

# Diseño y construcción de una Trituradora de Vidrio



Luis Aquino  
Fajardo, Ing.<sup>1</sup>

ralphsms@hotmail.com



Patricio Tamayo, Ing.<sup>2</sup>

Ciencias de la Ingeniería

dpaul\_2007@hotmail.com

## Resumen

*En la ciudad de Milagro, el consumo de vidrio para la fabricación de botellas es muy elevado, en zonas de diversión y estudio se encuentran contenedores para depositar envases de cualquier material para su reciclado. Es por esto que se ha decidido diseñar una máquina trituradora de botellas cuyo producto final esté listo para ser reciclado, con una ventaja adicional, que esta máquina fue construida en el Ecuador, y tiene un costo menor, respecto a una máquina importada. En este artículo se expone al lector los pasos que se siguieron para el diseño de la misma. Para su desarrollo, fue necesario acudir a empresas que recolectan y procesan el vidrio; establecer las características de los componentes y su funcionamiento; analizar los distintos modelos de trituradoras existentes, mostrando ventajas y desventajas de cada una; seguido por un análisis estructural utilizando programas de diseño mecánico; y seleccionar el modelo que será base del diseño. Finalmente, se muestran las conclusiones así como sus recomendaciones, esperando que puedan servir para futuros trabajos en el área del reciclaje, así como incursionar en el extenso campo del vidrio.*

**Palabras clave:** Reciclaje, vidrio, diseño, trituradora, casco

## Abstract

*In the town of Milagro, the use of glass for bottle production is very high and in zones of leisure and study activities one can find containers to deposit vessels of any material for recycling. That is why it was decided to design a bottle crushing machine whose final product is ready for recycling, with an additional advantage that the machine was built in Ecuador, and more accessible compared to imported machinery. This article shows the steps followed for the design of the machine. To develop it was necessary to go to companies that recycle and process the glass, to establish the characteristic of components and their function. By knowing in advance the various existing models of crushers, and demonstrating the advantages and disadvantages of each one, then followed by the structural analysis using the mechanical design programs, it is possible to select the model on which the design will be based. Finally, the conclusions and recommendations are presented hoping they will serve to further work in the area of recycling, as well as in the field of glass which is very extensive.*

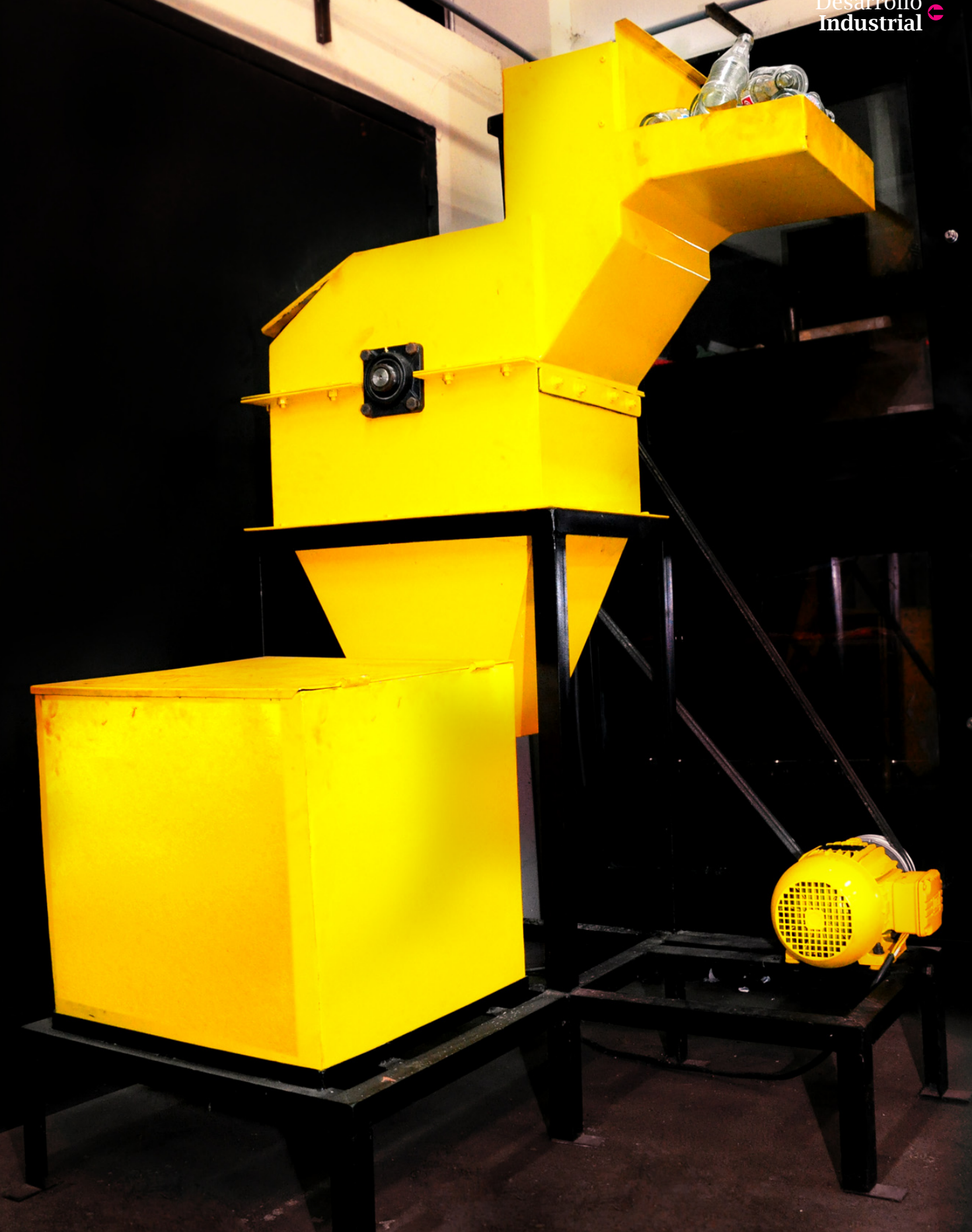
**Key words:** Recycle, glass, design, crushing machine, shell.

**Recibido:** Marzo, 2011

**Aceptado:** Junio, 2011

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial con mención en Mantenimiento Mecánico, graduado de la Universidad Estatal de Milagro.

<sup>2</sup> Ingeniero en Mecánica graduado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, trabaja actualmente para la compañía azucarera Valdez y es docente contratado en la Universidad Estatal de Milagro.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente la protección medioambiental lleva implícita las palabras "recuperación" y/o "reciclado". Los países industrializados son grandes productores de desechos que no se pueden destruir de una manera sencilla y rápida. Los altos costes de eliminación de residuos obligan a los gobiernos a tomar medidas encaminadas a minimizar esos residuos y reducir su dependencia de las materias primas.

El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable. Concretamente el envase de vidrio es 100 % reciclable, es decir, que a partir de un envase utilizado, puede fabricarse uno nuevo que puede tener las mismas características del primero. En este artículo se intenta explicar al consumidor el porqué y para qué del reciclado del vidrio.

Por otro lado los costos a favor del vidrio son favorables y beneficiosos, ya que cada botella de vidrio reciclada cuesta aproximadamente 5 centavos, lo que genera cerca de una décima parte o incluso menos del precio total del envasado.

El campo del reciclaje del vidrio abarca un amplio espectro que comprende desde la recolección de la materia prima, hasta el embalaje y posterior distribución de los envases. Debido a la complejidad de dicho proceso en toda su línea, se ha escogido el estudio de una parte esencial dentro de su producción, la cual es la trituración de la botella.

En la primera parte de este estudio se analiza concepto y generalidades del vidrio, desde la antigüedad hasta la actualidad, pasando por su rústica fabricación, propiedades físicas, químicas, metálicas y demás hasta el moderno proceso de fabricación. Luego se analiza el reciclaje con sus diversos tipos y beneficios, así como el

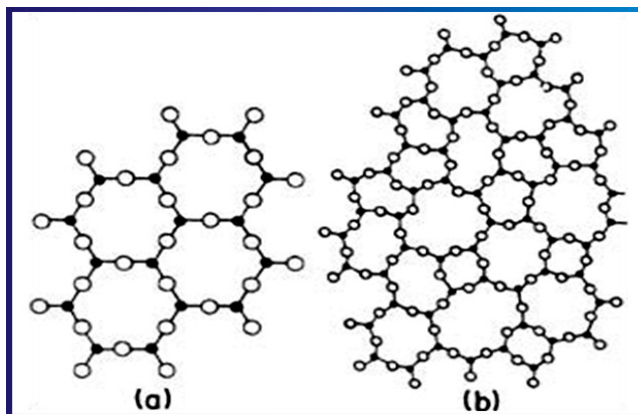


Figura 1. Estructura cristalina de vidrio (a) vítrea y (b) de silicato.

proceso de fabricación de botellas de vidrio, lo que conduce posteriormente a seleccionar la máquina que sea la apropiada para el trabajo deseado dentro de la amplia gama de éstas.

Finalmente, se utiliza el programa Autodesk Inventor, con el fin de realizar un análisis de resistencia mecánica por el método de análisis de elementos finitos, determinando parámetros como factor de seguridad y esfuerzo máximo. Así determinaremos el comportamiento del equipo triturador y saber si existe algún tipo de falencia en cada elemento mecánico de la máquina. El programa Inventor nos brinda un panorama muy cercano a las condiciones de funcionamiento, por lo que se garantiza los resultados de dicho análisis del equipo.

### 1. Composición del vidrio

Vidrio (industria), sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. También se encuentra en la naturaleza, por ejemplo en la obsidiana, un material volcánico, o en los enigmáticos objetos conocidos como tectitas. El vidrio es una sustancia amorfa porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen su-

ficiente cohesión para presentar rigidez mecánica. El vidrio se enfría hasta solidificarse sin que se produzca cristalización; el calentamiento puede devolverle su forma líquida. Suele ser transparente, pero también puede ser traslúcido u opaco. Su color varía según los ingredientes empleados en su fabricación.

El vidrio fundido es maleable y se le puede dar forma mediante diversas técnicas. En frío, puede ser tallado. A bajas temperaturas es quebradizo y se rompe con fractura concoidea (en forma de concha de mar).

Se fabricó por primera vez antes del 2000 A.C., y desde entonces se ha empleado para fabricar recipientes de uso doméstico así como objetos decorativos y ornamentales, entre ellos joyas. En este artículo trataremos cualquier vidrio con características comercialmente útiles en cuanto a transparencia, índice de refracción, color. En Vidrio (arte) trata la historia del arte y la técnica del trabajo del vidrio.

### 2. Propiedades del Vidrio

#### a. Propiedades Ópticas.

Las propiedades ópticas del vidrio son aquellas que son apreciadas por nuestros sentidos, a simple vista son el color y la textura.

El color de los vidrios resultan de tres factores: el estado de

oxidación del vidrio, de la cantidad específica de colorante utilizado y por los colores de solución.

La oxidación del vidrio es promovida por la adición del carbón, y el grado de oxidación es medida de forma arbitraria con una escala, conocida como los números de oxidación. El vidrio claro tiene número de carbón 0, el vidrio verde oscuro tiene número de carbón 28, y el vidrio de color ámbar o café tiene número de carbón 52.

La cantidad específica del colorante utilizado se refiere a los elementos que se colocan en el proceso de fusión, y son llamados colorantes.

Los colores de solución donde el color se produce porque el óxido metálico presente absorbe la luz de la región visible del espectro, y deja pasar la que corresponde a algunos colores que son lo que se ven. De esta forma el cobre absorbe la luz con longitudes de onda que pertenecen a todos los colores menos el color rojo rubí. Por eso un vidrio que contenga  $Cu+1$  se verá rojo rubí y el que contenga  $Cu+2$  se verá color verde.

La textura de los vidrios puede variar en cuestiones de brillo, esto depende del proceso de fundido. Un vidrio completamente fundido presenta un brillo porque se nivela y aplanan cuando se funde formando una superficie extremadamente lisa. Cuando no se funde correctamente la superficie resulta ser muy rugosa y de color mate, haciendo que no haya transparencia.

**b. Propiedades Físicas.**

Dentro de las propiedades químicas del vidrio se encuentra la densidad. Existen vidrios que pueden tener densidades relativas con respecto al agua de 2 a 8, lo que implica que hay vidrios más ligeros que el aluminio y más pesados que el

Elemento	Color
Óxido de cobalto	Rojo Azulado
Óxido ferroso	Azul
Óxido férrico	Amarillo
Óxido de cromo	Verde grisáceo
Trióxido de cromo	Amarillo
Óxido de cobre	Verde azulado
Óxido de uranio	Verde amarillento fosforescente
Selenio elemental	Rosa
Sulfuro de cadmio coloidal	Amarillo

Tabla 1. Elementos que dan coloración al vidrio.

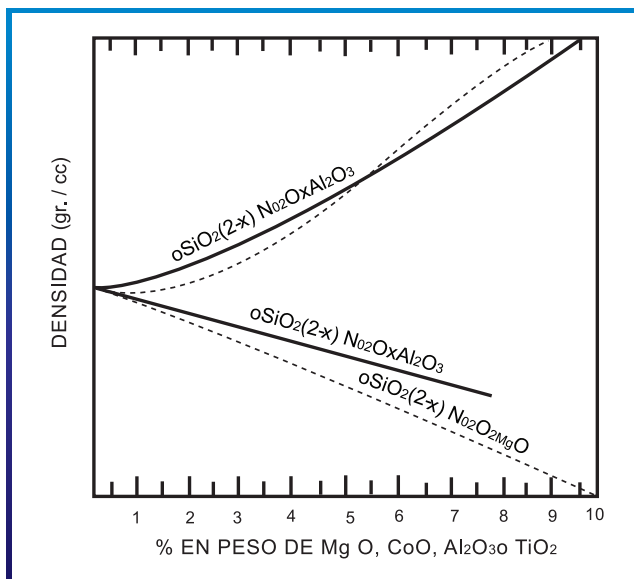


Figura 2. Gráfica de densidad versus porcentaje de compuestos presentes en el vidrio.

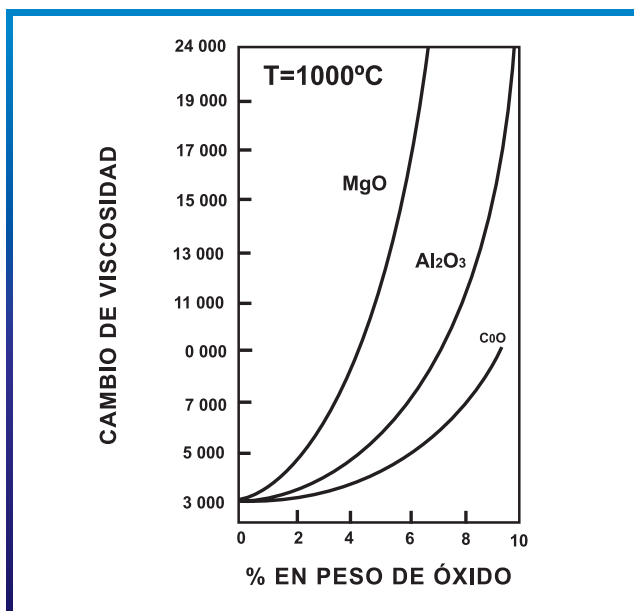


Figura 3. Gráfica de viscosidad versus porcentaje de compuestos presentes en el vidrio.

acero, pero esto es en estado puro.

La densidad del vidrio de botella que es el objeto del análisis varía entre  $1700 \text{ kg/m}^3$  a  $3100 \text{ kg/m}^3$ .

La densidad del vidrio aumenta al incrementar la concentración de óxido de calcio y óxido de titanio; pero disminuye considerablemente al aumentarse óxido de aluminio u óxido de magnesio.

El vidrio es muy resistente a la última propiedad química que es la corrosión. En el medio ambiente son muy resistentes y no desisten ante el desgaste.

Sin embargo existen 4 propiedades que pueden hacer que el vidrio sucumba ante la corrosión y son las siguientes:

Ácido hidrófluorídrico

Ácido fosfórico de alta concentración.

Concentraciones alcalinas a altas temperaturas.

Agua súper calentada.

### c. Propiedades Mecánicas.

“Como se conoce el vidrio no es dúctil ni maleable. No sufre deformación permanente por acción del esfuerzo, sino que alcanzado el límite de resistencia se produce su fractura. Torsión, Compresión, Tensión, Flexión son las propiedades mecánicas a las que un vidrio está sometido” [1].

La resistencia a la torsión se define como la capacidad para oponerse a la aplicación de una fuerza que provoque giro o doblez en su sección. El vidrio no tiene esta propiedad cuando está en estado sólido, pero en estado de fundición si acepta la torsión, debido a que es una pasta y que depende de los elementos que le sean adicionados.

El vidrio tiene una resistencia a la compresión muy alta, siendo su resistencia promedio  $1000 \text{ MPa}$ .

La Figura 4 muestra los distintos porcentajes de compresibi-

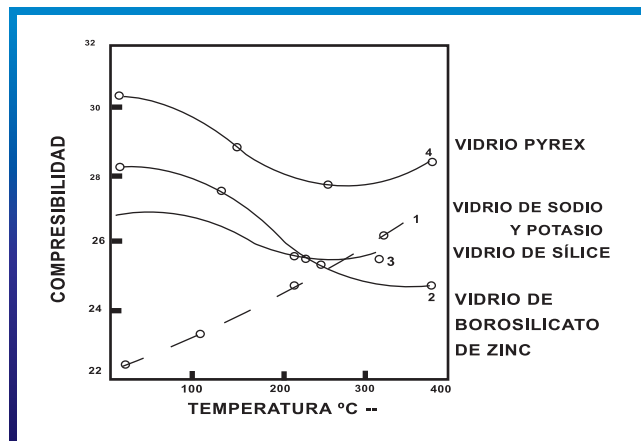


Figura 4. Gráfica de porcentajes de compresibilidad dependiente de temperaturas en los diversos tipos de vidrios.

lidad para los distintos vidrios dependiendo de las temperaturas.

“Durante el proceso de fabricación de vidrio, este adquiere imperfecciones o grietas no visibles, las cuales cuando se le aplica una presión acumulan esfuerzos de tensión en dichos puntos, aumentando el doble la tensión aplicada, los vidrios por lo general soportan una resistencia a la **tensión** entre  $3000$  a  $5500 \text{ N/cm}^2$ , aunque pueden soportar más cuando tienen un **tratamiento especial**” [2].

Caso contrario sucede con la **flexión**, ya que para cada composición de vidrios es distinta. Un vidrio sometido a flexión soporta en una de sus caras esfuerzos de compresión y en otra cara esfuerzos de tensión, en todos los materiales sucede lo mismo.

La resistencia a la flexión en un vidrio es casi de  $40 \text{ MPa}$ .

“Durante el proceso de fabricación de vidrio, este adquiere imperfecciones o grietas no visibles, las cuales cuando se le aplica una presión acumulan esfuerzos de tensión en dichos puntos, aumentando el doble la tensión aplicada, los vidrios por lo general soportan una resistencia a la tensión entre  $3000$  a  $5500 \text{ N/cm}^2$ , aunque pueden soportar más cuando tienen un **tratamiento especial**” [2].

Caso contrario sucede con la flexión, ya que para cada composición de vidrios es distinta. Un vidrio sometido a flexión soporta en una de sus caras esfuerzos de compresión y en otra cara esfuerzos de tensión, en todos los materiales sucede lo mismo.

La resistencia a la flexión en un vidrio es casi de  $40 \text{ MPa}$ .

### d. Propiedades Térmicas.

Esta es una propiedad muy importante en los vidrios, debido a que en muchos casos los vidrios almacenan productos perecibles o que necesitan estar en un ambiente frío, como es el caso de los alimentos o bebidas, sin dejar de mencionar medicinas o productos químicos.

El vidrio tiene buenas propiedades térmicas, soporta con facilidad ambas temperaturas caliente y fría sin ningún problema.

La **conductividad térmica** del vidrio es de  $0.002 \text{ cal/cm s } ^\circ\text{C}$ , mucho más baja que la conductividad de los metales. Sin embargo el vidrio tiene como propiedad de absorber la radiación que produce la luz ultravioleta e infrarroja, la cual es muy variable y puede provocar que el vidrio transmita calor de manera más efectiva que los metales.

**e. Definición del vidrio.**

Luego de presentar la composición del vidrio y sus propiedades, se puede concluir que el vidrio es una sustancia dura, frágil, refringente y mala conductora del calor y de la electricidad.

El vidrio también es un material amorfo (que es poco ordenado en su estructura interna), inorgánicos, de fusión que han sido enfriados a una condición rígida sin cristalizarse, resistente al desgaste, la corrosión, y la compresión.

Sin embargo, la mejor definición del vidrio fue dada por la American Standard Testing Materials (ASTM), y es la siguiente: "El vidrio es un producto inorgánico de fusión, enfriado hasta llegar a la condición de rigidez sin cristalización".

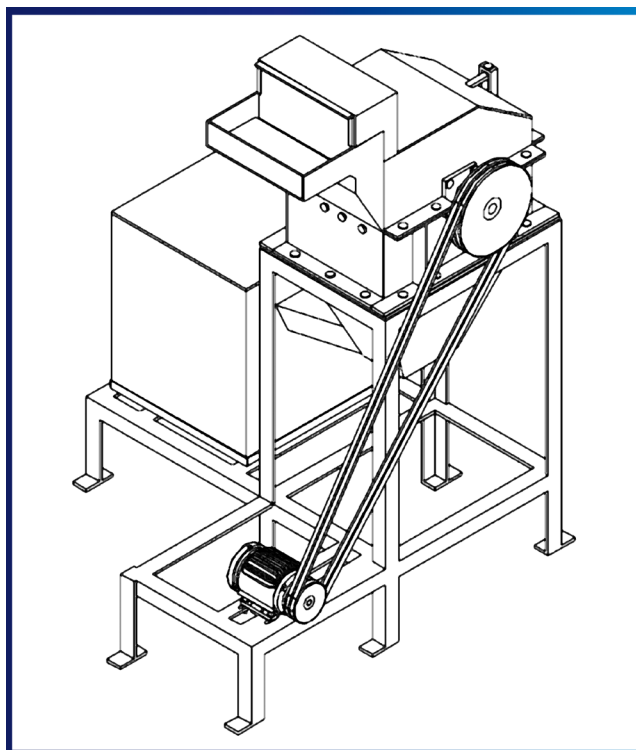


Figura 5. Esquema general de la trituradora de vidrio diseñada.

**3. Diseño de trituradora.**

Existen 5 tipos de trituradores para materiales en general y son los siguientes: molino de martillos, tambor rotatorio o de rodillo, trituradora de mandíbula o quijada, eje de impacto vertical y discos rotativos y barras rompedoras. El molino de martillos es el más efectivo para desarrollar una adecuada trituración y pulverización.

Los molinos de martillos están formados por martillos de acero que al girar con la velocidad dada por el motor trituran el material de descarga.

A continuación se presentan las ventajas y desventajas que tiene el triturador de martillos.

**Ventajas:**

- Produce un amplio rango de tamaño de partículas.
- Trabaja con cualquier material y fibra.
- Bajo costo de compra inicial comparado con los molinos de rodillos.
- Bajo costo de mantenimiento.

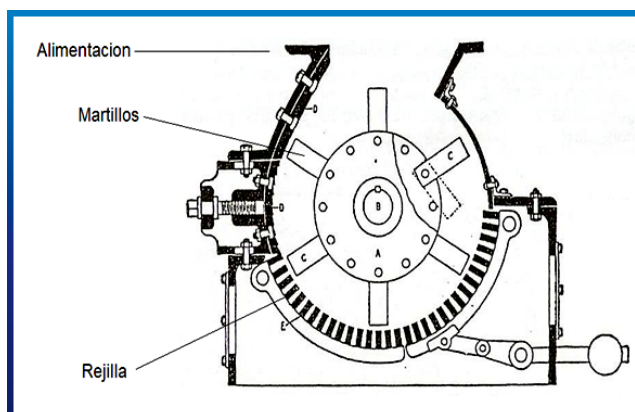


Figura 6. Esquema general del molino de martillos diseñado.

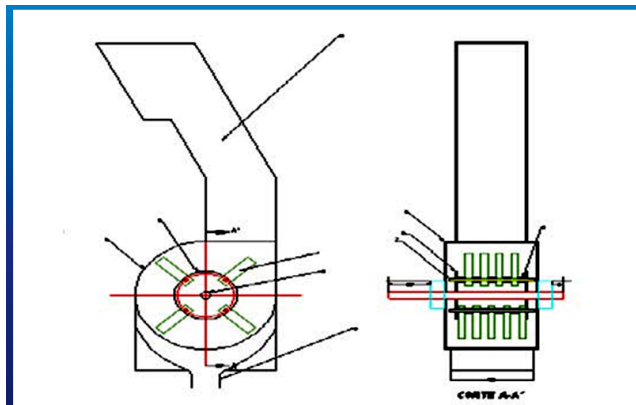


Figura 7. Esquema general del molino de martillos diseñado.



Figura 8. Diversos tipos de martillos utilizados en molinos.

- Opera de forma descomplicada.

**Desventajas:**

- Baja eficiencia de energía en comparación con el molino de rodillos.
- Puede generar calor.
- Puede generar ruidos y emisiones de polvo.
- No hay uniformidad en el tamaño de partículas.

Estas consideraciones del molino indican un amplio espectro de cómo trabaja, la disposición de los martillos, capacidad de carga y descarga, cantidad de energía a utilizar, montaje y desmontaje del molino para su mantenimiento, así como los costos de fabricación en el Ecuador.

Los molinos de martillos están formados por los siguientes elementos: martillos, ejes porta martillos, eje principal de potencia, elementos de sujeción, elementos de transmisión de potencia.

El ángulo de inclinación de la tolva se lo ha calculado de la manera convencional, utilizando la geometría y la fórmula

que describe el ángulo de inclinación utilizando el coeficiente de rozamiento.

$$\theta = \tan^{-1}(\mu s)$$

Donde

$\mu$  = coeficiente de fricción entre el vidrio y el acero  
 $s$  = fuerza normal

De acuerdo a las pruebas realizadas se obtuvo el ángulo de 44.4°. Como se observa en la Figura 7, dicho ángulo es mayor, lo cual garantiza que el vidrio no se detendrá en el metal de la tolva de alimentación.

Los ejes secundarios son 4 y están alternados, siguiendo la dirección de las manecillas del reloj. En un eje 4 martillos en otro 5, hasta completarlos. Ambos extremos de los ejes se roscan para fijarlos al sistema de trituración, por medio de dos discos de separación que sujetan a los ejes secundarios.

Los ejes secundarios han sido calculados de acuerdo a la carga viva que es la fuerza de impacto, la carga muerta que es el peso del martillo, y de los momentos que soportan.

Como se mencionó anteriormente los ejes secundarios

están unidos a discos separadores, en cantidad de 2, uno a cada extremo. Los discos porta ejes se llaman así porque realizan la labor de soportar a los ejes secundarios y al eje principal. Aseguran, balancean y transmiten la velocidad al sistema.

El aseguramiento del eje principal a los discos, se da por medio de chumaceras de pared. Ahorran espacio para poder montar y desmontar, así como para la colocación de la polea de transmisión.

Las dimensiones utilizadas para los **martillos** generalmente son (15x4x2.5) cm, y se obtiene como volumen 150 cm<sup>3</sup>. Para el cálculo del volumen se ha tenido en consideración que existen dos orificios del tamaño del diámetro del eje secundario, esto se hace para que una vez desgastado un lado del martillo, se pueda utilizar el otro lado.

Pero sólo se ha considerado hacer un orificio en el martillo, esto se lo explica en las conclusiones.

La descarga del vidrio triturado ocurre de dos formas: por

medio de la gravedad y por medio de la fuerza centrífuga que empuja a los pedazos hacia el interior del molino.

El sistema de transmisión de potencia funciona por medio de bandas, que están conectadas al eje de motor y al eje de la máquina por las poleas. Esto también se lo hace por seguridad, ya que se estima que las bandas sean la parte fusible en caso de que algún pedazo de material se trabe en algún mecanismo interno. El sistema funciona por un motor de 3hp de potencia. Pero debemos considerar que el motor debe ser de un voltaje de 220 voltios y trifásico, con frecuencia de 60 Hz, por ser un equipo industrial y que el costo de esa electricidad es más económico.

La máquina está construida con plancha de 6 milímetros, por condiciones de trabajo y facilidad de ensamble, la cual es validada con el análisis estructural.

Para esto es necesario conocer los materiales con sus respectivas dimensiones y saber si se encuentran en el mercado, ya que eso permite estimar el costo de fabricación, y de no encontrar algún elemento, ver de qué manera es reemplazado, por otro que cumpla con las características de diseño.

Por ejemplo en el mercado el tipo de aceros para máquinas está limitado a ciertas clases como el SAE 1018 generalmente y también en el diámetro, las medidas más frecuentes son de 25mm en adelante. Lo mismo sucede con el material para los marti-

llos, ya que se encuentran en ciertos espesores y, en ambos casos, estos son los materiales importantes del diseño.

Hay que considerar que también se realizó diseño de cuñas y chavetas para el eje del motor, y del eje principal de la máquina, que se seleccionaron previo al cálculo correspondiente el motor trifásico, el número de bandas, las poleas y las chumaceras.

Es necesario hacer el análisis de costos del triturador comparado con una máquina de importación.

Los valores máximos que indican son los valores de diseño, en donde se puede realizar la búsqueda de materiales que soporten dichos esfuerzos. Los aceros de diferentes composiciones soportan valores, esfuerzos a los referidos en los cálculos realizados por los métodos tradicionales de diseño y por el programa Inventor 2009. Esto quiere decir que el triturador diseñado soportará las cargas y esfuerzos permitidos con una amplia facilidad, y garantiza la seguridad de ninguna falla.

#### 4. Especificaciones técnicas de la recicladora de vidrio.

Ver Tabla 2.

#### 5. Costos.

##### a. Costo de las botellas de vidrio vs costo del casco (vidrio triturado).

En la Tabla 3 se muestra el costo que representa vender las botellas recicladas versus el costo que representa vender el casco o vidrio triturado en kilogramos. Se demuestra que dentro de los diferentes proceso del vidrio, como son reciclado y trituración, hay una diferencia económica considerable en rangos determinados.

##### b. Ingresos por concepto de las botellas procesadas.

La Universidad Estatal de Milagro por su aumento de alumnos anuales del 15% correspondientemente ascenderá la demanda del vidrio (botellas). Pero no se toma considerablemente este porcentaje ya que el mercado tiende saturarse, por no tener varios establecimientos de ventas, lo que dará lugar que el alumnado busque otros mercados fuera de la uni-

Característica	
Potencia motor	3hp
Velocidad motor	1100 rpm
Capacidad	25 botellas de 300cc /min
Alto	1700mm
Ancho	400mm
Profundidad	800mm
Peso aproximado	120 Kg

Tabla 2. Especificaciones técnicas de la recicladora.

Vidrio	Diferentes Precios	Rendondeo	Porcentaje
Botellas (kg)	\$ 0,02 a \$ 0,04	\$ 0,03	7.5%
Triturado (kg)	\$ 0,02 a \$ 0,04	\$ 0,40	100%

Tabla 3. Costo de las botellas de vidrio vs costo de casco.



Ítem	Cantidad	Pieza	Material	Definición	Precio (\$)
1	1	Motor trifásico 3hp			200
2	2	Planchas	Galvanizado		76
3	4	Bisagras	Acero	14mm	3
4	1	Eje de 1 -1/2" diámetro	AISI 1018	L = 600mm	21
5	4	Eje de 5/8" diámetro	AISI 4340	L = 40mm	18
6	2	Discos porta ejes	A-36	L = 300mmx300xe=8mm	22
7	1	Polea	Aluminio	150mm diam,2canales 28mm	11
8	1	Polea	Aluminio	12" diam,2canales 1 -1/4"	22
9	2	Chumacera de pared 4 orificios	Acero	1 ¼" de diámetro	34
10	42	Pernos de fijación de coraza	Acero	3/8" de diámetro x 1"	22
11	2	Ángulos	A-36	L 1 ½"x1 ½"x3/16"	23
12	8	Pernos para chumacera	Acero	½" de diámetro x 1"	12
13	2	Bandas en V tipo A	Caucho y Nilón	Longitud 60"	24
14	24	Bocines separadores	AISI 1018	L = 40mm,5/8"dia.int, 1"dia.ext	24
15	1	Platina	A-36	3/16" x 1 ½"	7
16	24	Martillos	AISI 4340	L = 120mmxA=50xe=9mm	120
17	1	Pintura anticorrosiva		1 galón	12
18	1	Platina	A-36	1/8"x1"	5
19		Carcasa	A-36	Espesor ¼"	122
20	4	Eje de 5/8" de diámetro	AISI 4340	L = 360mmxe=5/8"	18
21	1	Cable de 3x12 concéntrico		3m	15
22	1	Enchufe 220 v trifásico			1
				Gastos varios	50
				Costo	735,8
				Mano de obra (50%)	367,9
				Subtotal	1103,7
				IVA (12%)	132,44
				TOTAL	1236,14

**Tabla 4.** Costos de construcción de la máquina trituradora de vidrio.

versidad.

La demanda anual del vidrio tiene un aumento constante  $\pm 10\%$ ; en la Tabla 5 se especifican los valores por año.

La maquinaria y obras físicas de ampliación se deprecian a 10 años. Los datos de depreciación anual es del 15% a 5 años. Si amortizamos la inversión al 25% a un tiempo de 5 años, se tienen los siguientes resultados. (Ver Tablas 6, 7 y 8)

### Conclusiones

- Podemos agregar también que este equipo es de muy fácil mantenimiento, debido a su construcción y acople de sus elementos además nos permite realizar un montaje y desmontaje favorable para sus debida revisión y mantenimiento.

- Esta es una maquina con poca dificultad de construcción ya que se dispone en el mercado los materiales y en el taller de equipos necesarios de manera que resulta fácil y el costo es bajo.
- Luego de realizar comparaciones entre los principales fabricantes de trituradoras, se pudo constatar que los precios fluctúan entre \$ 2000 y \$ 3400.
- En este caso específico cabe resaltar que se habla de maquinaria importada, este factor añade costos extras a la producción como es la adición de aranceles, seguro de mercadería, bodegas, otro factor involucrado es el largo tiempo que toma la desaduanización que en ocasiones in-

volucra pagos a tramitadores de aduana, circunstancias de índole política, nuevas regulaciones arancelarias, entre otros imponderables y desaduanización. El lapso que toma la llegada de la máquina al país y su salida de aduana, se lo ha tomado para la construcción de la trituradora diseñada.

### Recomendaciones

- Cuando un martillo sufre desgaste es recomendable restituirlo por uno nuevo, y no soldarlo para rellenar el desgaste.
- En el diseño de esta máquina hay que considerar que no se ha colocado ningún tipo de tamiz que permita que los pedazos vidrio triturado gran-

des no sean expulsados, esto es debido a que la mayor parte del vidrio sale de un tamaño apropiado para derretirlo en un horno de fundición.

- En los discos porta ejes también se puede colocar un solo martillo, en forma de viga

apoyada en los extremos con juntas que le permitan rotar, esto permite triturar vidrio.

- Antes del encendido de la máquina se debe de revisar los pernos de sujeción.
- No se debe de exceder la capacidad máxima de tritu-

ración de la máquina.

- Utilizar equipos de protección para el operador.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo.
- Para mejor funcionamiento debe utilizarse la máquina en lugares abiertos.

Incremento de Demanda			
Año	2009	2010	2011
Cantidad de botellas (en kg)	2045,65	2325.12	2400

Tabla 5. Incremento de demanda.

Año	Valor (\$)		
1	1236,14	309,03	927,10
2	927,10	231,77	695,32
3	695,33	173,83	521,5
4	521,5	130,37	391,12
5	391,12	391,12	0

Con la venta de las botellas recicladas.  
 200 kg al mes\* 0,03 dólares = 6 dólares al mes.  
 2400 kg al año\* 0,03 dólares = 72 dólares al año

Con la venta del vidrio triturado:  
 200 kg al mes\* 0,40 dólares = 80 dólares al mes  
 2400 kg al año\* 0,40 dólares = 960 dólares al año

Tabla 6: Amortización

TABLA DE FLUJO DE CAJA					
COSTOS VARIABLES					
Número de años	1	2	3	4	5
2 Bandas trapezoidales 3vx	\$ 48,00	\$ 50,20	\$ 52,71	\$ 55,34	\$ 58,11
Selladores de caucho	\$ 20,00	\$ 21,00	\$ 22,05	\$ 23,15	\$ 24,31
Protección. Mascarillas, guantes	\$ 25,00	\$ 26,25	\$ 27,56	\$ 28,94	\$ 30,38
Varios	\$ 10,00	\$ 10,50	\$ 11,02	\$ 11,57	\$ 12,15
Totales	\$ 103,00	\$ 107,95	\$ 113,34	\$ 119,01	\$ 124,96

Nota: aumento del flujo Variable se da por la inflación anual que se da en Ecuador

Tabla 7. Tabla de costos variables

TABLA DE COSTOS TOTALES					
Nº de años	1	2	3	4	5
Costos Variables	\$ 103,00	\$ 107,95	\$ 113,34	\$ 119,015	\$124,96
Costos Fijos	\$ 1917,40	\$ 1917,40	\$ 1917,40	\$ 1917,40	\$ 1917,40
Total de costos	\$ 2020,40	\$ 2025,35	\$2030,74	\$ 2036,41	\$2042,36

Tabla 8. Tabla de costos totales.

Referencias Bibliográficas

- [1] Vogel, W. (1994). Glass Chemistry. Editorial Springer Verlag, 2da. Edición.
- [2] Reindl, J. (2003). Reuse and Recycling of glass cullet for containers and non containers uses.
- [3] Remade, S. (2004). Glass Reciclyng Handbook. Glasgow Caledonian University.
- [4] Diario El Telégrafo. (2006). Sección de Economía. Lunes 17 de abril de 2006