

DISEÑO DE UNA ENJUAGADORA ROTATIVA AUTOMÁTICA PARA BOTELLAS UTILIZADAS EN PLANTA EMBOTELLADORA

José Luis Franco P.¹, Ernesto Martínez L.²

¹ Ingeniero Mecánico 2004

² Director de Tesis. Ingeniero Mecánico 1983. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Profesor de la ESPOL, desde 1984.

RESUMEN

La empresa ONG situada en la ciudad de Machala se dedica al envasado de agua sin gas utilizando un sistema de enjuague manual, es decir, el operador coloca las botellas entre sus dedos y las introduce totalmente en agua, luego las saca y las voltea para dejar drenar el agua para posteriormente colocarlas en el transportador, siendo así enjuagadas. El agua en contacto es la misma durante un periodo determinado, pudiendo ser contaminada con el polvo externo a la botella, luego de lo cual se procede a su reemplazo. Este sistema no es confiable, ya que no garantiza la higiene total de los envases y además implica la utilización de grandes cantidades de agua.

Uno de los propósitos de esta empresa es utilizar una máquina que pueda enjuagar botellas en forma segura sin emplear varios operadores en el proceso y que cumpla con las normas establecidas. La finalidad principal es minimizar los costos de producción y responder las necesidades requeridas. Se han realizado visitas a varias empresas, donde se pudo observar distintos equipos. En base a la observación se decide por una máquina rotativa y después de evaluar varias ofertas se decide construirla, para lo cual he sido contratado.

INTRODUCCIÓN

El constante desarrollo de las tecnologías y nuevos productos en la industria alimenticia ha creado distintos tipos de máquinas para diversos procesos alimenticios; máquinas con un alto grado de salubridad en la limpieza de utensilios portadores de los alimentos.

Actualmente, los envases **PET** (Tereftalato de Polietileno) están reemplazando a los de vidrio; en este sentido, se abordó el desarrollo de la metodología de análisis de aptitud sanitaria de botellas PET con la aprobación autorizada del **INTI** (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) a través de su centro CITIP (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Plástica) como laboratorio oficial de referencia.

Los estudios de aptitud sanitaria de envases **PET** realizada por el CITIP *demuestran que la contaminación de este tipo material puede ser disminuida sensiblemente por los procesos de lavado y secado. Sin embargo, en caso de no hacer una correcta limpieza, estos envases podrían ser portadores de sustancias nocivas para la salud humana.*

La mayoría de las pequeñas empresas en nuestro país, dedicadas a embotellar agua sin gas, lo hacen con procesos poco sofisticados. Procesos en los cuales la rapidez del hombre es un parámetro importante para el buen funcionamiento de la misma. *El lavado de botellas se lo hace de forma manual, contaminando grandes cantidades de agua e incrementando el consumo de químicos para el tratamiento de esta agua.*

Motivo por el cual existe la necesidad de adecuar un sistema que enjuague botellas de forma segura, que garantice óptima limpieza, es decir, el alto grado de salubridad que se requiere, sin necesidad de recurrir a la importación de maquinaria.

El objetivo principal, es diseñar un equipo que pueda ser de utilidad para la pequeña y mediana empresa, satisfaciendo las altas velocidades de Producción con alta eficiencia y con un bajo costo económico.

CONTENIDO

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EMBOTELLADO.

Normalmente una planta embotelladora recibe los envases plásticos conformados por la planta elaboradora de botellas. Aquí, las botellas son trasladadas utilizando camiones a las diferentes empresas embotelladoras. En el caso de embotellado de agua, la mayoría de estas, utilizan envases PET (Tereftalato de Polietileno) no retornables.

Los envases etiquetados y empaquetados son receptados por la Planta y luego colocados en un área de almacenamiento. En esta área, dependiendo de la línea a embotellar, se seleccionan los envases (500 ml, 1000ml o 1800 ml); de allí, se los traslada hacia la zona de embotellado donde los operadores con sus manos ubican las botellas en la línea de transportación para el enjuague, ya que debe eliminarse el polvo que puede estar presente en el envase, producto de los diferentes movimientos.

Una vez que los envases pasan por la Enjuagadora (Rinseadora) se dirigen hacia la llenadora, donde el producto se vierte a la velocidad y niveles apropiados. A la salida de la llenadora se encuentra la máquina que coloca la tapa rosca (Taponadora Roscadora) sellando los envases con una tapa que se coloca en la boca del envase para evitar que el producto se derrame o ingresen elementos contaminantes que afecten la pureza del agua. En esta condición, el producto nuevamente pasa a la cinta de transportadora.

Antes de pasar al proceso de Embalaje, un operador verifica que el envase esté bien sellado, que esté en buenas condiciones y que el líquido esté en el nivel apropiado, garantizando así la calidad del producto.

Después de esta última etapa, el producto es codificado por medio de un inyector de tinta, el mismo que registrará en los bordes de la tapa la fecha de producción y caducidad del producto.

Posteriormente, el producto se traslada a la encajonadora, donde se agrupan varios lotes de envases en forma rectangular para así enviarlos al Paletizador. Este último es encargado de recubrir los envases agrupados con una lámina de plástico que se sella con el calor.

Figura 1 Producto Listo Para la Venta



Aquí, el producto queda listo para el almacenamiento final y despacho. El producto terminado es almacenado en un galpón donde permanece aproximadamente 2 o 3 días en almacén y luego se distribuye a los camiones repartidores listo para la venta.

3. CONSIDERACIONES DEL PROBLEMA.

Para desarrollar este proyecto, se presenta alternativas tales como: comprar un equipo nuevo o usado, ya sea dentro del mercado nacional o extranjero; también, se plantea la posibilidad de construir dicho equipo, considerando el mercado local y las normas correspondientes. Todas estas alternativas, entre otras, son consideraciones importantes para el desarrollo de cualquier sistema.

2.1 Comprar equipo Nuevo

En el mercado nacional no existen fabricantes de tales equipos, por lo que no podríamos adquirir el equipo con gran facilidad. Sin embargo existen varios representantes de compañías extranjeras que venden esta clase de equipos, siendo de gran ayuda para empresas grandes y medianas.

El costo del equipo, el pago de aranceles y el tiempo de desaduanización, son las principales causas para que la pequeña empresa en el Ecuador descarte esta opción. El solo hecho de adquirir un equipo de lavado, proveniente de las compañías (SIDEL, AKUPAK, KHS, KAPS ALL PACKAGING SYSTEMS, etc.) conlleva a rubros excesivamente grandes.

La importación de este tipo de maquinaria requiere de tiempo y dinero. A continuación se muestra una enjuagadora rotativa que se la puede adquirir en el exterior.

Figura 2. Enjuagadora Rotativa de alta producción



2.1 Comprar equipo Usado

Otra de las posibilidades es la adquisición de un equipo usado. Este tipo de opción debe ser bien estudiada por parte de los técnicos de la empresa.

Muchas veces se piensa en algún contacto con empresas que recientemente hayan renovado sus equipos y opten por venderlos, o la posibilidad de localizar alguna empresa local que venda equipos usados para embotellado, pero esto muy rara vez se presenta.

Por otra parte, cuando una empresa grande cambia sus equipos, es por la ineficiencia de los mismos, escasez de repuestos, estados de vejez, innovación, entre otras cosas, consideraciones que hacen que estos equipos sean obsoletos.

Es por ello que no es recomendable adquirir equipos demasiado viejos, a menos que se haga una serie de estudios minuciosos que digan lo contrario.

2.2 Diseñar y Construir Equipo

La construcción de un equipo de esta clase, en nuestro país, es un gran reto, ya que deberá sostenerse sobre todos los posibles materiales existentes en el mercado nacional, utilizando la tecnología del medio y apoyándose en parámetros tales como: procesos de manufactura, tiempo y lo más importante el factor económico.

Esta alternativa ofrece grandes ventajas, ya que se adaptará un equipo a la medida del espacio asignado aprovechando las instalaciones existentes, una máquina de bajo costo, generando trabajo y más que todo, fortaleciendo el área de la construcción de maquinaria en el Ecuador.

A continuación se muestra la matriz de Decisión para la selección de la mejor alternativa. En este caso se optó por una enjuagadora rotativa

Tabla I. Selección de la Mejor Alternativa

MATRIZ DE DECISIÓN						
Objetivos	1°	2°	3°	4°		
	Adaptabilidad al área de Instalación	Baja Inversión \$	Acceso a Repuestos "Tiempo"	Confiablez	Satisfacción de objetivos Total	Decisión Definitiva Total
Valores: (wi)	0.3	0.4	0.1	0.2	$\sum w_i \cdot x_i$	
Alternativa						
Comprar Equipo Nuevo	90%	40%	30%	90%	64%	
Comprar Equipo Usado	40%	70%	40%	50%	54%	
Adaptar y construir Equipo	90%	80%	70%	60%	78%	← optima

Aquí se puede observar la mejor alternativa y los puntos de vista que se consideraron para el diseño del mismo.

3. DISEÑO DE ENJUAGADORA ROTATIVA.

Para el diseño de la enjuagadora se tuvo que realizar visitas a plantas reconocidas como la Ecuatorian Bottles Company (Coca-Cola) y Big-Cola y observar el funcionamiento de cada uno de los equipos rotativos, de tal manera que surja una idea (adaptar un nuevo mecanismo a otros equipos).

Ya con una visión más clara del funcionamiento de varios equipos, se procede a construir un prototipo "Pinza Mecánica" que agarre al envase para el enjuague en un carrusel rotativo.

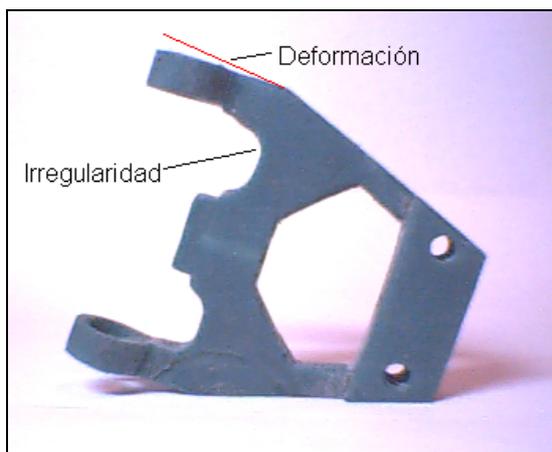
3.1 VALVULA PROTOTIPO

El diseño de la válvula se la realiza primeramente con los bosquejos a mano alzada con medidas aproximadas, luego, de una forma artesanal se elabora la válvula en plástico, teniendo varias deformaciones en el mismo.

El modelo en plástico es el punto de partida de nuestro prototipo, ya que con él, se pudo fundir la pieza en aluminio y corregir los errores de simetría y deformación de una forma rápida y sencilla.

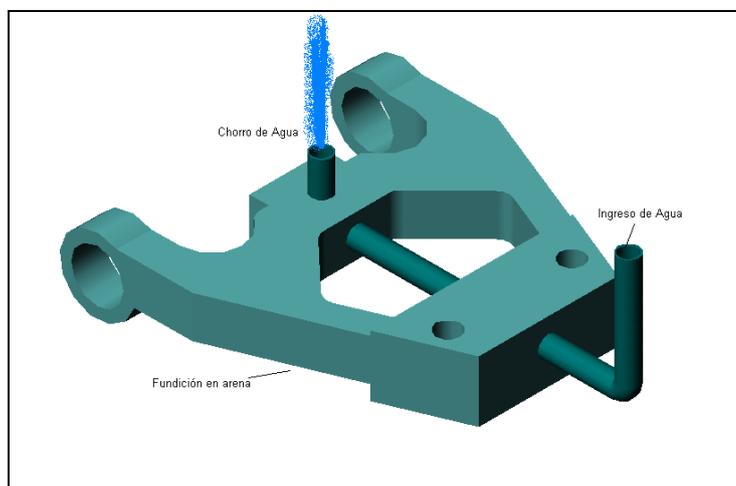
A continuación se muestra la válvula construida en plástico:

Figura 3 Modelo en Plástico de la Válvula



Ya con el prototipo en aluminio, se mecaniza el mismo y se coloca en él, una tubería o boquilla ($\varphi=6\text{mm}$) para el rociado de los envases, como se muestra a continuación.

Figura 4 Válvula Rociadora Para Equipo



Esta válvula, puede construirse con uno de los siguientes materiales:

Acero inoxidable tipo 304 y 304-L

Aluminio ASTM G4A – SAE/AISI 320 – UNS- A05140

Fundición de Hierro Gris clase 20 + cromatizado

La forma de esta válvula permite el ensamble de la pinza mecánica como un elemento complementario, esto hace que el conjunto sea de gran utilidad para otras enjuagadoras del tipo rotativo. La válvula es un elemento que va a estar

sometida a esfuerzos de fatiga, pero tales esfuerzos no son tan grandes, ya que solo se manipula envases vacíos de Pet, además, por ser un equipo de dimensiones pequeñas, no involucra grandes esfuerzos en el proceso. Podría utilizarse envases mucho más pesados como los de vidrio, pero lo recomendable sería utilizar acero inoxidable 304, puesto que la resistencia máxima a la tensión del AISI 304 está alrededor de los 85 Ksi y la del aluminio 514 alrededor de 21 Ksi, es decir, que si se utiliza acero inoxidable se incrementa 4 veces la resistencia de la válvula, lo que hace que el costo de las válvulas sea mayor.

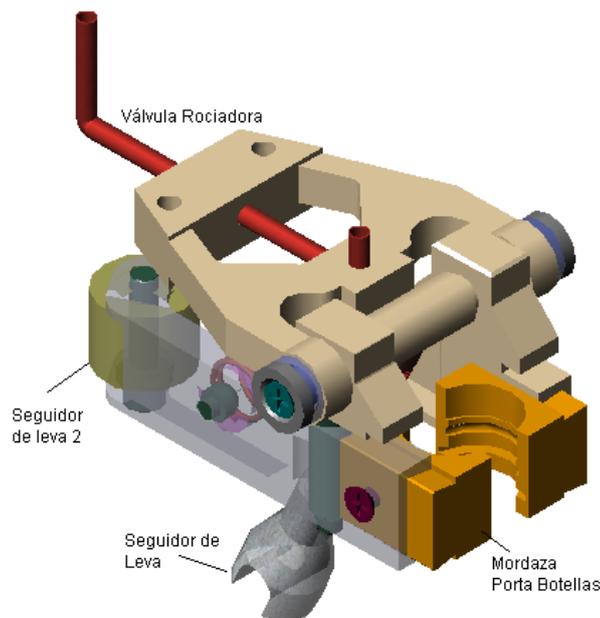
Otro parámetros importante en el diseño de la pinza, es la medida de los cuellos de los envases.

Figura 5. Pro-forma Para Envases de 500 cc



Actualmente, las medidas de los cuellos de los envases, se encuentran estandarizados para 500cc, 1800cc, 2000cc y 3000cc, haciendo que la pinza sea útil para envases de mayor tamaño, sin necesidad de desmontarla.

Figura 6. Pinza Mecánica para Enjuagadora



En el caso de que varíen en cierto grado las medidas de los cuellos de los envases, solo se cambiará la forma de la mordaza porta botellas, ya que estas son intercambiables.

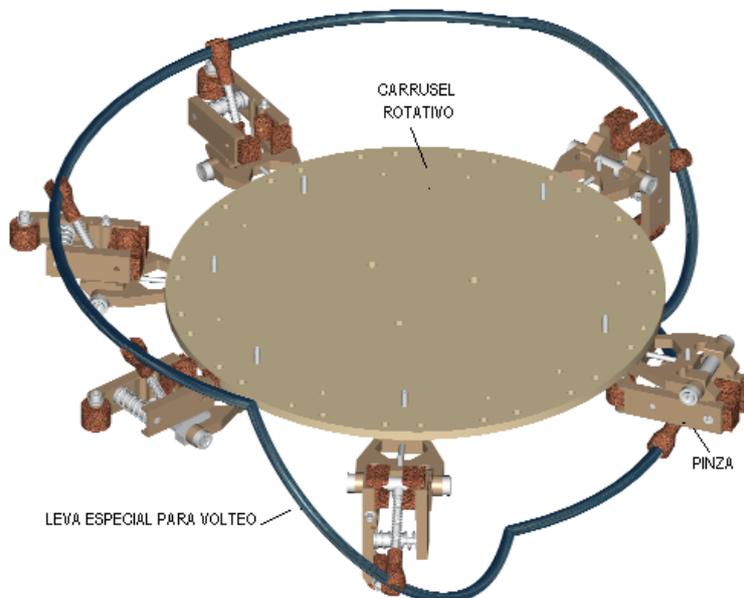
El resultado de esto fue, la válvula que se muestra a continuación:

Figura 7. Pinza mecánica para Enjuagadora Rotativa



Este mecanismo puede ser utilizado si consta de una leva especial que le permite girar el envase 180° para rociar con agua las paredes internas a la botella..

Figura 8. Carrusel Rotativo, Leva y Pinza



Después del diseño total del sistema, se realiza un análisis de costo de comparativo entre este sistema y otro (en el exterior), notando que este sistema

cuesta cerca de 8000 dólares uno adquirido en el exterior 23000, lo que quiere decir que se está prepagando el equipo 2.45 veces más.

Finalmente, con los planos realizados en Mechanical Desktop 2004 se procede a importar éstos al Cinema 4D XL para la simulación de los mecanismos.

CINEMA 4D.

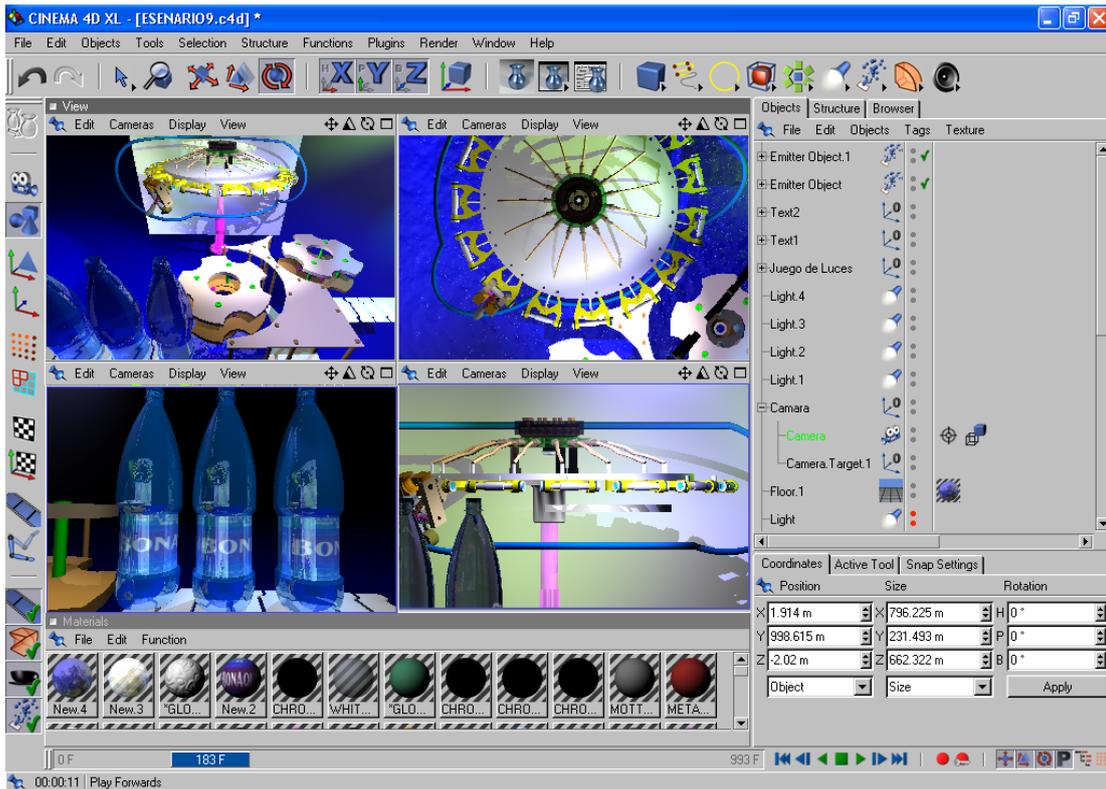


Figura 5.7 Simulación en CINEMA 4D

Análisis de Resultados

El programa visto anteriormente muestra el movimiento del equipo con el mecanismo “Pinza Mecánica”. Los programas, son una herramienta importante para el diseño de ciertos mecanismos y más aún si antes de simular o animar algo, se utilizan programas exclusivamente de mecánica como el Working Model 2d y 3d. En esta también se han utilizado estos últimos. Ellos nos permitieron mostrar lo que se pretendía sin necesidad de hablar demasiado. Los resultados fueron favorables al utilizar este tipo de herramientas.

CONCLUSIONES

1. Existe la posibilidad de construir el equipo, utilizando los medios existentes en nuestro país.
2. Crecimiento del área de la construcción de Maquinaria en el país, generando fuentes de trabajo y desarrollo en las microempresas.
3. El costo total de este equipo es muy inferior al de una máquina importada con similares características.
4. Equipo adaptable a distintos tamaños y tipos de envases, con unidades sincronizadas y precisas para una intervención mínima del operador.
5. Equipo confiable y de fácil mantenimiento. Permitiendo un gran ahorro de agua comparada con otros equipos y con la ventaja que mantiene un sistema de enjuague continuo, pudiendo enjuagar hasta 135 botellas por minuto del envase de mayor acogida (500cc) a una velocidad de 9 rpm en el carrusel.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO

1. Por ser un proyecto que aún puede admitir modificaciones, se recomienda que: en el caso cambiar el material de un sello u otra pieza, utilizar un catálogo de materiales para procesos alimenticios.
2. El prototipo “pinza mecánica” construido en aluminio a escala real, sirve de base para la construcción de nuevas pinzas, pudiendo ser elaborados una gran cantidad de repuestos con una vida útil más larga y mucho más económicos.
3. Se recomienda mantener lubricado los elementos que se encuentran bajo el carrusel, así como también los engranajes del tren de transmisión. Recuerde que la limpieza con agua a presión en los alrededores retira muchas veces el lubricante que se encuentra depositado en estos; procure hacer revisiones periódicas de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

Libro con Edición: SHIGLEY, J., Diseño en Ingeniería Mecánica, Mc. Graw Hill. 5ª Ed. México; 1992; 346-348p.

Boletín Año 3 N° 7, 1999. INTI, CITIP, Panorama del Plástico, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Plástica,

Director de Tesis