

## **RECICLAJE DE VIDRIO**

*ING. ALEJANDRO MATA  
ING. CARLOS GÁLVEZ*

**PROPOSITO.-** El desarrollo del presente proyecto comprende todo lo relacionado al proceso de reciclaje de vidrio en todos sus colores, pero solamente en lo que respecta a envases; puesto que, como todos sabemos la conciencia del reciclaje en todo tipo de material está muy olvidada o deteriorada. Además de la limpieza de nuestro medio ambiente que esto nos podría derivar, las empresas enfocadas al negocio de la fundición de vidrio podrían economizar en sus suministros.

**TITULO.-** Conocimiento del proceso de reciclaje de envases de vidrio; propuestas de mejora del proceso actual y análisis costo-beneficio de la implantación del mismo en la planta Vidriera Guadalajara

### **TABLA DE CONTENIDO**

Introducción  
Antecedentes  
Desarrollo  
Áreas de oportunidad  
Propuestas de mejora (incluye análisis costo beneficio)  
Conclusiones y Recomendaciones  
Bibliografía.

## INTRODUCCION

Hoy en día la protección del medioambiente 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 reciclaje de una tonelada de **periódico** impide la liberación de 2,5 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera, salva 17 árboles, ahorra 3 metros cúbicos de espacio en un vertedero y suficiente energía para calentar una casa media durante seis meses. Si se reciclan latas de **aluminio** se ahorra el 95 % de la energía necesaria para fabricar esas mismas latas, para empezar, y además se impide que se liberen a la atmósfera toneladas de dióxido de carbono.

Así que reciclar tiene sentido. Pero sólo puede ser efectivo si la gente además compra productos fabricados con materiales reciclados. Por suerte, hoy en día hay una gran variedad de esos productos.

**El cartón y los periódicos reciclados** pueden convertirse en cajas, artículos de papelería, pañuelos, toallitas de papel, servilletas, hueveras y servilletas, por ejemplo. **El plástico reciclado** se usa en productos nuevos, como tuberías de agua, alfombras, aislante para abrigos y sacos de dormir, botellas y recipientes, piezas para el coche y pinceles. **El cristal reciclado** se usa una y otra vez para nuevos recipientes de cristal y fibra de vidrio. **El aluminio reciclado** se usa para fabricar latas nuevas.

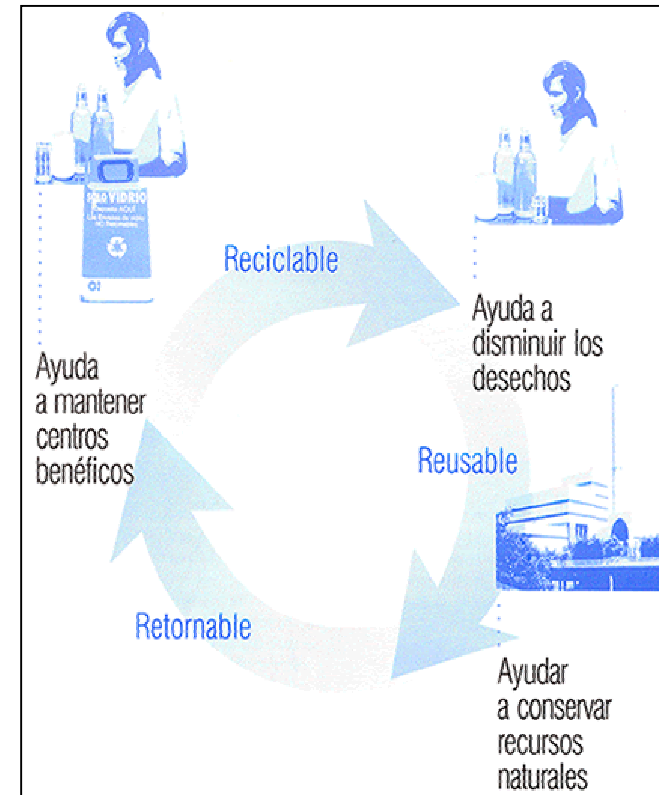
Últimamente, la Unión Europea se ha concentrado en el **reciclaje de vehículos**. Cada año, los coches y camiones usados que se desechan generan entre 8 y 9 millones de toneladas de residuos. Eso representa hasta el 10 % de la cantidad anual de residuos peligrosos generados en la Unión Europea, ya que desguazar motores viejos libera contaminantes como metales pesados, gasolina, aceite de motor y de engranaje, fluidos hidráulicos, líquido de frenos y anticongelante en los vertederos. Una nueva ley (directiva) sobre vehículos fuera de uso establece que los dueños tendrán que obtener un certificado de alguien autorizado a encargarse del reciclado del coche o del camión antes de darlo de baja. Los dueños podrán entregar sus vehículos a esos agentes autorizados sin coste alguno, y los fabricantes se harán cargo de todos o buena parte de los gastos del tratamiento.



Reciclaje

Los residuos de **equipos eléctricos y electrónicos** aumentan entre un 16 % y un 28 % cada 5 años. Tres veces más rápidamente de lo que aumentan los residuos municipales en general. Además, también es una de las fuentes más importantes de metales pesados y contaminantes orgánicos de las que se tienen que encargar las autoridades locales. La Unión Europea está afrontando el problema con nuevas leyes que permitan a los consumidores devolver su viejo equipo sin coste alguno y que haga a los fabricantes responsables de aceptar y reciclar equipos eléctricos y electrónicos inservibles. Esto debería ofrecer un incentivo para diseñar equipamiento eléctrico y electrónico más respetuoso del medio ambiente. Además, a partir del 1 de enero de 2008, en los nuevos equipos eléctricos y electrónicos se tendrán que sustituir algunas sustancias peligrosas como los metales pesados y los retardadores de llama bromados con materiales menos peligrosos.

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. Esta facilidad de reutilización del vidrio abre un amplio abanico de posibilidades para que la sociedad y las administraciones afectadas puedan autogestionarse de una manera fácil su medio ambiente.



## ANTECEDENTES

Antes de entrar plenamente en el tema concreto de la recuperación del vidrio, conviene hacer un ligero repaso sobre algunos conceptos básicos que nos permitan conocer qué es "el vidrio".

El vidrio es un silicato que funde a 1200 grados. Está constituido esencialmente por sílice (procedente principalmente del cuarzo), acompañado de caliza y otros materiales que le dan las diferentes coloraciones.

Desde el punto de vista de su aplicación, el vidrio se clasifica en industrial (1) y doméstico (2).

(1) Se entiende como vidrio industrial el vidrio que no es utilizado como envase para productos alimenticios (almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrio plano: ventanas, cristales blindados, fibra óptica, bombillas, etc.)

(2) Se entiende como vidrio doméstico el que se emplea para almacenar productos alimenticios (conservas, vinos, yogures, etc.); aunque de una manera más generalizada, es el vidrio que el ciudadano deposita en los contenedores destinados a este fin.

Desde el punto de vista del color los más empleados son:

El verde (60%). Utilizado masivamente en botellas de vino, cava, licores y cerveza, aunque en menor cantidad en este último.

El claro (25%). Usado en bebidas gaseosas, cervezas, medicinales, perfumería y alimentación en general.

El extraclaro (10%). Empleado esencialmente en aguas minerales, tarros y botellas de decoración.

El opaco o ámbar (5%). Aplicado en cervezas y algunas botellas de laboratorio.

Más del 42 % del vidrio reciclado procede del doméstico, siendo el sector principal de producción de vidrio recuperable.

El reciclaje ha sido practicado por industrias estadounidenses, alemanas, japonesas, canadienses, daneses, francesas, y de otros países hace más de 20 años. En Alemania, el país productor de mayor cantidad de basura en Europa, las leyes obligan a las industrias a reciclar parte de sus desechos.

Como el proceso es muy costoso, las industrias están luchando por conseguir que parte de ese costo sea pagado por el consumidor. El reciclaje exige diversas condiciones, entre otras; los materiales deben estar limpios y separados del resto de la basura; los proveedores deben garantizar un mínimo del producto y éste tiene que ser entregado a plazos fijos.

El no cumplimiento de esas condiciones eleva el costo del reciclaje. En la mayoría de los países industrializados la separación de objetos comienza en el hogar. En sitios estratégicos, como mercados o centros comerciales, las personas depositan en recipientes especiales botellas de vidrio, latas vacías, papel y cartón.

Los productos de mayor demanda para ser reciclados se clasifican en celulósicos como papeles y cartones; fibras textiles de algodón, seda y lino; vidrio, plásticos y metales, principalmente aluminio y hierro. El más solicitado es el papel.

Es importante señalar que el reciclaje de vidrio necesita un 26% menos de energía que la producción original, en la que para crear un kilo de vidrio se necesitan unas 4.200 kilocalorías de energía. Además el material generado por reciclaje reduce en un 20% la contaminación atmosférica que provocaría por el proceso habitual, y disminuye en un 40% la contaminación de agua

Otro dato, la energía que se ahorra del procesamiento de una botella de cristal puede mantener encendida una bombilla de 100 watts durante 4 horas.

## **DESARROLLO**

El costo del reciclaje del vidrio es menor que el de cualquier otro por eso es un poco más requerido. Botellas, vasos y recipientes de alimentos son triturados y el material resultante es fundido, lo que permite darle nueva forma.

Las fábricas que practican el reciclaje compran a mejor precio el vidrio de un solo color, aunque actualmente está siendo fabricado, con vidrio de colores, un asfalto empleado en el revestimiento de carreteras. Este material, además de durable, confiere a la carretera un aspecto atractivo.

En cuanto al proceso de reciclado de vidrio cabe comentar que no existe diversidad tecnológica para su tratamiento. Esencialmente dicho proceso consiste en separar los elementos extraños que suelen acompañar al vidrio (papel, plásticos, corchos, piedras, metales, porcelana, etc.). La separación se realiza manualmente y/o con equipos específicos: imanes fijos para el hierro, ciclones para papeles y plásticos detector de metales no férricos por impulsos mecánicos "trimetau", captadores de cerámicas y piedras "sistema trioptic". En la actualidad, ya se está operando con equipo láser para separar todas las impurezas.

Además de la extracción de elementos extraños, el vidrio es inicialmente triturado, lavado y posteriormente cribado.

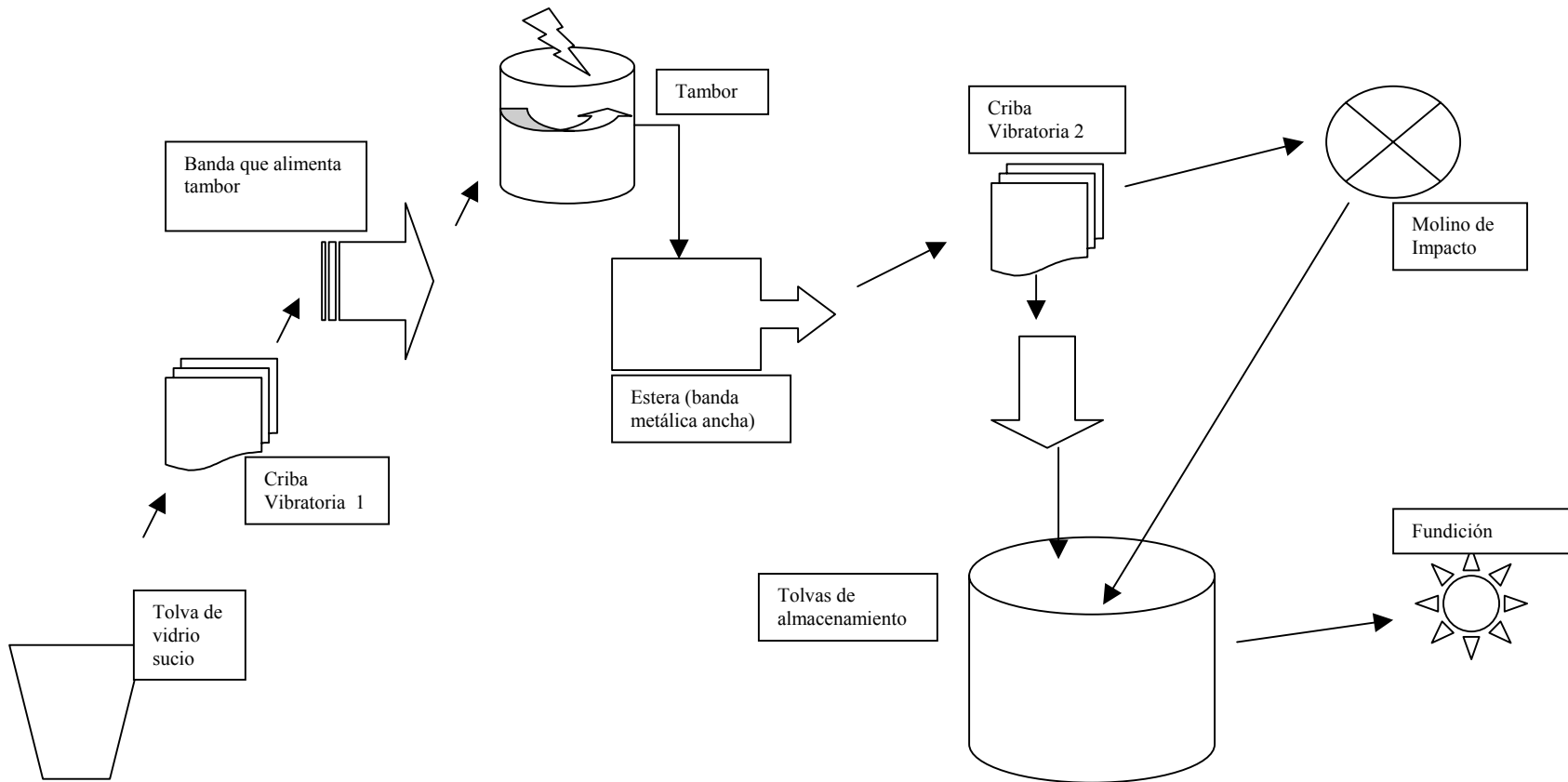
El objetivo de todos estos tratamientos es mejorar la calidad del vidrio con el fin de conseguir un alto rendimiento en los hornos de cocción.

### **¿CÓMO SE RECICLA EL VIDRIO?**

El primer paso en el proceso de reciclado de vidrio es la limpieza. Aunque el vidrio se encuentre mezclado en distintos colores, no influye para la producción de nuevos envases, ya que al vidrio de color, se le trata con decolorante. Es por eso la importancia del blanco, ya que es más puro y minimiza el uso de decolorante.

En primer lugar se retira el grueso de plástico que contienen los envases, luego el vidrio es lavado en una especie de "lavarropas", el cual le va quitando los vestigios de tierra o de grasa que pueda poseer. Una vez que está limpio, va pasando por distintos tamices y martillos, en los que se va moliendo hasta lograr la granulometría necesaria. El próximo paso es por un recipiente especial con imanes donde quedan los vestigios de metal. Una vez finalizado este proceso, se funde en un horno a 1.600 grados centígrados en una proporción de 50% de vidrio reciclado y 50% de materia virgen para lograr, como resultado final, los nuevos envases de vidrio. El proceso desde que entra al horno, hasta lograr como resultado final nuevos envases de vidrio, dura 24 horas.

## DIAGRAMA ACTUAL DE RECICLAJE DE ENVASES DE VIDRIO EN LA PLANTA DE VIDRIERA GUADALAJARA



## EXPLICACION BREVE DEL PROCESO DE RECICLAJE DE VIDRIO EN VIDRIERA GUADALAJARA

1.- *Tolva de vidrio sucio.*- Parte inicial del proceso de reciclaje de vidrio en la cual se deposita por medio de montacargas el vidrio. Las tolvas receptoras de vidrio sucio almacenan aproximadamente 26 toneladas de vidrio cada una; cada tolva cuenta con una compuerta tipo almeja, un vibrador con selector de intensidad para posicionar según se requiera el flujo de vidrio sucio para obtener la calidad y cantidad de vidrio lavado. (Cabe mencionar, que tal vidrio ya está clasificado por color; actividad que realizan los centros de acopio y que surten a Vidriera Guadalajara)

2.- *Criba vibratoria* 1.- La criba vibratoria es una placa de acero perforada que deberá ser constantemente limpiada, esta limpieza la realiza la persona colocada en esta área, que además lleva a cabo la eliminación de basura detectable fácilmente (estopa entera, cartón, plástico, madera, etc.) así como el quebrado de la botella entera vacía, los envases de vidrio que contienen líquido y están cerrados (refrescos gasificados, cerveza, etc.) no deberán quebrarse manualmente, sino ser desalojados del proceso como basura para evitar posibles accidentes al explotar, los materiales que pasan la malla, caen al interior de la caja de la criba, donde posteriormente son llevados por un gusano o transportador helicoidal hasta el elevador de basura.

3.- *Banda que alimenta al tambor.*- La alimentación de vidrio al tambor se hace por una banda inclinada, que cuenta con una polea magnética al final, que elimina contaminantes magnéticos. Estos son enviados por una banda corta hasta la banda que alimenta al elevador de basura, además se cuenta con un ventilador ubicado en la descarga de la banda inclinada a la boca del tambor de lavado, que elimina el papel y material ligero.

4.- *Tambor.*- En el tambor se lleva a cabo el lavado del vidrio sucio, tiene en su interior forma de espiral que: a).- sirve como transportador del vidrio hacia la estera (banda metálica ancha) de pepenado; b).- ayuda a mezclar de una manera eficiente el vidrio con el agua de lavado que recibe a contracorriente; c).- ayuda a quitar los filos en el vidrio al estar el tambor en movimiento, el tambor gira sobre su eje con la ayuda de unos volantes o ruedas de acero. El agua de lavado es limpiada y recirculada por la planta de tratamiento de agua.

5.- *Estera (banda de pepenado).*- La estera es una banda metálica de aproximadamente 2.30m de ancho, que gira sobre un rodillo en una distancia de 10 m. aprox. En este punto se pepenan manualmente los contaminantes que no pudieron ser eliminados en los pasos anteriores. Será responsabilidad de las personas que laboren en esta área separar manualmente todo tipo de contaminante que no sea vidrio (en caso de vidrio cristalino se deberá separar el vidrio de otro color). El material eliminado es llevado por medio de un gusano o transportador helicoidal hasta la banda que alimenta al elevador de basura

6.- *Criba vibratoria* 2.- Criba de vidrio lavado es alimentada por la estera de pepenado, que es un transportador de tipo vibratorio que funciona también como un separador de tamaños, pasando por la placa perforada vidrio de dimensiones menores a 1 pulgada (diámetro de los orificios de la placa) que alimenta a la banda de alimentación al elevador de vidrio lavado. El vidrio de dimensiones mayores de 1" pasa a la banda que alimenta al molino de impacto que lo reduce de tamaño.

7.- *Molino de impacto*.- Área en la cual las partes de vidrio mayores de 1 pulgada son reducidas a un área menor a la misma por medio de un juego de paletas metálicas. El vidrio molido pasa por una banda de retorno hasta la banda que alimenta al elevador de vidrio lavado. El personal aquí colocado retira manualmente impurezas que no se hayan logrado retirar en los pasos anteriores.

8.- *Tolvas de almacenamiento*.- Del elevador de vidrio lavado, el vidrio molido pasa por una banda que alimenta a las tolvas de almacenamiento de vidrio lavado. Estas tolvas tienen una capacidad de aproximadamente 42 toneladas cada una. En ocasiones se coloca una persona en la banda aérea de vidrio lavado que retira manualmente impurezas. La basura recolectada en las diferentes corrientes concurren en la banda de alimentación de basura al elevador que la deposita en la tolva de basura y se desaloja por medio de un camión de volteo a un lugar apropiado.

## **AREAS DE OPORTUNIDAD**

1.- Para iniciar, los depósitos de vidrio por parte de los proveedores están muy lejos de las tolvas iniciales del proceso de reciclaje y lavado de vidrio sucio (aproximadamente 100 metros) y el montacargas realiza cada operación en 15 minutos promedio.

2.- La cantidad de flujo de vidrio en todo el proceso de reciclaje no es confiable.

3.- El proceso continua trabajando en todas las partes, aún cuando se interrumpa el abastecimiento.

4.- La cantidad de agua de lavado no se puede regular y el proceso de reciclaje requiere una mejor configuración

5.- Deficiente separación de artículos ajenos al vidrio aún con 8 personas en el proceso (7 *pepenadores* y un supervisor) y todavía es factible que al final del proceso existan objetos ajenos al vidrio.

6.- Capacidad de ventilador insuficiente en la banda que alimenta al tambor, pues algunos materiales ligeros no los expulsa (probado físicamente)

7.- El molino de impacto no reduce algunas piezas de vidrio a dimensiones por debajo de 1 pulgada

## **PROPUESTAS DE MEJORA**

1.- Es conveniente diseñar y acondicionar un área cerrada (no exista contaminación) para depositar el vidrio sucio por parte de los proveedores a una distancia menor de 30 metros a las tolvas de vidrio sucio (el montacargas realizaría el ciclo de descarga en aprox. 5 minutos).

2.- Es conveniente instalar un sistema de automatización (por medio de sensores, o algún otro concepto) a todo el proceso para que éste pueda trabajar en cada fase de toda la operación conforme la cantidad de flujo abastecido en la anterior operación, y que cuando no exista dicho flujo el sistema entre en “stand by”.

3.- Instalar un sistema automático de regulación de agua de lavado de vidrio en función de la cantidad de vidrio.

4.- Es conveniente la instalación de un “by pass” con su respectivo filtro en el proceso de el agua de lavado de vidrio para poder detener algún contaminante húmedo y que no se interrumpa el flujo de lavado.

5.- Proponer a los proveedores un mejor precio de compra de residuos de vidrio en función de mejor limpieza y de esta manera eliminar mano de obra en el proceso inicialmente de 30% y evaluar posteriormente el incremento de dicho porcentaje, colocando al inicio del proceso a dicho personal para eliminar las impurezas al principio del flujo y el resto colocado estratégicamente

6.- Investigar a alguna planta recicladora de vidrio que utilice el sistema de equipo láser y realizar análisis de inversión y factibilidad para su aplicación en áreas de eliminación de objetos ajenos al vidrio (principalmente en áreas de esteras)

7.- Urge que se incremente la capacidad del ventilador en la banda que alimenta al tambor, con el motor que actualmente tiene (3 HP) no está siendo eficiente, se propone un motor eléctrico de 5 HP.

8.- Por las fallas que está presentando el molino de impacto se recomienda cambiar las paletas de fierro vaciado a un acero con mejor dureza o una reducción en el período de tiempo para cambiar las paletas (ver análisis costo beneficio en la siguiente página).

## ANALISIS COSTO-BENEFICIO

CONCEPTO	PROPUESTAS DE INVERSION (pesos)				TIEMPO DE RECUPERACION
	INICIAL	3er MES	6o MES	1 AÑO	
1.- Reubicación de área de vidrio sucio cerca de tolvas	8,500	0	0	0	1 año
2.- Instalación de sistema de automatización en el proceso	30,000	4,000	8,000	8,000	3.5 años
3.- Instalar sistema automático de regulación de agua	7,500	2,500	5,000	0	1.5 años
4.- Instalación de "by pass" y filtro en proceso de lavado	6,000	0	0	0	6 meses
5.- Propuesta de precio a proveedores y reducción de mano de obra	0	45,000	45,000	90,000	2 años
6.- Instalación de sistema de equipo láser en áreas de esteras	40,000	0	25,000	25,000	4 años
7.- Instalar motor eléctrico de 5 HP en ventilador	2,000	0	0	0	8 meses
8.- Aplicar tratamiento térmico a paletas de molino (cambio cada 6 meses)	8,000	0	8,000	8,000	1 año
9.- Reducir período de cambio de paletas de 3 meses a 1.5 meses	2,000	10,000	10,000	20,000	No aplicar, puesto que es mejor el punto 8

### NOTAS:

1.- Las cotizaciones fueron presentadas en sobre cerrado y se eligió la opción que nos diera mejor facilidad de pago, puesto que los proveedores participantes han prestado sus servicios a Vidriera Guadalajara en los últimos 8 años. Los participantes fueron:

- a.- Asesoría Técnica y Métodos Automáticos
- b.- Automatización y robótica industrial
- c.- Diseños especializados y componentes de orden

d.- Marcos Villagrán especialistas.

2.- En el concepto 5, al proporcionar un mejor precio de compra de vidrio a los proveedores nos irá reduciendo la nómina, por lo que; la relación costo/gasto será proporcional

3.- Después del tiempo de recuperación de la inversión, se continuará obteniendo un ahorro considerable con la aplicación de cada uno de los puntos, puesto que se está comparando contra el gasto actual.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Para empezar, el concepto del reciclaje en nuestro país necesita un mejor apoyo e impulso por nuestro gobierno y por cada uno de nosotros; es importante y estamos a tiempo de reflexionar de lo que pudiera representar en el futuro si a partir de este momento iniciáramos una conciencia de reciclaje o de no reciclaje, reflexionemos y hagamos lo que creamos conveniente iniciando por nuestra persona.

En la actualidad el reciclaje de vidrio es acaparado en nuestro país por una pequeña cantidad de centros de acopio; sin embargo las grandes empresas como VITRO regularmente trabajan en campañas de recolección y dicha organización recolecta actualmente en todo México el 24 % del vidrio que se recicla.

Los conceptos de mejora continua en todos los procesos industriales de nuestro país y en la zona occidental del planeta generalmente no se implantan por una serie de causas que van desde la cultura del personal, el poco involucramiento de la alta dirección, la gerencia media y por consecuencia el nivel operario. No así en la región oriental en la cual este tipo de prácticas las convierten en hábitos.

Si es difícil la conciencia de reciclaje en México y es difícil la implantación de sistemas de mejora en las organizaciones; imaginemos lo difícil que será la implantación constante de un hábito de mejora continua en un proceso de reciclaje de vidrio. Difícil, ¿verdad?; pero , de eso se trata el reto a fin de cuentas nadie dijo que fuera sencillo, por lo que, como se comenta al principio de la hoja necesitamos iniciar con una reflexión y concientización.

La investigación sigue avanzando y cada día se preparan a personas en las aulas para atacar el problema de la contaminación de los diferentes productos que pueden ser reciclables pero que no se realiza. Actualmente se está desarrollando un proceso de elaboración de envases en material llamado “fécula de maíz”, a corto o mediano plazo probablemente veremos envasados productos alimenticios en este tipo de material y que por suerte es biodegradable. Por lo pronto y mientras se desarrollan nuevas tecnologías vamos trabajando en la contribución de nuestras ideas en el

como apoyar a las industrias del reciclaje de cualquier tipo de producto, pensando en un mejor país, una mejor empresa, un mejor ambiente y por consecuencia un mejor lugar para vivir.

Ver ilustraciones de conciencia de reciclaje en la página siguiente:

### CONCIENCIA EN ESCUELAS



### CONCIENCIA EMPRESARIAL



## CONCIENCIA PERSONAL



## CONCIENCIA DEL CICLO DENTRO DE LA SOCIEDAD



## BIBLIOGRAFIA

- Manuales de Capacitación y Actualización Tecnológica de Vitro-Envases (CATVE); Módulos B-B-0 y B-C-1
- World Class Manufacturing and Japanese Manufacturing Techniques. Richard J. Shoenberger. Edit. Free Press.
- Kaizen, Masaaki Imai. Edit. McGraw Hill
- Metalotecnia Fundamental Editorial Reverte Falk, Gockel, Lernet, Schlossorsch
- Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Edición 2000 Editorial Reverte William Callister Jr
- Procesamiento de plásticos Editorial Limusa D. H. Morton Jones
- Materiales Compuestos I Primera Edición 2000 Editorial Reverte Antonio Miravete
- Administración de Producción y Operaciones. Chase, Aquilano, Jacobs Octava Edición, Irwin McGraw Hill
- Manufacturing Planning and Control Systems Vollman, Berry and Whybark, Business One Irwin APICS
- John A. Schey Procesos de Manufactura Tercera Edición Mc Graw Hill
- Kalpakjian Serowe Manufacturing engineering and technology fourth edition Addison Wesley Publishing Company.