

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROCESO AUTOMATIZADO PARA EL ENVASADO DE SUSTANCIA LÍQUIDAS (2007)

Luis Alberto Quintero Felizzola, Andrés Leonardo González Gómez, Juan Manuel Rodríguez Bueno

**Resumen**—La industria de las bebidas, considerada desde un punto de vista global, aparece muy fragmentada, lo que resulta evidente por el gran número de fabricantes, de métodos de envasado, de procesos de producción y de productos finales. Aunque la industria de las bebidas esté fragmentada, sigue un proceso de consolidación desde la década de 1970, de modo que está cambiando la situación. Desde principios de siglo, las compañías de bebidas han evolucionado desde las empresas regionales que producían artículos destinados principalmente a los mercados locales hasta las gigantescas empresas de hoy, que elaboran productos para mercados internacionales. Este cambio se inició cuando las compañías del sector adoptaron técnicas de producción en masa que les permitieron expandirse. Además, durante este tiempo, se consiguieron avances en el envasado de productos y en los procesos que incrementaron enormemente el período de validez de los productos.

Sin embargo no sólo los productos son cada vez más variados, también los embalajes están viviendo un gran cambio innovador. La industria embotelladora de por sí ya está trabajando desde hace tiempo con sistemas de envases retornables y no retornables.

## I. INTRODUCCIÓN

En este momento la humanidad se encuentra dando grandes pasos en relación a épocas anteriores. A diario vemos como la nanotecnología, la biotecnología, etc., invierten cifras astronómicas en la creación, invención y en la solución de problemas que se creían imposibles de resolver.

Hoy la sociedad se encuentra en la era del conocimiento, y algunos grandes avances, nuevos inventos y descubrimientos siguen progresando exponencialmente. Las Universidades de todo el mundo se encuentran a la vanguardia con lo último y más nuevo en tecnología e investigación.

Uno de estos avances tecnológicos es la automatización, qué básicamente es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a los operadores humanos. El alcance va más allá que la simple mecanización de los

procesos ya que ésta provee a los operadores mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo y reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un simple sistema de control; abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad principalmente el diseño de un nuevo prototipo para un sistema automatizado de sustancias líquidas, que muestre un proceso real, similar al que se encuentra hoy día en la industria, al alcance de los estudiantes de la Universidad. La idea principal es estimular primordialmente a los estudiantes de la facultad para que continúen con la creación de nuevos sistemas automatizados, tomando como ejemplo este, y así, desde el principio en su formación como ingenieros se encuentren con problemas reales que en un futuro puedan ser útiles a la hora de la toma de decisiones.

### Objetivo general

Diseñar y construir un nuevo modelo para la máquina envasadora de sustancias líquidas no gaseosas, ubicada en la universidad, con el fin de hacerla funcionar nuevamente y contar con una herramienta activa en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de diferentes asignaturas del pensum académico.

### Objetivos específicos

- To design and to construct the major quantity of parts needed for the machine of agreement to operations that are possible to realize in the laboratory of manufacture of the university, in order to take advantage of it of correct form and to

reduce costs.

- Determinar los parámetros y las posibles mejoras al diseño actual del proceso para poder realizar un nuevo diseño a la máquina.
- Implementar el mayor número de elementos, de tipo industrial, con los que cuenta la universidad para ejemplificar algunas de sus múltiples aplicaciones.
- Diseñar y construir el nuevo medio de transporte que desplazara las botellas a lo largo del proceso.
- Diseñar el nuevo sistema que se va a utilizar en el módulo de llenado, de tal forma que pueda controlarse el dosificado de forma sencilla y a su poder utilizar dos tamaños de envase diferente.
- Diseñar un mecanismo de tapado, que al igual que en el llenado, permita realizar la operación con envases de diferente tamaño.
- Diseñar (diagrama de flujo) y programar el código necesario para controlar todo el proceso, de tal forma que sea un sistema altamente automatizado.
- Diseñar y aplicar los montajes de los sistemas
- Diseñar un sistema que permita informar al operario cuando hay déficit de botellas o tapas en el proceso.

## II. JUSTIFICACIÓN

En estos momentos donde la competencia no da tregua y la lucha por permanecer en el mercado se hace más aguda, las industrias y pequeñas empresas necesitan procesos de producción más rápidos, limpios y eficientes que les permitan ahorrar costos de inversión y tiempo, para así poder mantenerse en el mercado y no solo mantenerse, también intentar ser competitivos.

Es por esto que hoy en día los empresarios de todas las industrias han cambiado su aptitud reacia con respecto a la automatización industrial. Aceptando que este no es un tema futurista exclusivo de países industrializados y que por el contrario es algo de hoy, que está al alcance y que no solo es un lujo, es una necesidad.

La universidad autónoma de Bucaramanga está en la capacidad y obligación de preparar ingenieros capacitados y preparados en estas áreas, ya que estas es tal vez una de las líneas de investigación más importantes, necesarias y apetecidas por la sociedad de consumo. En el laboratorio de automatización industrial, oleoneumática y otros, se encuentran varios de los elementos necesarios para automatizar desde un sencillo sistema hasta algo más robusto y complejo. Desafortunadamente la falta de curiosidad, de interés o simplemente de tiempo de parte de los estudiantes ha llevado a que estos instrumentos muchas veces sean subutilizados, permaneciendo guardados durante largos periodos de tiempo y usados simplemente para una

sencilla inspección o reconocimiento. Y esta es la principal razón de la elaboración de este proyecto, mostrar a los estudiantes mediante el proceso de envasado (uno de los más desarrollados hoy en la industria) una de las muchas aplicaciones de estos instrumentos que se encuentran a su disposición en los laboratorios. Además se pretende incentivar hacia el desarrollo de proyectos de este tipo e invitar a todos los estudiantes a utilizar el material y los laboratorios de los que disponen en la universidad.

## III. DISEÑO MECATRÓNICO

Para el desarrollo y construcción del piloto de la máquina envasadora de sustancias líquidas se sigue la metodología típica de los principios de diseño y tomando aportes de la metodología de diseño Mecatrónico planteada por el Doctor José Emilio Vargas Soto; basándose en estas ideas se definió una metodología para adaptarla a este proyecto.



Fig.1. Metodología del diseño mecatrónico

Si siguiendo esta metodología durante casi un año (dos semestres académicos) y luego de recibir asesoría de diferentes directores de proyecto que fueron cambiando por razones ajenas a nosotros, se plantearon diferentes alternativas de solución al problema planteado. Y por diferentes razones se fueron descartando hasta llegar al actual diseño de la máquina.

### Diseño general



Fig. 2. Diagrama general del proceso de envasado de sustancias líquidas

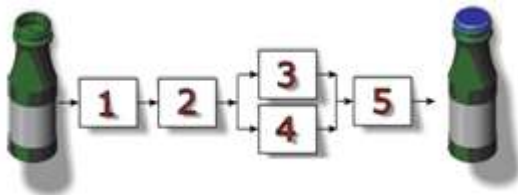


Fig. 3. Pasos del proceso de envasado de sustancias líquidas

- 1. Llegada de las botellas:** Este es el inicio del proceso, las botellas se ubican sobre una banda que las transportara a lo largo de los módulos (dosificado, tapado y salida de botellas) en el sistema de envasado.



Fig. 4. Llegada de botellas

- 2. Dosificado:** Por medio de sensores ópticos, ubicados a lo largo de la banda (uno por cada etapa), se detecta la posición de cada una de las botellas durante el proceso. Al activarse el sensor ubicado en el módulo de dosificado, se detiene el motor de la banda y el cilindro de simple efecto que sostiene la electroválvula, la desplazará hasta la boca de la botella, y esta se encarga de dosificar en las botellas la cantidad de líquido indicada para cada uno de los dos tipos de envase.



Fig. 5. Dosificado

- 3. Tapado:** De igual forma al conmutar el sensor óptico ubicado en esta etapa del proceso se detiene la banda transportadora. Otro pistón simple efecto sostiene la ventosa, que captura las tapas desde el dosificador de tapas, y tapan las botellas que van siendo llenadas.



Fig. 6. Tapado

- 4. Dosificador de tapas:** Un mecanismo conformado por un pistón y un tubo contenedor de tapas, ubica las tapas una a una en la posición indicada para que el sistema encargado de tapar las capture y las lleve hasta la botella.



Fig. 7 Dosificador de tapas

- 5. Salida de botellas:** Un mecanismo similar al del tapado de botellas, conformado por un pistón simple efecto y una ventosa en su extremo, captura las botellas ya envasadas (llenadas y tapadas) y las desplaza hacia un extremo sacándolas de la banda y del proceso como tal.



Fig. 8. Salida de botellas

#### IV. DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

El circuito neumático implementado para la máquina es el siguiente:

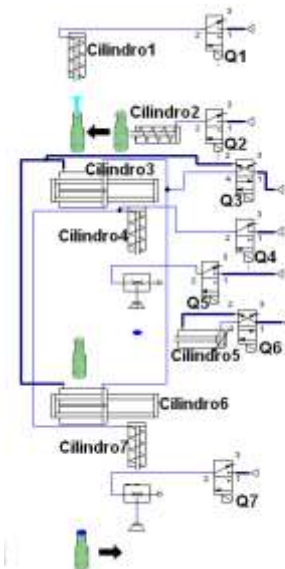


Fig. 9. Circuito neumático

#### Programa implementado para manejar la máquina

El código del programa está hecho en el lenguaje universal KOP, que consiste en esquemas de contactos (normalmente cerrados y normalmente abiertos) que se van agrupando en

segmentos y entre varios de estos segmentos constituyen el área de control de un bloque lógico.

Siempre que se utiliza un PLC como controlador principal se siguen ciertas estrategias básicas para el desarrollo del sistema de control. Lo primero en estos casos es subdividir el proceso en tareas y áreas funcionales, desde el más sencillo de los casos hasta el más elaborado, se puede ejecutar más fácilmente si se determinan con claridad las áreas de tareas correlacionadas y estas a su vez se subdividen en tareas principales más pequeñas.

Se debe tener en cuenta que al definir cada área y tarea de un proceso, no se habla solamente de su funcionamiento, sino también de los elementos que controlan y hacen parte de dicha área, esto comprende:

- Entradas y salidas eléctricas, mecánicas, y lógicas para cada área.
- Relación y dependencias entre las diferentes áreas.
- Condiciones necesarias para la ejecución de una acción.

Todo esto nos libra de la vasta teoría de control automático y sus complejos análisis. Para desarrollar el programa de la envasadora, se tuvieron en cuenta estos parámetros, arrojando como principal protagonista o condición la ubicación de la botella durante el proceso. En pocas palabras para ejecutar cualquier paso en el programa es indispensable que la botella está ubicada en la posición indicada. Esto también funciona como estrategia de seguridad, puesto que si la botella por algún motivo no llega a cualquiera de los módulos no se ejecutara la acción correspondiente, evitando así desperdicio de líquidos o tapas.

La entrada eléctrica (0V ó 24V) que recibe el PLC por parte del sensor, depende de: “la botella esta, o no esta”. Este tipo de condiciones son conocidas en el ámbito industrial como el control si/no ó control on/off, y es esta la forma más sencilla de controlar.



Fig. 10. Sensor activo

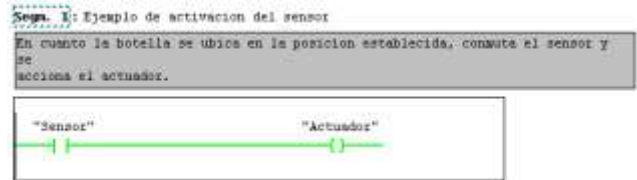


Fig. 11. Sensor inactivo

## V. SENSORES

### Aplicación del sensor de posición

El sensor fue elaborado utilizando un opto acoplador 4N26, una fotorresistencia y un láser de bolsillo, su funcionamiento básico consiste en apuntar el láser a la fotorresistencia, cuando la luz del láser se obstruye, el cambio de valor de resistencia en la fotorresistencia permite la salida del voltaje por el colector del transistor interno en el opto acoplador.

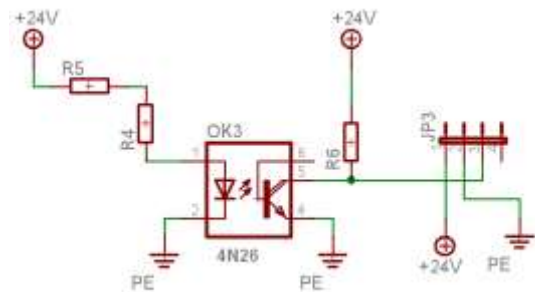


Fig. 12. Circuito esquemático

### Cálculos utilizados

El valor de R4 correspondiente a la fotorresistencia es de 600 ohm cuando hay luz y cuando no hay es de 6Kohms. El valor de R5 es de 2.2 KOhm para garantizar que al opto acoplador lleguen 10mA que es el valor mínimo de activación de este dispositivo.

$$R6 = 24V / 10mA = 2.4Kohm = 2.2k \text{ aprox.}$$

El valor de R6 es de 2.2Kohm para proporcionar 10mA que es la corriente necesaria para que la entrada del PLC capture la señal del sensor.

## VI. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- ✓ El nuevo diseño finalizado en su totalidad logra adaptarse a 2 tipos de envases con la única restricción de que estos deben tener tapa a presión y no roscada, existe la posibilidad que aumente el número de tamaños que se pueden trabajar en el sistema.
- ✓ Todos los mecanismos utilizados se montaron sobre una única estructura para que solo se varia la

altura de esta al cambiar el tamaño del envase con el se trabaja.

- ✓ El mecanismo de transporte (banda transportadora), se diseño de tal manera que sus guías se adapten a los distintos diámetros de los envases a utilizar y logren posicionar estos en los puntos específicos de trabajo de los mecanismos de llenado, tapado y salida.
- ✓ La simulación de diseños no es suficiente para asegurar si un proceso va a funcionar correctamente, da una idea general del comportamiento que va experimentar.
- ✓ El mecanismo de tapado requiere de mucha precisión, independientemente del diseño que se hace en este, es necesario garantizar la sincronización de la posición de las guías de la banda transportadora para dejar el centro de la botella paralelo al centro de la ventosa, así como la sincronización de la señal de los sensores de posición.
- ✓ Para el mecanismo de llenado fue necesario trabajar con la presión de la bomba sumergible en al electroválvula ya que esta no trabaja en optimas sin una presión en su entrada.
- ✓ En los cilindros que hacen parte del mecanismo de entrada de botellas, llenado y dosificación de tapas, fue necesario regular la presión para disminuir la velocidad de los vástagos en su salida ya que estos podían tumbar las botellas, posicionar mal la electroválvula en la boca de la botella así como dejar las tapas fuera del área de trabajo de las ventosas.
- ✓ Respecto a los cilindros que desplazan las ventosas a las posiciones respectivas de trabajo se reguló la velocidad de salida de los vástagos para evitar que las ventosas deformaran la botella o dañaran el mecanismo de dosificación de tapas en el caso de que estas salieran mal posicionadas.
- ✓ Es necesario trabajar con una velocidad tangencial en la banda con valor bajo para evitar que las botellas de caigan durante su recorrido en el proceso.
- ✓ La alarma de déficit de botellas se logro hacer con el mismo sensor de posicionamiento de botellas en el mecanismo de entrada de botellas al proceso, si la botella no se encuentra lista en el mecanismo no se permite el trabajo de este y a su vez avisa al operario que el dosificador de botellas está vacío.
- ✓ El uso del taller de manufactura redujo considerablemente los costos de fabricación de la

estructura del sistema y el mecanismo de transporte de botellas.

## REFERENCIAS

- [1] FESTO DIDACTIC. Sensores para la técnica de procesos y manipulación. Esslingen, 1993.
- [2] Manual LOGO Switch over (Siemens) Ed 07/2001 A5E00119094-01
- [3] ERDMAN, Arthur G. Diseño de mecanismos análisis y síntesis. México; Prentice Hall Editorial, 1998.
- [4] Lewis Paul H. Sistemas de control en ingeniería. Madrid. Prentice hall
- [5] Calero Perez, Roque. Fundamentos de mecanismos y maquinas para ingenieros. Madrid. Mc Graw Hill.
- [6] MAJUNDAR, S.R. Sistemas neumáticos principios y mantenimiento. México: Mc Graw Hill Editorial, 1997.
- [7] Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas tercera edición Santa fe de Bogota Mc Graw Hill 2000.
- [8] Rodríguez Buitrago Jesús David - Quintero Fajardo Rafael Eduardo, tesis. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROCESO AUTOMATIZADO PARA EL ENVASADO DE SUSTANCIAS LIQUIDAS.
- [9] <http://www.festo.com>
- [10] <http://www.airtac.com>
- [11] <http://www.alumina.com>
- [12] <http://www.cga.com.co>
- [13] <http://www.sapiensman.com/neumatica>
- [14] [http://www.sapiensman.com/control\\_automatiko](http://www.sapiensman.com/control_automatiko)
- [15] <http://www.sensotec-instruments.com/castellano/>
- [16] <http://www.anser.com.ar/Dosificadores.htm>
- [17] <http://www.sensing.es/transductor%202.htm>
- [18] <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica>
- [19] <http://www.scamecanica.com>
- [20] <http://www.terra.es/personal/jdellund/tutorial/espanol>