

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN**



**INFORME FINAL**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÀSTICO A BASE DE PLÀSTICOS**  
**TERMOPLÀSTICOS, PROCEDENTES DE LOS DESECHOS SÒLIDOS DE**  
**LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO.**

**PRESENTADO POR:**  
**AMILCAR LEONARDO RACANCOJ ALONZO**  
**INGENIERO MECANICO**  
**COLEGIADO No. 5833**

QUETZALTENANGO, 19 DE NOVIEMBRE DE 2,007

# INDICE

	Página
1. NOMBRE DEL TEMA	1
2. OBJETIVOS	1
2.1 GENERAL	1
2.2 ESPECIFICOS	1
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
4. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PLÁSTICOS URBANOS EXISTENTES EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO	4
5. RECICLAJE DEL PLÁSTICO	5
5.1 VISIÓN GENERAL Y CRECIMIENTO DEL RECICLAJE	5
5.2 DEFINICIÓN DE RECICLAJE	6
5.3 LOS POR QUÉ DEL RECICLAJE	6
6. DISEÑO DE LA FORMA GEOMÉTRICA Y DIMENSIONES DEL ADOQUÍN PEATONAL PLÁSTICO	7
7. FABRICACIÓN DEL MOLDE	9
8. FABRICACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA FUNDICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DE ORIGEN PLÁSTICO	10
8.1 PROCESOS PRIMARIOS	11
8.2 PROCESOS SECUNDARIOS	11
8.3 DEFINICIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN	12
9. ELEMENTOS DE LA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN DISEÑADA	12
10. PRODUCCIÓN DE ADOQUINES	13
10.1 RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS PLÁSTICOS	13
10.2 PRUEBAS INICIALES DE EQUIPO	14
10.3 PROCESO PARA OBTENER UN ADOQUÍN DE OPTIMA CALIDAD	18
11. COMENTARIOS	21
12. CONCLUSIONES	22

# INTRODUCCIÓN

Los desechos producidos por el ser humano pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos, los cuales se depositan en el aire, el agua y la tierra. Estos medios tienen cierta capacidad para descomponerlos, pero frecuentemente se sobrepasa esa capacidad y se provoca la contaminación. Debido a que los desechos líquidos y gaseosos se van a la atmósfera o a las profundidades del suelo, no somos conscientes de la contaminación que provocan. Los desechos que más espacio ocupan son los sólidos.

El problema empezó desde la época de la industrialización en que se han creado una serie de productos de difícil descomposición que no se incorporan al suelo; estos residuos o basura se denominan inorgánica producida con recursos no renovables como el petróleo, minerales y metales por ejemplo el plástico, duroport, nylon etc.

El 90% de los plásticos es reciclable y podemos encontrarlo en numerosas formas y presentaciones. El reciclaje hoy en día es y debe entenderse como una estrategia de gestión de residuos sólidos.

El presente informe de investigación tiene como finalidad presentar los distintos elementos y acciones que se tuvieron en consideración para llevar a cabo la fabricación de un adoquín peatonal, a base de los desechos sólidos de origen plástico existentes en la ciudad de Quetzaltenango, sin lavado, selección, ni aditamentos, la única transformación de estos desechos fue el triturado que se hizo necesario para su ingreso en la tolva de llenado. También describe los distintos criterios sólidos plásticos, y así lograr físicamente la producción del adoquín utilizados en la fabricación del equipo y maquinaria para la fundición de los desechos peatonal; así mismo detalla los sucesos acaecidos en cada una de las pruebas realizadas hasta alcanzar la fabricación de un adoquín peatonal satisfactorio, describiendo el procedimiento a seguir para la fabricación de los mismos minimizando los problemas con la utilización de la maquinaria y equipo diseñado para tal efecto.



# **INFORME DE INVESTIGACIÓN**

## **1. NOMBRE DEL TEMA:**

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN ADOQUIN PEATONAL ELABORADO A BASE DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE ORIGEN PLASTICO (TERMOPLASTICOS) PRODUCIDOS O EXISTENTES EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO”.

## **2. OBJETIVOS:**

### 2.1 GENERAL

Diseño y elaboración de un adoquín peatonal fabricado con termoplásticos, utilizando como materia prima única los desechos sólidos generados en la ciudad de Quetzaltenango.

### 2.2 ESPECIFICOS

- Caracterización de los desechos solidos de origen plástico urbanos de mayor producción o existencia en la ciudad de Quetzaltenango.
- Diseñar la forma geométrica y dimensiones de un adoquín-
- Fabricación del molde.
- Fabricación de maquinaria para fundición de desechos solidos de origen plástico.
- Elaboración de adoquines.

### **3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:**

A lo largo de muchos años, se ha dado en Quetzaltenango un crecimiento del consumo de los plásticos y la generación de la basura per cápita/día oscila entre 0.5 y 0.8 Kg, de los cuales 0.056 Kg corresponden a desechos plásticos, representando el 20% del volumen y de un 5 a un 7% del peso total de desechos generados a nivel urbano. Esto sin tener en cuenta los desechos originados por empresas o industrias locales. Este crecimiento en el volumen de generación de basuras en la ciudad ha llegado a niveles alarmantes, lo cual convierte su manejo a través de estrategias como el reciclaje, en una actividad prioritaria, debido entre otras razones a:

- Cuando el plástico cumple su “ciclo de vida inicial” presenta problemas de almacenamiento ya que su relación peso/volumen es baja y la disponibilidad de rellenos sanitarios es cada vez menor.
- Aunque los plásticos, se les pueden aplicar los métodos de tratamiento utilizados para el resto de los residuos sólidos (incineración, enterramiento en vertederos controlados), estos métodos no están exentos de inconvenientes cuando se aplican a los residuos plásticos.
- Los residuos orgánicos tardan entre 10 y 15 años para degradarse de un 25 a un 50%, y los residuos inorgánicos tales como el plástico un promedio de 250 años para degradarse, y el problema de manejo generado por residuos no biodegradables, como ciertos plásticos, es considerablemente superior.

Todo esto, unido a consideraciones de carácter económico hace que el reciclaje de plásticos sea una alternativa que cobra cada vez mas fuerza. En nuestra ciudad el crecimiento en el uso de estos materiales no ha sido acorde con la tecnología desarrollada para el aprovechamiento y desarrollo de estos, por lo cual ha surgido la necesidad de crear diferentes opciones para el proceso de reciclaje con el fin de disminuir los niveles de impacto en el entorno y ofrecer nuevas alternativas de empresa.

El problema de la basura plástica en Quetzaltenango es por un demasiado consumo en el mercado hay disponibles muchos productos plásticos los cuales se usan solo una vez como lo constituyen generalmente los empaques, estos productos tardan muy poco en ser utilizados y quedan inservibles automáticamente.

Otro aspecto muy importante es que la basura no se separa cuando se elimina la basura se junta toda: la orgánica y la inorgánica. El problema es que como la basura orgánica se descompone más rápido a veces genera ciertos gases y se ve afectada por malos olores.



Foto tomada por el autor (12 de junio de 2002), taponamiento puente los batanes zona 2 Quetzaltenango

En Quetzaltenango se han creado basureros clandestinos por algunos vecinos que no utilizan los sistemas de recolección de basura y empiezan a convertir barrancos, ríos, sitios baldíos y otros terrenos en basureros clandestinos estos lugares son una fuente de contaminación debido a los malos olores, la proliferación de moscas, roedores y microorganismos que

pueden provocar enfermedades. Mucha basura de tipo plástico que es tirada en las calles por su difícil desintegración esta tapando drenajes, provocando taponamientos, desbordamientos.

En el reciclaje del plástico se dan como puntos críticos: el conocimiento y/o la metodología como se realizan ciertas actividades, como por ejemplo la selección, el lavado, sistemas de molino, aglutinado y distribución de plantas entre otros.

#### ***4. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PLÁSTICOS URBANOS EXISTENTES EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO***

El plástico es un material logrado en laboratorio mediante transformación sintética del carbono principalmente pero también del hidrógeno, nitrógeno y oxígeno en combinación con otros elementos que se obtienen del petróleo.

El plástico es difícilmente biodegradable, por esta razón se convierte en un producto altamente contaminante, mas aún si se tiene en cuenta que los plásticos al quemarse producen gases venenosos.

El 90% de los plásticos es reciclable y podemos encontrarlo en numerosas formas y presentaciones. Sin embargo, debido a su gran variedad, es difícil su clasificación. Es por esta razón que se han acordado símbolos para su identificación que apenas comienza a generalizarse en nuestro país.



Estos son los símbolos que podemos encontrar en los diferentes productos elaborados con plástico:

1. Polietilen Tereftalato PET.
2. Polietileno alta densidad PEAD.
3. Cloruro de Polivinilo PVC.
4. polietileno baja densidad PEBD.
5. Polipropileno PP
6. Pliestireno PS
7. Otros plásticos.

Esta variedad de plásticos los podemos encontrar en productos tales como: vasos desechables (PS), recipientes de aceite, detergentes, champú, etc. (PVC), bolsas de plástico (PEBD), envases de gaseosa (PET), plásticos de vivero (PEAD), bobinas de plástico y cuerdas para amarrar (PP). Con el plástico recuperado se pueden elaborar juguetes. Mangueras, baldes y platones, pegantes, ganchos de ropa, etiquetas y numerosos objetos de uso comercial y casero, en el caso particular de esta investigación adoquines peatonales.

## **5. RECICLAJE DEL PLÁSTICO.**

### **5.1 VISIÓN GENERAL Y CRECIMIENTO DEL RECICLAJE.**

Lo que es actualmente: El reciclaje hoy en día es y debe entenderse como una estrategia de gestión de residuos sólidos. Un método para la gestión de residuos sólidos igual de útil que el vertido o la incineración, y ambientalmente, más deseable. En la actualidad es, claramente el método de gestión de residuos sólidos ambientalmente preferido.

## 5.2 DEFINICIÓN DE RECICLAJE:

El reciclaje sigue siendo uno de esos conceptos evasivos sobre el que todo el mundo piensa que tiene idea clara hasta que empieza a practicarlo. Aunque la mayoría de gente comprende las tareas necesarias para participar, las sutilezas para la interacción de los sectores públicos y privados, imprescindibles para devolver los materiales a la industria en forma de materias primas y los métodos empleados para hacerlo requieren definiciones que no procedan del lenguaje común y sean elaborados mediante la ley.

Los términos materiales reciclables, materiales recuperados y materiales reciclados son importantes para definir el concepto de reciclaje, y generalmente requieren su propia definición a través de diversas regulaciones estatales.

## 5.3 LOS POR QUÉ DEL RECICLAJE:

El reciclaje se produce por tres razones básicas: razones altruistas, imperativos económicos y consideraciones legales. En la primera de ellas es evidente que la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos responde a los intereses generales de todo el mundo. En la segunda, el coste evitado para una evacuación de residuos ambientalmente aceptable se ha incrementado tanto que, cuando se combina con otros costes asociados al reciclaje, adquiere sentido, desde el punto de vista económico, el reciclaje de muchos de los materiales. Finalmente, en respuesta a las exigencias del público y a la creciente falta de métodos alternativos para la evacuación, el gobierno está obligado a reciclar posibilitando una amplia diversidad de penalizaciones económicas y civiles, además de establecer incentivos para estimular el reciclaje.

## **6. DISEÑO DE LA FORMA GEOMETRICA Y DIMENCIONES DEL ADOQUIN PEATONAL PLASTICO**



Para el diseño se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Que el área del adoquín se basara en los estándares de unidades por metro cuadrado de los adoquines de cemento.
- Que el grosor de los adoquines soportan pesos superiores a los de una persona.
- Para aprovechar el material reciclable el adoquín en la parte de abajo posee un vaciado cilíndrico, por lo cual posee paredes no menores de dos centímetros.



- La forma geométrica del adoquín fue diseñado de tal manera que existiera un perfecto encaje entre ellos, para su instalación y en el momento de trabajo existiera una holgura de movimiento.



- La textura en la cara superior se diseñó, de tal manera que fuera antideslizante.



## 7. FABRICACIÓN DEL MOLDE:



Para la fabricación del molde se aplicaron los criterios técnicos del moldeo para plásticos:

- Los materiales metálicos para la fabricación de moldes de plástico son: el aluminio, cobre-berilio, acero, hierro colado, dado por sus características físico-químicas, como buenas propiedades de transferencia de calor, resistencia al desgaste continuo, etc.
- Propiedades de los moldes para plástico, fabricados de Acero:
  1. Buena conductividad térmica: 0.07-.16 Cal/g °C.
  2. Resistencia al desgaste excelente.
  3. Facilidad de reparación muy buena.
  4. Densidad: 7.7-7.85 g/cm<sup>3</sup>.
  5. Facilidad de Maquinar y pulir muy buena



- Por la facilidad de encontrarse en los talleres residuos de lámina de acero de 1/8", se procedió a fabricar dicho molde adhiriendo cada una de las platinas con soldadura eléctrica, hasta conseguir la forma deseada.
- El molde se construyó de forma bipartita o piezas desplazables, por el número de cavidades que posee el diseño del adoquín a fabricar, esto ayudaría en el desmolde de la pieza.

#### **8. FABRICACIÓN DE MAQUINARIA PARA FUNDICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DE ORIGEN PLÁSTICO PARA LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES PEATONALES.**



Fue necesario conocer los distintos procesos de transformación del plástico, los cuales se basan en los cambios del estado que sufre el plástico dentro de la maquinaria. Así, podemos encontrar la siguiente división:

- Procesos Primarios
- Procesos Secundarios

En el proceso primario, el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado líquido y finalmente se solidifica, mientras que en los procesos secundarios se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico.

Con base en estos criterios, los procesos de transformación principales se clasifican como:

#### 8.1 PROCESOS PRIMARIOS:

- Extrusión
- Inyección
- Soplado
- Calandreo
- Inmersión
- Rotó moldeo
- Comprensión

#### 8.2 PROCESOS SECUNDARIOS:

- Termo formado
- Doblado
- Corte
- Torneado
- Barrenado.

### 8.3 PROCESO DE EXTRUSIÓN

Los materiales termoplásticos, pueden extruirse por medio de matrices en formas simples de cualquier longitud, en este proceso con material granulado o pulverizado se alimenta a la tolva, forzándolo luego a través de una cámara de calentamiento por medio de un tornillo sin fin o émbolo. En la cámara, el material se convierte en una masa densa y viscosa, forma en la cual se puede iniciar cualquier proceso de formado o moldeado.

El proceso primario de Extrusión se considero adaptable para el proceso de reciclaje que se deseaba y así iniciar con el diseño y fabricación de la maquina extrusora, la búsqueda y fabricación de los distintos elementos y sistemas tanto mecánicos como eléctricos, etc.

### **9. ELEMENTOS DE LA MAQUINA DE EXTRUSION DISEÑADA:**



a) Un cilindro de acero inoxidable:

- Diámetro interior = 9.5cm.
- Diámetro exterior = 10.3cm.
- Longitud = 55cm.

- b) Un émbolo (pistón) de aluminio, diámetro ajustado al cilindro.
- c) Un tornillo de rosca cuadrada, para el avance del émbolo.
- d) Un par de cintas de calefacción o bandas de resistencia òhmica de 1000vatios, cada una.
- e) Un switt, tipo infinito regulador de intensidad de corriente, para regular el calentamiento de las bandas.
- f) Cubierta de lamina, con su tolva de ingreso de material y su respectiva estructura de sostenimiento.

## **10. PRODUCCIÒN DE ADOQUINES**

La producción de adoquines se encuentra dividida en dos etapas. Recolección de desechos sólidos plásticos y pruebas iniciales de equipo.

### **10.1 RECOLECCIÒN DE DESECHOS SÓLIDOS PLÁSTICOS:**



- a) Recolección de desechos sólidos plásticos producidos por 4 familias en un tiempo de 15 días dando como resultado un promedio de 5 libras de plástico por cada una.
- b) Recolección de plásticos en un salón social por 15 días con promedio de 25 libras de desechos sólidos plásticos por semana.
- c) Trituración manual de los desechos sólidos plásticos recolectados.

## 10.2 PRUEBAS INICIALES DE EQUIPO:

- a) Instaladas las resistencias de bandas en el cilindro, sin regulador, se procedió a conectarlas a corriente 110 dando como resultado un excelente funcionamiento-



- b) Se procedió a revisar el émbolo introducido en el cilindro, se centro en la platina de sujeción para el correcto avance.



c) Se realizaron 8 pruebas hasta obtener el producto deseado, las que se detallan a continuación:

- Lleno el cilindro con el material plástico (exclusivamente con envases de gaseosa tipo Pet) triturado se conecto con el regulador en el punto máximo, por un tiempo de 22 minutos, posteriormente, se procedió a vaciar por el conducto de salida a un molde en forma de estrella, sin necesidad de impulsarlo con el émbolo, el producto salió totalmente líquido y de color oscuro.



Enfriada la muestra a temperatura ambiente durante 10 minutos se procedió al desmolde, solidificado, con una apariencia porosa, quemada, se le formaron fisuras que al tacto se quebraba. Por lo que se concluyó que la temperatura era excesiva al punto de quemar la mezcla que al recalentarse pierde sus propiedades.

- En la siguiente prueba con el objeto de determinar si con un enfriamiento lento la mezcla no se fractura, se procedió al llenado del cilindro con material triturado de envases de gaseosa tipo Pet , se colocó el regulador a la mitad de su capacidad (No. 4) durante 20 minutos; se elevo la temperatura a No. 6 por 18 minutos más, se procedió al vaciado en un molde de adoquín siendo necesario impulsar el material con el émbolo, la mezcla fue más densa, pero no homogénea, el enfriamiento fue lento para evitar un choque térmico, se cubrió la muestra con fibra de vidrio por un promedio de 12 horas.

- Al día siguiente al desmoldar la pieza estaba completamente quebrada dentro del molde de color gris oscuro.



- En la siguiente prueba se procedió al llenado con los mismos materiales, tiempos y temperatura de la prueba anterior, se llenó el molde y se dejó enfriar a temperatura ambiente y presentó nuevamente fisuras y en el desmolde el adocquín se quebraba.



- En la cuarta prueba los desechos sólidos plásticos utilizados fueron bolsas plásticas, envases de champú, cloro, desinfectante, pelotas de plástico, macetas y palanganas, procedentes de una familia, se procedió a llenar el cilindro, con la misma temperatura y tiempos de la prueba anterior se vació el material en el molde, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 20 minutos, al desmoldar no presentó ninguna fisura con una textura áspera.



- En la quinta prueba, con los mismos materiales, se colocó el regulador en su punto máximo de temperatura por un tiempo mayor, la mezcla dentro del cilindro se presentaba líquida, en el momento de ser impulsada con el émbolo el material traspasó las paredes del émbolo en su parte posterior, se llenó el molde y se dejó enfriar a temperatura ambiente, la textura del adocquín era fina pero frágil. El material que quedó en la parte posterior al solidificarse era aun más frágil. En esta prueba se pudo concluir que estos materiales al sufrir recalentamiento también pierden sus propiedades.



- En la sexta prueba con el objetivo de lograr una textura más fina en el acabado se procedió de forma idéntica a la cuarta, con la única diferencia de que el molde se precalentó a una temperatura de 60° centígrados y se lubricó con aceite de vehículo, logrando así obtener un mejor acabado del adocquín.



- En la prueba numero siete se procedió a llenar el cilindro con un 50% de material de envases de gaseosa tipo PET y el otro 50% de plásticos como: bolsas y otros, con lo que se logró homogenizar la mezcla, sin embargo se obtuvo un adoquín con partes quebradizas.



- De la octava prueba en adelante con desechos sólidos plásticos en un 25% de envases PET y en un 75% de otros plásticos, el regulador colocado en el No. 7 un promedio de 190° centígrados, se obtiene el adoquín sin fisuras, no sufre quebraduras y su textura es media.

### 10.3 PROCESO PARA OBTENER UN ADOQUIN DE OPTIMA CALIDAD:



1. Precalentar el cilindro, un tiempo de 25 min, el control de temperatura debe situarse en el punto Alto = 8.

2. Verificar que el émbolo despegue del cilindro y que este tenga el recorrido en la longitud total del cilindro.



3. Bajar el botón del control de temperatura en el punto No. 4.
4. Introducir por la tolva, el material triturado a fundir, y conducirlo hacia adentro por medio del émbolo, hasta que el cilindro quede completamente lleno de material plástico.



5. Situar nuevamente el botón del control al punto No. 8.
6. Limpiar, lubricar y calentar el molde.
7. Introducir el agitador hasta alcanzar una mezcla pastosa y homogénea.

8. Antes de llenar :

- Posicionar en la maquina el molde.



- Situar el botón del control al punto No. 4.
- Desenroscar la tapa, de la boquilla.
- Proporcionar al émbolo movimiento hacia dentro para que fluya el plástico que se encuentra dentro del cilindro.

9. Lleno el molde esperar + - 5 minutos para luego enfriarlo con agua y proceder a desmoldar el adoquín, desarmando el molde.

10. Se puede regresar al punto numero 4 y seguir el mismo procedimiento para preparar material para otro adoquín.

11. El tiempo de fundición del siguiente material es menor porque el cilindro se encuentra caliente y existe material sobrante de la anterior producción.



## **COMENTARIOS**

- ✓ Que el material plástico a reciclar al triturar sea uniforme en su tamaño y espesor, pues se experimento en las prácticas que el plástico de espesores y tamaños variados no tenia el mismo tiempo para fundirse y en el momento de llenado en el molde existieron partes sólidas que obstruyeron la salida del material por la boquilla.
- ✓ Después de vaciar el plástico es necesario remover el material acumulado en la boquilla de llenado para una próxima producción, pues si no se hace la boquilla queda con residuos solidificados y esto no deja fluir el material en la próxima fundición.
- ✓ Se tuvo la experiencia que en el material reciclado este contenía objetos metálicos o que no son capaces de desintegrarse con el calor y cuando se procedió a llenar el molde este dificultó el paso por completo del fluido y se necesito introducir una varilla dentro de la boquilla para destapar el paso del fluido.
- ✓ Se hace necesario introducir un mecanismo para homogenizar la mezcla como también lubricar y precalentar el molde a 60° C para obtener un producto mejor acabado.

## **CONCLUSIONES**

- ✓ El reciclaje del plástico utilizado para producir adoquines peatonales no requiere, de lavado o clasificación de los plásticos.
- ✓ Cuando se funde material exclusivamente del tipo PET, este al solidificarse, se quiebra fácilmente por lo que no se recomienda su uso para este caso en particular.
- ✓ Para poder utilizar el material tipo PET, es necesario formular la mezcla con un 25% PET y un 75% otros Plásticos.
- ✓ Cuando la mezcla plástica dentro del cilindro es muy líquida, existe fuga de material hacia atrás del émbolo, y la materia plástica sufre de recalentamiento por lo que pierde sus propiedades plástica y al solidificarse es un material frágil de quebrarse, aunque su textura y figura en el molde es muy buena.
- ✓ Para realizar el proceso reciclaje en esta máquina es necesario que se utilice equipo de protección (Guantes, mascarillas, lentes) y las instalaciones deben de poseer buena ventilación e iluminación.

