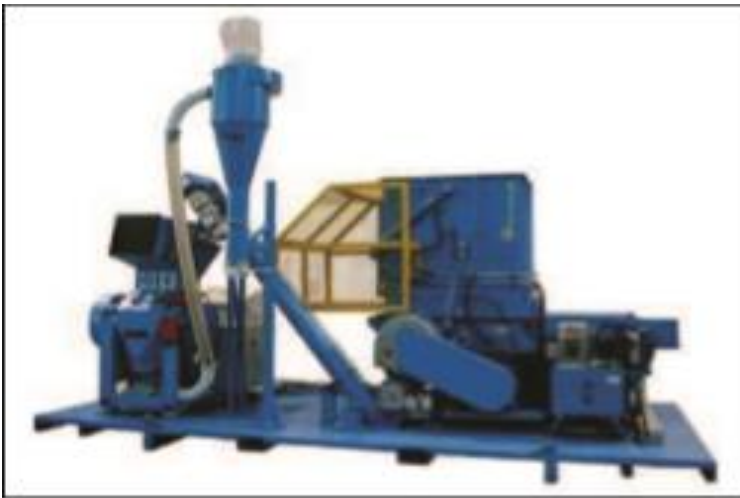
La solución que ofrece esta máquina con respecto al plástico, la relacionamos a continuación:

Sistemas de molienda, desertización y molienda de material plástico;

Sistemas de separación de fracciones líquidas o polvorizadas de productos ya confeccionados (sector embotellamiento y alimentario) (Pág. 169 – 183).

Después de un análisis minucioso optamos por seleccionar el molino triturador de cuchillas debido a las características ya antes mencionadas que se adaptan a las necesidades de la empresa de reciclaje

Gráfico N° 7. Molinos especiales



1.6. Características generales de los plásticos reciclables

Según JUTZ, Scharkus (1984): señala dos familias de plásticos, que son:

Los Termoplásticos y Los Termoestables

1.6.1. Termoplásticos:

Estos son plásticos fácilmente reciclables debido a que tienen la posibilidad de fundirse cuando se calientan y por tanto se pueden moldear repetidas veces sin que se alteren demasiado sus propiedades originales. No obstante, durante los distintos ciclos de reprocesado van sufriendo modificaciones por lo que su reciclado se limita a no más de 5 o 7 veces. Entre los termoplásticos más conocidos se relacionan: PEBD, PEAD, PP, PET, PVC, PS, EPS y PC.

1.6.2. Termoestables:

Estos son difíciles de reciclar debido a que están formados por polímeros con cadenas ligadas químicamente, con enlaces transversales, que hacen necesaria la destrucción de su estructura molecular para poder fundirlos y lo cual trae como consecuencias, a una alteración grande de sus propiedades originales. Entre los distintos termoestables que existen se pueden mencionar: resinas fenólicas, resinas ureicas, etc.

Como importante se debe destacar la poca compatibilidad, en cuanto a estructura química, de las dos familias, por lo que si se mezclaran se reducirían sus propiedades mecánicas respecto de las que poseen sin mezclarse.

Entre las ventajas que presentan los plásticos frente a otros materiales se pueden relacionar las siguientes:

Con respecto a su baja densidad son materiales muy ligeros.

Son materiales fácilmente moldeables, lo que facilita la obtención de productos con formas raras o complejas sin demasiado gasto de energía. Suelen ser materiales aislantes tanto térmicamente como eléctricamente. Son materiales resistentes a la corrosión y a los ataques de distintos agentes químicos, lo que les hace ser buenos materiales para envases y embalajes. Son muy versátiles por lo que se encuentran en campos tan dispares como la industria aeronáutica y la agricultura o la automoción y la industria de alimentación.

Como grandes inconvenientes de los mismos se pueden citar:

La contaminación que se produce durante la fabricación de los mismos, como cualquier otro proceso industrial.

Su porcentaje en volumen es elevado, resultado de la baja densidad de los mismos, y esto es un problema de espacio tanto en contenedores como en vertederos.

Ya reciclados aunque sea una vez, no se pueden utilizar para envasar productos de consumo humano.

Existen gran cantidad de plásticos que actualmente no se pueden reciclar pues serían necesarios procesos costosos e incluso imposibles.

Si se mezclan distintas familias de plásticos para reciclarlos pensando en una variante económica, se obtiene un producto de baja calidad.

Los plásticos que se consumen en grandes cantidades son:

- 1) PVC: cloruro de polivinilo.
- 2) PEAD: polietileno de alta densidad.
- 3) PET: polietileno tereftalato.
- 4) PP: polipropileno.
- 5) EPS: poliestireno expandido.
- 6) PC: policarbonato.

7) PS: poliestireno.

8) PEBD: polietileno de baja densidad.

Actualmente la cantidad de productos plásticos que circulan en el mercado es enorme y por tanto, la cantidad de residuos plásticos también es elevada. Considerando la alta resistencia de éstos a la degradación y que se obtienen a partir del petróleo, gas natural o carbón, fuente de energía no renovable y escasa, por lo tanto más cara según pasa el tiempo, se hace necesaria la recuperación y reciclaje de los mismos.

Después de un análisis investigativo se puede notar que la gran mayoría de envases son termoplásticos del tipo PET que debido a sus propiedades son los más idóneos para reciclar. (Pág.167-173)

1.7. Disposición de los desechos sólidos y su implicación en la salud

El investigador CORBITT, Robert A, indica que:” la mala disposición de los desechos sólidos facilita la transmisión de enfermedades. Se pueden transmitir diferentes tipos de enfermedades debido a la manipulación sin medios de protección, tales como disentería, diarreas, gastritis, infecciones de la piel, infecciones respiratorias.” (Pág.158)

Basándonos en las palabras del autor, el mal uso de los desechos inorgánicos puede acarrear serios problemas de salud y facilitar la proliferación de algunos virus, bacterias, hongos, parásitos; además se pueden reproducir gusanos, insectos (moscas zancudos, mosquitos, y cucarachas) y ratas.

1.8. Reciclaje

Los investigadores CAPUZ, Rizo Salvador y GÓMEZ, Navarro Tomás (2002) expresan que: “el reciclaje es una serie de actividades, incluyendo recogida, la separación, y el procesado, mediante las cuales los productos y otros materiales se recuperan desviándose de alguna manera de la corriente de residuos sólidos para ser utilizados en forma de materias primas en la producción de productos nuevos.” (Pág.146)

Según el autorreciclar es un proceso fisicoquímico, mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (basura), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos de los humanos que no necesitamos. El

reciclaje es fundamental en la ecología, se puede decir que es uno de sus pilares fundamentales.

De acuerdo a los autores, el reciclaje no es más que la acción y efecto de reciclar, aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse. El reciclaje implica dar una nueva vida y forma al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el número de materia no deseable para el medio ambiente.

1.8.1. Cadena de reciclaje:

La cadena de reciclado consta de varias etapas:

- Origen: que puede ser doméstico o industrial.
- Recuperación: que puede ser realizada por empresas públicas o privadas. Consiste únicamente en la recolección y transporte de los residuos hacia el siguiente eslabón de la cadena.
- Plantas de transferencia: se trata de un eslabón o voluntario que no siempre se usa. Aquí se mezclan los residuos para realizar transportes mayores a menor costo (usando contenedores más grandes o compactadores más potentes).
- Plantas de clasificación (o separación): donde se clasifican los residuos y se separan los valorizables.
- Reciclador final (o planta de valoración): donde finalmente los residuos se reciclan (papeleras, plásticos, etc.), se almacenan (vertederos) o se usan para producción de energía (cementeras, biogás, etc.)

Para la separación en origen doméstico se usan contenedores de distintos colores ubicados en entornos urbanos o rurales:

- Contenedor amarillo (envases): En este se deben depositar todo tipo de envases ligeros como los envases de plásticos (botellas, tarrinas, bolsas, bandejas, etc.), de latas (bebidas, conservas, etc.)
- Contenedor azul (papel y cartón): En este contenedor se deben depositar los envases de cartón (cajas, bandejas, etc.), así como los periódicos, revistas, papeles de envolver, propaganda, etc. Es aconsejable plegar las cajas de manera que ocupen el mínimo espacio dentro del contenedor.
- Contenedor verde (vidrio): En este contenedor se depositan envases de vidrio.

- Contenedor gris (orgánico): En él se depositan el resto de residuos que no tienen cabida en los grupos anteriores, fundamentalmente materia biodegradable.
- Contenedor rojo (desechos peligrosos): Como teléfonos móviles, insecticidas, pilas o baterías, aceite comestible o de vehículos, jeringas, latas de aerosol, etc.

1.8.2. Objetivos del reciclaje:

Los objetivos del reciclaje son los siguientes:

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- Protección del medio ambiente.

1.8.3. El reciclaje permite:

- Ahorrar recursos
- Disminuir la contaminación.
- Alargar la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos.
- Ahorrar energía.
- Evitar la deforestación.
- Reducir el 80% del espacio que ocupan los desperdicios al convertirse en basura.
- Ayudar a que sea más fácil la recolección de basura.
- Tratar de no producir toneladas de basura diariamente que terminan sepultadas en rellenos sanitarios.
- Vivir en un mundo más limpio.

El reciclaje siempre se ha visto desde un punto de vista ecológico que ayuda a prevenir la contaminación evitando el desperdicio de materia prima.

1.9. Reciclaje de Plásticos

1.9.1 Factores que afectan al reciclado de los plásticos

El investigador CHAUSIN, (2002), expresa que:” la vida de un envase o material plástico no es infinita. Por mucho que se alargue su vida útil mediante el reciclado su destino final es la incineración o el vertedero. Solo en algunos casos, únicamente el reciclado químico permite una pseudoinmortalidad, especialmente en aquellos en los que es aplicable la despolimerización con generación de los monómeros de partida”. (Pág.111)

De acuerdo con el autor, las botellas de plástico tienen un tiempo limitado de vida útil si este no es reciclado, por tal motivo hay que tomar en cuenta que el tratamiento que se le da a los residuos plásticos viene determinado por una serie de factores de muy distinta naturaleza, en muy pocos casos tecnológicos, y entre los que habría que destacar la disponibilidad de terrenos aptos para su uso como vertederos controlados, legislación medioambientales apoyos y subvenciones de autoridades gubernamentales, regionales y locales, etc.

En algunas partes del mundo los residuos son enterrados, en otros, se incineran como es el caso del país de Japón. Estas tendencias, son una forma de búsqueda a una solución a corto plazo.

El reciclado químico, hoy prácticamente en vías de implementación, es forma importante del reciclaje. Las unidades de incineración de residuos con generación de calor o electricidad son un valioso medio de explorar, debido al alto contenido energético de los plásticos, con poder calorífico intermedio entre el petróleo y el carbón.

Es necesario enfatizar que las presiones sociales, a través de las reglamentaciones políticas en materia de medio ambiente, son un factor decisivo en el futuro del reciclado de los plásticos.

Hay países que poseen programas de Eco- Emballages y Valorplast con el fin de la eliminación de los residuos, lo cual se contempla como una responsabilidad exclusiva de las autoridades locales que deberán establecer recogidas selectivas para los productos del sector del embalaje.

También en el sector del automóvil en muchos países como Alemania, en su Directiva se contempla que, los nuevos modelos de automóviles habrán de utilizar en su fabricación un 50% de plásticos reciclados. Además, establecieron una serie de normas básicas tales como:

1. Los fabricantes y vendedores, o sus representantes, están obligados a hacerse cargo de los vehículos al final de su vida útil, y sin coste.
2. Los materiales procedentes de vehículos usados deben reciclarse tan rápidamente como sea posible.

3. La industria y los comerciantes han de adquirir los medios necesarios para dismantelar los vehículos viejos y dar salida a los residuos no reutilizables.

4. Los nuevos productos han de diseñarse con vistas a su reciclado.

En la economía del reciclado de plásticos es de especial importancia, los problemas logísticos que se relacionan con la recogida y transporte de los residuos. La facilidad para su separación será función directa de la complejidad en la composición de los mismos.

Por lo antes mencionado, no es de extrañar que; salvo excepciones, las compañías no aborden el reciclado de forma individual e independiente, sino a través de proyectos comunes y dentro de organizaciones a nivel nacional.

Actualmente no existe una forma adecuada para el manejo y control de residuos plásticos por esa razón la iniciativa que estamos planteando ayuda a la conservación del medio Ambiente.

1.9.2. Etapas para reciclar el plástico:

Etapa: 1

Recolección: Todo sistema de recolección diferenciada que se implemente descansa sobre un principio fundamental, que es la separación de los residuos en dos grupos básicos:

a) Residuos orgánicos

b) Residuos inorgánicos

Dentro de la bolsa de los residuos orgánicos irían los restos de comida, de jardín, mientras que en la otra bolsa irían los metales, madera, plásticos, vidrio, aluminio.

Estas dos bolsas deberán ser colocadas en la vía pública y serán recolectadas en forma diferenciada, posibilitando de esta manera que se encaucen hacia sus respectivas formas de tratamiento.

Etapa: 2

Centro de reciclado: En el centro de reciclado se reciben los residuos plásticos mixtos compactados en fardos que luego son almacenados a la intemperie. Para el mayor conocimiento, es necesario decir, que existen limitaciones para el almacenamiento prolongado en estas condiciones, debido a que la radiación

ultravioleta puede afectar a la estructura del material, por lo que es aconsejable no tener el material expuesto más de tres meses a la intemperie.

Según el autor CAREAGA Juan A. (2008, Pág.16), se han identificado cuatro problemas principales en el reciclaje del PET:

Recolección, selección y almacenamiento. Volumen requerido para que sea factible la operación. Inexistencia de capacidad instalada para reciclar.

Inexistencia de mercados de usuarios finales para el material reciclado. El problema central para el reciclaje del PET, al igual que para todos los productos plásticos ligeros, es la recolección, la separación de otros componentes de los residuos y el almacenamiento.

El PET reciclado incluye los siguientes usos:

Una gran variedad de bienes caseros, desde juguetes hasta tapas de aerosoles.

Producción de fibra para ropa, bases de alfombras, cuerdas, velas de barco.

Envases no sanitarios, tanto en forma de botella como extruidos.

Un método reciente para introducir una capa de PET reciclada entre dos capas de PET virgen permite que este material extruido si pueda usarse en la producción de envases para alimentos y bebidas”.

Etapa: 3

Clasificación: Luego de realizar la recepción, entonces se pasa a efectuar una clasificación de los productos por tipo de plástico y color. La clasificación se puede realizar manualmente, pero se han desarrollado tecnologías de clasificación automática, que ya se utilizan en países desarrollados y de este modo se evitan enfermedades. Claro que este proceso se ve facilitado si existe una entrega diferenciada del material, lo cual podría hacerse con el apoyo y promoción por parte de los dirigentes en este caso municipales o del lugar que sea.

1.9.3. Sistema de reciclaje

Se define como una instalación con diversos equipos ligados en serie y que permiten el tratamiento completo del residuo hasta la obtención de un producto capaz de ser reutilizado como materia prima. Esta instalación está compuesta por módulos con funciones independientes interaccionadas para alcanzar el resultado pretendido. Pasamos a continuación a describir un ejemplo de una instalación base para reciclaje de plástico usado y con productos contaminantes.

Se abordará las siguientes fases del proceso:

1. Trituración

Dependiendo de los materiales a tratar se pueden utilizar dos o tres fases de trituración, clasificándolas como: Pre trituración o desgarrado, trituración media y trituración final o de afinase. Cuando el residuo sea de grandes dimensiones, o se presente en balas o fardos, es utilizada en una fase anterior, una guillotina para corte en trozos que faciliten su pre-trituración.

2. Lavado o descontaminación

En esta fase se pretende liberar el material de los contaminantes que lo acompañan, sea tierra (en filmes agrícolas u otros), sean restos de productos diversos (en los embalajes), papel, colas o incluso materias plásticas no compatibles. Los equipos utilizados en esta fase varían conforme a los materiales a tratar, y pueden actuar aisladamente o en conjunto para obtener el mejor resultado. Nos referimos a balsas de lavado y decantación, lavadoras con centrifugación e incluso trommel de lavado.

3. Secado

El material triturado y lavado transporta consigo cantidades considerables de agua que, a pesar de irse separando en los sinfines de transporte que hacen de unión de los diversos equipos del sistema y que son dotados de fondos en chapa perforada para facilitar esa separación, es necesario retirarla para que el material sea tratado, en la fase siguiente, por la extrusora, granceadora o peletizadora. Esta operación es ejecutada por centrifugadoras de alta rotación en cubas de chapa perforada permitiendo la salida de los líquidos y otras impurezas que se separan en el proceso de centrifugación.

1.9.4. Reciclado Mecánico

Para comenzar, se debe señalar que el reciclado mecánico es muy difundido en la opinión pública en general, no obstante, este proceso es insuficiente por sí solo para dar cuenta de la totalidad de los residuos plásticos.

El reciclado mecánico es conocido como un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización.

Evidentemente, los plásticos que son reciclados mecánicamente provienen de dos grandes fuentes:

1. De los procesos de fabricación, o sea, los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. A esta clase de residuos se la denomina scrap. El scrap es más fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación como el termo formado generan el 30-50% de scrap, que normalmente se recicla. Los provenientes de la masa de residuos sólidos urbanos. Estos a su vez, se dividen en tres clases:

a) Residuos plásticos de tipo simple: los que han sido clasificados y separados entre sí, los de distintas clases. b) Residuos mixtos: los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí. c) Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos: los que están mezclados con papel, cartón, metales.

1.9.5. Reciclado Químico

Cuando se habla de reciclaje químico, se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas o rotas dando origen nuevamente a la materia prima básica que puede ser reutilizada para fabricar nuevos plásticos.

Gracias a la industria petroquímica, el reciclado químico comenzó a ser desarrollado con el objetivo de lograr las metas propuestas para la optimización de recursos y recuperación de residuos plásticos en este caso. Es conocido que algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, o sea, que pueden tomar residuos plásticos mixtos reduciendo de esta manera los costos de recolección y clasificación. Dando como resultado, el origen a productos finales de muy buena calidad.

Existen variados procesos entre ellos los principales son:

1.9.6. Pirolisis

Es el craqueo o roturas de las moléculas por calentamiento en el vacío. Proceso que genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego también procesados en refinerías.

1.9.7. Hidrogenación

Es el tratamiento con hidrógeno y calor que en este caso se les da a los plásticos, en donde las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.

1.9.8. Gasificación

Se calientan los plásticos con aire o con oxígeno. A través de este procedimiento, también se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo, etc.

1.9.9. Chemolysis

Este es un proceso que se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Este proceso requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. El mismo consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.

1.9.10. Metanólisis

Es un avanzado proceso de reciclado, el cual consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para luego producir resina virgen. Se conoce que varios productores de polietilentereftalato intentan desarrollar este proceso para utilizarlo en las botellas de bebidas carbonadas.

Las experiencias desarrolladas por empresas como Hoechst-Celanese, DuPont e Eastman han demostrado que los monómeros resultantes del reciclado químico son lo suficientemente puros para ser reutilizados en la fabricación de nuevas botellas de PET.

1.10. Plástico tipo PET

GUTIÉRREZ M, expresa que: “Es el plástico que se utiliza para hacer las botellas de envase de refresco transparente y se denomina PET (polietileno de tereftalato)”. (Pág. 22)

De acuerdo al autor es el plástico más habitual de envases de alimentos y bebidas. Por ejemplo, botellas y botellines de agua mineral.

El PET, una vez reciclado, se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y, ocasionalmente, en nuevos envases de alimentos.

Es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan el PET y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales.

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termo conformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con esto se logra una mayor transparencia, la razón de su transparencia al enfriarse rápido consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente.

Según Ujat (2008, pág. 385) en su libro titulado Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2006 expresa que “Uno de los plásticos que más se desechan es el polietilentereftalato, PET, utilizado en la fabricación de botellas para envasar bebidas. La combustión de PET y otros plásticos pueden ocasionar la generación de sustancias sumamente tóxicas y persistentes en el medio ambiente como la dioxinas, entre otras”.

En concordancia con el autor el plástico PET es uno de los más utilizados en el mundo y es uno de los más tóxicos que desprende ciertas sustancias al medio ambiente muy perjudiciales para este y las personas, por tal motivo es de suma importancia que este tipo de plástico sea reciclado totalmente con la finalidad de volver a utilizarlos.

Capítulo 2: Diseño del molino de trituración de plásticos para el reciclado mecánico

Tema: Diseño del molino triturador de plástico para la empresa de reciclaje de Materias Primas de Matanzas.

2.2. Desarrollo de la Propuesta

2.2.1. Reciclaje mecánico

Se puede decir que el reciclar, representa uno de los mejores intentos de sanear el planeta en busca de un balance con el medio ambiente en el siglo XX. Se pueden mencionar como los beneficios del reciclado considerados como los más importantes los siguientes:

La conservación de recursos, la reducción de contaminantes, ahorros de energía, creación de trabajos y menor necesidad de rellenos sanitarios e incineradores. Mediante este proceso se recogen los plásticos de los procesos de fabricación de las diferentes industrias petroquímica o transformadora. El procesamiento de materiales plásticos utilizados consiste en trocear el material plástico para introducirlo posteriormente en una máquina para luego molerlo.

Este tipo de reciclado al que se refiere en este proyecto presenta dos problemas fundamental:

1. 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;
2. La dificultad para separar los distintos tipos de plásticos es inminente.

Se debe conocer que el proceso de reciclado se puede realizar varias veces, pero considerando que cada vez que se desarrolla el mismo, el material tiende a perder entre los 5 y 10% de sus propiedades mecánicas, y estos se recuperan agregándole ciertos aditivos para restituirlos.

Mediante el reciclado mecánico también se pueden fabricar otros tipos de materiales derivados, como pudieran ser un ejemplo los aglomerados, teniendo en cuenta que este proceso genera también algunos residuos. Hay que reconocer, que estos aglomerados son útiles para aislamiento o para revestimiento de baja calidad.

2.2.2. Propiedades del PET

A continuación se describen las propiedades y las características del plástico TEREFALATO DE POLIETILENO (PET).

- Alta rigidez y dureza
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes
- Superficie barnizable.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- El PET es un plástico técnico de gran calidad para numerosas aplicaciones.

Entre ellas destacan:

- Fabricación de piezas técnicas.
- Fibras de poliéster.
- Fabricación de envases.

Por ello, entre los materiales más fabricados destacan: envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos.

Gráfico N° 8. Propiedades del PET

PROPIEDADES FÍSICAS	
Absorción de agua - Equilibrio (%)	< 0,7
Densidad (g/cm ³)	1,3 - 1,4
Índice refractivo	1,58 - 1,64
Inflamabilidad	Auto extinguable
Resistencia a los ultravioletas	Buena
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Coefficiente de fricción	0,2 - 0,4
Dureza – Rockwell	M94 – 101
Resistencia a la tracción (Mpa)	190 – 160
Resistencia al impacto (Jm ⁻¹)	13 – 35
RESISTENCIA QUÍMICA	
Ácidos concentrados	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Grasas y aceites	Buena
Halógenos	Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable

2.3. Diseño del equipo

Para comenzar se debe argumentar, que a través del tiempo, la molienda de los materiales plásticos en específico, ha sido considerada muy importante para el reciclado de forma general;

Antiguamente, la molienda de materiales plásticos no era una operación de alta tecnología pero en la actualidad, se han desarrollado equipos capaces de procesar grandes cantidades de material con gran eficacia.

Hoy en día, se han diseñado equipos que realizan en una sola etapa los procesos de lavado y triturado del plástico, aunque lo conveniente sería, desarrollar los procesos de lavado y triturado por separado.

Se puede añadir que en principio el desarrollo de una trituradora con características para moler cualquier volumen de plásticos, debe incluir una tolva diseñada para eliminar el ruido que se produce u ocasiona durante la molienda del plástico, se debe incluir también una criba que permite pasar las hojuelas de plástico con las dimensiones que se propongan como pueden ser por ejemplo, en una máquina que molera 275 kg/hr, las dimensiones de las hojuelas oscilarían entre 2" o $\frac{3}{4}$ " según los criterios que sean requeridos.

Por lo general, los molinos diseñados para capacidades de 200-300 kg/hr y 300-500 kg/hr, contienen motores de 10, 15 y 30 hp respectivamente; éstos molinos son del tipo rotor abierto, posibilitando estas características moler las botellas de PET enteras sin la necesidad de aplastarlas antes de alimentarlas a la trituradora.

2.4. Características constructivas de un molino de plásticos

2.4.1. Cámara De Molienda

Pueden ser construidas completamente con placas de acero rectificadas, de 6.35mm o ajustarse las medidas según el tamaño del mismo. Su diseño debe incluir un fácil acceso para una rápida y cómoda operación de limpieza.

2.4.2. Cuchillas

Deben ser fabricadas con un acero resistente que garantice una alta resistencia al impacto y la máxima durabilidad de los filos de corte, como lo es el acero D-2 con alto contenido de cromo y tratadas técnicamente a 58/59 rc.

2.4.3. Poleas

Maquinadas de placa de acero, son sujetadas al rotor por medio de asiento cónico y cuñero de seguridad. Evidentemente, un adecuado efecto de inercia asegura una operación suave y uniforme.

2.4.4. Cribas

Es un sencillo sistema de sujeción que posibilita ser removidas en muy pocos segundos, se pueden fabricar en placas roladas de acero de alta calidad. Se pueden diseñar en diferentes diámetros de barrenos.

Gráfico N° 9. Componentes de la Trituradora convencional



La molienda del Polietileno de Tereftalato (PET) se debe realizar dentro de un molino de cuchillas giratorias, y estas cuchillas tienen como función triturar las botellas hasta convertirlas en hojuelas con dimensiones determinadas y específicas, estas cuchillas van unidas a portacuchillas; los portacuchillas a su vez van unidos a un eje rotatorio por medio de cuñas y colocado sobre un par de chumaceras; en un extremo del eje se encuentra acoplado un volante de inercia, este tiene como función el almacenamiento de energía para moderar las fluctuaciones de la velocidad a la que gira el eje cuando se esté triturando el Polietileno de Tereftalato (PET), y por el otro extremo del eje está unida una polea que forma parte del sistema de transmisión de potencia, como se aprecia en la figura antes expuesta.

Es necesario conocer que para determinar la capacidad de un molino de plástico, se debe considerar la cantidad de plástico que se desea triturar, la velocidad con la que el material será alimentado y la forma y el cómo el material será transportado después de que se obtiene. Todos los factores antes expuestos, ayudan a determinar el tamaño o dimensiones apropiadas de la trituradora y sus partes, como pueden ser:

El sistema de alimentación, La cámara de molienda, La disposición del rotor y las cuchillas, La velocidad de giro del rotor, La potencia del motor, La configuración de la criba y El sistema de extracción del material molido.

Otro aspecto que se vuelve necesario para el proceso de molienda lo es también conocer apropiadamente todas las características que posee el material que se va o pretende moler, debido a que sobre las bases de estas características se determinará el material en se elaborarán las cuchillas y sus respectivas dimensiones.

El molino debe estar constituido por una tolva en su parte superior, la cual tendrá dentro de sus funciones posicionar el PET directamente al sistema de trituración.

Se debe acentuar que para obtener las dimensiones exactas de las hojuelas de PET es completamente imprescindible y necesario incluir al sistema una criba; este, es un componente fundamental para la trituradora, debido a que es el factor determinante de las dimensiones de las hojuelas resultantes del proceso de molienda.

La potencia del aparato se debe determinar considerando la velocidad de alimentación de PET a la cámara de molienda y en la inercia de cada uno de los componentes del sistema, tomando en cuenta que la inercia es la energía que adquiere el eje, los portacuchillas, la polea y el volante de inercia cuando se encuentran en movimiento. Para transmitir esta potencia que se genera por el motor eléctrico se debe calcular la transmisión de potencia por medio de bandas.

En esta figura: muestra el desarme despiece de un equipo de trituración convencional.

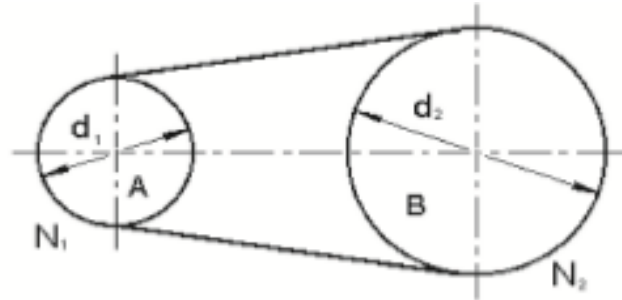
Gráfico N° 10. Trituradora o molino de plástico para Polietileno de Tereftalato (PET)



Para determinar las medidas de las partes más importantes que conformaran la máquina, es necesario realizar los siguientes cálculos:

2.5. Revoluciones del eje

Gráfico N° 11. Transmisión por poleas



Formula: $N_1 \cdot d_1 = N_2 \cdot d_2$

N_1 = Velocidad de la polea de entrada (velocidad del motor)

d_1 = Diámetro de la polea de entrada

N_2 = Velocidad de la polea de salida (velocidad del eje)

d_2 = Diámetro de la polea de salida

$N_1 = 1800 \text{ rpm}$

$d_1 = 4.5 \text{ plg} = 11.43 \text{ cm}$

$d_2 = 6.0 \text{ plg} = 15.24 \text{ cm}$

$N_2 = N_1 d_1 / d_2 = 1800 \text{ rpm} \cdot (11.43 \text{ cm}) / 15.24 \text{ cm} = 1350 \text{ rpm}$

2.6. Cálculo de las fuerza de la cuchilla

Potencia = $10 \text{ HP} \cdot 745.6998 \text{ W} / 1 \text{ HP} = 7457 \text{ W}$

Velocidad del eje = $1350 \text{ rev} / \text{min} \cdot 2\pi \text{ rad} / 1 \text{ rev} \cdot 1 \text{ min} / 60 \text{ seg} = 141.37 \text{ rad} / \text{seg}$

Capacidad del molino = $40 \text{ kg} / \text{h}$

Torque = potencia / velocidad angular = $7457 \text{ W} / 141.37 \text{ rad} / \text{seg} = 52.75 \text{ Nm}$

Diámetro del eje = $3 \text{ pulg} = 76 \text{ mm}$, Radio del eje = $38 \text{ mm} = 0.038 \text{ m}$

Tabla N° 1. Cálculos para la Fuerza sobre la cuchilla

Potencia (HP)	Potencia (W)	W (rad/seg)	Torque (Nm)	Radio (m)	Fuerza (N)	Capacidad (Kg/h)
10	7457	141.37	52.75	0.038	1388.16	40

2.7. Cálculo de bandas y poleas

Potencia del motor: 10HP

RPM del motor: 1800rpm

RPM del eje del molino: 1350rpm

Diámetro de la polea mayor: 6 pulgadas

Diámetro de la polea menor: 4 pulgadas

2.8. Longitud de la banda

Formula:

$$L=2C \cos \alpha + \pi \frac{D+d}{2} + \pi \alpha \frac{(D-d)}{180^\circ}$$

Dónde:

L=Longitud de la banda

C=Longitud de centro a centro

D=diámetro mayor

d=diámetro menor

$\alpha = \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$ en grados

Longitud de centro a centro=20.56"=52.21cm

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} = \sin^{-1} \frac{15.24\text{cm} - 11.43\text{cm}}{2(52.21)} = 2.09^\circ$$

$$L=2(52.21)\cos 2.09^\circ+(\pi 15.24+11.43/2)+\pi 2.09^\circ(15.24-11.43)/180^\circ\text{cm}$$

$$L=146.38\text{cm}=57.63''$$

2.9. Factor de servicio

Para comprobar que la longitud de la banda es la correcta se puede aplicar la siguiente fórmula, que requiere que todas las longitudes se encuentren con la respectiva conversión a pulgadas:

Fórmula:

$$L=2C+1.57 D+d+(D+d)^2/4C$$

$$L=2(20.56'') + 1.57 (6''+4.5'') + (6''-4.5'')^2/4(20.56'')$$

$$L=57.53'' * 2.54\text{cm}/1''=146.38\text{c}$$

Es un indicador de la capacidad de sobrecarga que puede soportar un motor eléctrico, en un determinado tiempo de operación, más no es recomendable sobrecargar la potencia del motor. Este factor de servicio es una capacidad adicional que el motor ejerce ante una sobrecarga, por ello un motor sobrecargado recibe mayor corriente eléctrica que la nominal, produciéndose calentamiento y reduciendo su vida útil, y baja la eficiencia de operación del motor. Se ha determinado que el factor de servicio por lo general para un motor de 10 HP es de 1.15

Tabla N° 2. Factor de servicio

Motores eléctricos(trifásicos AC)	Factor de servicio
Máquina de elemento giratorio y vibratorio	1.15

2.10. Cálculo de la potencia ante sobrecarga

La potencia de sobrecarga del motor es producto de potencia nominal por el Factor de servicio ante sobrecargas, también es conocida como potencia de diseño o potencia efectiva, para cálculos posteriores se tomará con dato para la potencia de transmisión para el número de bandas.

Potencia efectiva =Potencia nominal* factor de servicio

Potencia efectiva= 10HP * (1.5)

Potencia efectiva= 11.5HP

2.11. Factor de carga

La potencia nominal de un motor eléctrico indica la potencia mecánica de salida, o en otras palabras la potencia que puede entregar el motor en su eje. Por lo tanto el factor de carga es un índice que determina la potencia que proporciona o entrega el motor cuando ya se encuentra en funcionamiento o en operación, con relación a la potencia que puede entregar, entonces se tiene que:

Fórmula:

Factor de carga=Potencia real entregada/Potencia de la placa del motor

Para un motor de 10HP el factor de carga es equivalente a 89.5%, por lo tanto; despejando la potencia real entregada, es:

Potencia real= Factor de carga * Potencia de la placa del motor

Potencia real entregada=89.5%/100% * 10HP

Potencia real entregada= 8.95HP

Por ello la justificación técnica para un motor de 10 HP, ya que la potencia entregada por los motores eléctricos en operación disminuye por el factor de carga.

2.12. Selección de la sección transversal de la banda tipo v

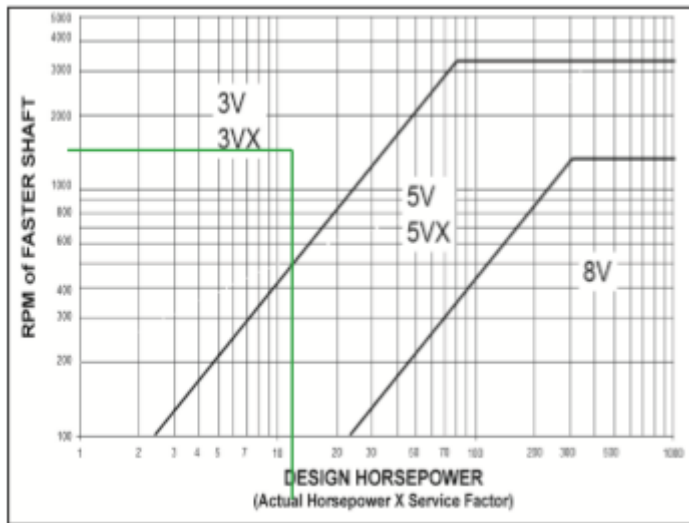
Mediante la tabla de selección de bandas tipo 3V, 5V y 8V, se determina el tipo de banda tipo V, considerando los siguientes datos:

Potencia efectiva=11.5HP

Revoluciones del motor=1800RPM

Revoluciones del eje=1350RPM

Gráfico N° 12. Selección de sección transversal



La selección adecuada para los requerimientos de diseño es una banda tipo 3V, de acuerdo al diagrama de sección transversal de bandas.

2.13. Hp por banda y factor de corrección de longitud

Diámetro de la polea motor, diámetro de la polea del eje, Hp por banda, tamaño de la banda y factor corrección de longitud.

Tabla N° 3. Datos de la polea

Diámetro de la polea menor	Diámetro de la polea del eje	Tamaño de la banda	HP por banda	Factor de corrección de longitud
4.5"	6"	57.63"	2	0.83

2.14. Arco de contacto

La polea que afecta directamente en la vida útil de la banda es la del diámetro menor, por ello es necesario determinar el ángulo de contacto sobre esta polea. El cálculo del ángulo de contacto (A) de la banda sobre la polea menor se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$A=180-57 (D-d)/C$$

Dónde:

A es el ángulo de contacto sobre la polea menor, en °

C es la distancia entre ejes de poleas;

d es el diámetro de la polea menor;

D es el diámetro de la polea mayor.

Reemplazando datos se obtiene:

$$A=180-57(6''-4.5'')/20.56$$

$$A=175.84^{\circ}$$

Tabla N° 4. Factor de corrección respecto al Arco de contacto

FACTOR DE CORRECCION		
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86
127°	0.85	0.85
124°	0.84	0.84
120°	0.82	0.82
118°	0.81	0.81
115°	0.80	0.80
113°	0.79	0.79
110°	0.78	0.78
108°	0.77	0.77
106°	0.77	0.77
104°	0.76	0.76
102°	0.75	0.75
100°	0.74	0.74
98°	0.73	0.73
96°	0.72	0.72
4°	0.71	0.71

2.15. Número de bandas

El número de bandas se calcula a partir de la Potencia base (Pb), que es la potencia del motor (10HP), afectada por los coeficientes correctores por la longitud de la banda (FbL=0.83) y por el arco de contacto de la banda con la polea menor (FcA=0.76), para la Potencia efectiva por banda se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pe = Pb + FbL + FcA$$

$$Pe = (10HP) * 0.83 * 0.76$$

$$Pe = 6.308HP$$

Para el cálculo de las bandas requeridas es necesaria la potencia de transmisión y la potencia efectiva por la banda, entonces se tiene:

$$\text{Número de bandas} = \text{Potencia de transmisión} / \text{Potencia efectiva de bandas}$$

$$\text{Numero de bandas} = 11.5HP / 6.308HP$$

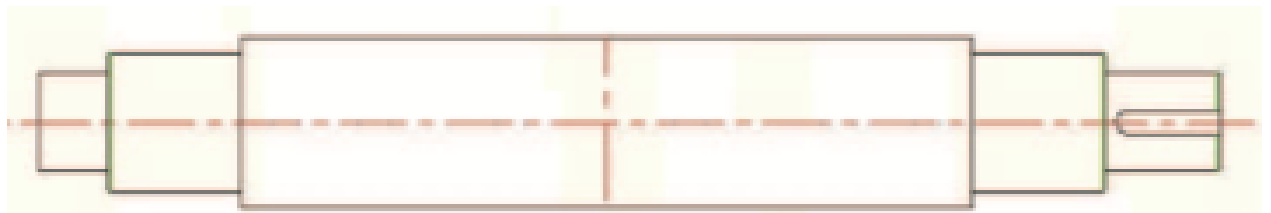
Número de bandas= 1.82 aprox.=2 bandas

Para la transmisión de potencia entre polea mayor y menor es requerido 2 bandas tipo 3V, del motor de 1800 RPM a la polea del eje con una velocidad de 1350 RPM.

2.16. Longitud y diámetro del eje

La longitud de diseño del eje es de 76.52 cm y el diámetro del eje es de 76mm, como se detalla en la figura siguiente:

Gráfico N°13. Eje del molino



2.17. Características del metal del eje

Está hecho del siguiente metal: ACERO AISI-SAE 1045, que tiene las siguientes características técnicas:

Tabla N° 5. Acero AISI-SEA 1045

1. Descripción: es un acero utilizado cuando la dureza y resistencia son necesarios en condición de suministro. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Ante prácticas de soldadura, presenta una soldabilidad adecuada.
2. Normas involucradas: ASTM A108
3. Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb), Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI), Esfuerzo máximo: 565 MPa (81900 PSI), Elongación 16% (en 50 mm), Reducción de área (40%), Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI) Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm ³ , (0.284 lb/in ³)
5. Propiedades químicas: 0.43 – 0.50 % C, 0.60 – 0.90 % Mn, 0.04 % P máx., 0.05 % S máx.
6. Usos: los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.
7. Tratamientos térmicos: se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

2.18. Características del metal de la cuchilla

Las cuchillas del molino son maquinadas en Acero D2, acero que tiene las siguientes características técnicas:

Tabla N° 6. Acero D2

1. Características: Acero al alto carbón y alto cromo. Dimensionalmente estable de excelente rendimiento al corte y resistencia al desgaste. Especialmente apto para temple al aire.
2. Composición: C (1.5%), Mn (0.35%), Si (0.35%), Cr (11.80), Mo (0.85%), V (0.85%)
3. Normas: SAE/AISI (D2), DIN 1.2379, JIS SKD11
4. Propiedades físicas: Módulo de elasticidad (30psix106), Densidad: 7695 Kg/m ³ .
5. Aplicaciones típicas: Estampado y formado, matrices y punzones, troquelado y perforado, rodillos, troquelado fino, dados para acuñado, herramientas de roscado, trituradoras de llantas, partes de desgaste, dados de laminación, insertos para moldes, cuchillas, slitters y cizallas, husillos y puntas para

inyección de plástico, cuchillas para molino de plástico, cuchillas para molino de plástico.

2.19. Cálculo de fuerzas sobre el eje y reacciones sobre chumaceras

Para determinar este cálculo se trabajará con la densidad del metal del eje y la densidad del metal de las cuchillas. Para el peso del eje se tiene: Densidad= 7.83g/cm³, L= 76.52cm, D=76,2mm, R=3.81cm, por lo tanto:

$$V=A * L$$

$$V=\pi R^2 * L$$

$$V=\pi (3.81\text{cm})^2 * (76.52\text{cm})$$

$$V= 3489.60\text{cm}^3$$

$$M= d * V= 7.83\text{g/cm}^3 * 3489.60\text{cm}^3 * 1\text{kg}/1000\text{g}= 27.32\text{kg}$$

$$P (\text{eje}) = m * g=27.32 \text{ kg} \quad 9.8\text{m/s}^2 =267.64\text{N}$$

Para el peso de la cuchilla se tiene: Densidad= 7695kg/m³= 7.695g/cm³, Espesor (e)= 20mm=2cm, D=36cm, R=18cm, por lo tanto:

$$V= A * L$$

$$V= \pi R^2 * L$$

$$V= \pi (18\text{cm})^2 * (2\text{cm})$$

$$V= 2035.75\text{cm}^3$$

Se debe restar el siguiente volumen (91.20cm³) equivalente al agujero de la cuchilla por el eje, ya que la cuchilla se acopla al mismo, entonces:

$$V= 2035.75\text{cm}^3 - 91.20\text{cm}^3$$

$$V= 1944.55\text{cm}^3$$

$$m= d * V= 7.695\text{g/cm}^3 * 1944.55\text{cm}^3$$

$$P (\text{eje}) = m * g= 14.96 \text{ kg} \quad 9.8\text{m/s}^2= 146.61 \text{ N}$$

Se toma en cuenta el peso adicional por segundo que soportará el eje por la carga de 40Kg/h equivalente a 0.01kg, que tiene un peso de:

$P=m * g=(0.01\text{Kg})(9.8\text{m/s}^2)=0.11\text{N}$ que por ser un valor bajo, se lo considera despreciable.

Gráfico N°14. Diagrama de Fuerzas

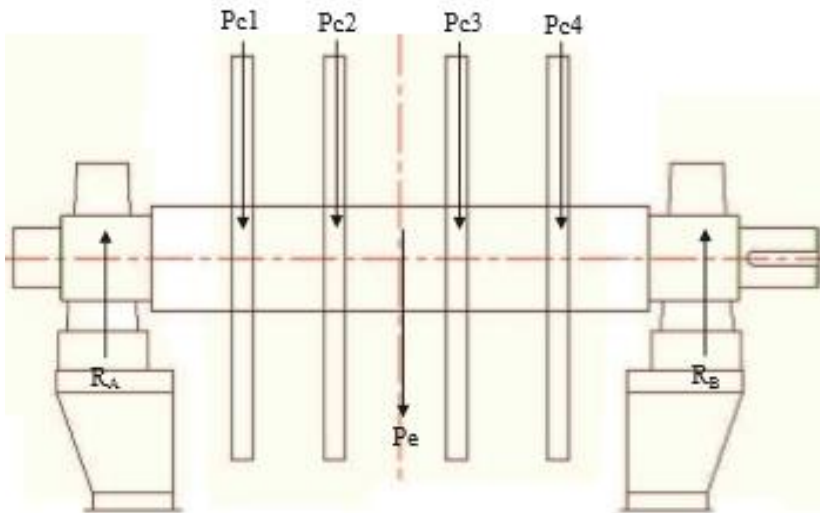
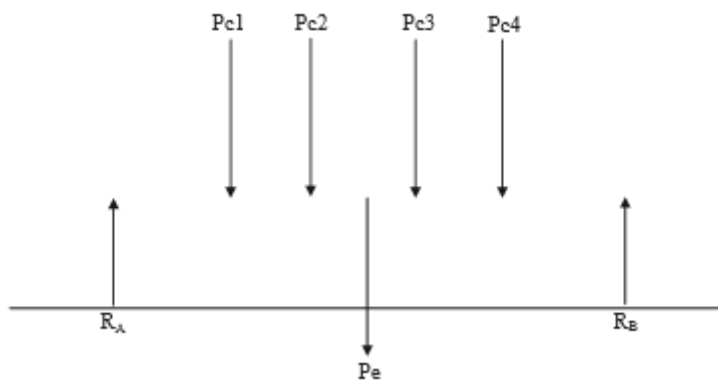


Gráfico N° 15. Distancias entre Fuerzas



$$R_A P_{c1} = 13.30\text{cm} = 0.133\text{m}$$

$$R_A P_{c2} = 22.10\text{cm} = 0.221\text{m}$$

$$R_A P_e = 28.27\text{cm} = 0.2827\text{m}$$

$$R_A P_{c3} = 33.75\text{cm} = 0.3375\text{m}$$

$$R_A P_{c4} = 43.30\text{cm} = 0.433\text{m}$$

$$R_A R_B = 56.60\text{cm} = 0.566\text{m}$$

Donde:

R_A =Reacción en la chumacera A

R_B =Reacción en la chumacera B

P_e =Peso del eje=267.74N

P_c =Peso de la cuchilla=146.61N

P_{c1} = Peso en la cuchilla 1 y así sucesivamente con las siguientes cuchillas, todas tienen el mismo peso.

Por condición de equilibrio:

$$F_y = 0$$

$$R_A + R_B - P_{c1} - P_{c2} - P_{c3} - P_{c4} - P_e = 0$$

$$R_A + R_B = 4P_c + P_e$$

$$R_A + R_B = 4(146.61\text{N}) + 267.74\text{N}$$

$$R_A + R_B = 854.18\text{N}$$

$$R_A P_{c1} = 13.30\text{cm} = 0.133\text{m}$$

$$R_A P_{c2} = 22.10\text{cm} = 0.221\text{m}$$

$$R_A P_e = 28.27\text{cm} = 0.2827\text{m}$$

$$R_A P_{c3} = 33.75\text{cm} = 0.3375\text{m}$$

$$R_A P_{c4} = 43.30\text{cm} = 0.433\text{m}$$

$$R_A R_B = 56.60\text{cm} = 0.566\text{m}$$

$$M_A = 0$$

$$R_B R_A R_B - P_{c1} R_A P_{c1} - P_{c2} R_A P_{c2} - P_{c3} R_A P_{c3} - P_{c4} R_A P_{c4} - P_e R_A P_e$$

$$R_B = (P_{c1} R_A P_{c1} + P_{c2} R_A P_{c2} + P_{c3} R_A P_{c3} + P_{c4} R_A P_{c4} + P_e R_A P_e) / R_A R_B$$

$$R_B = (P_c (R_A P_{c1} + R_A P_{c2} + R_A P_{c3} + R_A P_{c4}) + P_e R_A P_e) / R_A R_B$$

$$R_B = (146,61 * (0.133 + 0.221 + 0.3375 + 0.433) + (267.74 * 0.2827)) / 0.566$$

$$R_B = 425\text{N}$$

$$R_A = 854.18\text{N} - R_B$$

$$R_A = 854.18\text{N} - 425\text{N}$$

$$R_A = 429.18\text{N}$$

2.20. Cálculo de esfuerzos en las chumaceras

El esfuerzo es la intensidad de la distribución interna en cuerpo, de las fuerzas que resisten los cambios propulsado por fuerzas externas. Se mide en unidades de fuerza por unidad de área, una vez determinado las reacciones en las chumaceras, se puede determinar el esfuerzo, para ello debemos tomar en cuenta el área de:

$$A = l * l$$

$$A = 5.39\text{cm} * 8.58\text{cm}$$

$$A = 0.0539\text{m} * 0.0858\text{m}$$

$$A = 4.625 * 10^{-3}\text{m}$$

Chumacera A:

$$S_A = R_A / A$$

$$S_A = 429.18\text{N} / 4.625 * 10^{-3}\text{m}$$

$$S_A = 92795.68\text{Pa} = 93\text{KPa}$$

Chumacera B:

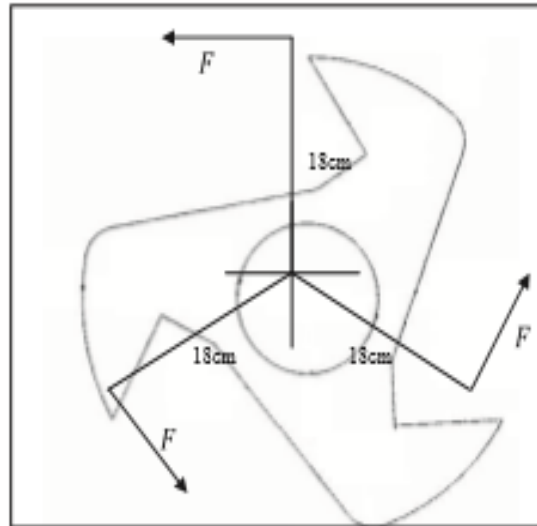
$$S_B = R_B / A$$

$$S_A = 425\text{N} / (4.625 * 10^{-3}\text{m})$$

$$S_A = 91891.9 \text{ Pa} = 92\text{KPa}$$

2.21. Torque de las cuchillas

Gráfico N°16. Cuchilla del molino vista frontal



Considerando el diámetro de la cuchilla = 36cm, por el ende la dimensión del radio es 18cm, la fuerza sobre la cuchilla es 1388.16N, se puede determinar el torque sobre la cuchilla

Torque= Fuerza * Radio

$$T = 1388.16N * 0.18m$$

$$T = 249.87Nm$$

2.22. Especificaciones técnicas del molino de plástico

Modelo: 40030-MP

Medida Caja de Corte: 400*300mm

Largo de Cuchillas Móviles: 385mm (x3)

Largo de Cuchillas Fijas: 400mm (x2)

Diámetro de Rotor: 300 mm

Dimensiones: 1300 x1700 x 1000 mm

Numero de Cuchillas Móviles: 3

Número de Cuchillas Fijas: 2

Estas Cuchillas serán de Material ACERO D2

Eje Acero 1045 –Diámetro 3 Pulgadas (76mm)

Poleas en Aluminio

Rodamientos de Tipo Pie

Diámetro de Agujeros Zaranda: 13mm.

Peso Total: 320Kg

Potencia de Motor: 10HP

2.23. Motor Eléctrico de potencia 10HP

Motor de Procedencia China con Sello de Aprobación en Laboratorio de Motores EPLI-PERU

Velocidad=1800 rpm

Voltaje=220V

Frecuencia=60Hz

Capacidad General: 30-120 kilos por hora, granulometría a obtener 40kg/hora, tamaño granulometría 1/2”.

2.24. Componentes del Molino

El Molino está compuesto de 5 partes principales

1. El Bastidor

Que es la armadura soporte de la caja está compuesto de viga 140 mm de ala y ángulos 65x65x6mm que están soldados con electrodo soldadura E-7018 y en una máquina eléctrica de soldar marca Lincoln Tipo, cuenta con 4 hojalillos para fijar o anclar al piso, usar 04 pernos de .

2. Caja Inferior de Corte

Que está fijado al bastidor por medio de 6 pernos de x 1, está compuesto de planchas en acero A-36 soldados eléctricamente con electrodo soldadura E-7018, espesor de la placa lateral 15mm, este componente aloja al eje rotor de cuchillas móviles (3 unidades) así como a las cuchillas fijas (2 unidades).

3. Eje Rotor de Cuchillas

Está formado de un acero-1045 de diámetro 3" (76mm), en el cual esta mecanizado por la máquina herramienta (torno) el lado derecho para el Soporte de pie rodamiento y la parte izquierda para el otro soporte de pie rodamiento y para alojar a la polea de transmisión.

En la parte central están fijados por soldadura eléctrica los soportes de espesor 25mm fijados en forma perpendicular al eje con diseño óptimo para alojar a las 3 cuchillas móviles en sus asientos de espesor de 20mm. Se usan para fijar las cuchillas móviles 3 pernos de x2".

4. Caja Superior de Corte

Está formada por planchas de espesor 15 mm, 6 mm, 3 mm y 2 mm soldados eléctricamente con electrodo E-7018 y con E-6011 la parte de la entrada de la tolva.

2.25. Producto ha Moler

Conforma la parte de cierre del molino y que tiene diseño que permite facilitar la molienda

(5) -Motor Eléctrico

Es el componente que da la energía al molino está ubicado en el bastidor por medio de 4 pernos de medidas 7"/16 x 1 1"/2

2.26. Modo de funcionamiento

Establecer el giro horario respecto al lado de transmisión

2.26.1 Afilado de Cuchillas

Afilar cada 8 horas de trabajo diario moliendo botellas P.E.T. y cada 20 horas para moler plástico de inyección tipo gavetas, cajas.

2.26.2 Engrase de Chumaceras

Cada 24 horas de trabajo continuo.

2.26.3 Ajuste de Pernos

Cada 8 horas de trabajo continuo.

2.26.4 Normas de seguridad

Los molinos de plásticos, por sus características de diseño, generan una gran cantidad de polvos, debido a que estos trituran los pedazos de plástico que son alimentados por la entrada del mismo, el material plástico pasa por entre las cuchillas que giran a gran velocidad y por las altas revoluciones que genera el motor eléctrico en este proceso, por lo que gran parte de la materia sólida se desintegra.

Como ya se conoce, la desintegración de la materia física, evidentemente genera polvos de diferentes tamaños, los cuales salen por diferentes aberturas dentro del molino de plástico, provocando que se aprecie en el medio ambiente laboral, la presencia de estos contaminantes, exponiendo a los operadores de éstos durante toda la jornada laboral.

Dentro de la importancia de este proyecto que se desarrolla, se encuentra la reducción del riesgo de adquirir una enfermedad laboral generada por la presencia de polvos que circulan en el medio ambiente y lugar de trabajo luego de implementar el molino triturador de plástico en la microempresa Santa Anita.

Basados en la Norma Oficial ISO: 1401 vigente al momento de la realización del mismo, se puede argumentar, que esta indica que se hará el reconocimiento de los polvos que existen en el centro de trabajo, además, se determinarán las características físicas de los mismos, utilizando las hojas de datos de seguridad del PET que se muele, los que generan los polvos, luego se describirán las vías de ingreso de estos polvos, el tiempo y la frecuencia de la exposición a la que se encuentran sometidos los trabajadores.

Segunda fase: Se determinará el número de trabajadores que se exponen al polvo para el cálculo la muestra, luego, mediante la selección de un método cuantitativo a través de encuestas, se determinará la cantidad de polvo que se encuentra dentro del ambiente de trabajo, utilizando algún método gravimétrico, los cuales se encuentran descritos en la Norma Oficial ISO: 1401 vigente.

Tercera fase: Ya en función de los resultados de la medición, se desarrollará el control del contaminante, sobre la base a los criterios establecidos en la ISO: 1401 donde se determinarán las acciones y controles necesarios en vías de disminuir el riesgo de desarrollo de enfermedades ocupacionales del personal que se expone al polvo.

Si al establecerse la comparación contra los niveles establecidos en la normatividad referida indica que se está ante una situación segura, entonces se llevaría a cabo un control periódico para determinar si se sigue en la misma línea y de la misma manera. Si fuese lo contrario, y se encontrara que la situación es peligrosa, entonces, se tendrá que actuar de inmediato sobre los

contaminantes, a través de un control ambiental, que será propuesto según sea el caso.

Sobre la base de lo anterior, se ejecutará para el cumplimiento de los objetivos propuestos dentro de esta propuesta de trabajo de protocolo de tesis, evaluar el área laboral donde se ubicará el molino de la empresa Juan Gualberto Gómez.

2.26.5. Clasificación de los polvos

Existen diferentes clasificaciones de los polvos: sobre la base a su tamaño, forma, composición y efectos diversos, considerando lo expuesto, los polvos se pueden sedimentar en base a su forma y tamaño, de lo que dependerá hasta que parte de nuestro sistema respiratorio este pueda penetrar, entre más pequeñas sean las partículas del polvo, mayor será la probabilidad de afectación al sistema respiratorio del trabajador que se encuentre expuesto al mismo sin medios de protección.

Los polvos se pueden apreciar o ser vistos a simple vista (Mayor de 40μ) e inhalado (Con tamaño menor a 10μ). E incluso respirado al interior del organismo (puede penetrar a hasta los pulmones. Con tamaño inferior a 5μ)

2.26.6. Toxicología de los Polvos

REPETTO M, describe a los polvos como “un sólido, partícula mecánicamente producida de tamaño que van desde lo microscópico hasta lo macroscópico”.pág 47

Una vez que se haya realizado un análisis para determinar las características fisiológicas de los polvos de PET, se procederá entonces a la determinación de si estas características, junto con las concentraciones que se pudieran encontrar, pueden conducir a una enfermedad profesional o no.

Para el manejo del molino de plásticos como en todo tipo de manejos de equipos, se corren diversos riesgos, principalmente riesgos físicos, por lo tanto es necesario llevar protección entre ellas:

Tipos de Protecciones a utilizar para operar el molino de plástico:

- Guantes mixtos
- Casco de seguridad
- Protección auditiva
- Protección de los ojos
- Protección del aparato respiratorio
- Protección de extremidades inferiores
- Ropa de trabajo

2.26.7. Guantes mixtos:

La palma de la mano deberá ser cubierta de cuero en su totalidad, la parte que cubre el dorso de la mano es de lona con una cinta de cuero que cubre tanto las yemas, uñas de los dedos y nudillos, a diferencia de los guantes de cuero estos cubren la mano hasta la altura de la muñeca y son utilizados en toda actividad en la que se dé aplicación de fuerza, levantamiento de cargas o en toda actividad en la que los trabajadores le den utilidad.

Son los más utilizados dentro de la planta pero de la misma forma son los que con mayor frecuencia son cambiados.

Esta clase de guante deberá cumplir con la norma del INEN 876 (Guantes de cuero para uso industrial, requisitos) que es la que rige en nuestro país o en su defecto deberá tener el marcado CE el mismo que nos indica que el guante cumple con los requisitos establecidos en Europea (R.D. 1407/92) y por lo tanto estarán aptos para ser utilizados. INEN 876.

Peso mediano: Estos responden a las especificaciones para los de la clase de peso pesado, diferenciándose de aquellos por el espesor del cuero y por el dorso que podrá ser de la misma clase de cuero, de piel de carnero u oreja curtida o de tela de lona.

Gráfico N° 17. Guantes



Características de los guantes de peso mediano fabricados con lona:

La lona que se emplea para el dorso de los guantes de las clases de mediano será de fibra de algodón con la siguiente especificación:

Tabla N° 7. Características de los guantes

Peso g/m ²	Número de hilos centímetro Mínimo		Número de cabos Mínimo		Resistencia mínima a la tracción(kg/cm)	
	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama
95-+ 5%	20	13	2	2	15	13

2.26.8. Casco de seguridad:

El casco de protección para la industria es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, trabajador u obrero, destinado esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo.

Para conseguir esta capacidad de protección y reducir las consecuencias destructivas de los golpes en la cabeza, el casco debe estar dotado de una serie de elementos cuyo funcionamiento conjunto sea capaz de cumplir las siguientes condiciones:

- Limitar la presión aplicada al cráneo, distribuyendo la fuerza de impacto sobre la mayor superficie posible,
- Desviar los objetos que caigan por medio de una forma adecuadamente lisa y redondeada.
- Disipar y dispersar la energía del impacto de modo que no se transmita en su totalidad a la cabeza y el cuello.

De esta manera el casco elegido deberá poseer la norma ANSI Z89.1 + la misma que nos proporcionara la protección contra riesgos mecánicos, riesgos térmicos (salpicaduras de material fundido) y riesgos eléctricos.

Gráfico N° 18.Casco común



2.26.9. Protección auditiva:

Para comenzar, los protectores auditivos que serán utilizadas dentro de la empresa de reciclaje deberán ser capaces de proporcionar la suficiente restricción al ruido y de esta forma evitar problemas auditivos de los trabajadores.

2.26.10. Características de las Orejeras:

Es un arnés de cabeza de metal o de plástico que sujeta dos casquetes hechos casi siempre de plástico. Este dispositivo encierra por completo el pabellón auditivo externo y se aplica herméticamente a la cabeza por medio de una almohadilla de espuma plástica o rellena de líquido. Casi todas las orejeras tienen un revestimiento interior que absorbe el sonido transmitido a través del armazón diseñado para mejorar la atenuación por encima de aproximadamente 2.000 Hz.

Es necesario argumentar que la norma que las orejeras deberán poseer es la norma EN 352-1+ la misma que nos da el respaldo de que es un elemento conforme al marcado CE y podrá soportar riesgos mecánicos y térmicos.

Gráfico N° 19. Orejera



2.26.11. Protección de los ojos:

Las gafas de protección a utilizar deben ser resistentes a fuertes impactos, deben evitar la penetración de limallas de esmerilado en los ojos, además, deberán ser resistentes a productos químicos ya sea por salpicadura o por caída en los mismos.

Estas gafas de protección deberán sobre todo, cumplir con la norma ANSI Z87+ la misma que nos proporciona la suficiente garantía de que estas gafas serán resistentes a los riesgos citados anteriormente

Gráfico N° 20. Gafas de Protección



2.26.12. Protección del aparato respiratorio:

Entre los riesgos más comunes en toda empresa se encuentra la presencia de polvo, es por esta razón que los implementos de seguridad destinados a resguardar el aparato respiratorio debe ser bien escogido, por medio del estudio de polvos que se debe realizar en el área destinado a la producción o molienda del plástico, se determinará el tipo de mascarillas a utilizar por los obreros y que deberán retener partículas de hasta 5 μm que son dañinas para el organismo.

Estas mascarillas deberán poseer la norma NIOSH N95 que garantiza una retención de partículas menores de 5 μm

Gráfico N° 21. Mascarillas de Protección



2.26.13. Protección de extremidades inferiores:

Calzado:

El calzado como implemento de protección debe cumplir con las diferentes características que la norma INEN 1 926 presenta. La cual tiene como objetivo principal el resguardo de las extremidades inferiores debido a que estas son las más propensas a los riesgos de caída de objetos y estar expuestas a superficies irregulares.

Clase:

Dentro de toda la gama de calzado de tipo industrial que esta norma presenta se tiene que considerar el más apropiado para realizar el trabajo que realizará el obrero a partir de que se implemente el molino de plástico. Solo entonces se escogerá el tipo y la clase del calzado a utilizar. Razón por la cual será elegido el calzado que proporcionará una mayor seguridad y comodidad.

Gráfico N° 22. Calzado



Capítulo 3: Evaluación económica del molino para la trituración de plásticos diseñados

Tema: Costo económico del diseño de la trituradora

3.1. Impacto ambiental

Actualmente, en todo el planeta, existe una problemática importante por la contaminación de los recursos naturales: el agua, aire y suelo, ocasionado esto, en gran medida por los grandes volúmenes de residuos y desechos generados por la humanidad diariamente y que reciben escaso tratamiento, para evitar dicha contaminación.

Esta situación cada día se agrava más debido a que la basura se conforma por residuos de composición muy variada, por lo general se junta y se mezcla durante las labores de recolección de la misma, lo que dificulta su manejo final o clasificación. Estadísticamente, los plásticos representan un riesgo para el ambiente porque no pueden ser degradados por el entorno, incluso demora cientos de años en comenzar dicho proceso de degradación.

Hoy en día, se desarrollan algunos proyectos para la creación de plásticos biodegradables, pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones que se requieren en la mayoría de los vertederos de basura. Por lo tanto su eliminación se convierte en un problema ambiental de dimensiones considerables.

Se debe acentuar, que el reciclado mecánico es un proceso que no repercute de manera considerable al medio ambiente. Al utilizar el molino de plástico, la molienda obtenida luego se procesa para la fabricación de nuevos materiales de distinta calidad como pueden ser: fibras para alfombra, ropa y geotextiles.

Esto definitivamente, hace que el equipo sea amigable con el medio ambiente debido a que el producto destinado a almacenarse en los vertederos y basureros de la ciudad o de la empresa de materias primas, tendrá como destino la fabricación de productos nuevos en su tipo y resultando una disminución considerable de los residuos plásticos, y un aporte discreto a la conservación del medio ambiente.

3.2. Beneficios del proyecto

Como es de apreciar, el consumo de materiales plásticos en Cuba y en el mundo es muy elevado, de lo cual sólo un pequeño porcentaje de éstos es reciclado para darle un nuevo uso o el uso correcto.

Una trituradora se puede diseñar para triturar desde una modesta cantidad de plásticos, hasta toneladas de plástico de polietileno de tereftalato (PET) por día, este porcentaje de plástico, sin ser reciclado, sería enviado a un vertedero de basura y donde se generarían grandes volúmenes de plástico, esta cantidad a largo plazo provocaría el pronto abastecimiento del vertedero de basura.

El principal objetivo de este proyecto es el buen manejo de grandes cantidades de plástico, para de esta manera, evitar que éste se acumule en los vertederos, generando e incrementando las fuentes de trabajo y la reutilización del plástico triturado.

3.3. Recursos Necesarios.

3.3.1. Presupuesto del Capital Humano.

Tabla N° 8. Talento o capital humano

TALENTO O CAPITAL HUMANO		
Nº	DESCRIPCION	REMUNERACION
1	Director de Tesis	0
2	Asesores	0
2	Aspirantes	500
1	Auxiliares de Investigación	300
	TOTAL	800

3.3.2. Presupuesto de Materiales

Tabla N° 9. Presupuesto de Materiales

PRESUPUESTO MATERIALES			
Nº	DESCRIPCION	Costo Unitario	Costo Total
8	Cartuchos Epson	9.60	76.80
2	Resmas de Papel A4	6.50	13.00
400	Copias	0.3	12.00
3	Anillados	4.80	14.40
4	Bolígrafos	0.30	1.20
2	Portaminas	1.25	2.50
2	Borradores de queso	0.35	0.70
	Uso de Internet	30.0	30.0
	TOTAL	53.10	150.60

3.3.3. Presupuesto Técnicos.

Tabla N° 10.Presupuesto Técnico

PRESUPUESTO TÉCNICO			
Nº	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Costo de materiales para la construcción del equipo	1.000	2.000
1	Costo de materiales para la instalación eléctrica.	500	500
1	Costo de transporte.	80	80
1	Costo por mano de obra.	120	120
	TOTAL		2700.00

3.3.4. Presupuesto Tecnológico.

Tabla N° 11.Presupuesto Tecnológico

PRESUPUESTO TECNOLÓGICO			
Nº	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Cámara Digital Sony	250.00	250.00
4	Cd's con lightscribe	5.00	20.00
2	Flash Memory de 4GB	5.00	10.00
1	Internet Banda Ancha	60.00	60.00
	TOTAL		340.00

3.3.5. Presupuesto General.

Tabla N° 12.Presupuesto General

PRESUPUESTO GENERAL		
Nº	DESCRIPCION	COSTO TOTAL
1	Capital Humano	800.00
1	Presupuesto Materiales	150.60
1	Presupuesto Técnico	2700.00
1	Presupuesto Tecnológico	340.00
1	Imprevistos	100.00
	TOTAL	3140

Ejemplo de molino encontrado en internet

MOLINO TRITURADOR

4.000 €

Particular

Ref: 319700352



OFERTA - Otros en L' Alcudia (VALENCIA)

Molino triturador para plástico cobre o esponja de 15cv en perfecto estado



A modo de comparación podemos darnos cuenta que diseñándolo y fabricándolo en nuestra empresa es más ahorraríamos más dinero por lo que si se haría una buena inversión para el país.

4000euros equivale a 5000cuc

Precio que es mayor que el del diseño realizado en este trabajo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De la investigación realizada hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se diseñó un molino de cuchillas para la trituración de plásticos, principalmente el polietileno tereftalato.
2. Se realizaron los cálculos de diseño para los principales componentes del molino de trituración.
3. Se configuró una propuesta acerca de las necesidades de equipamiento necesario para desarrollar el proceso tecnológico de reciclaje mecánico en la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Matanzas.
4. De acuerdo al cálculo del costo de fabricación del molino fabricado, económicamente sería factible para la empresa de materias primas construir el mismo en lugar de comprar un molino en el exterior.

RECOMENDACIONES

En trabajos posteriores se deberá elaborar la documentación técnica para construir el molino de cuchillas.

1. El mantenimiento de la máquina debe ser regular, esto dependerá del uso que se le dé a la máquina, se debe procurar revisar el estado de los rodamientos y el correcto afilado de las cuchillas.
2. Triturar los plásticos sólidos previamente extrayendo materiales como cauchos, y plásticos blancos (fundas, etiquetas, etc.)
3. El mantenimiento lo puede realizar cualquier persona que tenga un conocimiento básico del mismo ya que la máquina no es compleja.
4. Realizar una limpieza de la cámara de trituración después de la utilización de la máquina para evitar la acumulación de residuos plásticos en las zonas donde se asienta la criba.
5. Procurar utilizar los implementos de seguridad como son los guantes, el casco y el overol con su respectiva mascarilla, para evitar posibles accidentes tomando en cuenta todas las precauciones del caso.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- (1) AZA Gerdau, (2002) "Compendio de normas para productos de acero", 1ra edición, Chile.
- (2) BUDYNAS R. NISBETT K. (2008) "Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley", Ed. Mc Graw Hill, 8va edición, México.
- (3) ELIAS Xavier, (2009) "Reciclaje de residuos Industriales", Ed. Díaz
- (4) FAG, (2000) "Catalogo de rodamientos 41 520/3 SB", Ed. FAG, España.
- (5) MANGONON Pat L. (2001) "Ciencias de Materias: Selección y Diseño". Ed. Prentice Hall, 4ta Edición, México.
- (6) NOGUES F. GARCIA D., (2010) "Energía de la Biomasa", Ed. Pressas Universitarias de Zaragoza, 1ra. Edición, España.
- (7) RIBA Carles, (2002) "Diseño Concurrente", Ed. UPT, 1ra. Edición, Barcelona.
- (8) RONALD H. Fleck, (1953) "Plásticos: su estudio científico y tecnológico", Ed. Gustavo Gili, 1ra. Edición, Barcelona.
- (9) SHIGLEY Joseph, (1989) "Manual de Diseño Mecánico", Ed. Mc Graw Hill, Tomo 1; 4ta Edición, México.
- (10) The GoodYear Tire and Ruber Company, (1990) "Engineering data for multiple V – belts", ed. GoodYear, USA.
- (11) VAN DER VEGT A.K GOVAERT L. E, (2005) "Polymeren: van KetentotKunstof", mEd. CentraalBoekhuis, Germany.

SHIGLEY JOSEPH E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Mc Graw Hill, México Septiembre de 1990.

MOTT ROBERT L., Diseño de Elementos de Máquinas, Editorial Prentice Hall, segunda edición, México 1995

KENNETH BUDINSIKI & MICHAEL BUDINSIKI. Engineering Materials. Prentice Hall, New Jersey 1994

BIBLIOGRAFÍA CITADA

VON MEYSENBUG, Tecnología de plásticos para ingenieros, Editorial Hispano Europa, Múnich - Alemania, (2001) Pág. 225.

MATEO Pedro, GONZÁLEZ Agustín, GONZÁLEZ Diego, (2008) Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales, Sexta Edición, Editorial Fundación CONFEMETAL, Madrid –España. Pág. 278.

GREIG, Michaeli, VOSSEBURGER, Kaufmann: Tecnología de los plásticos, Editorial Hanser, Barcelona – España en su libro clasifica a los tipos de molinos de plásticos. Pág. 169 – 183.

Según JUTZ, Scharkus: Prontuario de materiales, tercera edición, Editorial GorgWesterman. (1,984) Pág.167-173.

CORBITT, Robert A, Manual de referencia de la ingeniería ambiental. Editorial Me Graw Hill, México DF - México, 2000.

CAPUZ, Rizo Salvador y GÓMEZ, Navarro Tomás (2002, pág. 146) en su libro titulado Ecodiseño de envases: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo expresa que

CHAUSIN, Manual de plásticos, Editorial Hispano Europa, Barcelona - España, (2002)

GUTIÉRREZ, Toca Manuel (2006, pág. 22) en su libro titulado Juegos ecológicos con botellas de plástico

PÁGINAS WEB

<http://www.solostocks.com/img/molino-triturador-de-plasticos-6414822z1.jpg>

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/aago.pdf>

www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_14_MEC01.pdf

<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso0304/PET/OPCIONES%20DE%20RECUPERACION.htm>

[http://www.trittonxxi.com/ri-triturador-trituradores-trituradoratrituradoras/molino-triturador-precios/plasticos/carton/18\(21/07/20012\)](http://www.trittonxxi.com/ri-triturador-trituradores-trituradoratrituradoras/molino-triturador-precios/plasticos/carton/18(21/07/20012))

[http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf\(21/07/20012\)](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf(21/07/20012))

[http://trituradoras-de-roca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-demartillos.html\(22/07/20012\)](http://trituradoras-de-roca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-demartillos.html(22/07/20012))

[http://www.multiplastic.com.mx/productos/detalle_producto/4/292/industrial/\(21/07/20012](http://www.multiplastic.com.mx/productos/detalle_producto/4/292/industrial/(21/07/20012)

[http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf\(02/11/20012\)](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf(02/11/20012))

[http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/SWHelp_List.html?id=8\(16/01/2013\)](http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/SWHelp_List.html?id=8(16/01/2013))

[http://www.bucorp.com/files/aisi_o1.pdf\(22/01/2013\)](http://www.bucorp.com/files/aisi_o1.pdf(22/01/2013))

[http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130\(23/01/2013\)](http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130(23/01/2013))

[http://iirsacero.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=26&I\(25/01/2013\)](http://iirsacero.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=26&I(25/01/2013))

ANEXOS

Anexo 1.



Sistema Internacional de Codificación de Plásticos (Código SPI).

Anexo 2

Principales etapas para producir plástico granulado

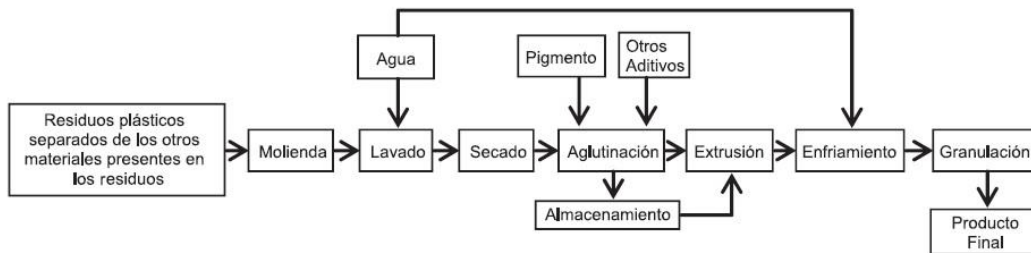
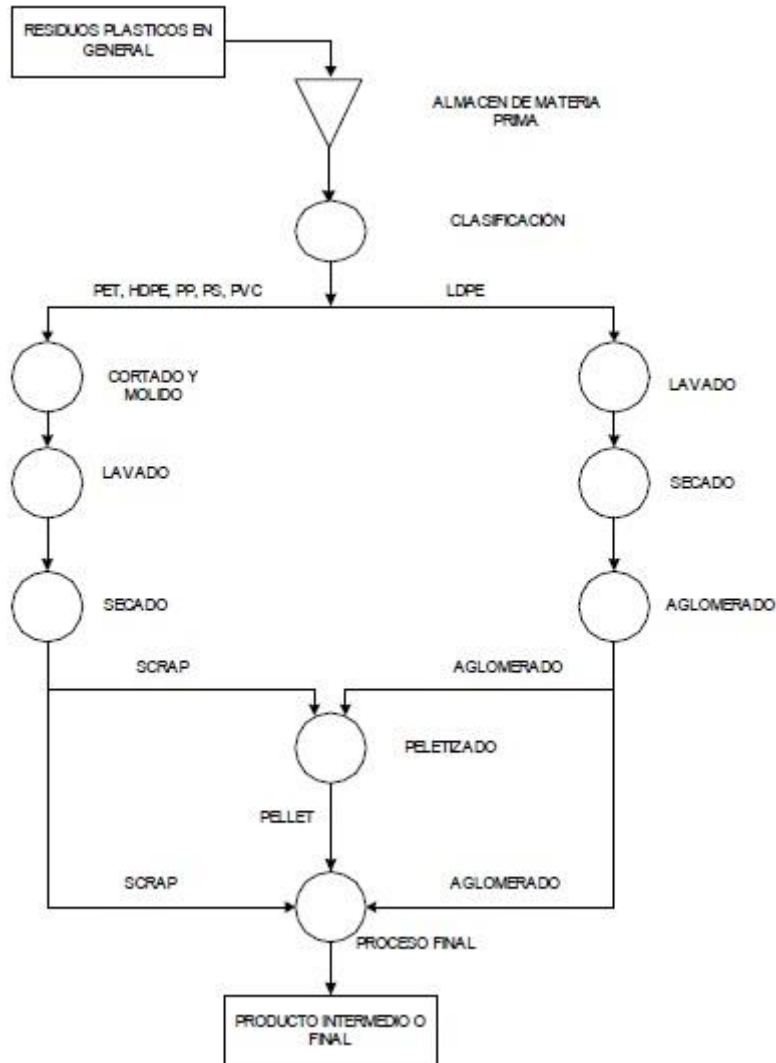


Diagrama de flujo simplificado de un proceso de reciclaje mecánico para producir plástico reciclado granulado (Ecoplast, 2011).

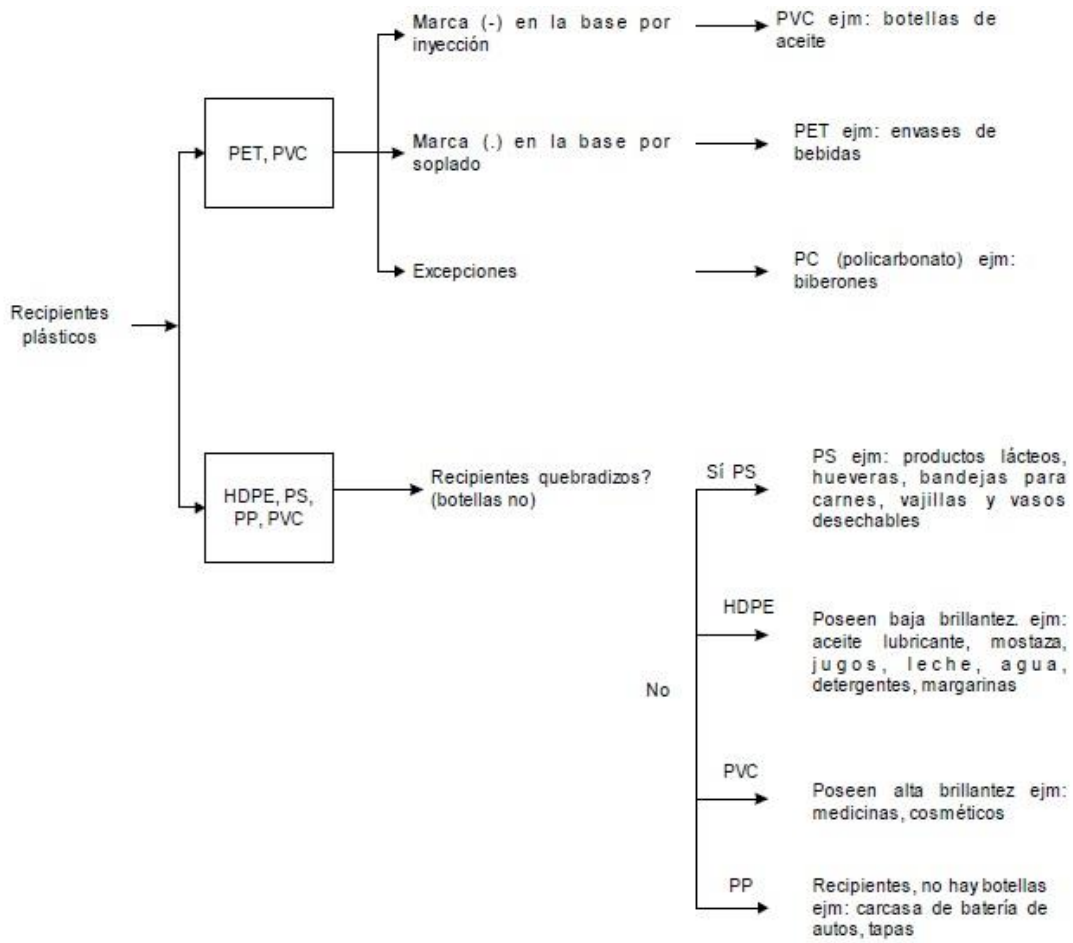
Anexo 3

Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de plásticos propuesto en (Plásticos, 2019).



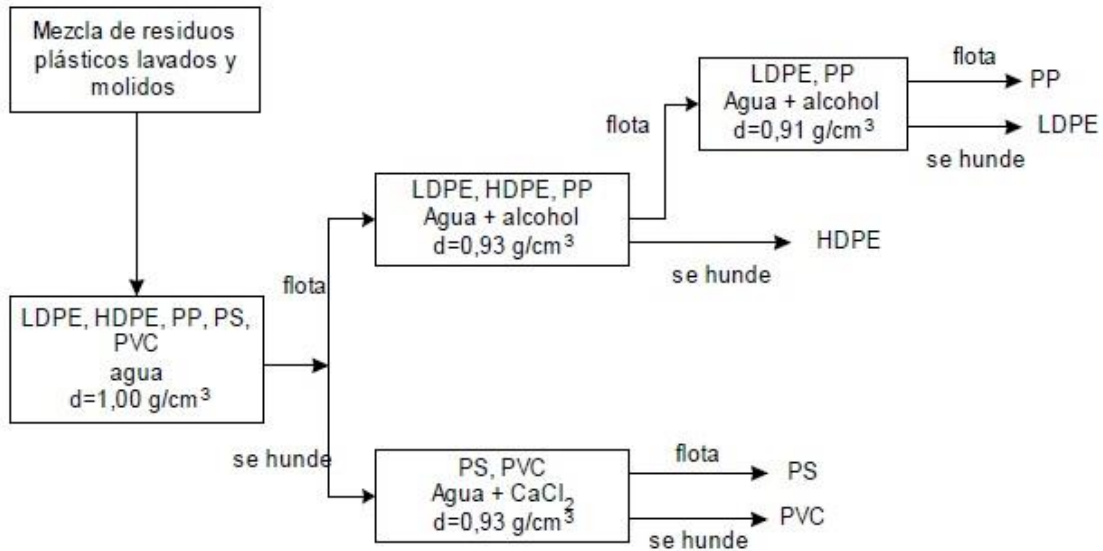
Anexo 4

Proceso de clasificación de plásticos por observación visual (Plásticos, 2019)



Anexo 5

Esquema Teórico del Método Hunde – Flota para separar mezclas de residuos plásticos (Plásticos, 2014).



Anexo 6



Esquema simplificado de una instalación de extrusión para la obtención de pellets a partir de plásticos reciclados. (Wikipedia, 2019).

Anexo 7

Comparación de los precios de plásticos reciclados.

