



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

“CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA LLENADORA Y TAPADORA  
LINEAL PARA BOTELLAS PET DE 500CC SEMIAUTOMÁTICA”

AUTOR:

JOSÉ JULIÁN MUÑOZ SÁNCHEZ

DIRECTOR:

Ing. José Huaca

Ibarra-Ecuador

Julio 2015

# CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA LLENADORA Y TAPADORA LINEAL PARA BOTELLAS PET DE 500CC SEMIAUTOMÁTICA

*José Julián Muñoz Sánchez*

*Carrera de ingeniería en Mecatrónica*

*Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura*

*josejuliank@gmail.com*

**Resumen.-** El presente trabajo es la descripción de la construcción de una maquina diseñada para llenar, colocar las tapas y sellas botellas de agua de 500 cc cuyo objetivo es aumentar la producción enfocada a pequeñas y medianas empresas de purificación de agua para el consumo humano.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua para beber, a través del tiempo ha tenido variantes al igual que el resto de los productos que consumimos en la actualidad, por lo cual el negocio de la venta de bebidas embotelladas no retornables como jugos, agua, té, limonada y bebidas energizantes, ha logrado un gran auge, debido a lo económico y práctico de llevar consigo una botella de estos productos, han desembocado en un negocio rentable. (Biología, 2013),

El objetivo es diseñar y construir una maquina semiautomática que facilite y aumente la producción de este producto.

## *Tapadora de Botella*

Las envasadoras con las que llenamos las botellas primarias de líquidos, las podemos dividir en rasgos muy generales, aunque siempre sabemos que existen casos especiales, en varias categorías según su estructura, según su forma de trabajo, según la producción que deseamos, según el producto que vamos a envasar, entre otros. (Cortes, s.f)

Quizás el punto más determinante a la hora de comenzar a hablar de una envasadora sea la producción que deseamos obtener. Las llenadoras rotativas se utilizan para empresas con grandes producciones en cambio las lineales se utilizan en medianas y pequeñas empresas. El motivo es muy sencillo y aunque cualquier producción es posible conseguirla dependiendo del número de grifos, la llenadora rotativa tiene una ventaja, en cuanto a la producción, frente a la lineal y es que con igual número de grifos no existen tiempos muertos de espera mientras se van los envases llenos y entran los vacíos; pero en pequeñas y medianas empresas es preferible utilizar la envasadora lineal por su

menor costo, a la vez satisface a las necesidades de producción para dichas empresas.(Cortes, s.f)

### ***Sistema de Control***

Un sistema de control está formado por subsistemas y procesos (o plantas) unidos con el fin de controlar la salida de dichos procesos. Con un sistema de control se puede mover equipos grandes con una precisión que de otra forma sería imposible. (Nice, 2004)

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados. (Universidad Politécnica de Catalunya, 2001)

### ***Microcontrolador***

Ingenio-upp (2008) menciona que un microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura (arquitectura) de un microcomputador, es decir CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida.

### ***Sensores***

El sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan. (DACS, 2014)

## **II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

La máquina de llenado y tapado lineal, está diseñada para envasar y sellar botellas de 500 cc, con una capacidad aproximada de 840 botellas por

hora, las cuales se llenarán y tapan en grupos de 4 en 4. Por medio de una banda transportadora avanzarán las botellas para colocarse cada una en su sitio, luego controlado por un motor, bajará el bloque de llenado, al estar en la posición preestablecida una electroválvula abrirá el flujo del líquido, el llenado será controlado por el tiempo transcurrido, para lo cual se mantendrá estable la presión manteniendo el nivel fijo en el tanque elevado a utilizar, una vez llena las botellas se cerrará el flujo de agua, se levantará el bloque de llenado y se accionará la banda transportadora. Las botellas llenas, pasarán por un mecanismo que les ubicará las tapas, al ser del tipo trampa este mecanismo será asistido por bandas laterales sincronizadas que evitarán que la botella caiga mientras intenta capturar la tapa. Al llegar a la sección de sellado un sensor va a detectar las botellas. Una por una entrarán al boque de sellado donde un actuador las sujetará por el cuello mientras un pistón accionado con un motor DC será el encargado de ejercer presión para sellar la tapa, luego se posicionaran 4 botellas vacías al punto de llenado para así repetir el ciclo. Al finalizar el proceso la banda transportadora sacará los envases llenos y sellados.

Mientras se está en el proceso de envasado un operario debe colocar las botellas y las tapas en su lugar correspondiente.

## **III. DISEÑO DEL SISTEMA**

La máquina contará con el subsistema de control, llenado, avance, colocador de tapas y tapado.

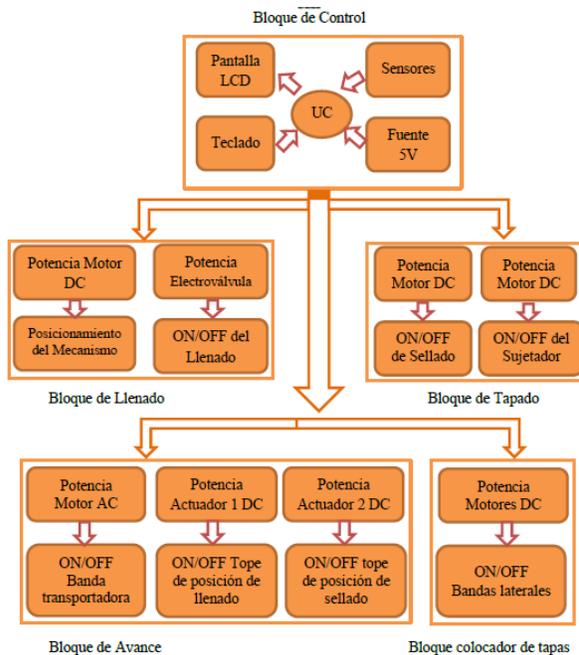


Figura 1.- Diagrama de bloques general

### 1.- Mecanismo de avance de botellas

Este mecanismo será el encargado de hacer avanzar las botellas hacia su siguiente posición, lo cual se logrará a través de una banda transportadora.

La velocidad de movimiento de este mecanismo debe ser lenta, aproximadamente cuatro centímetros por segundo para evitar un desplazamiento inapropiado de las botellas.

Sensores de presencia serán los encargados de detectar las botellas cuando lleguen a la posición deseada, y los actuadores de botellas serán los encargados de que las botellas se mantengan en la posición preestablecida para cada ciclo del proceso.

El motor de la banda transportadora deberá tener el torque superior a 10Nm para mover las botellas sin sufrir pérdidas en su desplazamiento cada vez que se activa.

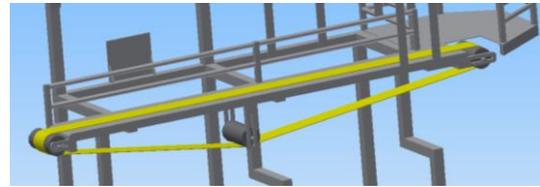


Figura 2.- Diseño de banda transportadora

### 2.- Mecanismo de llenado

Será el encargado de llenar las botellas de agua.

Estando activada la banda transportadora un sensor óptico detectará las botellas que lleguen a la posición de llenado. Al detectar la primera botella se liberará un pequeño actuador que detendrá las botellas justo en el lugar preciso. La banda no se detendrá hasta que hayan llegado las cuatro botellas a su posición, una vez ocurrido esto la banda transportadora se detendrá. De inmediato se activará el brazo de llenado el cual contará con un motor que levantará y bajará los picos de salida del líquido en el momento indicado, es decir, al entrar las botellas vacías bajará el mecanismo para proceder al inicio del llenado, una vez culminado este, se levantará, retrocederá el actuador para permitir que las botellas avancen, a su vez entren nuevas botellas. Para realizar esta tarea el motor deberá tener un torque alto, velocidad relativamente lenta y preciso al detenerse y arrancar.

A través de la inversión del giro del motor se logrará que el mecanismo suba o descienda, en el cual se instalará un sensor de presencia para detectar la posición exacta del mecanismo y así controlar de forma precisa dicho motor.

### 3.- Mecanismo colocador de tapas

Este mecanismo está encargado de colocar las tapas en las botellas, su sistema se considera de trampa, ya que al pasar la botella por esta sección una tapa es jalada por el pico de la botella y a su vez otra tapa toma su lugar para repetir el proceso, al ser la tapa jalada pasará por una estructura que la presionará hacia abajo para que se ubique correctamente en su lugar y estar lista para la siguiente fase del proceso, el sellado.

El sistema es apoyado por dos bandas laterales que están sincronizadas con el mecanismo de avance, estas no permiten que la botella caiga en el momento que captura la tapa dándole una mayor fuerza al movimiento de la botella.



Figura 3.- Colocador de tapas

### 4.- Mecanismo de sellado

Este mecanismo es el encargado de sellar las tapas, al estar dentro del proceso de sellado el sensor de presencia detecta la primera botella que va a ser sellada, se activa por un pequeño momento un motor DC, este motor está conectado a una variación del mecanismo biela-manivela para conseguir que un pequeño martillo dé un golpe previamente regulado, y ejerza presión sobre la tapa. Para evitar que la botella se deforme ante esta fuerza antes del golpe se activa el sujetador de botella, que una placa metálica con la forma exacta del cuello de la botella, este la

sostiene y absorbe el impacto protegiendo a la botella.

Estos dos movimientos, el de sujeción y el de sellado estarán sincronizados, este proceso se repetirá en cada botella logrando así que la botella quede sellada. Lista para ser manipulada por el operario.

La entrada de las botellas al bloque de sellado está sincronizada entre el sensor de presencia, la banda transportadora y las bandas laterales del colocador de tapas. De tal forma que cuando el sensor detecte una botella, las bandas laterales se detengan instantáneamente, pero la banda transportadora siga activa por un momento más, esta variación de tiempos permite a la botella detectada llegar a su posición preestablecida mientras que las otras botellas quedan retenidas en las bandas laterales, con esto se controla el flujo individual de cada botella

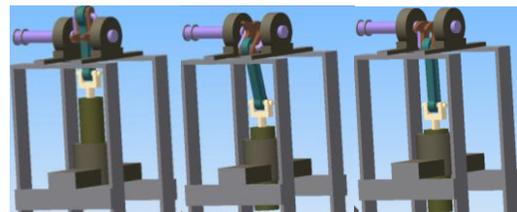


Figura 4.- pistón, mecanismo de sellado

### 5.- Subsistema de control

Será el encargado de controlar y sincronizar todo el proceso para así cumplir con el objetivo propuesto.

Este tendrá que tener la memoria suficiente para almacenar el código necesario para su funcionamiento, periféricos de salida para visualizar datos en una LCD, recibir los estados de posición de los sensores, y enviar las acciones al bloque de potencia, así mismo deberá tener

entradas suficientes para la interfaz humano máquina.

Será el encargado de recibir la señal del sensor de presencia ubicado en el módulo de avance, y con esto poder posicionar las botellas en el lugar correcto para así activar la electroválvula, permitir el flujo del agua y comenzar el proceso. Se encargará de llevar el conteo del tiempo necesario para que las botellas estén llenas, una vez culminado este proceso enviará la orden a apagar la electroválvula, levantar el módulo de llenado, retroceder el actuador y activar el sistema de avance.

Activará y desactivará las bandas laterales a medida que las botellas van ingresando al módulo de sellado.

Luego recibirá la señal del sensor de presencia del módulo de sellado, y accionará el sujetador, el pistón de sellado y finalizando con activar el actuador de tope para permitir la salida de las botellas.

#### IV. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

1.- Para la construcción del mecanismo de avance de botellas se utilizó una banda transportadora flexible semicorrugada junto con un motorreductor de 1/8 Hp a una velocidad de avance de 4,2 cm/seg.



Figura 5.- Banda transportadora

2.- En el mecanismo de llenado se utilizó un Motor TRICO DC de 50 rpm y 8Nm, el cual sube o baja todo el sistema de llenado.

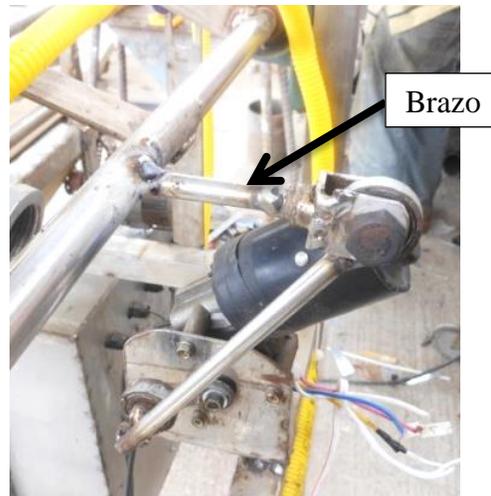


Figura 6.- brazo de llenado

Para su posicionamiento utiliza un sensor capacitivo que indica la posición en la cual el brazo debe estar para iniciar el proceso de llenado.



Figura 7.- Sensor capacitivo

A su vez un sensor fotoreflexivo posicionado a la altura del cuello de las botellas alerta cuando todas las botellas ya están en la posición preestablecida.



Figura 8.- Sensor retroreflectivo

La parte hidrauliza del subsistema de llenado esta conformada por un MANIFOR, una electrovalvula y 4 valvulas de bola de 1/8"

El MANIFOR y todas las tuberias estan realizadas con MONEL 304 , un tipo de acero inoxidable que cumple con las normas de sanidad que el Ente regulatorio exige.

La altura minima del tanque elevado que alimenta al sistema es de 3.5 m, controlado su nivel de liquido con una llave mecanica con bolla, mantiniendola siempre en un rango permisible y evitando al maximo las perturbaciones.



Figura 9.- Manifor

3.- El metodo tipo trampa fue implementado en el mecanismo colocador de tapas, junto a dos bandas laterales las cuales presionan y a su vez empujan la botella evitando que caiga o gire mientras agarra la tapa.

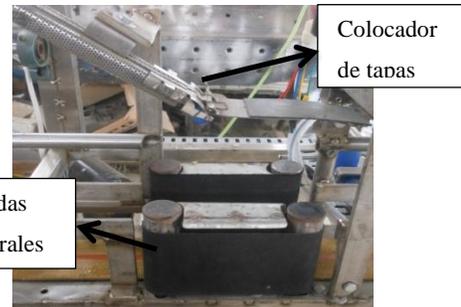


Figura 10.- colocador de tapas y bandas laterales

4.- Mecanismo de sellado.- este mecanismo consta de un Motor TRICO DC el cual transmite su movimiento circular a un sistema tipo biela-manivela que lo transforma a linea para finamente mover el piston que sella la botella.



Figura 11.- Piston de sellado

Para que la botella no se deforme mientras es sellada se utiliza un actuador con un mecanismo sujetador de la botella, este se activa justo antes de que el piston ejerza presion sobre la botella y se desactiva luego de ser sellada.



Figura 12.- Sujetador

Para posicionar las botellas dentro de este bloque también se utiliza un sensor óptico fotoreflexivo con el cual a su vez se lleva el conteo de las botellas que han culminado el proceso.

5.-El sistema de control se lo realizó con un microcontrolador PIC 18F4550 el cual cumple con las entradas y salidas necesarias para el proyecto.



Figura 13.- Placa de control

Además de la placa de control cuenta con una interfaz de potencia la cual es la encargada de activar la electroválvula, el motor DC, el control de giro del motor del brazo de llenado, los motores DC TRICO de las bandas laterales y el pistón.



Figura 14.- Placa de potencia

El sistema ensamblado fue probado y puesto en marcha

## PRUEBAS

Se realizaron las pruebas de cada sección de la máquina verificando y calibrando cada parte, logrando el funcionamiento esperado.

Se llenaron 100 botellas probando la máquina, probando el software y verificando constantemente el hardware, sin presentar problemas en su funcionamiento.



Figura 15.- Máquina ensamblada

## CONCLUSIONES

- Se logró realizar con éxito la construcción de una Máquina Llenado y Tapadora lineal de botellas PET de 500 cc semiautomática, la cual logra producir hasta 840 botellas por hora, mientras que manualmente se trabajaban 380 botellas diarias.

- Se escogió sellar las botellas una a una, ya que realizar esta acción las cuatro a la vez aumentaba considerablemente su costo económico, y su beneficio no sería apreciado para las pequeñas y medianas empresas a las cuales va enfocada su producción.

- La Máquina llenadora y tapadora contribuirá al crecimiento de la empresa “Agua Gar” y la capacidad de cubrir la demanda del producto.

## RECOMENDACIONES

- Se puede utilizar cualquier método para mantener estable el nivel del tanque y por ende el caudal de llenado, pero siempre teniendo en cuenta las normas de higiene si se trata de líquidos para el consumo humano y hay que evitar al máximo las perturbaciones que genera el llenado del tanque.
- La sección más minuciosa al momento de calibrar es el colocador de tapas, ya que una pequeña variación puede disminuir enormemente la eficiencia de la máquina
- Todo personal que use la maquina deberá ser previamente capacitado para evitar daños físicos y materiales, es necesario que se sigan las recomendaciones expuestas en el manual de usuario y el plan de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento del equipo.
- Se puede utilizar la máquina para envasar otro tipo de líquidos siempre y cuando no sean gaseosos y su viscosidad sea similar al del agua. (agua de coco, jugos naturales, entre otros).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Biología. (06 de 2013). Recuperado el 05 de 04 de 2014, de BuenasTareas.com: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Biologia/27188363.html>

[Cortés, M. (s.f.). Eleccion de maquinaria para el envasado de productos. Recuperado el 15 de 06 de 2014, de guiaenvase: <http://www.guiaenvase.com>

Nice, N. S. (2004). Sistemas de Control para Ingeniería (1era Ed ed.). México: Continental.

Universidad Politécnica de Catalunya. (09 de 05 de 2001). UPCommons. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/>: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

Ingenio-upp. (10 de 03 de 2008). Que es un Microcontrolador. Obtenido de ingenio-upp.blogdiario: <http://ingenio-upp.blogdiario.com/>

DACS. (s.f.). Sensores de proximidad. Obtenido de sensoresdeproximidad: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>

## SOBRE EL AUTOR



José J. Muñoz Sánchez. Nacido en Portoviejo, Manabí, Diciembre 20 de 1989.

Realizo sus estudios secundarios en el Colegio Informatica de Portoviejo.

Culmino sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte, carrera de Ingeniería en Mecatrónica.

Áreas de Interés: Automatización, Domótica, Procesos Industriales, microcontroladores.

Contacto: [josejuliank@gmail.com](mailto:josejuliank@gmail.com)