

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y ESTUDIO DE UNA  
UNIDAD MOVIL PAR EL TRITURADO DE VASOS  
PLASTICOS**

**VICTOR MANUEL GOMEZ MONTOYA  
HUGO ALBERTO SALAZAR ALTAMAR**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Mecánico.

Director  
**JORGE A. REYES MENDEZ**  
Ingeniero Metalúrgico

**CORPORACION UNIVERSITARIA  
TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.  
1995**

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y ESTUDIO DE UNA  
UNIDAD MOVIL PARA EL TRITURADO DE  
VASOS PLASTICOS**

**VICTOR MANUEL GOMEZ MONTOYA  
HUGO ALBERTO SALAZAR ALTAMAR**

**CORPORACION UNIVERSITARIA  
TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.  
1995**

Cartagena de Indias, Octubre de 1995

**Señores**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**Atn: Ingeniero LUIS MAJANA CONEO**

**Decano Ingeniería Mecánica**

**L.C.**

**Apreciados Señores:**

Cordialmente nos dirigimos a ustedes con el propósito de presentarle el proyecto de grado titulado "**DISEÑO, CONSTRUCCION Y ESTUDIO DE UNA UNIDAD MOVIL PARA EL TRITURADO DE VASOS PLASTICOS**", como requisito para optar al título de Ingenieros Mecánicos.

**Agradeciendo su atención,**

**VICTOR MANUEL GOMEZ MONTOYA**

**cod: 9303912**

**HUGO ALBERTO SALAZAR ALTAMAR**

**cod:9303407**

Cartagena de Indias, Octubre de 1995

**Señores**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**Atn: Ingeniero LUIS MAJANA CONEO**

**Decano Ingeniería Mecánica**

**L.C.**

**Respetados Señores:**

Me dirijo a ustedes con la intención de informar que he sido el director de la tesis titulada "**DISEÑO, CONSTRUCCION Y ESTUDIO DE UNA UNIDAD MOVIL PARA EL TRITURADO DE VASOS PLASTICOS**", elaborado por los estudiantes Victor Manuel Gómez Montoya y Hugo Alberto Salazar Altamar, como requisito indispensable para optar al título de Ingenieros Mecánicos.

**Cordialmente,**

**JORGE A. REYES MENDEZ**

**Ingeniero Metalúrgico**

**NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**DEDICAMOS ESTE PROYECTO DE GRADO A  
NUESTROS PADRES POR EL GRAN APOYO  
INCONDICIONAL RECIBIDO DURANTE TODA  
NUESTRA VIDA.**

**ARTICULO 105.** La corporación se reserva el derecho de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION.....	1
RESUMEN.....	4
GENERALIDADES DE LOS PLASTICOS .....	6
1.1 RESEÑA HISTORICA DE LOS PLASTICOS .....	6
1.1.1 A nivel mundial. ....	6
1.1.2 A nivel nacional.....	9
1.1.3 Antecedentes históricos de algunos plásticos usados en la fabricación de envases plásticos. ....	10
1.1.3.1 Polietileno .....	10
1.1.3.2 Polipropileno .....	11
1.1.3.3 Poliestireno .....	12
1.2 LA RECUPERACION DE LOS PLASTICOS: ENTRE LA ILUSION Y LA REALIDAD.....	12
ECOLOGIA Y PROGRESO.....	15
2.1 PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LA NATURALEZA.....	17
2.2 DESPERDICIOS PLASTICOS.....	19

2.3 MANEJO DE LOS DESECHOS PLASTICOS EN COLOMBIA.....	24
DISEÑO DE LA UNIDAD .....	27
3.1 CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA EL CORTE .....	27
3.2 CALCULO DEL EJE DE LA TRITURADORA .....	31
3.3 CUCHILLAS DE CORTE .....	37
3.4 CALCULO Y SELECCION DE RODAMIENTOS .....	40
3.5 SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA .....	47
MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO .....	55
4.1 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD .....	55
4.2 INSTALACION Y LIMPIEZA INICIAL.....	56
4.3 CONEXION DE UNIDAD DE PODER .....	58
4.3.1 Qué hacer si la trituradora se atasca debido a una sobrecarga.....	59
4.4 MATERIA PRIMA DE LA UNIDAD .....	60
4.5 LA MALLA.....	61
4.6 MANTENIMIENTO.....	61
4.6.1 Correa en V .....	61
4.6.2 Cuchillas de Corte .....	61
4.6.3 Sistema Eléctrico .....	62
4.6.4 Rodamientos del eje .....	62

NOMENCLATURA.....	63
5.1 SIMBOLOS CON LETRAS .....	63
5.2 SIMBOLOS DE UNIDADES.....	66
5.2.1 Longitud.....	66
5.2.2 Area .....	66
5.2.3 Volumen.....	66
5.2.4 Masa .....	66
5.2.5 Fuerza.....	67
5.2.6 Torque .....	67
5.2.7 Tiempo.....	67
5.2.8 Velocidad.....	67
5.2.9 Velocidad angular .....	67
5.2.10 Potencia.....	68
CONCLUSIONES	
GLOSARIO	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 1. DIAGRAMAS EN EL CALCULO POR FATIGA.....	35
FIGURA 2. EJE ROTOR PORTAACUCHILLAS.....	36
FIGURA 3. SECCION TRANSVERSAL Y DIMENSION DE LAS CUCHILLAS	39
FIGURA 4. DISEÑO DEL ANGULO DE LA CUCHILLA .....	41
FIGURA 5. DISPOSICION DE FUERZAS Y DISTANCIAS EN EL EJE- ROTOR PORTACUCHILLAS .....	44
FIGURA 6. DETERMINACION DEL PERFIL DE LA CORREA .....	50

TABLA 6.	Factores adicionales para cargas dinámicas .....	43
TABLA 7.	Factor de servicio	
TABLA 8.	Designación y largos primitivos	
TABLA 9.	Factor de Corrección del arco de contacto FAC	
TABLA 10.	Factor de Corrección del largo Flp	
TABLA 11.	Hp por correa - perfil A	

## LISTA DE ANEXOS

FIGURA 1. EJE - ROTOR PORTACUCHILLAS .....	37
FIGURA 2. SECCION TRANSVERSAL Y DIMENSION DE LAS CUCHILLAS	39
FIGURA 3. DISPOSICION DE FUERZAS Y DISTANCIAS EN EL EJE- ROTOR PORTACUCHILLAS.....	44
FIGURA 4.DETERMINACION DEL PERFIL DE LA CORREA .....	50
ANEXO A. Dimensiones de los rodamientos AEL2	
ANEXO B. Dimensiones de los soportes de rodamientos AELPL	
ANEXO C. Especificaciones de la unidad trituradora	
ANEXO D. Equivalencia entre unidades	

## **INTRODUCCION**

Durante los últimos cincuenta años, los productos plásticos pasaron de ser algo exótico a convertirse en parte integral de la casi totalidad de los artículos utilizados en la vida diaria.

La utilidad práctica de los plásticos, sus múltiples usos y la variedad de materiales que sustituyen, los han convertido en un material indispensable, a través de sus múltiples aplicaciones, en todos los sectores de la actividad humana.

Sin embargo, existen defensores que critican a los plásticos porque sobreviven después de que su uso ha terminado y promueven campañas dirigidas a disminuir su utilización. En algunos casos se ha llegado hasta expedir normas restringiendo sus aplicaciones.

La realización de este proyecto de grado estará fundamentalmente dirigido a lograr que los estudiantes de la universidad tomen conciencia sobre el problema ecológico que existe en la ciudad y comiencen a ayudar a

solucionarlo, iniciando por la misma universidad. Estas soluciones tienen que darse también por parte del sector industrial para beneficio propio y de los demás.

Para lograr lo anterior, esta unidad móvil para el triturado de vasos plásticos desechables permite atacar el problema en la fuente de contaminación, logrando un ahorro de tiempo y dinero a las empresas dedicadas al reciclaje de este material, ya que es muy conveniente trabajar con máquinas móviles colocadas en la fuente de contaminación, lo cual facilita el proceso de recolección y transporte.

En esta unidad móvil, se podrán observar sus componentes, sus partes, su funcionamiento y materiales de construcción y lo principal que es el producto final del triturado de los vasos plásticos.

Eventualmente, máquinas como esta se podrán instalar en otras universidades, colegios, restaurantes, fábricas, etc, dando la oportunidad a diferentes personas que se encuentren en estos lugares a formar parte de la solución a un problema que incumbe a toda la sociedad.

## **RESUMEN**

El proyecto titulado "**Diseño y Construcción de una unidad móvil para el triturado de vasos plásticos desechables**" se basó en la construcción de una máquina con la cual se pretende dar solución a un problema de contaminación ambiental.

La máquina consta esencialmente de tres partes: Un sistema eléctrico, un sistema portacuchillas (rotor de cuchillas y cuchillas fijas) y un sistema de carga y descarga del material.

Esta máquina tendrá como finalidad ayudar al problema de la contaminación ambiental en Cartagena y el cuidado del entorno natural, empezando por la misma universidad que es foco de contaminación, haciendo que los estudiantes tomen conciencia del problema real que cubija a toda la sociedad y logrando que trabajen por el bienestar de la región.

A groso modo, la máquina lo que hace es recibir los vasos plásticos desechables enteros y por medio del sistema de cuchillas lo transforma en pequeños trocitos. En esta etapa ya se hace fácil su transporte a los lugares

de reciclaje para continuar con el proceso.

Con este equipo se pueden hacer pruebas para diferentes materiales variando ciertos parámetros de diseño, como son: Distancia entre cuchillas fijas y móviles y relación de velocidad.

La unidad tiene la ventaja de ser transportable de un sitio a otro con lo cual se reducen los costos de mano de obra y transporte de materia prima.

# GENERALIDADES DE LOS PLASTICOS

## 1.1 RESEÑA HISTORICA DE LOS PLASTICOS

**1.1.1 A nivel mundial.** Los plásticos han encontrado sus raíces en el desarrollo de la química orgánica y en la ciencia coloidal, en la mitad de la última centuria.

A partir de la vulcanización del caucho, en 1840, se busco la manera de modificar los productos naturales para transformarlos en materias plásticas. El primer suceso comercial fue la manufactura del celuloide en 1870, a base de nitrocelulosa, obtenido por reacción de la celulosa con ácido nítrico. El celuloide llegó a ser un sustituto del marfil, del hueso, del caucho duro, de la concha de tortuga, por ser más barato y más fácil de trabajar que los materiales naturales, pero que desapareció del mercado por ser inflamable.

En 1899, el descubrimiento alemán de la galatita, un plástico proteínico, llegó a ser un sustituto barato del celuloide.

La Bakelita representa el punto de partida en el desarrollo de los plásticos, en el año 1909. Los trabajos de investigación del profesor Hermann Staudinger, en 1920, en Freiburg (Alemania), sentaron las bases para la moderna ciencia de los polimeros, la cual tuvo su desarrollo en la mitad del siglo XX. El

descubrimiento de que los plásticos, así como un número de sustancias naturales, tenían una estructura macromolecular, abrió un nuevo e insospechado campo en la ciencia y permitió el desarrollo de conceptos teóricos muy importantes los cuales son la base de la industria de plásticos de hoy.

Con el rápido desarrollo del automóvil, de las industrias de aparatos eléctricos y de radio, después de la segunda guerra mundial, la producción de materiales plásticos se expandió. Nuevos y mejores plásticos fueron introducidos. El celofán fue una invención francesa y las resinas alquídicas fueron producidas primero en América. Durante los años treinta, los tres primeros plásticos inventados forman la mitad del total de la producción mundial de los plásticos tanto para el moldeo por inyección como para el de extrusión. El poliestireno y el cloruro de polivinilo fueron inventados en Alemania, mientras que la Imperial Chemical Industries, del Reino Unido, más tarde inventó el polietileno de baja densidad, pero vino a aparecer en el mercado después de la guerra.

Durante la segunda guerra mundial fue desarrollado el nylon utilizándose para la fabricación de los paracaídas. Después de 1945 empezaron a

aparecer las primeras medias de nylon; las resinas de poliéster y el teflón aparecieron después.

Posteriormente, en el período de la post-guerra, salieron plásticos más especializados como las resinas epóxicas y los poliacetales. Luego, salieron nuevos plásticos para trabajos de ingeniería, pero la velocidad del desarrollo de grandes volúmenes de producción en masa, por este tiempo era bastante baja. Algunos de los materiales plásticos para utilización en la ingeniería, tales como el óxido de polifenilene y las polisulfonas, a pesar de su alto precio, están compitiendo con los metales no-ferrosos. A pesar de ser relativamente nuevos, los plásticos han llegado a ser rápidamente uno de los materiales industriales más importantes en el mundo. En términos de volumen el consumo de plásticos en el mundo es ahora mayor que el de los metales no-ferrosos combinados, pero aún a un menor costo que el acero.

Los plásticos constituyen el sector de más rápido crecimiento de la industria química. La alta velocidad de crecimiento se debe principalmente a las ventajas técnicas y de costo de estos materiales en una amplia gama de aplicaciones.

Desde 1930 la producción de materiales plásticos se ha doblado cada cinco años y crece a una velocidad tres veces mayor que el acero.

Entre los descubrimientos más importantes se encuentran el PVC y el poliestireno, comercializados por primera vez por una firma alemana, y el polietileno de baja densidad, introducido por una firma británica, durante el período 1930 - 1937. Entre los materiales aparecidos más recientemente se encuentran los poliuretanos, el polietileno de alta densidad, el polipropileno y los plásticos conductores de la electricidad.

**1.1.2 A nivel nacional.** En Colombia, la actividad industrial del sector plástico se inició con la aparición en 1939, de las primeras empresas de transformación. Pero sólo hasta 1960, se logró un desarrollo sectorial significativo en términos del volumen de producción.

La producción de las primeras empresas era sólo de peinillas, empleando la técnica de moldeo por inyección. A partir de 1939 y hasta 1945, sólo habían en el país dos fábricas. Los primeros artículos, distintos a peinillas se vinieron a producir a partir de 1945, siendo éstos para el hogar y uso personal. Según información suministrada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en la década del cincuenta se crearon más de 17 establecimientos y se fundó Acoplásticos.

Inicialmente la producción estaba orientada hacia los bienes de consumo

final, pero con el desarrollo de nuevas tecnologías, productos y materias primas, la industria del plástico se orientó hacia la producción de bienes intermedios, sustituyendo así materiales tales como vidrio, caucho, acero, madera y cuero.

### **1.1.3 Antecedentes históricos de algunos plásticos usados en la fabricación de envases plásticos.**

**1.1.3.1 Polietileno.** La expansión del polietileno tuvo su origen en un programa que llevó a cabo la Imperial Chemical Industries, para estudiar el efecto de la alta presión sobre las reacciones químicas.

En 1933 se permitió reaccionar etileno bajo presión con benzaldehído sin ningún resultado especial pero se obtuvo un sólido blanco en las vasijas de reacción que resultó ser un polímero de etileno y fué llamado polietileno.

La segunda unidad de producción de polietileno comenzó a funcionar el 1 de junio de 1940. Casi toda la producción de este nuevo producto fué utilizada como aislante eléctrico para la fabricación de cables de alta frecuencia para los aparatos de radar.

En 1942 las plantas de Inglaterra estaban en completa producción y en 1943

comenzaron los americanos a producirlo debido a que la alta demanda estuvo en crecimiento y los procesos bien desarrollados. La producción de polietileno aumentó hasta que en 1945 se encontraban instaladas cinco plantas dos en Inglaterra, dos en los Estados Unidos y una en Alemania.

El polietileno llegó a estar a disposición del público en general, en una época en la que el nivel de vida tendía a subir, y contribuyó al establecimiento de nuevas prácticas como por ejemplo la del empaquetado de fábrica de los productos alimenticios.

**1.1.3.2 Polipropileno.** En el año 1954, con el descubrimiento del profesor Natta de los nuevos catalizadores para orientar la reacción de polimerización hacia estructuras altamente cristalinas, las cuales dieron un polímero con muy buenas propiedades mecánicas, así nació el polipropileno; pero se llevó años solucionar los problemas técnicos (estabilización - calidad), pero poco a poco fueron resueltas y es así como actualmente el polipropileno presenta un gran futuro tanto en el campo de los plásticos para moldeo y película, como en el campo de las fibras sintéticas.

La primera planta industrial en producir polipropileno en los Estados Unidos fué la compañía Hercules Powder Co., la cual adquirió la licencia para

producirla en 1958. Posteriormente vinieron, también en los Estados Unidos, la Avinson, Enjay, Unión Carbide, Shell Chemical.

**1.1.3.3 Poliestireno.** Eduard Simon, un farmacéutico de Berlín, fue el primero en obtener estireno mediante un proceso de destilación en vapor de agua, en el año de 1839. Advirtió también que la nueva sustancia podría transformarse de líquido a sólido por exposición a la luz, el oxígeno del aire y el calor. Posteriormente en 1920, Hermann Staudinger y sus colaboradores, entre otros, comenzaron a trabajar sobre la polimerización de estireno, que permitieron el descubrimiento de las leyes fundamentales que gobiernan la polimerización de esta sustancia, y el concepto de las macromoléculas. A partir de esta época comienza el verdadero desarrollo de los plásticos.

El primer proceso industrial para la polimerización del estireno fue desarrollado por la I.G. Farben entre 1930 y 1931 por Carl Walff y Eugen Dorrar. En los Estados Unidos fue la Dow Chemical Co. la primera compañía que produjo este material con éxito, y lo aplicó inmediatamente en la producción de artículos para usos bélicos en la segunda guerra mundial.

## **1.2 LA RECUPERACION DE LOS PLASTICOS: ENTRE LA ILUSION Y LA REALIDAD**

Un hecho de actualidad lo constituye el reciclaje de materiales plásticos presentes en los desechos urbanos. Mediante la idea de recuperar los plásticos se ayuda a resolver los problemas, reales o presuntos, causados por el aumento de los empaques plásticos a los servidores públicos encargados del tratamiento de las basuras.

Mientras que en algunos países como Italia se recupera cerca de 270.000 toneladas anuales de materiales plásticos: Polietileno, PVC, polipropileno, poliestireno y otros, en Colombia apenas se está educando a las personas acerca del problema tan grande que pueden causar los desechos plásticos en el medio ambiente.

Las plantas para la recuperación de los materiales plásticos son limitadas, representan una inversión muy alta y son difíciles de administrar debido a los altos costos de mantenimiento.

Los empaques plásticos se pueden recolectar mediante tres caminos diferentes:

- Recolección especializada de uno o dos tipos de plásticos (escogiendo aquellos de mayor consumo).
  
- Recolección de todos los materiales plásticos y posterior tratamiento en instalaciones automatizadas.
  
- Recolección de todos los materiales plásticos y posterior separación manual según el tipo.

La recuperación de los materiales plásticos sería óptima si se utiliza una codificación obligatoria de los distintos materiales plásticos para embalaje, o sea, indicar el material utilizado mediante siglas o símbolos estampados en el mismo material o en la etiqueta.

## **ECOLOGIA Y PROGRESO**

La protección del medio ambiente y de la naturaleza vienen desempeñando, desde hace años, un papel de capital importancia en diversas naciones, en especial en los países de Europa Occidental.

Si bien es cierto que, a través del tiempo, han existido diversas formas de contaminación del medio ambiente, el problema ha adquirido proporciones mayores en el presente siglo. Por ejemplo, las materias y productos químicos, útiles para unos usos pero peligrosos en ocasiones para el hombre y para el entorno natural, han aumentado tanto en diversidad como en cantidad y su número sigue incrementándose día a día.

La contaminación también ha ido extendiéndose en volumen, como consecuencia de la mayor densidad de la población, de la industrialización, de la cantidad y tipo de vehículos para las distintas modalidades de transporte y de los sistemas de explotación pesquera, agropecuaria y minera.

Los plásticos están entre los "productos nuevos" que han alcanzado gran importancia como insumos para diversas industrias y para satisfacer los hábitos del consumidor final. Es por ello por lo que existe inquietud creciente

acerca de la incidencia en el medio ambiente.

Las mismas cualidades que hicieron de los plásticos los materiales más adecuados para múltiples aplicaciones, como resistencia, estabilidad, procesabilidad y duración, están en la base misma del problema de los desperdicios plásticos. La inquietud con estos radica no sólo en que constituyen un problema estético, sino en el riesgo que representan para la fauna y la flora.

A medida que los productos plásticos logran proporciones mayores en el mercado de envases para bebidas suaves, bolsas para supermercados y un sinnúmero de recipientes para diferentes usos, alcanzan también una participación significativa en el problema general de las basuras y en el asociado con la disposición y destino de los residuos sólidos.

La industria plástica ha estado buscando activamente respuestas económicas, y las soluciones en que ha estado trabajando comprenden el

reciclaje, la incineración de los desperdicios plásticos y el desarrollo de plásticos degradables.

La forma más prometedora de reducir riesgos de la presencia de los desechos plásticos en el medio ambiente es reciclándolos. Una segunda manera de disminuir los peligros es haciéndolas degradables en ciertas condiciones. Los interrogantes por resolver, en este caso, tienen relación con la seguridad ambiental de los elementos resultantes de su descomposición y con la velocidad a la que esta pueda ocurrir para evitar los efectos nocivos de los desperdicios plásticos inalterados.

## **2.1 PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LA NATURALEZA**

El cuidado por el entorno natural y la lucha contra la creciente contaminación ambiental son un objetivo común a muchas comunidades. Donde existe diferencia es en la forma de abordar la problemática del medio ambiente, porque esta se determina por aspectos geográficos y factores característicos

de los países y de sus habitantes, así como por el grado de desarrollo económico y social alcanzado.

El desequilibrio ecológico ha ido sintiéndose cada vez más en los últimos años, debido a lo cual algunos países han considerado imperioso otorgar a la protección del medio ambiente y de la naturaleza un grado de importancia similar al de sus objetivos económicos y sociopolíticos.

En las naciones que ya han tomado conciencia de la necesidad de conservar y sanear el hábitat, se han expedido normas legales generales y específicas, definido políticas apropiadas y organizado entidades públicas y privadas a tal fin. Así mismo, y de manera permanente, se diseñan y ejecutan programas particulares, se definen y adoptan mecanismos de medición y control y se establecen códigos de conducta y regímenes para sancionar a quienes incumplen las disposiciones sobre la materia.

El problema de la contaminación del medio ambiente compete por igual a todas las naciones y habitantes del mundo. A nivel país deben comprometerse en su solución los distintos estamentos de la sociedad y la totalidad de los agentes económicos productores de bienes y servicios.

Los países industrializados y en especial los de Europa Occidental son los que están a la vanguardia en lo relacionado con la higiene ambiental. Dentro de ellos se destacan Holanda y la República Alemana Unificada. Los puntos centrales de las políticas de defensa del medio ambiente y de la naturaleza son: El aire, el agua, el suelo, la vida vegetal y la animal, el control de productos peligrosos para el ambiente y la eliminación y aprovechamiento de los desechos.

## **2.2 DESPERDICIOS PLASTICOS**

La sociedad en general, y la industria en particular, están desarrollando rápidamente una sensibilidad respecto al problema que ha surgido con los

residuos sólidos.

Junto con el crecimiento normal de la población y el aumento resultante en el volumen de desechos sólidos, el costo de los rellenos sanitarios se ha incrementado drásticamente en algunos lugares. Esto refleja también la limitada disponibilidad de sitios para depositar basuras, fenómeno que se presenta en distintos países.

En la medida en que se ha estudiado más la repercusión ambiental de los vertederos de desperdicios, se ha demostrado que las técnicas tradicionales de depositar las basuras son potencialmente peligrosas: La descomposición de los desechos pueden liberar elementos tóxicos que escapan a la atmósfera y al suelo y llegan a las aguas subterráneas.

Los rellenos sanitarios modernos han disminuido de manera apreciable los riesgos para el medio ambiente, pero los espacios disponibles son cada vez más escasos. Por tal razón, esta no seguirá siendo, en el futuro la forma más importante para deshacerse de las basuras.

El uso creciente de materiales plásticos, tanto por la industria como el consumidor, ha llevado a incrementar significativamente su presencia y participación en los depósitos de desechos, hasta el punto de convertirse en un problema progresivo que demanda soluciones inmediatas y permanentes, en especial en países industrializados.

Los plásticos no plantean problemas inusuales en los rellenos sanitarios. Al igual que el vidrio, la cerámica y el aluminio, los plásticos abandonados permanecen relativamente inalterados por unos veinte años y, dependiendo del contenido de humedad, sucederá lo mismo con los productos a base de papel.

El acero, la mayoría de las maderas, las telas y los residuos orgánicos son descompuestos de manera parcial en un período de tiempo similar.

Las palabras reutilizar y reciclar se emplean, muchas veces, como si fueran sinónimas. Sin embargo, la primera significa que el artículo es usado una y

otra vez sin cambiar su forma original, mientras reciclar (o recircular) quiere decir que el producto es reprocesado, y transformado en otro similar o distinto del inicial.

El movimiento creciente a reciclar los desperdicios plásticos en nuevos productos conlleva un beneficio doble para la sociedad de consumo. Primero, los plásticos son menos costosos que la mayoría de los materiales sustitutos y, segundo, al convertir los plásticos usados en nuevos productos de larga duración se reduce, al final, el volumen de plásticos en el flujo de basuras de los municipios.

Los desperdicios plásticos más valiosos para reciclar son los obtenidos en los procesos industriales: Fabricación de resina o en su transformación en manufacturas y semimanufacturas. Estos residuos, por lo general, están libres de contaminantes y son más fáciles de recuperar. Usualmente, son desechos homogéneos, constituidos por una misma resina, por ejemplo el residuo producido en operaciones de inyección o soplando, y se recuperan en la misma planta.

El reciclaje de cualquier material es un proceso integrado cuyo éxito requiere un cumplimiento de los siguientes cuatro etapas:

- Recolección de los productos
  
- Clasificación por tipo de material
  
- Recuperación del material de forma que pueda aprovecharse.
  
- Uso final, una manera en que el material recuperado pueda emplearse nuevamente.

Estas fases son interdependientes y una falla en cualquier de ellos afecta toda la cadena. Algunas comunidades exigen ya separación de los desperdicios en productos de vidrio, de papel y de aluminio y, más recientemente, de plásticos. Estos materiales son recolectados, clasificados, reciclados y vendidos, por lo general, para el mismo uso final del cual

provinieron.

### **2.3 MANEJO DE LOS DESECHOS PLASTICOS EN COLOMBIA**

La industria de plásticos en Colombia, consciente de la importancia del manejo de los desechos sólidos, creó en 1990 el Programa del Medio Ambiente bajo los auspicios de Acoplásticos y con la colaboración de varias empresas del sector, tanto de productores de materias primas para la industria como de transformadores, usuarios y compañías dedicadas al manejo de los desechos sólidos de plásticos.

El programa del medio ambiente ha enfocado sus actividades principalmente hacia el segmento de envases y empaques, por representar el de mayor volumen dentro de los innumerables aplicaciones de los plásticos y por la naturaleza de su uso, ya que siendo éste uno de los de más corta vida en su servicio, pasa más pronto a la corriente de desechos sólidos.

En Colombia, como en otras partes del mundo, la responsabilidad del manejo de las basuras y desechos sólidos recae en los gobiernos locales y particularmente en los alcaldes de corregimientos, municipios o ciudades. Es por esto que la industria de plásticos ha venido preparándose para colaborar

en este problema.

La solución de cada situación es específica y debe ser adecuada a la región y municipio involucrado. El reciclaje se considera como una alternativa, pero no es la única salida. La tradición del reciclaje en Colombia, como alternativa dentro de la economía informal, es viable y así lo demuestra el caso de la chatarra, el vidrio, el cartón y el papel. Igual sucede con los envases y empaques plásticos. Existen ejemplos que así lo comprueba. Puede citarse los siguientes:

- Las botellas desechables están siendo recicladas para convertirlas en fibras cortas.
- Las botellas y los envases rígidos son recolectados, seleccionados, procesados y el material obtenido, de buena calidad, es vendido para elaboración de botellas, llantas de triciclos y otros artículos.
- Los vasos desechables de bebidas y lácteos se vienen reciclando para ser utilizados en la producción de pegantes, zunchos, láminas y

ciertos artículos de inyección.

Como se mencionó la industria de plásticos debe estar en condiciones de procesar o reciclar parte de sus materias primas. El mayor desafío para el futuro inmediato es la educación del consumidor para lograr su apoyo a sistemas de recolección eficientes que permitan disponer adecuadamente de los desechos plásticos y su procesamiento.

## DISEÑO DE LA UNIDAD

### 3.1 CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA EL CORTE

El principio utilizado en la unidad trituradora es el cizallamiento

$$FC = A_c \cdot i$$

$$A_c = Z \cdot L \cdot H$$

$$Z = 2$$

$$H = 1\text{mm (tabla 1)}$$

$$L = 158\text{mm}$$

$$A_c = 2 \cdot 1\text{mm} \cdot 158\text{mm} = 316\text{mm}^2$$

Se toma  $i$  de tabla 2

$$i = 2,548 \text{ Kgf/cm}^2$$

Entonces la potencia necesaria para el corte es:

$$P = F_c \cdot D_b/2 \cdot W$$

$$D_b = 4\frac{1}{4}'' = 10.776\text{cm}$$

$$W = 1500\text{rpm}$$

$$F_c = 316\text{mm}^2 \cdot 2,548\text{Kgf/cm}^2 \cdot (1\text{cm}/10\text{mm})^2 = 8,051\text{Kgf}$$

Por un factor de sobredimensionamiento de 20%, la fuerza de corte de este será:

$$F_c = 9,6612\text{ Kgf}$$

$$P = 9,6612\text{Kgf} \cdot 5,388\text{cm} \cdot 1500\text{rpm} \cdot (2/60) \cdot (1\text{mt}/100\text{cm}) \cdot (9,8\text{Kg}\cdot\text{mt}/\text{Sg}^2) \cdot (1/1\text{Kgf})$$

$$P = 801,32\text{ W} \cdot 1\text{Hp}/746\text{W}$$

$$P = 1,074\text{Hp}$$

Se selecciona un motor standart => P = 1,5 Hp

**TABLA 1. DISTANCIA RECOMENDADA ENTE CUCHILLAS FIJAS Y MOVILES.**

<b>MATERIAL</b>	<b>CLARO ENTRE CUCHILLAS (MILESIMAS DE PULGADA)</b>
ELASTOMERICOS . POLIETILENO . VINILO SUAVE	6 - 8
RIGIDOS . ESTIRENOS . ACETATOS	8 - 10

Recomendaciones de la Polymer Machinery Corporations.

### 3.2 CALCULO DEL EJE DE LA TRITURADORA

El eje de la trituradora está sometido a cargas de flexión y torsión, por tanto el diámetro se calculará por fatiga.

#### Cálculo del eje a torsión

$$= T_t * r / J$$

Por la teoría del esfuerzo cortante máximo

$$S_{sy} = 0,5 S_y$$

Por la tabla 3 tenemos que  $S_y = 45\text{Kpsi}$  para un acero 1045 rolado en caliente.

$$S_{sy} = 22,5 \text{ Kpsi}$$

$$= S_{sy} = 22500 \text{ lbf/pulg}^2$$

$$= 1585,23 \text{ Kgf/cm}^2 \text{ (tabla de conversión)}$$

$$P = T.W$$

$$T_1 = P/W$$

$$T_1 = 1,5 \text{ Hp} * 63000/1500\text{rpm} = 63 \text{ Lbf.pulg}$$

$$T_1 = 73,42 \text{ Kgf.cm (tabla de conversión)}$$

Por los efectos de la inercia

$$1/2(MtV^2) = T_2 \times W \times t$$

$$T_2 = F_a \times D_b/2$$

Reemplazando

$$1/2 \times MtV^2 = F_a \times D_b/2 * W * t = F_a * V * t$$

$$F_a = 1/2 MtV/t = 1/4 Mt W D_b/t$$

**TABLA 3. PROPIEDADES MECANICAS DE ACEROS**

NUMERO UHS	NUMERO AISI	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA DE	RESISTENCIA A LA	ELONGACION EN	REDUCCION EN	DUREZA BRINELL	
			FLUENCIA Kpsi	TENSION Kpsi	2 PLG %	AREA %	HB	
G10100	1010	HR	26	47	28	50	95	
		CD	44	53	20	40	105	
G10150	1015	HR	27	50	28	50	101	
		CD	47	56	18	40	111	
G10180	1018	HR	32	58	25	50	116	
		CD	54	64	15	40	126	
G10350	1035	HR	33	56	25	45	121	
		CD	60	78	10	35	167	
		ESTIRADO A 600°F	67	80	12	35	163	
		ESTIRADO A 1800°F	81	110	18	51	220	
G18400	1040	ESTIRADO A 1200°F	72	103	23	59	201	
		HR	62	91	27	66	180	
		CD	42	76	18	40	149	
		ESTIRADO A 1000°F	71	85	12	35	170	
G10450	1045	ESTIRADO A 600°F	86	113	23	62	235	
		HR	45	82	16	40	163	
G10500	1050	CD	77	91	12	35	179	
		HR	49	90	15	35	179	
G10500	1050	CD	84	100	10	30	197	
		ESTIRADO A 600°F	100	220	10	30	450	
		ESTIRADO A 900°F	130	155	18	55	310	
		ESTIRADO A 1200°F	80	105	28	65	210	
		2317	NUCLEO	107	137	22	52	285
		2330	ESTIRADO A 400°F	195	221	11	40	425
			ESTIRADO A 600°F	171	196	14	49	382
			ESTIRADO A 800°F	131	168	18	56	327
			ESTIRADO A 1000°F	97	127	23	61	268
		2340	ESTIRADO A 1200°F	70	108	27	64	222
			ESTIRADO A 800°F	164	178	23	53	368
		2345	ESTIRADO A 800°F	177	188	20	51	388
		2350	ESTIRADO A 800°F	180	194	17	50	402
		3120	ESTIRADO A 600°F	145	162	12	45	328
ESTIRADO A 1000°F	91		112	22	68	222		
3130	ESTIRADO A 600°F	178	210	10	37	404		
	ESTIRADO A 1000°F	128	137	20	62	276		

**TABLA 3. PROPIEDADES MECANICAS DE ACEROS (continuación)**

NUMERO UHS	NUMERO AISI	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA DE FLUENCIA Kpsi	RESISTENCIA A LA TENSION Kpsi	ELONGACION EN 2 PLG %	REDUCCION EN AREA %	DUREZA BRINELL HB
	3140	HR	64	96	26	56	197
		CD	91	184	17	48	212
		ESTIRADO A 800°F	157	188	15	50	376
	3145	ESTIRADO A 800°F	164	195	12	47	380
	3150	ESTIRADO A 800°F	171	202	12	44	396
	3240	ESTIRADO A 600°F	211	237	10	40	466
	3250	ESTIRADO A 600°F	214	243	9	37	477
	3340	ESTIRADO A 800°F	183	211	13	47	394
G41386	4130	HR	60	98	38	45	183
		CD	87	98	21	52	281
		ESTIRADO A 1000°F	133	146	17	60	293
G41400	4140	HR	63	90	27	58	187
		CD	90	102	10	58	223
		ESTIRADO A 1000°F	131	153	16	45	382
G43400	4340	HR	69	101	21	45	207
		CD	99	111	16	42	223
		ESTIRADO A 600°F	234	260	12	43	498
		ESTIRADO A 1000°F	167	182	15	40	363
G46200	4620	NUCLEO	89	128	22	55	248

Tenemos que:

$$M_t = M_r + M_c$$

$$M_r = V_r \cdot a$$

$$V = 7,62^2 \cdot 17 = 987,1 \text{ cm}^3 ; a = 7,89 \text{ gr/cm}^3$$

entonces:

$$M_r = 7788,17 \text{ gr}$$

$$M_c = A \cdot f_c = 81,28 \text{ cm}^2 \times 62,31 \text{ Kg/mt}^2 \cdot (1 \text{ mt}/100 \text{ cm})^2$$

fc sacado de tabla 4

$$M_c = 0,506 \text{ Kg}$$

$$M_t = 7788,17 + 506 = 8294,17\text{grm}$$

Se procede hallar Fa por análisis unitario, donde tiempo (t = 1 sg)

$$F_a = 1/4 * 8294,17\text{grm} * 150\text{rpm} * 2 /60 * 10,776\text{cm}$$

$$F_a = 3509868,28 \text{ gr.cm/sg}^2$$

$$F_a = 35,1 \text{ Kgf}$$

**TABLA 4. FACTOR DE CONVERSION**

<b>ESPESOR</b>	<b>FACTOR (Fc)</b>
(3/16)"	37,38 Kg/mt <sup>2</sup>
(1/4)"	49,85 Kg/mt <sup>2</sup>
(5/16)"	62,31 Kg/mt <sup>2</sup>
(3/8)"	75 Kg/mt <sup>2</sup>
(7/16)"	87,24 Kg/mt <sup>2</sup>
(1/2)"	99,7 Kg/mt <sup>2</sup>
(3/4)"	149,55 Kg/mt <sup>2</sup>

Entonces

$$T_2 = 189,11 \text{ Kgf.cm}$$

$$T_t = T_1 + T_2 = 262,538 \text{ Kgf.cm}$$

$$\text{Despejando en } = T_t \cdot r/J$$

$$= \text{Tadur F.S.}$$

Tomando un factor de seguridad de 2,5, entonces

$$/FS = 16 T_t / d^3$$

$$d = 1,28 \text{ cm}$$

Este es un diámetro tentativo pra cuando el eje está sometido solo a tensión.

A continuación se procederá a cancular el eje por fatiga.

### **CALCULO DEL EJE POR FATIGA**

Datos:  $W_{\text{totor}} = 88.53 \text{ Nt}$

$$F_a = 93.15 \text{ Nt}$$

$$F_b = 29.6 \text{ Nt}$$

$$F_{\text{correas}} = 34.22 \text{ Nt}$$

Acero AISI 1045

$$S_{uT} = 82 \text{ KpSI}$$

$$S_y = 45 \text{ KpSI}$$

Se va a utilizar Goodman Modificada

$$m/S_{ut} + /S_e = 1/FS$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S_e'$$

$$Se' = 0,504 (Sut) = 41,32 \text{ Kpsi}$$

$$Ka = a Sut^b = 2,7(82)^{-0.265} = 0,84$$

$$Kb = 0,8 \text{ (supuesto)}$$

$$Kc = 1$$

$$Kd = 1$$

$$Kc = 1$$

$$Kp = 1 + q (Kt - 1) \text{ donde } q = 0,78$$

$$r/d = 0,1 \quad Kt = 1.6 \rightarrow Kf = 1,468$$

$$D/d = 1,2 \quad Kts = L42 \rightarrow KFS = 1,32F$$

$$Se = 0,84 * 0,8 * 1 * 1 * 1 * 41,326 \text{ Kpsi} = 27.77 \text{ Kpsi}$$

$$Se = 194,4 \text{ Mpa}$$

Para diseño de ejes la relación de goodman modificadaa queda así:

$$d = \left( \frac{32 * 75}{\pi * Se} \right) * \left\{ \left[ \left( \frac{Kf * Ma}{Se} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left( \frac{KFS * Ta}{Se} \right)^2 \right]^{1/2} + \left[ \left( \frac{Mm}{Sut} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{Tm}{Sut} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Si suponemos un factor de seguridad de  $n = 2.5$

$$d = \left( \frac{32 * 2,5 * 75}{\pi * Se} \right) * \left\{ \left[ \left( \frac{1,468 * 358,41}{19440} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left( \frac{2572,8}{57400} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 1,78$$

Con este valor se recalcula los datos supuestos

$$Kb = \left( \frac{d}{7,62} \right)^{-0,1133}$$

$$Kb = \left( \frac{17,8}{7,62} \right)^{-0,1133}$$

$$Se = 31,53 \text{ Kpsi}$$

$$Se = 220,72 \text{ Mpa}$$

Ahora se estandariza el diámetro de acuerdo a los catálogos de los

rodamientos

d = 20 mm

**FIGURA 1.**

**EJE - ROTOR PORTACUCHILLAS**

### 3.3 CUCHILLAS DE CORTE

El material utilizado será un acero AISI 01, tratado termicamente con un temple en aceite. Sus características son:

MARCA	ANALISIS QUIMICO (%)	MEDIO DE TEMPLE	INTERVALO DE REVENIDO	DUREZA ROCKWELL	TEMPLABILIDAD	PROPIEDADES DE NO DEFORMACION
AISI 01	C: 0,90 Mn:1.2 Si:0.3 Cr:0.5 V:0.15 W:0.5	ACEITE	300-500	62-57	MEDIA	MUY BUENAS

SEGURIDAD EN EL ENDURECIMIENTO	TENACIDAD	ENDURECIMIENTO AL ROJO	RESISTENCIA AL DESGASTE	MAQUINABILIDAD	RESISTENCIA A LA DESCARBURIZACION
MUY BUENAS	REGULAR	DEFICIENTE	BUENA	BUENA	BUENA

\* LA DUREZA ES DESPUES DEL REVENIDO

Sus aplicaciones son en herramientas que trabajen en frio: Troqueles, dados, matrices, mordazas, cuchillas de corte y en especial giratorias. Debido a que combina muy bien la tenacidad y resistencia al desgaste.

Si el procedimiento pra cortar el plástio fuera en línea recta, la cuchilla móvil, podrá quedar con un ángulo de alivio solamente. En este caso el eje porta-

cuchillas forma una circunferencia de giro, por tanto toca hacerles un ángulo diferente a ambas cuchillas con el fin de evitar el frotamiento en el lanco de la herramienta y a la vez que sirva este filo para facilitar la acción del corte.

En la figura 4 se puede observar el ángulo mínimo necesario para evitar este frotamiento.

**FIGURA 2.**

**SECCION TRANSVERSAL Y DIMENSION DE LAS CUCHILLAS**

### 3.4 CALCULO Y SELECCION DE RODAMIENTOS

Se necesita calcular la fuerza a que está sometido cada rodamiento para así poder seleccionarlo adecuadamente.

Los rodamientos para disposición horizontal del eje y transmisión por correas deben alcanzar por lo menos 4000 horas de servicio. Tabla 5.

Potencia del motor: 1.5Hp

Velocidad de giro del rotor portacuchillas: 1500rpm

Peso del rotor, eje y cuchillas:  $W_r = 9034,63 \text{ grm} = 88,53\text{N}$

Peso polea mayor:  $W_p = 500\text{grm} = 4,9\text{N}$

Sección longitudinal del rotor:  $L_r = 6.5" = 16.5\text{cm}$ ,  $D=3" = 7.62\text{cm}$

$A_r = 125,8\text{cm}^2$

Se desea que el eje en ambos rodamientos sea de 20 mm

Diámetro de la polea:  $d_r=6"=15,24\text{cm}$

Distancias  $a = 10,48\text{cm}$

$b = 12,22\text{cm}$

$c = 12,22\text{cm}$ , ver figura 5a

La fuerza radial en el centro de gravedad del rotor

$$F_{rw} = W_r$$

La fuerza radial sobre la polea

$$F_{rp} = K_{eff} + W_p$$

$$K_{eff} = f_z * F_t$$

Por la tabla 6;  $f_z$  para correa trapezoidal : 1,5 - 2,5 => Escogemos  $f_z = 2$

**TABLA 5. TIEMPOS DE DURACION EMPIRICOS****DURACION NOMINAL  $L_h$  EN HORAS DE SERVICIO**

<b>CONDICIONES DE SERVICIO</b>	<b><math>L_h</math>[h]</b>
Aparatos y equipos de poco uso, p. ej: aparatos domésticos	500 ..2000
Servicio corto e intermitente, p. ej: automóviles	2000..4000
Tiempo de servicio diario medio Perturbaciones de marcha son de poca importancia, p. ej. máquinas agrícolas	4000..8000
Tiempo de servicio diario medio, seguridad de marcha grande, p. ej. ascensores	8000..12000
Tiempo de servicio diario largo, capacidad no aprovechada totalmente, p. ej. equipos de transporte	12000..20000
Tiempo de servicio diario largo, capacidad plenamente aprovechada, p.ej.máquinas- herramientas, ferrocarriles	20000..40000
Servicio continuo.p,ej. motores grandes, compresores	40000..80000
Servicio continuo con seguridad de marcha grande, p.ej. máquinas papeleras, centrales de energía pública	80000..200000

**TABLA 6. FACTORES ADICIONALES PARA CARGAS DINAMICAS**

<b>CONDICIONES DE MONTAJE</b>	<b>FACTOR <math>f_z</math></b>
Ruedas dentadas error de forma y de paso <0.02mm >0.02...0.1mm	1,05..1,1 1,1..1,3 1
Transmisión por correa trapecial	1,5..2,5
correa correa plana con polea tensora	2..3
correa plana sin polea tensora	3..4
<b>CONDICIONES DE MONTAJE</b>	<b>FACTOR <math>f_d</math></b>
Máquinas de sin percusiones accionamiento (máquinas eléctricas, tubomáquinas)	1,0..1,2
percusiones de mediana intensidad (motores de combustión, máquinas-herramienta)	1,2..1,5
golpes intensos (molinos, máquinas trituradoras)	1,5..3,0
Apoyos de eje suspendido en muelles	1,3
sin muelle	1,5..1,7
Cojinetes de	
Ruedas con neumáticos	1,3..1,6

**FIGURA 3.**

**DISPOSICION DE FUERZAS Y DISTANCIAS EN EL EJE-ROTOR  
PORTACUCHILLAS**

$$H_p = F_t \cdot v_p$$

$$F_t = H_p/v_p$$

$$F_t = 1.5H_p / (d_r \cdot \omega) = 1.5H_p \cdot (735W/1Hp) \cdot (N \cdot m/s/1W) / (0.1524m \cdot 1500rpm \cdot (1m/100cm) \cdot (2 \text{ rad}/1rev) \cdot (1min/60seg))$$

$$F_t = 14,66 \text{ N}$$

$$K_{eff} = 2 \cdot 14,66N = 29,31 \text{ N}$$

$$\text{Ahora, } F_{rp} = 29,31N + 4,9N \rightarrow F_{rp} = 34,22N$$

Observando la figura 5b, por sumatoria de momentos y fuerzas en el eje.

$$+) \quad M_A = 0 : F_B (24,44cm) - 88,53(12,22cm) + 34,22(10,48) = 0$$

$$F_B = 29,6N$$

$$F_y = 0 : F_A + F_B = 122,75N$$

$$F_A = 93,15N$$

Se procede a calcular la capacidad de carga del rodamiento:

$$L_H = 10^6 L_n / 60 w$$

$$L_n = (C/P_d)^p$$

$$L_H = 10^6 (C/P_d)^p / 60 w$$

$p = 3$ , para rodamientos de bola

$$(C/P_d) = (60L_H w / 10^6)^{1/3}$$

$$C/P_d = 7,11$$

Para los rodamientos en A y B tenemos que:

Rodamiento A :  $P_{dA} = F_A$

$$C_A = 7,11 * P_{dA} = 7,11 * 93,15N$$

$$C_A = 662,3 N$$

Rodamiento B :  $P_{dB} = F_B$

$$C_B = 7,11 * P_{dB} = 7,11 * 29,6N$$

$$C_B = 210,456 N$$

Por lo tanto los rodamientos a seleccionar son aquellos que cumplan con estas características de funcionamiento.

En el catálogo # 2704 - II de la NTN seleccionamos un rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular clase AEL 204. Ver anexo A.

Este rodamiento es capaz de resistir las fuerzas axiales y radiales que produce el rotor portacuchillas al estar girando.

Este tipo de rodamiento NTN tiene la ventaja que no necesita lubricación. El relleno de grasa procedente de fabrica es suficiente para la duración de servicio del rodamiento. Además como el eje está mecanizado finamente y

se cuenta con un ajuste fijo se puede alcanzar un número de revoluciones alto.

El rodamiento AEL 204 cuenta con un adaptador, el cual se fija tanto al rodamiento como al eje para evitar el deslizamiento de estos. El sistema completo va instalado en un soporte de fundición AELPL204. Ver anexo B.

Estos soportes tienen la ventaja de ser económicos y aprovechar toda la capacidad de carga del rodamiento. Además cuentan con un agujero roscado para engrasadores habituales en el mercado, que permite lubricar tanto el rodamiento como el soporte.

### **3.5 SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA**

El sistema de transmisión de la unidad se hace por medio de correas en V, porque proporciona un método de transmitir potencia en forma económica en comparación con los otros sistemas de transmisión.

Para el cálculo de la transmisión de potencia por correas se basó en los catálogos de la GOODYEAR.

Se escoge el factor de servicio de la tabla 7, para motor eléctrico jaula de ardilla, corriente alterna, arranque normal y máquina trituradora.

$$NsF = 1.4$$

$$\text{Potencia de proyecto: } Pp = 1.5Hp * 1.4$$

$$Pp = 2.1 \text{ Hp}$$

Con este valor de Pp y con las revoluciones por minuto del motor se entra a la figura 4 y se determina el perfil de la correa. En este caso la correa es de tipo A.

Con la potencia del motor y sus revoluciones por minuto se halla en la figura 5 el diámetro mínimo recomendado de la polea conductora el cual varía entre 3 y 5 pulgadas.

Ahora se calcula la relación de velocidad Rt

$$Rt = 1800\text{rpm}/1500 \text{ rpm}$$

$$Rt = 1.2$$

**FIGURA 4.**

**DETERMINACION DEL PERFIL DE LA CORREA**

Se selecciona un diámetro de polea conductora de 5 pulgadas por lo tanto el diámetro de polea conducida es:

$$d_r = 5 \text{ pulg} \times 1.2$$

$$d_r = 6 \text{ pulg}$$

Según catálogo, la velocidad periférica máxima no debe exceder los 6000rpm (pies por minuto)

$$V_m = 0,262 \times d_r \times W_m$$

$$V_m = 0,262 \times 5 \text{ pulg} \times 1800 \text{ rpm}$$

$$V_m = 2358 \text{ ppm}$$

Entonces  $V_m < 6000\text{ppm}$ , entonces cumple la condición. La distancia entre centros del equipo está fijada como  $C_c = 12 \frac{3}{4}"$

Con este valor se halla la longitud de la correa  $L_p$

$$L_p = 2C_c + 1.57 (d_r + d_m) + (d_r - d_m)^2/4C_c$$

$$L_p = 42,78 \text{ pulg}$$

Con este valor se entra en la tabla 8 y se halla la designación de la correa, la cual corresponde a una correa tipo A-41, donde la longitud real de la correa es:

$$L_p = 43 \text{ pulg}$$

Con este valor recalculamos  $C_c$

donde  $C_c = L_p/2 - [0,7854(dr + dm) + (dr - dm)^2/2L_p]$

$C_c = 12,84$  pulg

Arco de contacto =  $180 - dr - dm/C_c \times 60$  (en grados)

Arco de contacto =  $178,66^\circ - 179^\circ$

Con este valor en la tabla 9, buscamos el factor de corrección  $F_{AC}$  para transmisión de correas de V a V.

$F_{AC} = 0,9975$

Ahora se determina el factor de corrección del largo,  $F_{lp}$ , en la tabla 10 y corresponde a  $F_{lp} = 0,885$

Ahora por la tabla 11 se determina el  $H_p$  básico por correa

$H_p = 3,56H_p$

Y en la misma tabla se halla el  $H_p$  adicional con la relación de velocidad

$H_p = 0,13 H_p$

Ahora Hp total =  $3,56 + 0,13 = 3,69$  Hp

Hp efectivo = Hp total x F<sub>lp</sub> X F<sub>AC</sub>

Hp efectivo = 3,257

Entonces el número de correas necesarias será:

No. de correas = Hp proyecto/Hp efectivo =

Pp/Hp efectivo

No. correas = 0,644 1 correa

Se recomienda según catálogo GOODYEAR el entero inmediatamente superior para el número de correas.

Entonces se tienen las siguientes especificaciones para la transmisión:

Diámetro primitivo de la polea menor = 5 pulg

Diámetro primitivo de polea mayor = 6 pulg

Distancia entre centros de los ejes = 13,85 pulg

Correa recomendada : Una correa A-41 3 T GOODYEAR

## **MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

### **4.1 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD**

Una trituradora es una máquina peligrosa si no se aplican las correctas operaciones y reglas de seguridad. Lea las siguientes instrucciones de seguridad con cuidado antes de colocar en servicio y operación la máquina.

- Desconectar el suministro de energía o colocar el switch en apagado cuando no se esté utilizando el equipo.
  
- No se acerque hacia el interior del equipo y no abra la cámara en donde se encuentra el eje portacuchillas hasta que no esté completamente detenido.

- Cuando esten montadas las cuchillas tenga cuidado con el filo de estas. Puede causar un serio daño aunque no estén en movimiento.
  
- Sea cuidadoso cuando gire manualmente el rotor con las cuchillas montadas. El peso de este puede ocasionar que se devuelva y causarle serios daños. Provea de cintas todos los filos de la cuchilla para cortar, mientras estas se encuentren montadas en el eje portacuchillas y el equipo no esté en funcionamiento.
  
- No quite los pernos que cierran la cámara donde se encuentra el eje portacuchillas, a no ser que la unidad se encuentre detenida y tenga desconectado el suministro de energía.
  
- Nunca opere la unidad trituradora si alguno de los siguientes componentes propios de ella se encuentran en mal estado:
  - Guarda de seguridad
  - El sistema eléctrico
  - El eje portacuchillas y cuchillas
  - Cubierta del motor

## 4.2 INSTALACION Y LIMPIEZA INICIAL

- Busque un sitio adecuado para instalar la unidad. Preferiblemente un lugar sin ruido y amplio para poder trabajar tranquilo con la unidad.
  
- Instale la unidad en el espacio seleccionado.
  - Almohadillas de caucho deben ser usadas como ayuda para reducir los niveles de ruido.
  
  - La máquina debe ser colocada en un área nivelada.
  
  - La seguridad en el nivel es opcional. El diseño y construcción de la unidad trituradora minimizan la vibración, su peso y el uso de almohadillas de caucho previenen que camine o se mueva.
  
- **Ojo:** La unidad trituradora debe ser armada por secciones. Las cuchillas y el rotor deben ser limpiadas e inspeccionadas para ver si no tienen fallas. Las cuchillas fijas deben chequearse antes de ajustarse con las cuchillas de rotor. Ajuste la distancia entre las

cuchillas.

Primero se procede a revisar tanto las cuchillas fijas como las móviles y el rotor para ver si no tienen fallas. Monte el eje en los soportes y proceda a colocar las cuchillas móviles ajustandolas bien.

Hecho lo anterior proceda a ajustar la distancia entre cuchillas.

Enseguida, coloque la malla y el canal de descarga del material triturado, teniendo cuidado con el filo de las cuchillas. Compruebe que las cuchillas móviles y la malla no se tocan haciendo girar manualmente el rotor. Luego instale el armazon de la cámara del rotor portacuchillas.

Prosiga con el sistema de transmisión colocando primero la polea en el rotor, posteriormente el motor y por último la correa. Apriete con cuidado los pernos que le dan el ajuste al motor hasta alcanzar la distancia entre centros (Eje motor, eje rotor) deseada. Luego proceda a revisar todo el sistema eléctrico.

**Importante:** Antes de ensamblar y después de puesta en operación haga girar el motor manualmente para asegurarse de la distancia entre cuchillas. Se aconseja triturar pedazitos de material por aproximadamente media hora

para verificar tanto la distancia entre cuchillas como el ajuste de estas.

**NUNCA USE** material entero para esta prueba, porque puede causar un daño irreversible en las cuchillas o en el rotor.

### **4.3 CONEXION DE UNIDAD DE PODER**

PELIGRO: Siempre asegurese que la unidad este apagada, cuando se vaya a trabajar en las conexiones eléctricas.

#### **4.3.1 Qué hacer si la trituradora se atasca debido a una sobrecarga.**

- Desconecte la máquina de la fuente de poder
  
- Abra la cámara de rotor para inspección
  
- Gire el rotor con cuidado para evitar cualquier daño físico.
  
- Remueva el exceso de material de la cámara de corte.

#### **Precaución: ALEJE LAS MANOS DEL ROTOR CUANDO ESTE GIRANDO**

- Vuelva a girar con cuidado el rotor de cuchillas

- Cierre la cámara de corte
  
- Reestablezca la alimentación del equipo
  
- Reinicie la labor de triturar
  
- Alimente con materia prima, cuidándose de no llegar al límite establecido.

#### **4.4 MATERIA PRIMA DE LA UNIDAD**

Procurar solamente suministrarle material plástico desechable (Poliestireno), sin metal, porque este puede causar daños irreparables en el equipo y en especial en las cuchillas. También, la materia prima debe estar libre de cualquier otra suciedad y con la mínima cantidad de líquido.

La capacidad depende del material y del tamaño de la malla que se tenga. Entre más pequeña sean los orificios de la malla, más tiempo debe permanecer el material en la unidad para alcanzar el tamaño deseado y por lo tanto disminuir la cantidad de materia prima introducida en esta.

Para medir la capacidad de la unidad se realiza el siguiente procedimiento. Coloque un amperímetro en la línea de poder y agregue material poco a poco hasta que el amperaje llegue un poco por debajo del estipulado en el motor. En ese punto se sabe la capacidad máxima a la cual el motor nunca fallaría.

**Nota:** Se recomienda para una futura modificación colocar un amperímetro en la caja central con el fin de que se pueda estar monitoreando constantemente el amperaje.

#### 4.5 LA MALLA

La malla se instala debajo del eje portacuchillas y se monta con pernos de fijación. Al hacer la instalación de esta, se debe tener en cuenta que la unidad no este en funcionamiento y tenga desconectado el suministro de energía.

Luego de colocada la malla instalamos la lámina de descarga para que el material caíga sin ningún problema al recipiente del almacenamiento.

## **4.6 MANTENIMIENTO**

**4.6.1 Correa en V** Chequee para una justa tensión de la correa antes de la primera semana de operación y después de eso una vez al mes. En todo ese tiempo, revise si hay desgaste, grieta o fractura. Para la tensión en las correas, desconecte la fuente de poder y asegúrese que no hay corriente eléctrica. Oprima con los pulgares cada una de las correas, aproximadamente a la mitad de su longitud. La correa no debe hundirse más de 3/4" y las dos deben hundirse lo mismo. Si están muy flojas se debe ajustar para lograr la tensión necesaria. Si la correa se estira hay que cambiarla.

**4.6.2 Cuchillas de Corte** Las cuchillas de la unidad deben ser revisadas después de los primeros dos o tres días de operación aplicándole una limpieza general y midiendo la distancia existente entre las cuchillas fijas y móviles para ver si esta se conserva. Si esto no se cumple hay que verificar el apriete de las cuchillas fijas y móviles y el filo de estas. Este procedimiento debe repetirse mensualmente o cada vez que el operario lo crea conveniente.

**4.6.3 Sistema Eléctrico** El mantenimiento de esta parte de la unidad es mínimo, consiste en: Chequear en el motor el interruptor centrífugo, el

condensador y hacerle las pruebas al aislamiento del embobinado. Todo lo anterior se realiza anualmente.

El juego de contactores (apagado y encendido) se revizará anualmente, mientras que los botones que unen el Relay, el breaker, los contactores, los botones pulsadores y las luces piloto, se revizarán semestralmente.

**4.6.4 Rodamientos del eje** Los rodamientos están seleccionados para durar 4000 horas de servicio. El mantenimiento consiste en revizarlos cada 1000 horas de servicio para ver si han sufrido algún deterioro notorio. Los rodamientos vienen autolubricados gracias a la cual no hay que suministrarle grasa.

El soporte de los rodamientos se reviza cada 500 horas de servicio para ver si no ha sufrido desgastes o fracturas y cada 1000 horas se le cambia de grasa.

## NOMENCLATURA

### 5.1 SIMBOLOS CON LETRAS

A.....	Area de la cuchilla
Ac.....	Area de Corte
Ar.....	Area longitudinal del rotor
C.....	Capacidad de carga dinámica del rodamiento
C <sub>A</sub> .....	Capacidad dinámica equivalente del rodamiento A
C <sub>B</sub> .....	Capacidad dinámica equivalente del rodamiento B
C <sub>C</sub> .....	Distancia entre centros
D.....	Ancho de cara del rotor
D <sub>b</sub> .....	Diagonal del bloque porta cuchillas
d.....	Diametro del eje
d <sub>r</sub> .....	Diametro de la polea mayor
d <sub>m</sub> .....	Diametro de la polea menor

$F_a$	.....	Fuerza aparente
$F_c$	.....	Fuerza de Corte
$f_c$	.....	Factor de conversión
$F_{rp}$	.....	Fuerza radial sobre la polea
$F_{rw}$	.....	Fuerza radial en el centro del rotor
$F_t$	.....	Fuerza tangencial teórica
$f_z$	.....	Coeficiente dinámico
$H$	.....	Luz entre cuchillas
$J$	.....	Momento polar de inercia del área transversal
$K_{eff}$	.....	Fuerzas adicionales en los rodamientos
$L$	.....	Longitud de corte
$L_H$	.....	Duración nominal del rodamiento
$L_p$	.....	Longitud de la correa
$L_r$	.....	Longitud del rotor
$m_c$	.....	Masa de las cuchillas
$m_r$	.....	Masa del rotor
$m_T$	.....	Masa total
$N_{sf}$	.....	Factor de servicio
$P$	.....	Potencia
$P_p$	.....	Potencia de proyecto
$P_d$	.....	Carga dinámica equivalente del rodamiento

$P_{dA}$ .....	Carga dinámica equivalente del rodamiento A
$P_{dB}$ .....	Carga dinámica equivalente del rodamiento B
$p$ .....	Exponente de duración de los rodamientos
$R_T$ .....	Relación de velocidad
$r$ .....	Radio de la superficie
$S_{sy}$ .....	Resistencia de fluencia a la torsión
$S_y$ .....	Resistencia de fluencia a la flexión
$t$ .....	Tiempo
$T$ .....	Torque total
$T_1$ .....	Torque debido a la potencia
$T_2$ .....	Torque debido a la inercia
$V_r$ .....	Volumen del rotor
$V$ .....	Velocidad tangencial del rotor
$V_m$ .....	Velocidad tangencial de la polea conductora
$V_p$ .....	Velocidad tangencial de la polea conducida
$W$ .....	Velocidad angular del rotor
$W_m$ .....	Velocidad angular del motor
$W_p$ .....	Peso de la polea conducida
$W_r$ .....	Peso del rotor, eje y cuchillas
$Z$ .....	Número de pares de cuchillas
$a$ .....	Densidad del acero

..... Esfuerzo cortante máximo

i..... Resistencia al impacto del poliestireno

## 5.2 SIMBOLOS DE UNIDADES

### 5.2.1 Longitud

mm	Milímetro
cm	Centímetro
mt	Metro
plg	Pulgada
ft	Pies

### 5.2.2 Area

mm <sup>2</sup>	Milímetro cuadrado
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado
mt <sup>2</sup>	Metro cuadrado
plg <sup>2</sup>	Pulgada cuadrada
ft <sup>2</sup>	Pies cuadrado

### 5.2.3 Volumen

cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
mt <sup>3</sup>	Metro cúbico

**5.2.4 Masa**

grm	Gramo
Kgrm	Kilogramo
Ton	Tonelada

**5.2.5 Fuerza**

Kgf	Kilogramo fuerza
Nw	Newton
Lbf	Libra fuerza

**5.2.6 Torque**

Kgf x cm	Kilogramo fuerza por centímetro
Lbf x plg	Libra fuerza por pulgada

**5.2.7 Tiempo**

Seg	Segundo
Min	Minuto
hr	Hora

**5.2.8 Velocidad**

mt/sg          Metro sobre segundo

**5.2.9 Velocidad angular**

rpm            Revoluciones por minuto

rad            Radián

**5.2.10 Potencia**

Hp            Horse power

W            Vatio

## CONCLUSIONES

Después de la realización del proyecto de grado titulado "**Diseño, construcción y estudio de una unidad móvil para el triturado de vasos plásticos**", se sacaron las siguientes conclusiones:

- Para lograr que los estudiantes tomen conciencia sobre el problema ecológico que existe en la ciudad y comiencen a ayudar a solucionarlo, se diseñó y construyó la unidad móvil para el triturado de vasos plásticos desechables.
- Se seleccionó un motor capaz de suministrar la potencia necesaria para lograr las condiciones de operación de la unidad y así cumplir con los parámetros de diseño.

- Así también, se seleccionaron los rodamientos del equipo, la transmisión de potencia a utilizar y el tipo de cuchillas más adecuado, teniendo en cuenta las condiciones de operación y servicio de la unidad y cumplir también con las exigencias a que está sometida la unidad.
  
- Se diseñó el eje para la transmisión, así como también se analizó la forma más económica del mismo y que cumpliera las condiciones de operación de la máquina.
  
- Se diseñó el sistema de recolección del producto triturado y los sistemas de protección tanto para el equipo como para la persona que opera el mismo, teniendo en cuenta las normas de seguridad establecidas para este tipo de máquina.
  
- Se elaboró una guía de operación y mantenimiento de la unidad móvil para el triturado de vasos plásticos desechables, ya que es importante que los estudiantes conozcan el funcionamiento, para lograr una vida útil prolongada de la unidad y libre de problemas por manipulación inadecuada.

- Se estableció que el diseño de las cuchillas utilizadas sirve para distintos tipos de material plástico, lo que varía es la distancia entre cuchillas fijas y móviles y la relación de velocidad para cada material.

## **GLOSARIO**

**ECOLOGIA:** Ciencia que estudia el medio ambiente y el equilibrio entre los seres vivos y la naturaleza.

**ENVASE:** Recipiente en que se conservan y transportan ciertos productos.

**PLASTICOS:** Aquellas materias que esencialmente están constituidas por macromoléculas orgánicas. Tales materias macromoleculares son obtenidas a través de síntesis o por modificación de materias naturales.

**POLIESTIRENO:** Resina termoplástica de alto uso en la industria, obtenida de la polimerización del estireno, partiendo del etilbenceno por deshidrogenación catalítica.

**POLIETILENO:** Material plástico, materia termoplástica obtenida por polimerización del etileno por distintos procedimientos. Es un producto cristalino e impermeable a los gases.

**RECICLAR:** Artículo que es usado y el producto es reprocesado y transformado en otro similar o distinto del inicial.

**REUTILIZAR:** Artículos que son usados una y otra vez sin cambiar su forma original.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ASKELAND A. Donald. La Ciencia e Ingeniería de los Materiales. México. Grupo Editorial Iberoamericano S.A. de C.U. 1987.

CATALOGO NTN BEARING UNITS. No.2704-II. 1982

CHALITA, Roberto. Tecnología de los Plásticos. Editorial Mejoras Ltda. 1978.

DOBROVOLSKI, K. Elementos de Máquinas. Moscú, MIR. 1976.

DOYLE, Lawrence. Procesos y materiales de manufactura para ingenieros. México. Prentice Hall, 3ra edición, 1988

FRENCH, Tomás y VIERCK, Charles J. Manual de Dibujo de Ingeniería. México. Mc Graw Hill. 1981.

GARRIDO, LOPEZ y MARTINEZ, Pereira. Basura Urbana. Editores Técnicos Asociados. S.A. Barcelona, España. 1975.

MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico. México. Mac Graw Hill. 1992.

NIEMAN G. Elementos de Máquinas: Proyectos y Cálculos de Cojinetes y árboles. Barcelona, Labor. 1987.

PLASTICOS DE COLOMBIA. Revista de la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (Acoplásticos). Edit. Presencia Ltda.

**ANEXO A**  
**DIMENSIONES DE LOS RODAMIENTOS AEL2**

**ANEXO B**  
**DIMENSIONES DE LOS SOPORTES AELPL**

**ANEXO C**  
**ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TRITURADORA**

**ANEXO D**  
**EQUIVALENCIA ENTRE UNIDADES**

## **EQUIVALENCIA ENTRE UNIDADES**

### **FUERZA Y ENERGIA**

$$1 \text{ Kgf} = 9,80665 \text{ N} \quad 9,8 \text{ N}$$

$$1 \text{ Kgf} = 2,204 \text{ lb}$$

$$1 \text{ Kgf.m/sg} = 9.8 \text{ Wt}$$

$$1 \text{ Hp} = 550 \text{ pie-lb/sg} = 3300 \text{ pie-lb/min}$$

$$1 \text{ Hp} = 750 \text{ Wt}$$

$$1 \text{ Hp} \cdot \text{hr} = 2544,5 \text{ Btu}$$

### **LONGITUD Y AREA**

$$1 \text{ Plg} = 2,54\text{cm}$$

$$1 \text{ cm} = 0,3939 \text{ plg}$$

$$1 \text{ mt} = 3,281 \text{ pies}$$

$$1 \text{ pie}^2 = 144 \text{ plg}^2$$

$$1 \text{ plg}^2 = 6,452 \text{ cm}^2$$

## **VOLUMEN Y DENSIDAD**

$$1 \text{ Gal} = 231 \text{ plg}^3 = 3,785 \text{ Lt}$$

$$1 \text{ pie}^3 = 28,316 \text{ Lt} = 7,48 \text{ gal}$$

$$1 \text{ plg}^3 = 16,387 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ lb/pie}^3 = 0,01602 \text{ gr/cm}^3$$

## ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD PORTATIL

PARTES	MATERIAL	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
CUCHILLAS FIJAS	ACERO	2	ASIS 01, TEMPLADAS EN ACEITE
CUCHILLAS MOVILES	ACERO	4	AISI 01, TEMPLADAS EN ACEITE
EJE-ROTOR PORTACUCHILLAS	ACERO	1	AISI 1045
MOTOR		1	MONOFASICO-JAULA DE ARDILLA 1010-220b, 1,5Hp
TOLVA DE CARGA	ACERO	1	LAMINA, ESPESOR 1/4"
TOLVA DE DESCARGA	ACERO	1	LAMINA GALVANIZADA, ESPESOR 1/8"
MALLA	ACERO	1	LAMINA, ESPESOR 3/16"
RODAMIENTO	ACERO	2	AEL 205-NTN
SOPORTE DE RODAMIENTO	FUNDICION	2	AELPL 205-NTN
CORREA		1	A41 3-T GOODYEAR
POLEAS	ALUMINIO	2	TIPO A

BANDEJA RECOLECTORA	POLIETILENO	1	LARGO 30 cm ANCHO 30 cm ALTO 15 cm
PERNOS	ACERO	24	GRADO 8= 12 PERNOS DIFERENTES DIAMETROS GRADO 4 = 12 PERNOS DIFERENTES DIAMETROS
CUERPO DEL EQUIPO	ACERO	1	ANGULO 1/4" * 2**2" PLATINA 1/2" * 2 1/2"

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro agradecimiento a:

JORGE A. REYES MENDEZ, Director del proyecto, por su ayuda desinteresada en la realización del mismo.

NESTOR GABRIEL REYES MURCIA, por su colaboración en la culminación del proyecto.

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR, por los conocimientos brindados.

Todas aquellas personas que de una u otra manera prestaron su colaboración para la elaboración de este trabajo.

**LOS AUTORES**

