

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROCESO AUTOMATIZADO PARA EL
ENVASADO DE SUSTANCIAS LIQUIDAS**

AUTORES:

**ANDRÉS LEONARDO GONZÁLEZ GÓMEZ
LUIS ALBERTO QUINTERO FELIZZOLA
JUAN MANUEL RODRÍGUEZ BUENO**

DIRECTOR: Eduardo Calderón Porras

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESCUELA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA MAYO 2007**

1. 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 sistemas 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.

2. ANTECEDENTES

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 el decenio 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 solo los productos son cada vez más variados, también los embalajes¹ 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.

El diseño único e inconfundible que se exige cada vez más para ayudar a la creación y a fomentar una marca comercial, desarrolla la creación nueva e individual de muchas formas de botellas. A esta gran variedad de botellas contribuye igualmente el desarrollo de unas características mejoradas de barrera en los envases de plástico. Desde hace mucho tiempo elegir el tapón no significa simplemente decidir entre tapones corona y roscados (ver figura 1). Esta gran variedad de tipos de envases y de tapones continúa también en el embalaje final, en donde se utilizan diferentes formas y tamaños contribuyendo todo ello, a la necesidad de unas líneas de llenado más flexibles.

¹ **Embalaje:** son todos los materiales, procedimientos y métodos que sirven para acondicionar, presentar, manipular, almacenar, conservar y transportar una mercancía. Embalaje en una expresión más breve es la caja o envoltura con que se protegen las mercancías para su transporte.

Figura 1. Tipos de tapas a) Tapón corona b) Tapón roscado



www.portola-france.co.uk

En cuanto al llenado de botellas de vidrio la tendencia va desde unos sistemas de llenado puramente mecánicos hasta los sistemas de llenado de altura con mando electroneumático². Mediante sus mandos libremente programables permiten ajustarlos a los diferentes productos y botellas con muy poco esfuerzo.

Durante muchísimos años el envase cumplía tres funciones: contener, conservar y proteger, y el paradigma era una botella de vidrio con un tapón de corcho. El embalaje cumplía sólo una o dos de esas funciones y en general era una caja de cartón o una de madera con paja de relleno. Hace ya algunos años que las exigencias de envases y embalajes se han multiplicado y a esas tres funciones tradicionales se le han añadido otras, en respuesta de las cuales los plásticos han resultado ser los materiales más adecuados.

Efectivamente, las exigencias a los envases y embalajes han aumentado sustancialmente en los últimos años. Ahora se les pide que permitan racionalizar las manipulaciones en planta, que optimicen la relación volumen/capacidad que cumplan con reglamentaciones o legislaciones relacionadas con el producto o su entorno, que sus costos estén adecuados al precio del producto final, que lleven accesorios complementarios de precinto o cierres de seguridad, que presenten unos comportamientos físico-químicos específicos en relación con el contenido o el ambiente. Por si eso fuera poco se les acostumbra a pedir un cierto atractivo de venta, imagen de empresa, y toda una serie de requisitos subliminales y de diseño estético.

² **Mando Electroneumático:** Controlar dispositivos neumáticos como válvulas, pistones por medio de secuencias lógicas programadas a través de circuitos eléctricos o computadores.

Hoy en día el proyecto de un nuevo envase o embalaje es un estudio realmente complejo y multidisciplinar que exige la colaboración de diferentes técnicos e incluso empresas. Y uno de los puntos claves será la elección del material y del proceso de fabricación.

Colombia no ha sido la excepción en este proceso de mejoramiento continuo, ya que muchos empresarios vieron la necesidad de mejorar y aumentar su producción para ser más competitivos, este cambio de conciencia tuvo su auge en el año 1991, cuando el gobierno del señor presidente en esa época Doctor Cesar Gaviria Trujillo autorizó la apertura económica³, hecho que perjudicó notablemente a las empresas que no estaban preparadas para competir mano a mano en el mercado exterior.

Actualmente los empresarios colombianos dirigen todos sus esfuerzos en automatizar sus procesos y en adquirir maquinaria de punta, teniendo presente aún las experiencias vividas y las consecuencias que produjo para la industria la apertura económica, consientes que se desarrollan las negociaciones para el Tratado de Libre Comercio TLC⁴, tratado que permitirá la entrada al país de competencia extranjera pero también brindará la oportunidad de dar a conocer los productos en el exterior a aquellas empresas que cumplan con toda la normatividad y exigencias que actualmente se requiere.

³ **Apertura Económica.** www.mincomercio.gov.co/aperturaeconomicaycrecimiento

⁴ **Tratado de Libre Comercio TLC.**

www.mincomercio.gov.co/beneficiosdelanegociacióndeunacuerdodelibrecomercioconlosestadosunidos

3. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Problema

Actualmente la industria colombiana se encuentra en una etapa en la cual debe buscar alternativas para mejorar su funcionamiento, desarrollo y posicionamiento del mercado debido a la aplicación del TLC a mediano plazo.

Estas alternativas deben ser enfocadas a mantener en un nivel de competencia equitativo frente a otras empresas ya sean nacionales o internacionales, para esto es primordial ofrecer mejores alternativas de calidad en los productos a bajo costo mediante la aplicación de tecnología en estos procesos.

Como parte de la solución a ese problema, esta la preparación de profesionales que se encarguen de este proceso arduo pero necesario en el cual la industria colombiana se va a ver beneficiada así como los sectores que van de la mano con ella. Esta preparación debe ser lo mas eficiente y concreta posible en la cual se desarrollen competencias de innovación, investigación y aplicación de conocimientos.

3.2 Formulación del problema

Como formulación de este problema se busca desarrollar en los futuros ingenieros de nuestra facultad una visión cada vez más innovadora en la tarea de optimizar y automatizar procesos industriales. También ayudar a los profesionales del futuro a ser capaces de tomar decisiones en el momento de enfrentar la vida laboral, basado en los conocimientos adquiridos partiendo de la integración de principios mecatrónicos en donde se reúnen los conceptos teóricos vistos durante la carrera y con nuestros laboratorios que nos ponen en práctica a la hora de ejercer nuestra profesión, asemejándose cada vez más a la vida real. ¿Cómo lograr una visión más amplia de todas las posibles situaciones que tendrán que enfrentar en la vida laboral, plantear múltiples posibilidades en un proceso industrial y suministrar diversas soluciones a los problemas que se presenten?

La facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad se posiciona cada vez más rápido como una de las mejores del país, por esa razón sentimos la necesidad de motivar a los estudiantes de nuestra facultad, en la creación de nuevos prototipos automatizados que hagan la vida laboral del hombre mucho más fácil. Por esta razón, nuestro proyecto está destinado como un banco de pruebas de laboratorio al alcance de los estudiantes en formación, para facilitar una visión que pueda ser útil en un proceso laboral real y a su vez sirva como estímulo para incentivar la búsqueda incesable de nuevos proyectos que hagan

crecer el nombre de la facultad, posicionándola en un lugar cada vez mas alto y haciendo los procesos industriales cada vez más competitivos y fáciles de operar.

4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto se realiza con el fin contribuir a la formación de profesionales encargados de la implantación de tecnología en las empresas para hacerlas mas competitivas en cuanto a calidad y costos, mediante preparación en áreas como la automatización de procesos, la implementación de sistemas de control como PLC's, el uso de sistemas neumáticos, sensórica y demás elementos necesarios. Todo esto para contribuir a la familiarización de los estudiantes con problemas de la vida real, aplicando soluciones reales y obteniendo resultados reales de lo anterior.

El proyecto tiene como finalidad el diseño y construcción de una maquina para el dosificado de sustancias liquidas que realice también el tapado de los envases involucrados en este proceso, va a contar con un programa madre en el sistema de control que realizará el proceso correspondiente a la entrada de envases, llenado, tapado, y salida de estos, así como diversas alternativas planteadas por el estudiante para realizar este proceso.

5. OBJETIVOS

5.1 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 p^osum académico.

5.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir la mayor cantidad de partes requeridas para la máquina de acuerdo a operaciones que sean posibles de realizar en el laboratorio de manufactura de la universidad, con el fin de aprovecharlo de forma correcta y reducir costos.
- 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 si 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 electrónicos y neumáticos que se van a utilizar.
- Diseñar un sistema que permita informar al operario cuando hay déficit de botellas o tapas en el proceso.

6. JUSTIFICACIÓN

En estos momentos donde la competencia no da tregua y la lucha por permanecer en el mercado se hace mas aguda, las industrias y pequeñas empresas necesitan procesos de producción mas rápidos, limpios y eficientes que les permitan ahorrar costos de inversión y tiempo, para a si 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 al automatización industrial. Aceptando que este no es un tema futurista exclusivo de países industrializados y que por el contrario es algo de hoy, que esta al alcance y que no solo es un lujo, es una necesidad.

La universidad autónoma de Bucaramanga esta 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 mas importantes, necesarias y apetecidas por la sociedad de consumo. En el laboratorio de automatización industrial, oleoneumatica 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 mas 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.

7. MARCO TEORICO

7.1 Sistema automatizado

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte Operativa**
- **Parte de Mando**

7.1.1 Parte Operativa: Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

7.1.2 Parte de Mando: Suele ser un autómata⁵ programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban contactores⁶, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable esta en el centro del sistema. Este tiene la capacidad de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

7.1.3 Objetivos de la Automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.

⁵ **Autómata:** es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

⁶ **Contactador:** Es un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones que presenten alguna dificultad a la hora de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

7.2 Controladores lógicos programables (plc)

Figura 2. PLC S7 300 (siemens)



http://www.ardantech.com/images/plc/s7-300_new.jpg

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

7.2.1 Campos de aplicación: El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, por tal motivo, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- ❖ Espacio reducido.
- ❖ Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- ❖ Procesos secuenciales.
- ❖ Maquinaria de procesos variables.
- ❖ Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- ❖ Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- ❖ Maniobra de máquinas.
- ❖ Maquinaria industrial de plástico.
- ❖ Maquinaria de embalajes.
- ❖ Señalización del estado de procesos.
- ❖ Instalaciones de seguridad.

7.2.2 Ventajas e inconvenientes: No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones llevan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

7.2.2.1 Ventajas, Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- ❖ No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- ❖ No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.

- ❖ La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- ❖ Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- ❖ Mínimo espacio de ocupación.
- ❖ Menor coste de mano de obra de la instalación.
- ❖ Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- ❖ Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- ❖ Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.

Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

7.2.2.2 Inconvenientes: Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

7.2.3 Funciones básicas de un PLC.

7.2.3.1 Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

7.2.3.2 Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

7.2.3.3 Diálogo hombre máquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

7.2.3.4 Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.

7.3 NEUMÁTICA

En la industria moderna, un sistema neumático es utilizado como medio de automatización, en donde se cambia el trabajo manual por controles neumáticos para lograr una productividad económica. Gracias al bajo costo de los elementos

neumáticos se puede llegar a suplir las necesidades del sistema básico para la introducción de la neumática en una planta.

7.3.1 Rentabilidad de los equipos neumáticos: Como consecuencia de la automatización y racionalización, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es el aire comprimido; por ejemplo el traslado de paquetes, accionamiento de palancas, transporte de piezas entre otras.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados. Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.

7.3.2 Elementos neumáticos de trabajo: La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

7.3.2.1 Cilindros neumáticos: A menudo, la generación de un movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamientos eléctricos supone un gasto considerable.

7.3.2.2 Cilindros de doble efecto:

Figura 3. Cilindro doble efecto

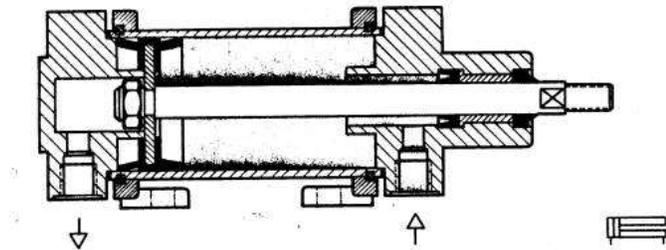


www.festo.com

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar dos acciones. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

Figura 4. Corte transversal cilindro doble efecto.



<http://www.sapiensman.com/neumatica/>

7.3.3 Válvulas de control: Se usan diversos tipos de válvulas de control para regular y monitorear la energía neumática, con el fin de evitar los diferentes tipos de inconvenientes que la red neumática pueda ocasionar.

7.3.3.1 Válvulas neumáticas: El sistema de control neumático está determinado por las válvulas neumáticas, estas válvulas se dividen en cuatro grupos principales como son las válvulas de control de dirección, de control de flujo, sin retorno y de tipo especial, la válvula se subdivide a su vez dependiendo del tipo de construcción. Por el tipo de función las válvulas se clasifican como: 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 4/3, 5/3, etc. Estas válvulas son accionadas de diversos modos como: manual, mecánico y eléctrico para formar combinaciones diversas de actuación.

Las válvulas de diseño especial como las de escape rápido, retardos de tiempo son empleadas para funciones especiales en circuitos neumáticos para aplicaciones diversas.

7.3.3.2 Válvulas de Control direccional: La misión que se encomienda a los distribuidores dentro de un circuito de automatización es la de mantener o cambiar, según unas órdenes o señales recibidas, las conexiones entre los

conductos a ellos conectados, para obtener unas señales de salida de acuerdo con el programa establecido.

De acuerdo con su uso, los distribuidores actúan como transductores o como amplificadores, ya que controlan una potencia neumática con otra menor, también neumática (amplificación), o de otra naturaleza: eléctrica o mecánica. Los distribuidores pueden dividirse en los siguientes grupos:

- ❖ Distribuidores de potencia o principales. Su función es la de suministrar aire directamente a los actuadores neumáticos y permitir igualmente el escape.
- ❖ Distribuidores fin de carrera. Estos distribuidores abren o cierran pasos al aire cuya función no será la de ir directamente al actuador, sino que se utilizan solamente para el accionamiento de otros mecanismos de control, tales como los distribuidores de potencia.
- ❖ Distribuidores auxiliares. Son distribuidores utilizados en los circuitos y que, en combinación con válvulas fin de carrera y de potencia, se utilizan para dirigir convenientemente las señales de presión del aire.

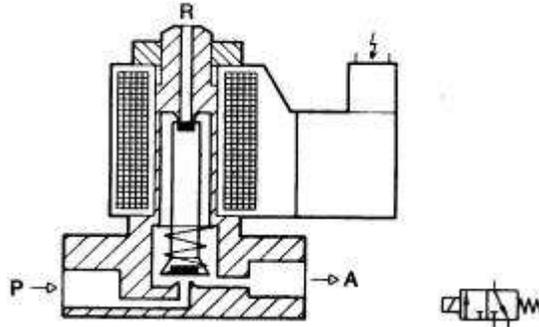
7.3.3.3 Electroválvulas (válvulas electromagnéticas): Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera⁷ eléctrico, presóstatos⁸ o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeña, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

⁷ **Finales de carrera:** convierten las posiciones mecánicas extremas en señales eléctricas, (actúan como interruptores)

⁸**Presóstatos:** Son aparatos que abren o cierran un circuito eléctrico al detentar cambios de presión en sistemas neumáticos o hidráulicos.

Figura 5. Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)



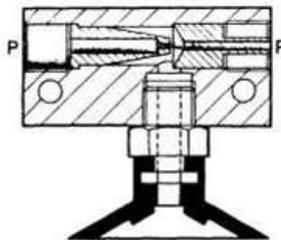
<http://www.sapiensman.com/neumatica/>

7.3.4 Tobera de aspiración por depresión: Esta tobera se emplea junto con la ventosa como elemento de transporte, con ella se pueden transportar las más diversas piezas. Su funcionamiento se basa en el principio de Venturi (depresión).

La presión de alimentación se aplica a la entrada P. Por el estrechamiento de la sección, la velocidad del aire hacia R aumenta y en el empalme A, o sea, en la ventosa, se produce una depresión (efecto de succión).

Con este efecto se adhieren piezas y pueden transportarse. La superficie debe estar muy limpia, al objeto de alcanzar un buen efecto de succión.

Figura 6. Tobera de aspiración por depresión



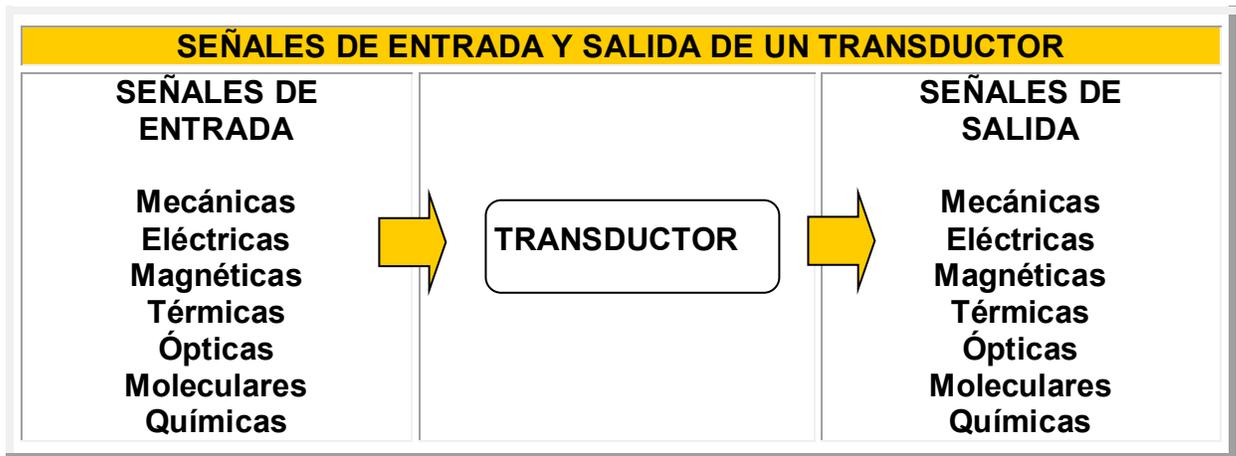
<http://www.sapiensman.com/neumatica/>

7.4 TRANSDUCTORES

Un transductor es un dispositivo que convierte una señal física en otra equivalente pero de distinta naturaleza, en su mayoría de veces en una señal eléctrica. En la transducción siempre se extrae una cierta energía del sistema donde se mide. Es importante garantizar que no se perturbe el sistema a medir para no tener errores en la medición.

En la práctica se trabaja con transductores cuya señal de salida es de tipo eléctrico, ya que es una señal fácil de manipular para implementarla en diferentes procesos.

Tabla 1. Señales de entrada y salida de un transductor.



<http://www.sensotec-instruments.com/castellano/>

7.4.1 Estructura genérica de un sensor o transductor: La figura 10 detalla los pasos para convertir una variable medida en una señal eléctrica.

Figura 7. Estructura genérica de un transductor.



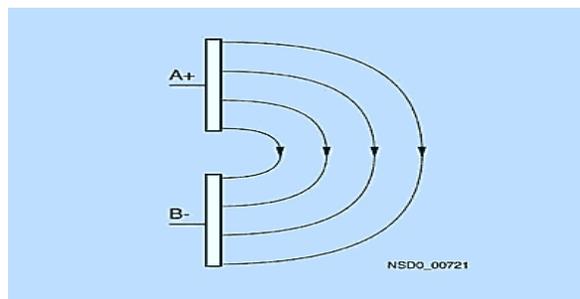
<http://www.sensotec-instruments.com/castellano/>

- Transductor Primario: Convierte una magnitud física a medir en otra fácil de medida.
- Transductor Secundario: Actúa sobre la salida del transductor primario para producir una señal eléctrica equivalente a la magnitud física.

7.4.2 Sensores inductivos: Un sensor capacitivo es, básicamente, un condensador en el que puede variar cualquiera de los parámetros que definen su capacidad: área efectiva, distancia entre placas y permisividad del dieléctrico.

La superficie activa de un sensor capacitivo está formada por dos electrodos metálicos concéntricos, similares a los electrodos de un condensador abierto y desplegado. Cuando un objeto se aproxima a la superficie activa del sensor penetra en el campo eléctrico que hay delante de la superficie de los electrodos. Esto se transforma en una orden de conmutación a través de un circuito de evaluación.

Figura 81. Superficie activa de un sensor capacitivo.



http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I

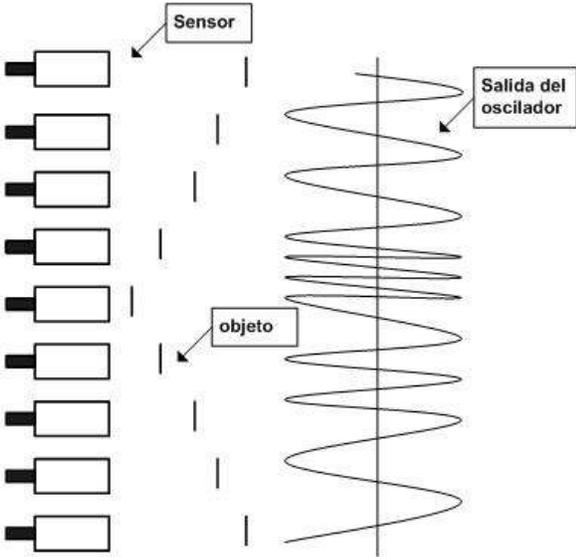
Detectan materiales conductores o no conductores que se hallen en estado sólido, líquido o en polvo como, por ejemplo: vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, agua, cartón y papel.

Algunas de las aplicaciones típicas de los detectores capacitivos son: aviso del nivel de llenado en depósitos de plástico o vidrio, vigilancia del nivel de llenado en envases transparentes, aviso de rotura del alambre en aplicaciones de bobinado, aviso de rotura de cinta, recuento de botellas, regulación de lazos y tensión de cintas, cómputo de piezas de todo tipo.

Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y el sensor. Cuando la capacitancia alcanza un

límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado.

Figura 92. Comportamiento de un sensor capacitivo.



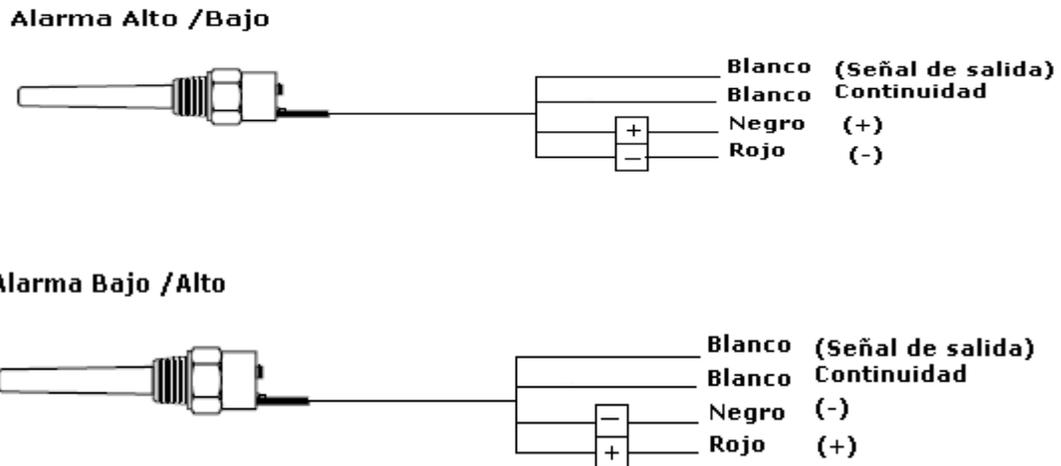
http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I

Figura 103. Sensor capacitivo.



<http://www.interempresas.net>

Figura 114. Configuración de un sensor capacitivo.

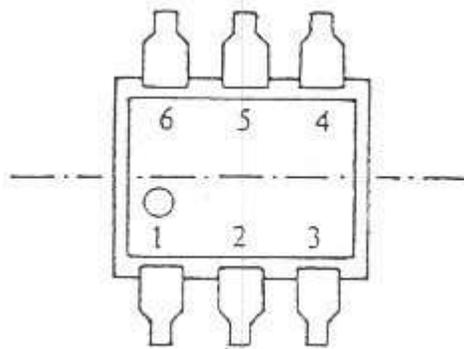


<http://www.interempresas.net>

7.4.3 Sensores ópticos: La luz como medio detector se emplea en muchos sectores de la técnica y de la vida cotidiana en sistemas de control y regulación. Para ello se evalúa una variación de la intensidad de luz en un segmento óptico (entre emisor y receptor) que es producida por un objeto a detectar. En función de las características de este objeto y de la estructura del segmento óptico se interrumpe el haz luminoso o se refleja, o bien, se dispersa el mismo. Mayoritariamente se utilizan como emisores LED's de luz infrarroja a impulsos controlados por reloj y como receptores se utilizan fotoresistores, que regulan el voltaje en la entrada de un circuito que trabaja como switch generalmente conformado por optoacopladores o fototransistores.

7.4.3.1 Optoacopladores: Un optoacoplador, también llamado optoaislador o acoplador óptico, es un componente electrónico formado por la unión de un diodo LED o un IRED y un fototransistor, fotodiodo, LASCR o fotodarlington acoplados a través de un medio conductor de luz y encapsulados en una cápsula cerrada y opaca a la luz. Existen muchas situaciones en las cuales se necesita transmitir información entre circuitos conmutadores aislados eléctricamente uno del otro. Este aislamiento (aislamiento galvánico) ha sido comúnmente provisto por relés o transformadores de aislamiento.

Figura 125. Vista superior de un optoacoplador integrado.



<http://www.robodacta.com>

7.4.3.1.1 Características eléctricas: La señal de entrada es aplicada al fotoemisor y la salida es tomada del fotorreceptor. Los optoacopladores son capaces de convertir una señal eléctrica en una señal luminosa modulada y volver a convertirla en una señal eléctrica. La gran ventaja de un optoacoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida.

Los fotoemisores que se emplean en los optoacopladores de potencia son diodos que emiten rayos infrarrojos (IRED) y los fotorreceptores pueden ser tiristores o transistores.

Cuando aparece una tensión sobre los terminales del diodo IRED, este emite un haz de rayos infrarrojo que transmite a través de una pequeña guía-ondas de plástico o cristal hacia el fotorreceptor. La energía luminosa que incide sobre el fotorreceptor hace que este genere una tensión eléctrica a su salida. Este responde a las señales de entrada, que podrían ser pulsos de tensión.

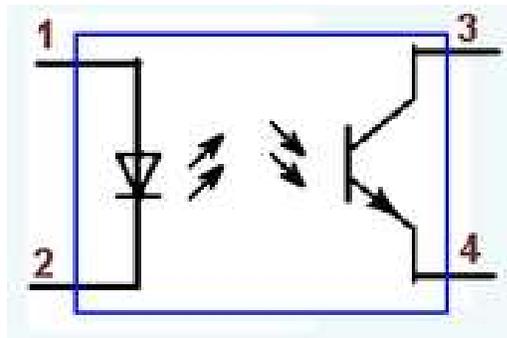
Para utilizar completamente las características ofrecidas por un optoacoplador es necesario que el diseñador tenga conocimiento de las mismas. Las diferentes características entre las familias son atribuidas principalmente a la diferencia en la construcción.

Las características más usadas por los diseñadores son las siguientes:

- **Aislamiento de alto voltaje:** El aislamiento de alto voltaje entre las entradas y las salidas son obtenidos por el separador físico entre el emisor y el sensor. Este aislamiento es posiblemente el más importante avance de los optoacopladores. Estos dispositivos pueden resistir grandes diferencias de potencial, dependiendo del tipo de acople medio y la construcción del empaquetado. El vidrio IR separa el emisor y el sensor en el TIL1027TIL103 Y TIL1207TIL121 tienen una capacidad de aislamiento de 1000 voltios, la resistencia de aislamiento es mayor que $10E12$ ohmios.

- **Aislamiento de ruido:** El ruido eléctrico en señales digitales recibidas en la entrada de el optó acoplador es aislado desde la salida por el acople medio, desde el diodo de entrada el ruido de modo común es rechazado.
- **Ganancia de corriente:** La ganancia de corriente de un optó acoplador es en gran medida determinada por la eficiencia de los sensores npn y por el tipo de transmisión media usado. Para el TIL103 ganancia de corriente es mayor que uno, el cual en algunos casos elimina la necesidad de amplificadores de corriente en la salida. Sin embargo ambos el TIL102/TIL103 y el TIL120/TIL121, tienen niveles de salida de corriente que son compatibles con las entradas de circuitos integrados como 54/74TTL.
- **Tamaño:** Las dimensiones de estos dispositivos permiten ser usados en tarjetas impresas estándares. Los empaquetados de los optoacopladores son por lo general del tamaño del que tienen los transistores.
- **La razón de transferencia de corriente (CTR):** La razón de transferencia de corriente (CTR) de un optó acoplador es la proporción del valor de la corriente de salida a la corriente de entrada. El CTR es un parámetro equivalente al hFE, factor de amplificación de un transistor. El CTR es uno de las características más importantes de los optocoples, así como el aislamiento de voltaje. En el diseño el CTR debe ser considerado en primer lugar pues el CTR. Es dependiente de la corriente directa que fluye en el LED. Lo afecta los cambios en la temperatura ambiente, y varía conforme el tiempo pasa.

Figura 136. Optoacoplador.



<http://www.simbologia-electronica.com>

7.4.3.2 Fotorresistencia: Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. Puede también ser llamado fotorresistor, fotoconductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuyas siglas (LDR) se originan de su nombre en inglés light-dependent resistor.

Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por la elasticidad del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta (y su hueco asociado) conduce electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia.

Figura 147. Variación de la resistencia según la luz.



<http://www.electronica2000.net>

Un dispositivo fotoeléctrico puede ser intrínseco o extrínseco. En dispositivos intrínsecos, los únicos electrones disponibles están en la banda de la valencia, por lo tanto el fotón debe tener bastante energía para excitar el electrón a través de toda la banda prohibida. Los dispositivos extrínsecos tienen impurezas agregadas, que tienen energía de estado a tierra más cercano a la banda de conducción puesto que los electrones no tienen que saltar lejos, los fotones más bajos de energía (es decir, de mayor longitud de onda y frecuencia más baja) son suficientes para accionar el dispositivo.

Figura 158. Fotorresistencia.



<http://www.electronica2000.net>

7.5 MATERIALES UTILIZADOS

7.5.1 Aceros inoxidables: Los aceros inoxidables se caracterizan por un contenido de cromo del 12% como mínimo. Este elemento forma un compuesto oxidado en la superficie de la aleación que detiene o disminuye la corrosión (capa pasiva), en este punto es fácil comprender que cuando se inicia el crecimiento de la película, si hay sobre la superficie impurezas o materias extrañas evitarán la formación de dicha capa, lo cual ocasionará problemas de corrosión en el futuro.

La estabilidad de la capa pasiva es el factor determinante para la resistencia a la corrosión en los aceros inoxidables. La diferencia de los aceros inoxidables con otros metales es que la capa pasiva la genera la propia aleación; la resistencia a la corrosión en los aceros inoxidables depende de la naturaleza del entorno corrosivo y de los elementos de aleación **Cr, Ni, C, Mo, N**; también depende de la condición de la superficie y del tratamiento de pasivación previo.

¿Que sucede cuando la película se rompe? El solo contacto del oxígeno del ambiente hará crecer de nuevo la película pasiva y el material volverá a tener la misma resistencia a la corrosión que antes del rasguño, lo que quiere decir que el acero inoxidable tiene lo que podríamos llamar reparación automática.

7.5.2 AISI 304L: El carbono en estas variantes del AISI 304 y 316 está muy reducido en cantidades no superiores al 0,03%; las características mecánicas a temperatura ambiente son similares a las de los tipos normales. Debido al bajo porcentaje de carbono, presenta buena actitud para soldabilidad.

7.5.3 Aluminio: Elemento químico metálico, de símbolo Al, número atómico 13, peso atómico 26.9815, que pertenece al grupo IIIA del sistema periódico. El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles. Las aleaciones de aluminio son ligeras, fuertes, y de fácil formación para muchos procesos de metalistería; son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados. Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso.

El aluminio es estable al aire y resistente a la corrosión por el agua de mar, a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos. Esto se debe a la protección del metal por una capa impenetrable de óxido. A una pureza superior al 99.95%, resiste el ataque de la mayor parte de los ácidos, pero se disuelve en agua regia. Su capa de óxido se disuelve en soluciones alcalinas y la corrosión es rápida.

7.5.4 Hierro: Elemento químico de número atómico 26 situado en el grupo 8 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Fe.

Este metal de transición es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5% y, entre los metales, sólo el aluminio es más abundante. Igualmente es uno de los elementos más importantes del Universo, y el núcleo de la Tierra está formado principalmente por hierro y níquel, generando al moverse un campo magnético. Ha sido históricamente muy importante, y un periodo de la Historia recibe el nombre de Edad de Hierro.

Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y presenta propiedades magnéticas; es ferromagnético a temperatura ambiente y presión atmosférica.

Se encuentra en la naturaleza formando parte de numerosos minerales, entre ellos muchos óxidos, y raramente se encuentra libre. Para obtener hierro en estado elemental, los óxidos se reducen con carbono y luego es sometido a un proceso de refinado para eliminar las impurezas presentes.

7.5.5 Bronce: Aleaciones metálicas que tienen como base el cobre, entre un 3-20% de estaño y proporciones variables de otros elementos como zinc, aluminio, antimonio, fósforo. Otros elementos con características de dureza superiores al cobre hacen mejorar sus propiedades mecánicas.

El bronce es el compuesto sólido más ligero. Por su elevado calor específico, el mayor de todos los sólidos, se emplea en aplicaciones de transferencia de calor. Presenta una buena ductilidad y buena resistencia al desgaste y la corrosión.

7.5.6 Poliuretano: Es un polímero orgánico formado por el monómero uretano y un isocianato, es usado en la industria para formar una espuma de determinadas características térmicas y/o resilientes.

Los componentes básicos del Poliuretano son el Isocianato (Componente B) y Polioliol (Componente A), y se mezclan por medios físicos a una relación determinada en máquinas especiales llamadas inyectoras de poliuretano que poseen lanzas o manifolds de inyección.

Los poliuretanos se clasifican en dos formas principalmente: Rígidas y Fléxibles.

Los **poliuretanos flexibles** son ampliamente usados es Espumas resilientes, Elastómeros Durables, Adhesivos y Selladores de Alto Rendimiento, Pinturas, Fibras, Sellos, Empaques, Juntas, Condones, Bajoalfombras, Partes Automotrices, Industria de la Construcción, del mueble y miles de aplicaciones mas.

La resiliencia es la "capacidad de memoria" de un poliuretano flexible, es decir, a la resistencia a la deformación por compresión mecánica. Se pueden mezclar con pigmentos tales como el negro de humo u otro pigmento para aplicaciones en automoviles y muebles modernos.

Su formulación se basa en poliuretanos de bajo número de hidróxilo combinados con isocianatos de bajo contenido en funciones NCO, unido a propelentes especiales y una elevada relación de agua, toda la fórmula está estequiométricamente diseñada para lograr una espuma de gelado rápido y con una determinada densidad que no supera los 25 kg/metro cúbico. Algunas aplicaciones de poliuretanos flexibles abarca la industria del packing en que se usan poliuretanos anti-impacto para embalajes de piezas delicadas, su principal característica es que son de celdas abiertas y baja densidad(12-15 kg/metro cúbico).

También existen los **poliuretanos rígidos** o RIM (de Rigid Injection Molding), son rígidos y de densidad más elevada (30-50 kg/metro cúbico) que las anteriores, pero tienen características muy parecidas. Se pueden formar paneles que son usados ampliamente para aislamiento térmico.

7.5.7 Policloruro de vinilo (PVC): es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 140°C. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetano. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama. Existen dos clases de PVC:

- Rígido: para envases, tuberías, ventanas, etc.
- Flexible: cables, juguetes, calzados, pavimentos, recubrimientos, techos tensados, manqueras, etc.

Entre sus características están su alto contenido en halógenos. Es dúctil y tenaz; presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental. Además, es reciclable por varios métodos.

7.6 ACTUADORES

7.6.2 Motores eléctricos de corriente alterna

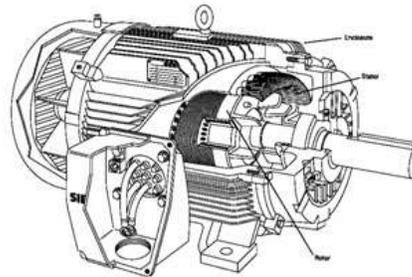
Las máquinas de corriente alterna (ac) son los generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica (ac) y los motores que convierten energía eléctrica (ac) en energía mecánica. Aunque los principios fundamentales de las

máquinas de corriente alterna son muy simples parecen un tanto difíciles por la construcción complicada de las máquinas reales.

7.6.3 Partes de un motor de corriente alterna

Los motores de corriente alterna comúnmente son utilizados para aplicaciones industriales. Las tres partes básicas de un motor de corriente alterna son: el rotor, el estator y la armadura.

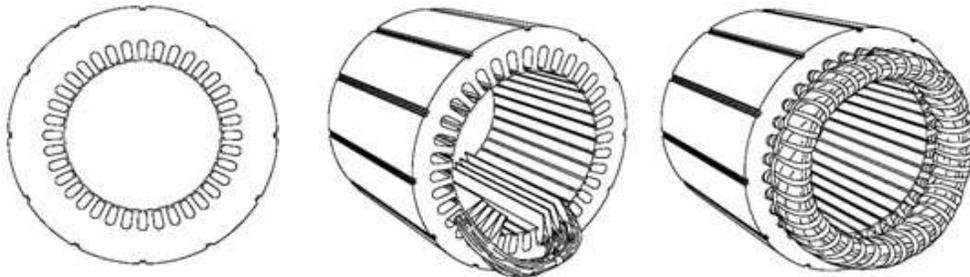
Figura 169. Motor de corriente alterna



www.engineersedge.com

7.6.3.1 El Estator: Es la parte externa del motor que no gira. Esta consta de embobinados, que al ser alimentados por corriente alterna, generan un campo magnético rotativo

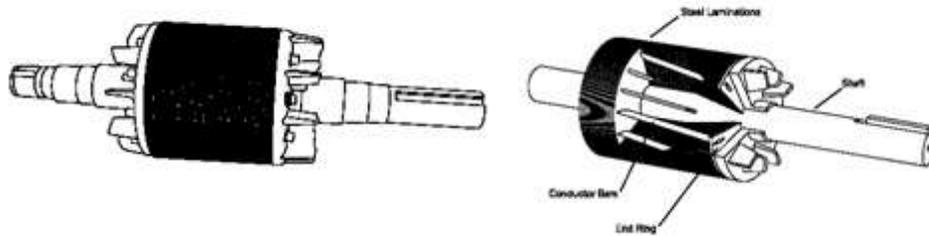
Figura 20. Estator de un motor de corriente alterna



www.conae.gob.mx

7.6.3.2 El rotor: es la parte del motor que gira, debido a la acción del campo magnético rotativo del estator.

Figura 21. Rotor de un motor de corriente alterna

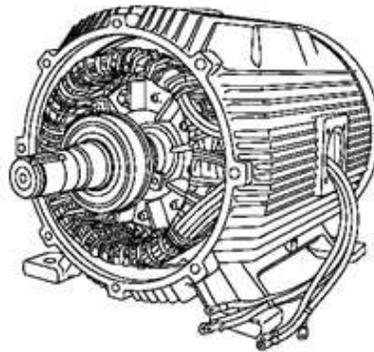


www.proyectosfindecarrera.com

7.6.3.3 La armadura: Denominado también yugo, sirve como soporte y proporciona una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor, para completar el circuito magnético. El estator está montado dentro del marco. El rotor calza dentro del estator con un intervalo de aire separándolo del estator.

La armadura también protege las partes eléctricas y operativas del motor de efectos dañinos del ambiente en el cual el motor funciona. Los rodamientos, montados en el eje, soportan el rotor y permiten cambiar de dirección. Un ventilador, también montado en el eje, puede ser usado en el motor para enfriarlo.

Figura 22. Armadura de un motor de corriente alterna



www.engineersedge.com

7.6.4 Principio de funcionamiento

El campo Magnético Giratorio

La electromecánica de los motores se realiza mediante la creación de un campo magnético en el estator, que origina el giro del rotor para obtener campos giratorios; se han de cumplir 2 condiciones:

- Los ejes de los ángulos deben desplazarse un ángulo en el espacio.

- Los campos sinusoidales deben estar desfasados en el tiempo, la forma más habitual de obtener un campo giratorio es a partir de un sistema trifásico. Esta formado por tres campos alternos sinusoidales de la misma amplitud con ejes separados 120° eléctricos y desfasados un tercio de periodo.

7.6.5 Clasificación de los motores de corriente alterna

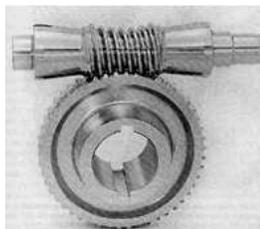
Existen dos clases principales de máquinas de corriente alterna: las máquinas sincrónicas y las máquinas de inducción. Las máquinas sincrónicas son motores y generadores cuya corriente de campo magnético es suministrada por una fuente dc separada, mientras que las máquinas de inducción son motores y generadores cuya corriente de campo magnético es suministrada por inducción magnética (acción transformadora) en sus devanados de campo.

Cada uno de estos tipos puede usar corriente monofásica o trifásica. En aplicaciones industriales, los motores trifásicos son los más comunes, debido a su eficacia mayor que los motores monofásicos. El motor sincrónico es mucho menos generalizado que el motor a inducción, pero se usa en unas aplicaciones especiales, que requieren una velocidad absolutamente constante o una corrección del factor de potencia. Los motores a inducción y los motores sincrónicos son similares en muchos aspectos pero tienen algunos detalles diferentes.

7.6.6 Reducción de la velocidad de un motor.

7.6.6.1 Tornillo sin fin y corona: Permite la transmisión de potencia sobre ejes perpendiculares y son utilizado comúnmente por sus altas relaciones de transmisión (relación entre la velocidad de entrada y la de salida) en comparación con los engranajes cónicos. Poseen adicionalmente un bajo costo y la posibilidad de ser auto bloqueantes, es decir que es imposible mover el eje de entrada a través del eje de salida.

Figura 23. Tornillo sin fin y corona.



www.scamecanica.com

7.6.6.2 Engranajes cilíndricos helicoidales: Son aquellos en donde se ha creado un ángulo entre el recorrido de los dientes con respecto al eje axial con el fin de asegurar una entrada mas progresiva del contacto entre diente y diente, reduciendo el ruido de funcionamiento y aumentando la resistencia de los dientes del engranaje.

Aplicación: Constituyen los engranajes mayormente utilizados en la actualidad en aplicaciones donde es necesario la transmisión entre ejes paralelos a altas velocidades.

Figura 24. Engranaje Helicoidal.



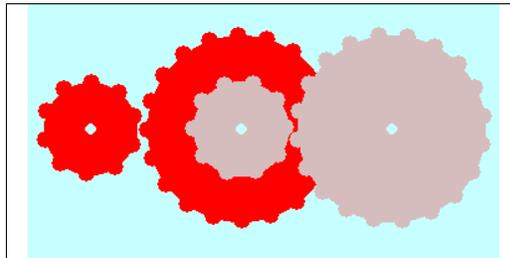
www.scamecanica.com

Desventajas: La principal desventaja frente a los engranajes cilíndricos rectos es la generación de las fuerzas axiales debido al ángulo de su hélice. Estas se pueden compensar mediante la utilización de rodamientos especiales (para torques bajos) y de engranajes con hélices opuestas en el mismo eje o engranajes bi-helicoidales (para torques altos).

7.6.6.3 Trenes de Engranajes

- ❖ Tren de engranajes compuesto:

Figura 25. Tren de engranajes compuesto.



<http://www.terra.es/personal/jdellund/tutorial/espanol/trensimple.htm>

El mecanismo está formado por más de dos ruedas dentadas compuestas, que engranan. Las ruedas compuestas constan de dos o más ruedas dentadas simples solidarias a un mismo árbol o eje.

En el caso más sencillo, se usan tres ruedas dentadas dobles idénticas, de forma que la rueda pequeña de una rueda doble engrana con la rueda grande de la rueda doble siguiente. Así se consiguen relaciones de transmisión, multiplicadoras o reductoras, muy grandes. Efectivamente, su valor viene dado por el producto de los dos engranajes simples que tiene el mecanismo, de manera que:

$$i = i_1 i_2$$

Donde

i : relación de transmisión del mecanismo

i_1 : relación de transmisión entre las ruedas 1 y 2

i_2 : relación de transmisión entre las ruedas 2 y 3

Como las ruedas dobles son iguales, i_1 e i_2 tienen el mismo valor. Por lo tanto, la relación de transmisión global es el cuadrado de la que corresponde a un engranaje simple. En función de las características de la rueda doble tenemos que

$$i = (z_1 / z_2)^2$$

Donde

i : relación de transmisión

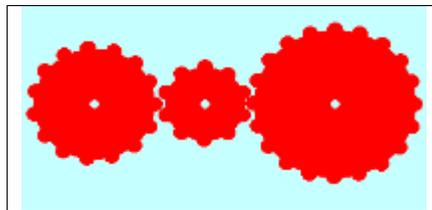
z_1 : dientes de la primera rueda simple que engrana

z_2 : dientes de la segunda rueda simple que engrana

En la figura 23, el árbol motor aparece a la izquierda del dibujo.

❖ Tren de engranajes simple:

Figura 26. Tren de engranajes simple.



<http://www.terra.es/personal/jdellund/tutorial/espanol/trensimple.htm>

El mecanismo está formado por más de dos ruedas dentadas simples, que engranan. En el programa nos referimos al caso más sencillo, en que sólo hay tres ruedas. La rueda motriz transmite el giro a una rueda intermedia, que suele llamarse rueda loca o engranaje loco. Finalmente, el giro se transmite a la rueda solidaria al árbol resistente. Esta disposición permite que el árbol motor y el resistente giren en el mismo sentido. También permite transmitir el movimiento a árboles algo más alejados. Hay trenes de engranaje en el interior de relojes mecánicos.

La relación de transmisión viene dada por el producto de los dos engranajes que tiene el mecanismo, de manera que

$$i = i_1 i_2$$

Donde

i : relación de transmisión del mecanismo

i_1 : relación de transmisión entre las ruedas 1 y 2

i_2 : relación de transmisión entre las ruedas 2 y 3

Es inmediato comprobar, a partir de esta expresión, que el engranaje loco no tiene influencia alguna en la relación de transmisión del sistema, y que simplemente actúa como intermediario entre las ruedas extremas. Este resultado es generalizable a un número arbitrario de ruedas intermedias. Por lo tanto, obtenemos la sencilla expresión

$$i = z_{\text{conductora}} / z_{\text{resistente}}$$

Donde

i : relación de transmisión

$z_{\text{conductora}}$: número de dientes de la rueda conductora

$z_{\text{resistente}}$: número de dientes de la rueda resistente

7.7 RELES

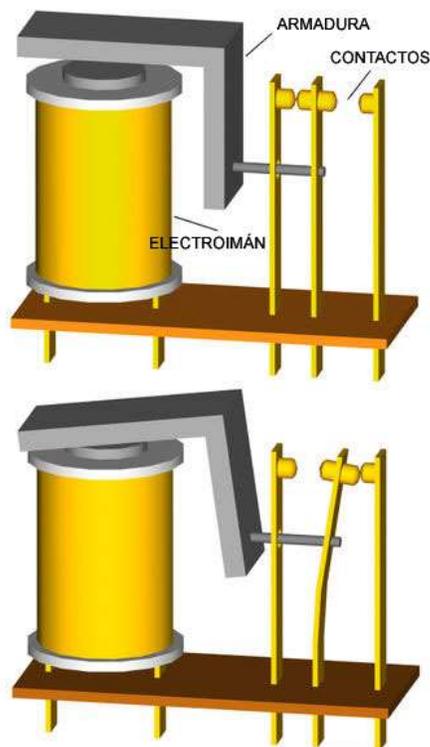
El relé o relevador (del inglés "relay") es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Ya que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, una forma de amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente

procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé".

Los contactos de un relé pueden ser Normalmente Abiertos (NO, por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (NC) o de conmutación.

- Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto normalmente abierto y uno normalmente cerrado con una terminal común.

Figura 27. Funcionamiento de un relé.



<http://www.electronica2000.net>

7.7.1 Relé de corriente alterna: Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterna, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en Europa oscilarán a 50 Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.

7.7.1 Relé de láminas: Este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto; las demás, no. El desarrollo de la microelectrónica y los PLL integrados ha relegado estos componentes al olvido.

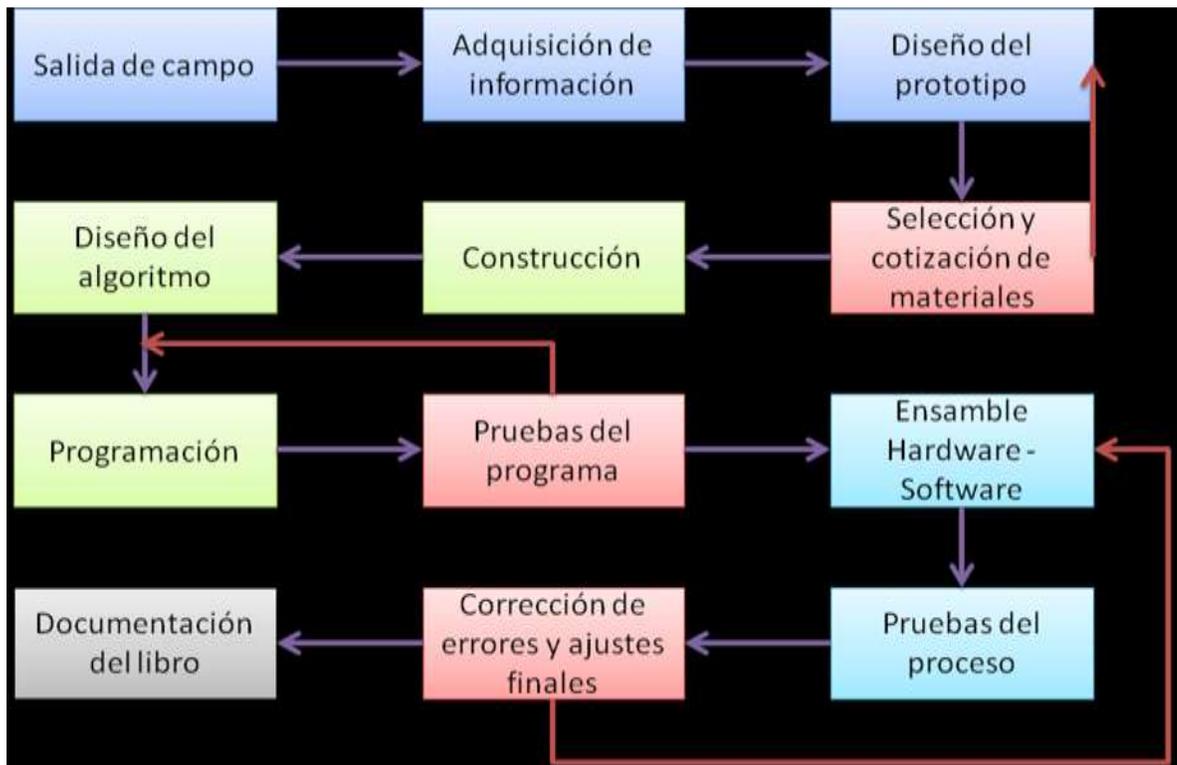
Los núcleos de todas las máquinas de corriente alterna son laminados para reducir las pérdidas por corrientes parásitas.

7.7.1 Relé de estado sólido: Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico.

8. 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.

Figura 178. Metodología del diseño mecatrónico

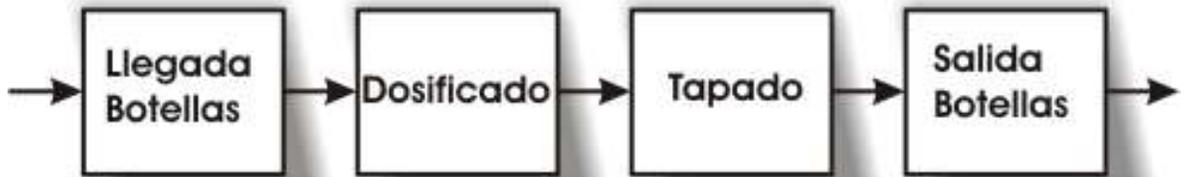


Autor

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.

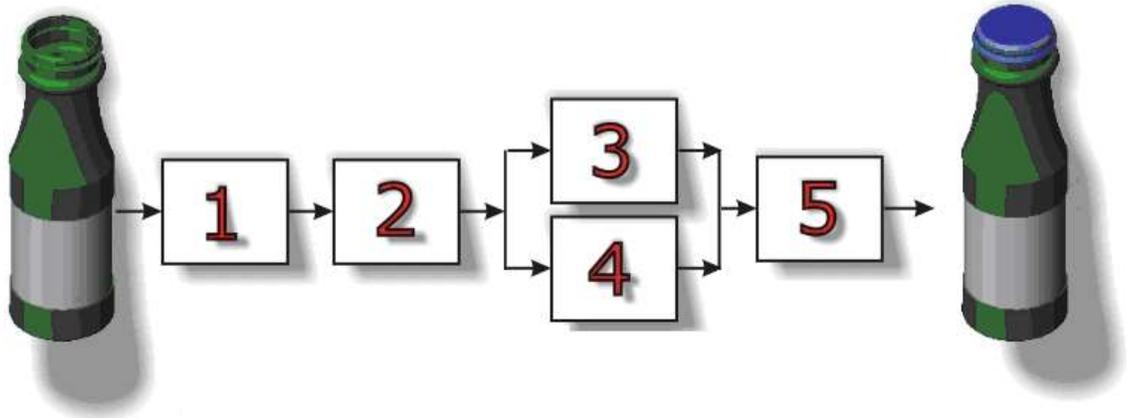
8.1 Diseño general de un proceso automatizado para el envasado de sustancias líquidas

Figura 29. Diagrama general del proceso de envasado de sustancias líquidas



Autor

Figura 30. Pasos del proceso de envasado de sustancias líquidas



Autor

- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.

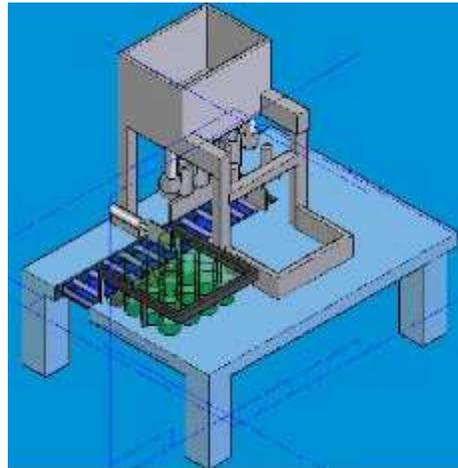
La máquina envasadora trabaja, como todas las líneas de producción, a la velocidad de la estación mas lenta, en este caso la velocidad del modulo de llenado.

8.2 Alternativas de solución

A continuación se describen dos de las más importantes alternativas que se tuvieron en cuenta durante el desarrollo de este proyecto.

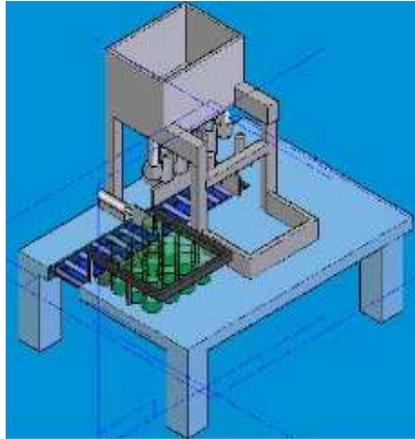
8.2.1 Alternativa 1

Figura 29. Alternativa 1



Autor

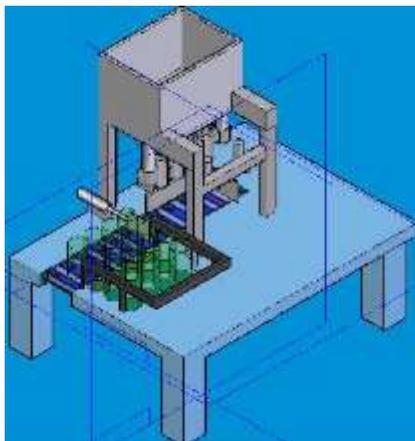
Figura 29. Descripción 1



Autor

Las botellas se van a posicionar en una zona de almacenamiento y posteriormente se desplaza una línea de 4 botellas a la banda transportadora para comenzar el proceso.

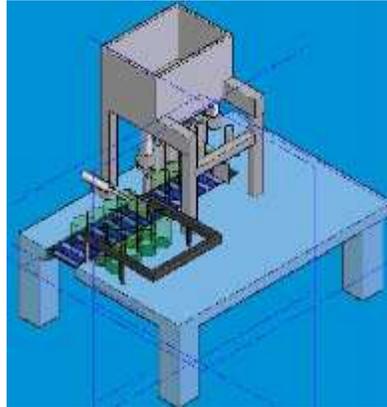
Figura 30. Descripción 2



Autor

Se desplaza una línea de 4 botellas a la banda transportadora por medio de un pistón ubicado atrás del almacenamiento de botellas vacías, las botellas van a estar detenidas por otro pistón el cual va dejar pasar los envases cuando los sensores de posición indiquen que no se encuentran botellas en la etapa de dosificado y así evitar choques o estancamientos entre los envases.

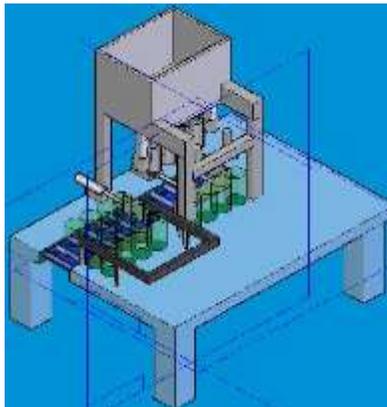
Figura 31. Descripción 3



Autor

Luego de que el segundo pistón deja pasar las botellas en la banda transportadora, las botellas van a llegar a la etapa de dosificado en donde un mecanismo de 4 embudos baja por medio de otro pistón, se abren las electroválvulas y comienza el dosificado por temporizado, en el momento en que las botellas se encuentran el dosificado, otra línea de 4 botellas es llevada a la banda transportadora para seguir una secuencia de producción.

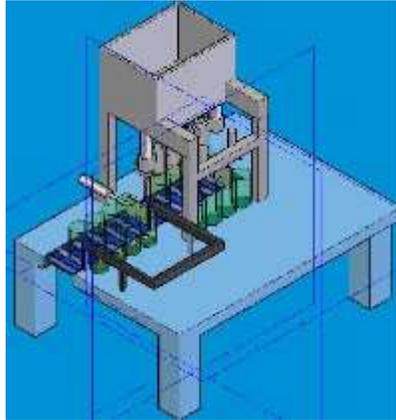
Figura 32. Descripción 4



Autor

Luego de que las botellas que se encuentran en la etapa de dosificado se llenan, se cierran las electroválvulas y los embudos vuelven a su posición original, un pistón ubicado en esta etapa las saca a una zona de tapado en donde bajan 4 cilindros acoplados a 2 pistones y colocan la tapa mediante presión a la botella.

Figura 33. Descripción 5

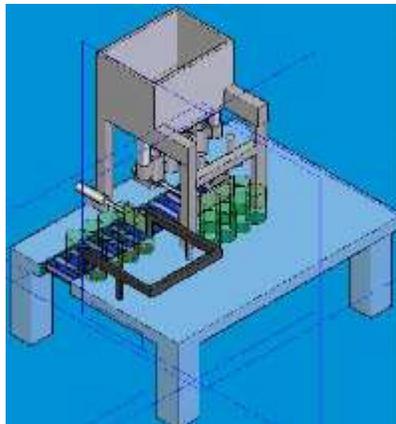


Autor

Las botellas que entran al dosificado tienen el mismo proceso llenado mencionado anteriormente.

Una línea de 4 botellas es llevada a la banda transportadora para continuar con el proceso.

Figura 34. Descripción 6



Autor

Las botellas que se encuentran en la etapa de dosificado luego de llenarse son desplazadas a la zona de tapado, las botellas que se encontraban en esta zona son desplazadas por las botellas recientemente llenadas.

El mismo proceso de envasado se cumple para todas las botellas que se van a encontrar al inicio del proceso que se determino por lotes compuestos de 4 líneas de 4 botellas cada una.

- **Ventajas:**

1. Llenado de 4 botellas simultáneamente obteniendo una productividad elevada.

- **Desventajas:**

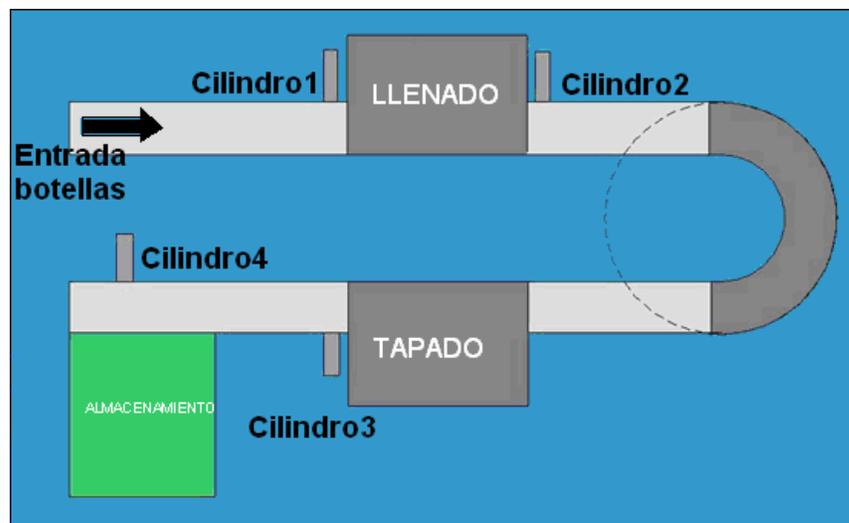
1. Complejidad del sistema.
2. Mayor uso de electroválvulas.
3. Mayor uso de sensores de posición.
4. Control de llenado mas complejo
5. Dificultad en el traslado de las botellas por las diferentes etapas.

8.2.2 Alternativa 2

La alternativa de solución 2 es similar a la número 1 con la diferencia de que el traslado de botellas de un punto a otro se realiza por medio de una banda transportadora, el sistema llena 4 botellas simultáneamente, las tapa y posteriormente se desplazan a una zona de almacenamiento.

La banda transportadora siempre esta en movimiento, el cilindro 1 se encarga de obstruir el paso a las botellas y mantenerlas en esta posición mientras se llenan. El cilindro 3 se encarga de mantener las botellas que llegan a la parte de tapado para cumplir con el proceso en esta parte y finalmente el cilindro 4 se encarga de desplazar la fila de botellas tapadas al almacenamiento.

Figura 35. Alternativa 2



Autor

- **Ventajas:**

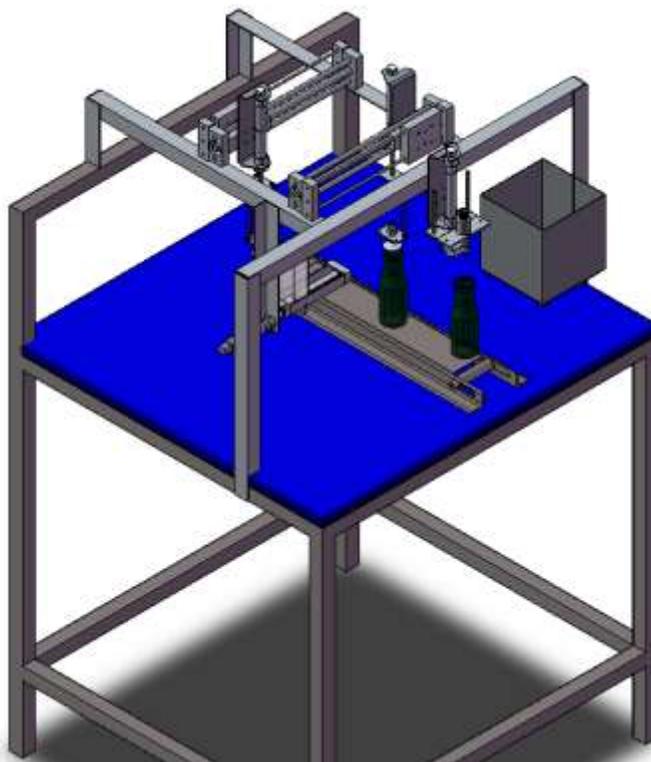
1. Llenado de 4 botellas simultáneamente.
2. Traslado de botellas sencillo mediante banda transportadora.
3. Espacio mas amplio en cada etapa para control y mantenimiento del proceso.
4. Un proceso más lento por un mayor recorrido.

- **Desventajas:**

1. Complejidad en el control del sistema.
2. Mayor uso de electroválvulas.
3. Control de llenado más complejo.
4. Etapa de tapado con más complejidad.
5. Espacio requerido mayor.

8.3 Alternativa definitiva

Figura 36. Alternativa definitiva



Autor

A continuación se describe con detalle el diseño seleccionado para construir. Luego de descartar los dos diseños anteriores se define un prototipo más práctico y compacto, en cuanto tamaño, y mucho más eficiente en cuanto a producción. Sin embargo, se pensó en este como la mejor opción, debido a que se fusionaron ideas de los dos diseños iniciales, dando a luz un tercero con mejores características.

8.3.1 Dimensiones de la mesa de la máquina

Figura 37. Mesa



Autor

La mesa es la estructura en la cual van a ir ubicados todos los mecanismos y elementos necesarios para el funcionamiento de la máquina. Esta hecha en tubo cuadrado de 1 ½ “con un ancho de 1 metro x 93 centímetros de largo y una altura de 72 centímetros, posee una estructura adicional de una altura de 37 centímetros y un 1 metro de ancho en donde van a ir ubicados los elementos de la parte de control (plc's, borneras, electroválvulas). La bandeja de la mesa esta hecha en coll roller calibre 12.

8.3.2 Selección del sistema de transporte de botellas

Figura 38. Estructura de la banda transportadora

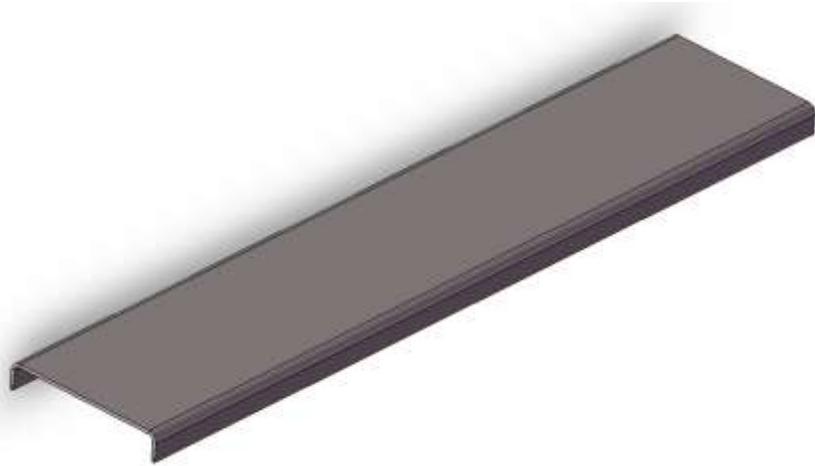


Autor

Luego de analizar diferentes opciones se decide construir una banda transportadora para trasladar las botellas a lo largo de todo el proceso. Esta banda

debe tener unas condiciones especiales, teniendo en cuenta que debe soportar cierta presión en el momento en el que se realiza el tapado de las botellas, ya que este se realiza mediante un impacto. Es por esto que, en ves de rodillos, está construida con una lámina de acero como base.

Figura 39. Base de la banda transportadora



Autor

La base de la figura 39 esta soportada entre dos ángulos idénticos de hierro, figura 40, (uno a cada lado) de 1 ½ " x 1/8" y 60 cm de largo.

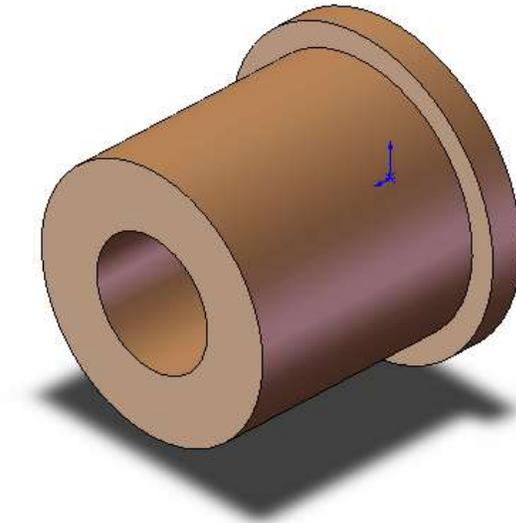
Figura 40. Soporte de la banda transportadora



Autor

Se emplearon bujes de bronce con el fin de minimizar la vibración, desgaste y transmisión de ruidos que se frecuentemente incorporan en el material, así como las elevadas temperaturas ocasionadas por la fricción.

Figura 41. Bujes de bronce



Autor

Y por ultimo en cada extremo de la banda están ubicados dos rodillos que son los encargados de transmitir el movimiento del motor a la banda de lona para efectuar todo el proceso de envasado.

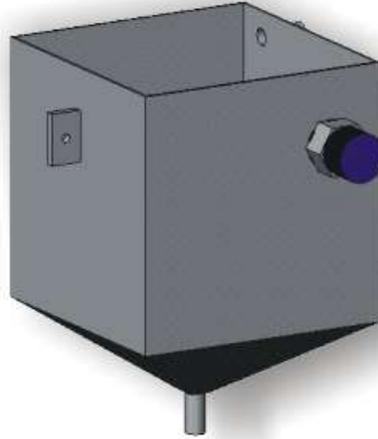
Figura 42. Rodillos



Autor

8.3.3 Diseño de la tolva

Figura 43.Tolva



Autor

Aunque se dosifican 290 ml, los cálculos se hacen con 350 ml que es la cantidad de fluido que cabe en las botellas.

Volumen por ciclo = 350mL

Volumen en un minuto = Volumen por ciclo * número de ciclos en un minuto

Volumen en un minuto = 350mL * 6

Volumen en un minuto = 2.1 L

Si se dosifican en un minuto 2.1 litros, la tolva debe contener una cantidad suficiente para que sea capaz de entregar este volumen sin ningún problema, también debe poseer un espacio adicional para que no quede llena al raz y se puedan presentar derrames de líquido.

El tamaño de la tolva no puede ser muy grande para el proyecto que se está desarrollando ya que la máquina quedará ubicada en un laboratorio y debe ser de fácil desplazamiento, por tal motivo, se diseñó para que pudiera almacenar 6 litros de fluido a dosificar y el espacio de sobra para que no quede totalmente llena, aproximadamente un litro de más.

La tolva tiene una forma cuadrada y en un extremo termina en forma de pirámide.

Para calcular el volumen de la tolva se suma el volumen del cubo más el volumen de la pirámide.

$$\text{Volumen}_{\text{tolva}} = \text{Volumen}_{\text{cubo}} + \text{Volumen}_{\text{pirámide}}$$

Como se conoce que la tolva debe tener un volumen de 7 litros, se escoge un valor para la base del cubo y para la altura de la pirámide para saber que altura va a tener la tolva, estos valores se escogen a criterio personal pero teniendo en cuenta las dimensiones para obtener un diseño proporcionado.

$$\begin{aligned}\text{Volumen tolva} &= 7 \text{ Litros} \\ \text{Base cubo} &= 185 * 185 \text{ mm}^2 \\ \text{Altura pirámide} &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Volumen}_{\text{tolva}} = \text{Base}_{\text{cubo}} * \text{altura} + 1/3 * \text{Base}_{\text{cubo}} * \text{altura}_{\text{pirámide}}$$

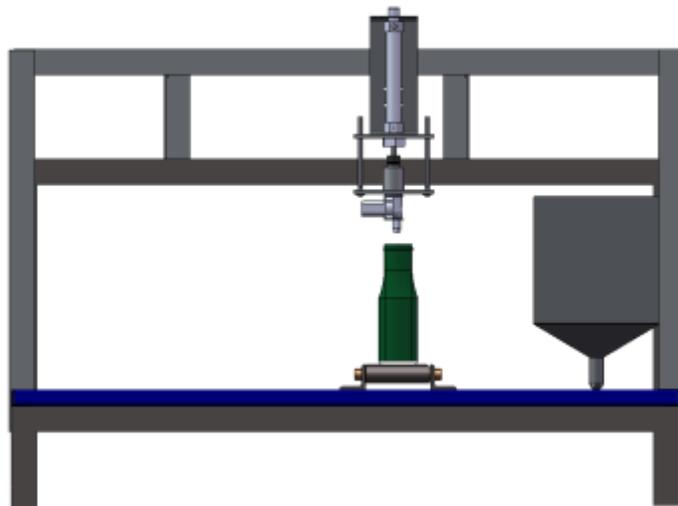
$$7\text{L} = (185\text{mm} * 185\text{mm}) * \text{altura} + 1/3 * (185\text{mm} * 185\text{mm}) * 60\text{mm}$$

$$\text{Altura} = +/- 185 \text{ mm}$$

8.3.4 Sistema de dosificado

El sistema de dosificado está conformado por una electroválvula y una bomba sumergible, la cual es la encargada de transportar la sustancia líquida hacia la electroválvula, encargada de dosificar dicha sustancia a las botellas.

Figura 44. Sistema de dosificado (vista frontal)

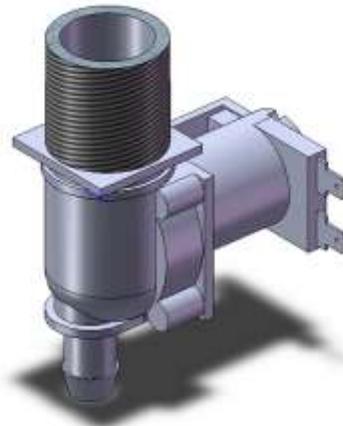


Autor

8.3.4.1. Electroválvula

Para el proceso de dosificado de la sustancia líquida hacia la botellas se empleó una electroválvula, más popularmente, una electroválvula de lavadora debido a que esta funciona a 110V que a diferencia de otras, trabajan con voltajes más elevados. Otros de los factores de decisión lo conforma la fácil disponibilidad en el mercado, además de su precio que es bastante asequible.

Figura 45. Electroválvula



Autor

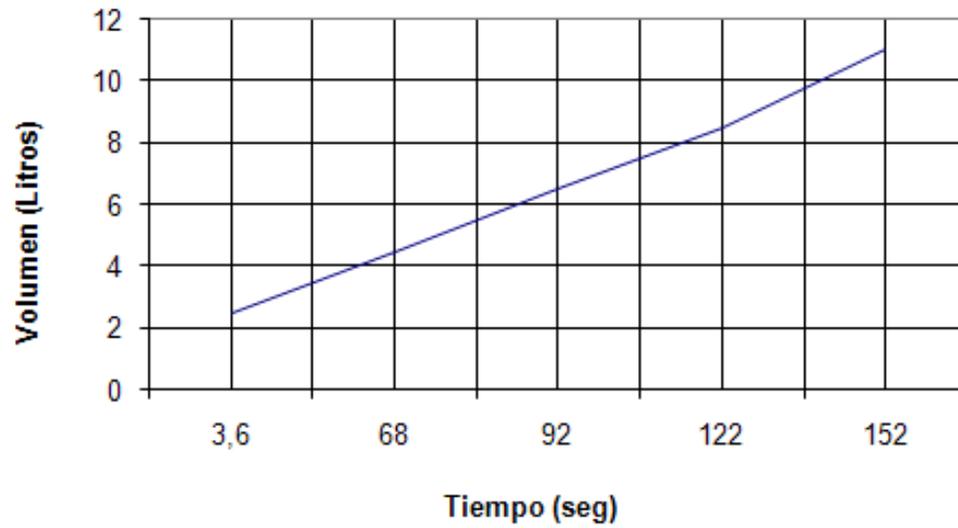
La electroválvula va sujeta a un pistón de simple efecto que se desplazará hacia abajo para acercar el pico de la electroválvula a la boquilla de la botella y así el proceso de llenado sea lo más exacto posible, evitando los posibles riegos que pueden ocurrir a causa de la presión con la que sale el fluido.

Figura 46. Sistema pistón-electroválvula



Autor

Figura 47. Comportamiento de la electroválvula



Autor

La bomba está conectada a la electroválvula mediante una manguera flexible. Para evitar las fugas en las uniones, se construyó un acople de aluminio y una abrazadera en el lado opuesto.

Figura 48. Manguera flexible



img-europe.electrocomponents.com

Figura 49. Acople de la electroválvula

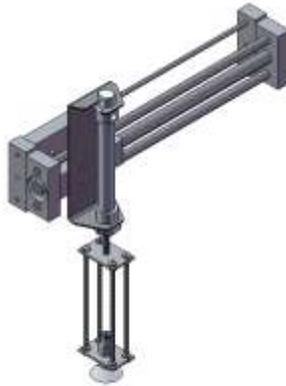


Autor

8.3.5. Sistema de tapado y salida de botellas

Estas dos partes del proceso están conformadas por un conjunto idéntico: ambos constan de un cilindro lineal, un pistón de simple efecto y una ventosa. En el sistema de tapado el pistón baja para que la ventosa succione una tapa y luego el cilindro lineal se traslada al lado opuesto para que el pistón de simple efecto baje y preme la botella para que la tapa se ajuste a ella y quede tapada. Por otro lado, en la parte de la salida, el pistón baja y la ventosa succiona la botella tapada, el cilindro lineal se traslada al lado opuesto para que finalmente el pistón baje y la botella quede fuera de todo el proceso.

Figura 50. Sistema de tapado y salida de botellas

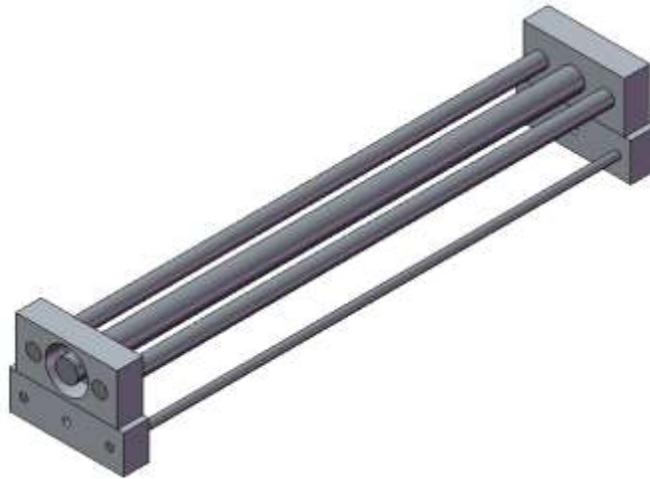


Autor

8.3.5.1 Cilindro neumático lineal

Este actuador es el encargado de desplazar el cilindro de simple efecto entre las dos posibles posiciones.

Figura 51. Cilindro lineal

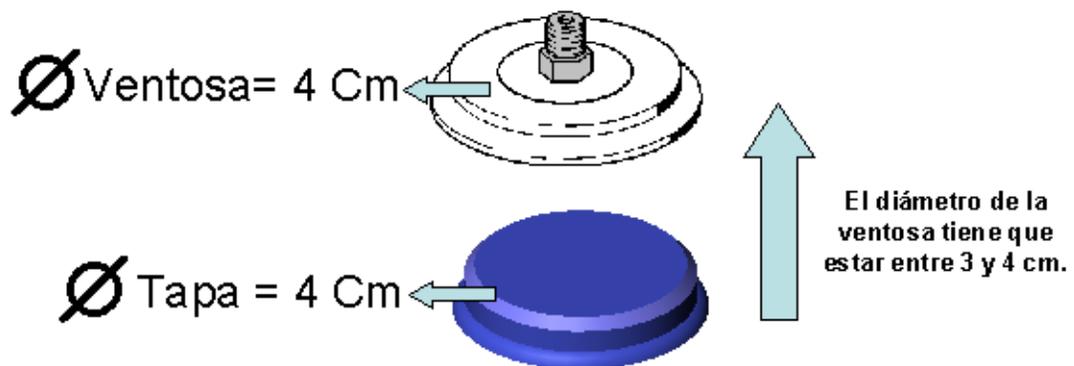


Autor

8.3.5.2 Ventosa

La ventosa es el actuador sujetador en estas dos partes del proceso. Durante el diseño de este mecanismo se seleccionaron las ventosas de la siguiente manera:

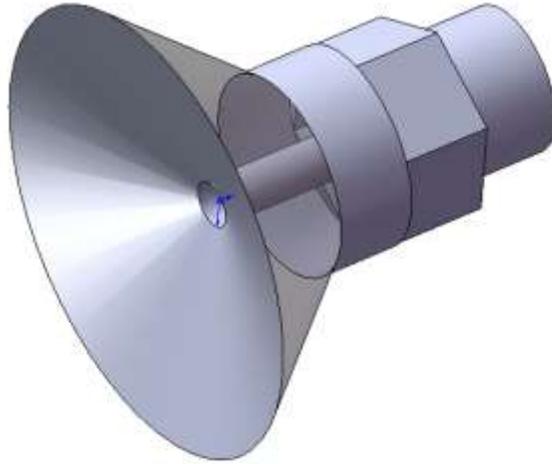
Figura 52. Selección de la ventosa.



Autor

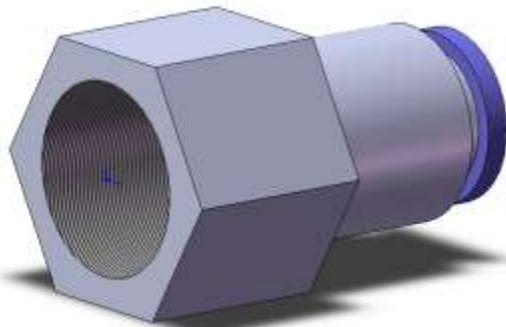
El parámetro que se tuvo en cuenta para la selección de las ventosas fue el diámetro de la tapa. Se requería una ventosa con un diámetro aproximado de 4 cm para aprovechar la mayor área posible.

Figura 53. Ventosa.



Autor

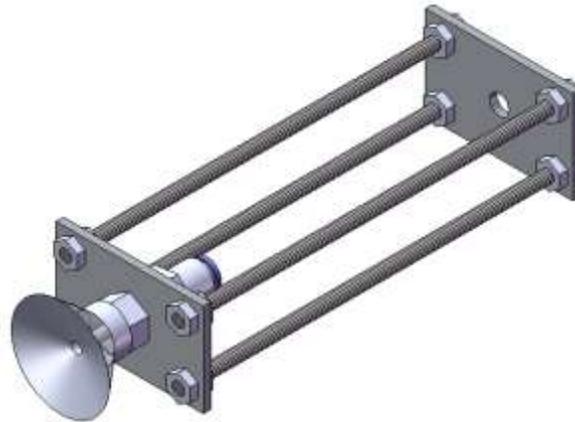
Figura 54. Acople neumático de la ventosa.



Autor

Para sujetar la ventosa y su acople a el pistón, se construyo una pequeña estructura con platina de aluminio y varilla roscada.

Figura 55. Ensamble de la ventosa.

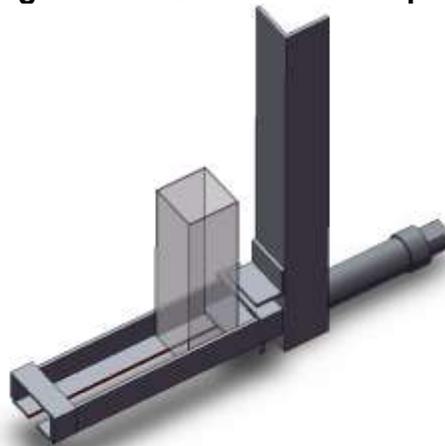


Autor

8.3.6 Dosificador de tapas

Las tapas serán apiladas en un tubo de acrílico, mientras un pistón las va desplazando una a una, a la vez que contendrá el resto de la pila, hasta la posición indicada donde el sistema de tapado vendrá a recogerlas.

Figura 56. Dosificador de tapas.



Autor

8.3.7 Descripción del proceso

8.3.7.1 Llenado

Paso 1

Figura 57. Descripción inicio de llenado



Autor

Estado inicial del cilindro 1.

Paso 2

Figura 58. Descripción llenado



Autor

El cilindro recibe presión y sale el pistón bajando la electroválvula a la altura de la boca de la botella para empezar el dosificado mediante la electroválvula

Paso 3

Figura 58. Descripción fin de llenado



Autor

El cilindro vuelve a su estado inicial después de haberse terminado el dosificado para llenar la botella.

8.3.7.2 Tapado

Paso 1

Figura 59. Descripción inicio de tapado

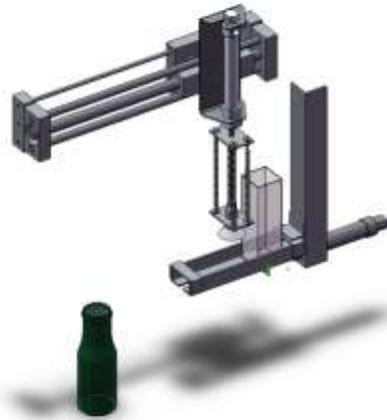


Autor

Estado inicial del cilindro 3, 4 y 5.

Paso 2

Figura 60. Descripción del dosificado de tapas



Autor

El pistón del cilindro 5 sale para desplazar la tapa del dosificador hacia el punto donde se encuentra la ventosa.

Paso 3

Figura 61. Sujeción de tapa con ventosa



Autor

El pistón del cilindro 4 sale para bajar la ventosa y sujetar la tapa a esta

Paso 4

Figura 62. Sujeción de tapa con ventosa2



Autor

El pistón del cilindro 4 entra subiendo la ventosa con la tapa sujeta.

Paso 5

Figura 63. Traslado de tapa



Autor

El cilindro 3 se activa para trasladar el cilindro 4 que tiene la ventosa y llevarlo a la posición donde se encuentra la botella en la banda.

Paso 6

Figura 64. Tapado



Autor

El pistón del cilindro 4 sale y baja la ventosa con la tapa para tapar la botella mediante la presión ejercida por este pistón. Después de tapar la botella, la ventosa suelta la tapa.

Paso 7

Figura 65. Reinicio del tapado



Autor

El pistón del cilindro 4 sube

Paso 8

Figura 66. Reinicio del tapado2



Autor

El cilindro 3 vuelve a su estado inicial.

8.3.7.3 Mecanismo de salida de botellas

Paso 1

Figura 70. Inicio de salida de botellas



Autor

Estado del cilindro 6 y 7.

Paso 1

Figura 71. Inicio de salida de botellas



Autor

El cilindro 6 mueve el cilindro 7 donde se encuentra la ventosa a la posición de la botella en la banda.

Paso 3

Figura 72. Sujeción de la botella con la ventosa



Autor

Sale el pistón del cilindro 7 para bajar la ventosa y sujetar la botella con esta.

Paso 4

Figura 73. Levantamiento de la botella con el



mecanismo

Autor

El pistón del cilindro 7 sube levantando la botella sujeta a la ventosa.

Paso 5

Figura 74. Traslado de botella a la posición de almacenamiento



Autor

El cilindro 6 vuelve a su estado inicial llevando la botella al sector de almacenamiento

Paso 6

Figura 75. Posicionamiento de botella en la mesa



Autor

El pistón del cilindro 7 baja para poner la botella en la mesa y se desactiva la ventosa

Paso 7

Figura 76. Reinicio del mecanismo de salida de botellas



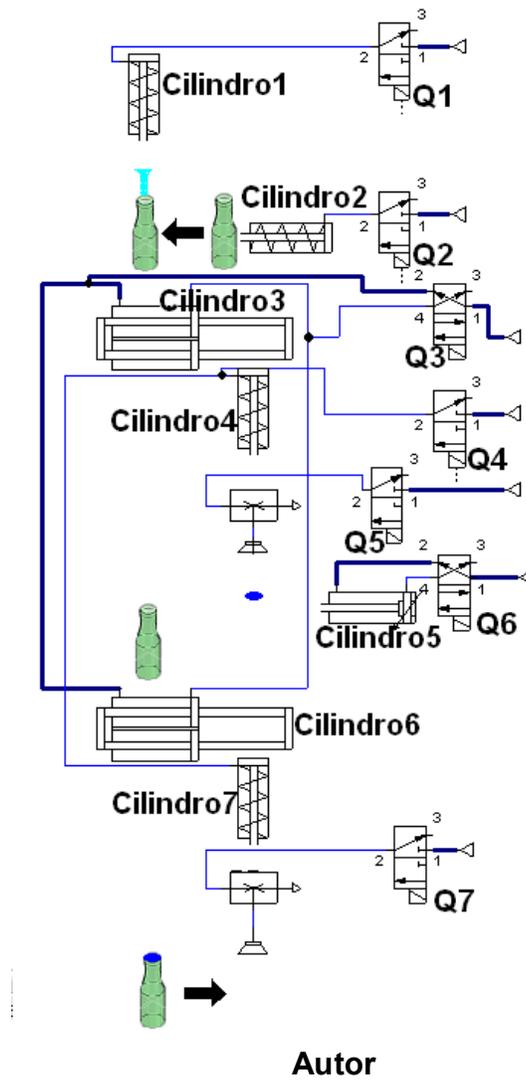
Autor

El cilindro 7 vuelve a su estado inicial.

8.3.8 Diseño del circuito neumático

El circuito neumático implementado para la máquina es el siguiente:

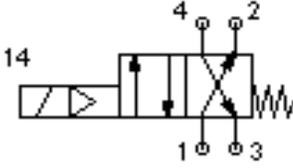
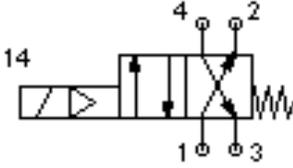
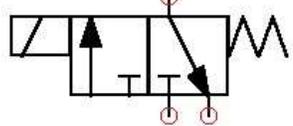
Figura 77. Circuito neumático de la máquina

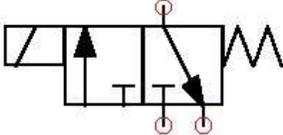
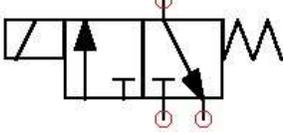
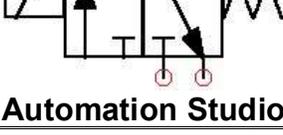
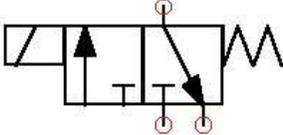


8.3.8.1 Diseño elementos neumáticos.

Los pistones son accionados por unas electroválvulas que a la vez reciben la señal de conmutación del PLC.

Tabla 2. Electroválvulas utilizadas en el control del proceso

ELECTROVALVULAS UTILIZADAS				
Diagrama	Número de vías	Solenoides que posee	Pistones que acciona	Nombre en el programa
<p>Figura 78. Electroválvula de 4/2 vías</p>  <p>Automation Studio</p>	4/2	1	3,6	Q ₃
<p>Figura 79. Electroválvula de 4/2 vías</p>  <p>Automation Studio</p>	4/2	1	5	Q ₆
<p>Figura 80. Electroválvula de 3/2 vías NC</p>  <p>Automation Studio</p>	3/2 NC	1	1	Q ₁

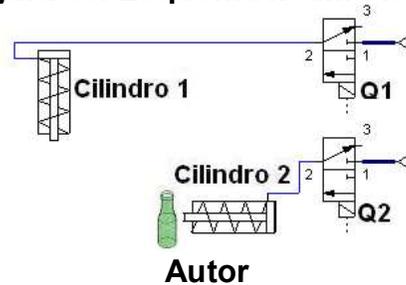
<p>Figura 81. Electroválvula de 3/2 vías NC</p>  <p>Automation Studio</p>	3/2 NC	1	2	Q ₂
<p>Figura 82. Electroválvula de 3/2 vías NC</p>  <p>Automation Studio</p>	3/2 NC	1	4,7	Q ₄
<p>Figura 83. Electroválvula de 3/2 vías NC</p>  <p>Automation Studio</p>	3/2 NC	1	Ventosa	Q ₅
<p>Figura 84. Electroválvula de 3/2 vías NC</p>  <p>Automation Studio</p>	3/2 NC	1	Ventosa	Q ₇

Autor

8.3.8.2 Descripción del proceso del circuito neumático

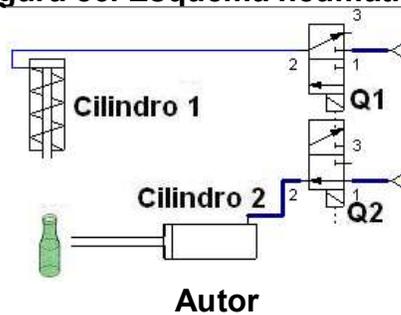
Etapa 1

Figura 85. Esquema neumático 1



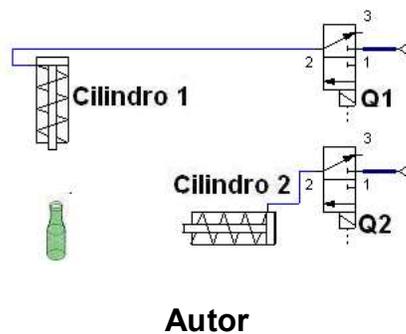
Estado inicial de los cilindros 1 y 2.

Figura 86. Esquema neumático 2



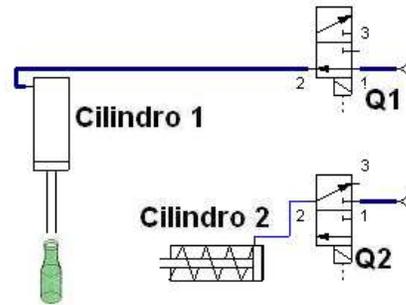
Se activa Q2, sale el pistón del cilindro 2 para empujar la botella a la entrada del proceso.

Figura 87. Esquema neumático3



Se desactiva Q2, el pistón del cilindro 2 vuelve a su estado inicial.

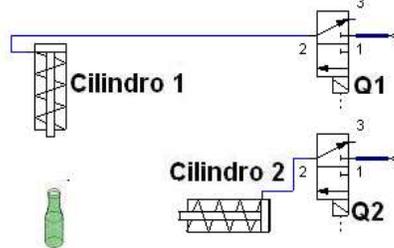
Figura 88. Esquema neumático 4



Autor

Se activa Q1, sale el pistón del cilindro 1 para bajar la electroválvula de dosificado a la boca de botella, Q1 es activada por el tiempo gastado en el dosificado mas 2 segundos, uno antes de llenar y otro después de llenar.

Figura 89. Esquema neumático 5

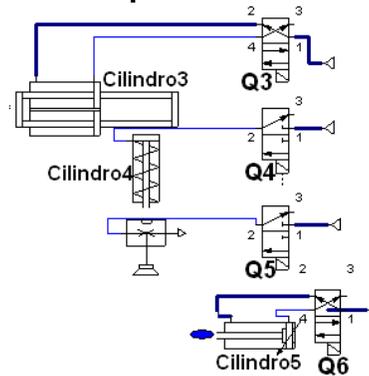


Autor

Q1 es desactivada, y los cilindros 1 y 2 quedan en su posición inicial.

Etapas 2

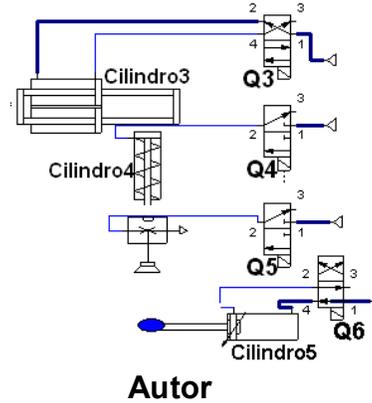
Figura 90. Esquema neumático 6



Autor

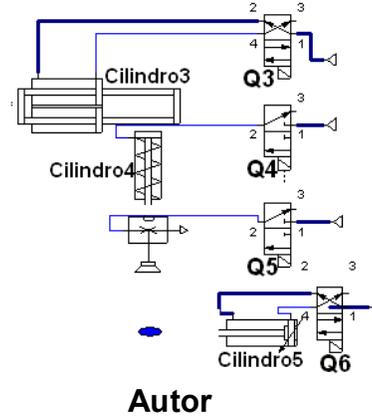
Estado inicial de los cilindros 3,4 y 6.

Figura 91. Esquema neumático 7



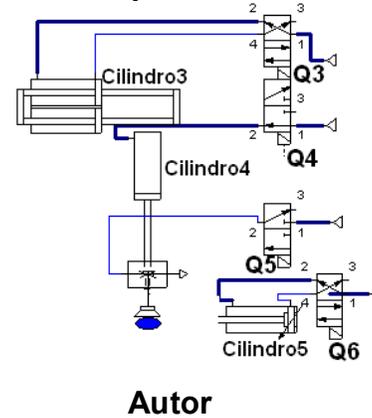
Se activa Q6, el pistón del cilindro 5 sale para llevar la tapa a si posición respectiva.

Figura92. Esquema neumático 8



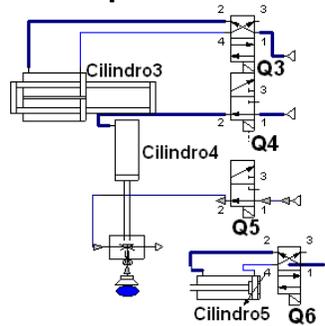
Se desactiva Q6 y el cilindro 5 vuelve a su estado inicial.

Figura 93. Esquema neumático 8



Se activa Q4 y el pistón de cilindro sale para bajar la ventosa a la posición de la tapa.

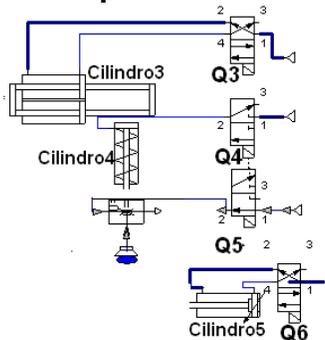
Figura 94. Esquema neumático 9



Autor

Se activa Q5 para crear vacío y con la ventosa succionar la tapa.

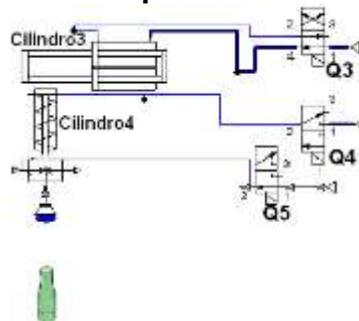
Figura 95. Esquema neumático 10



Autor

Se desactiva Q4, el cilindro 4 vuelve a su estado inicial y se mantiene Q5 activado para sostener la tapa con la ventosa.

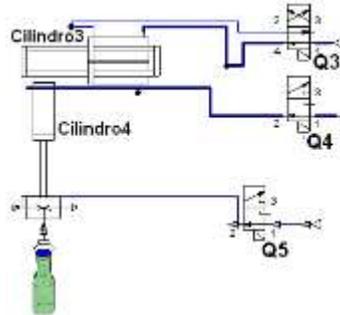
Figura 96. Esquema neumático 11



Autor

Se mantiene activada Q5 para sostener la tapa con la ventosa, se activa Q3 para que el cilindro doble mueva el sistema de la ventosa a la posición de tapado.

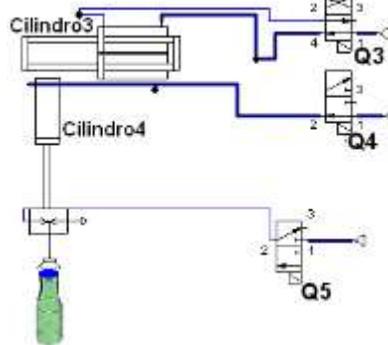
Figura 97. Esquema neumático 12



Autor

Se mantiene Q5 y Q3 activados, se activa Q4 para que el pistón del cilindro 4 baje la ventosa y tape por presión la botella.

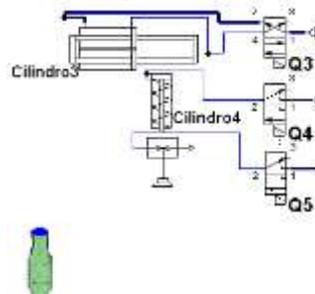
Figura 98. Esquema neumático 13



Autor

Se mantiene Q3 y Q4 activados, se desactiva Q5 para soltar la tapa de ventosa.

Figura 99. Esquema neumático 14

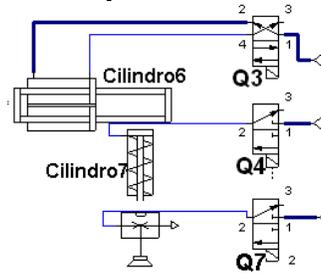


Autor

Se desactiva Q3 y Q4 y los cilindros 3 y 4 vuelven a su estado inicial.

Etapa 3

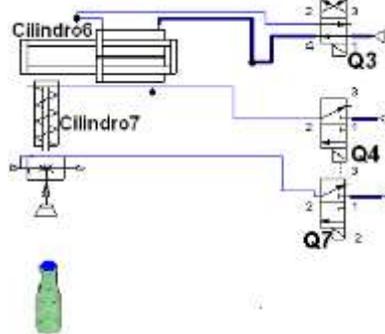
Figura 100. Esquema neumático 15



Autor

Estado inicial de los cilindros 6 y 7, Q3, Q4 y Q7 desactivados.

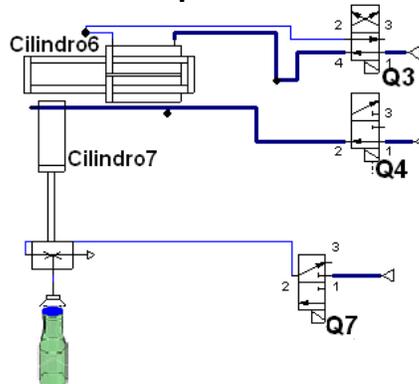
Figura101. Esquema neumático 16



Autor

Se activa Q3 para llevar la ventosa a la posición donde se encuentra la botella ya tapada y sacarla.

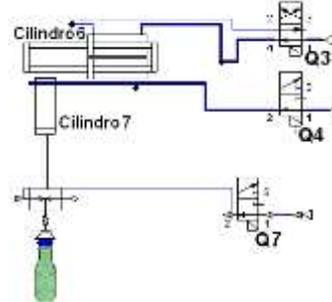
Figura102. Esquema neumático 17



Autor

Se mantiene activo Q3, se activa Q4 para bajar la ventosa a la posición de la tapa de la botella.

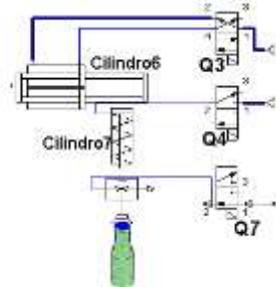
Figura103. Esquema neumático 18



Autor

Se mantiene activo Q3 y Q4, se activa Q7 para sujetar la botella por medio de la ventosa.

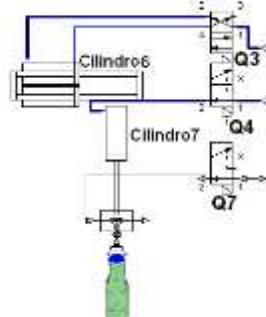
Figura104. Esquema neumático 19



Autor

Se mantiene activa Q7 para tener sujeta la botella con la ventosa, se desactiva Q3 y Q4 para que los cilindros 6 y 7 vuelvan a su respectiva posición inicial.

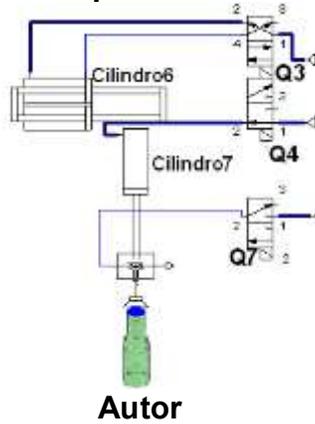
Figura105 Esquema neumático 20



Autor

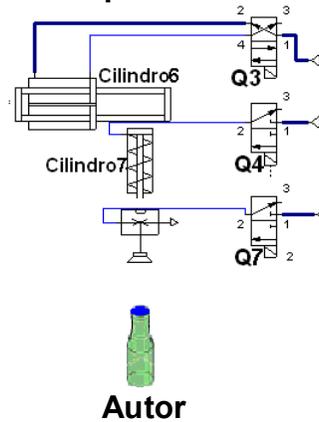
Se mantiene activa Q7, se activa Q4 para bajar la botella a la posición final de almacenamiento.

Figura106 Esquema neumático 21



Se mantiene activa Q4, se desactiva Q7 para soltar la botella y dejarla en su posición final.

Figura 107. Esquema neumático 22



Se desactiva Q4 para que el cilindro 7 vuelva a su posición inicial.

Tabla 3. Convenciones

Convenciones	
	Línea sin presión
	Presión

Autor

8.3.8.3 Calculo de los cilindros.

En el proceso se utilizan 7 pistones neumáticos 1 de doble efecto, 4 de simple efecto, y dos cilindros lineales; hay que conocer la fuerza que desarrollan al aplicárseles una presión determinada para comprobar que funcionan de la manera adecuada.

Tabla 4. Pistones utilizados.

PISTONES UTILIZADOS					
Pistón	Ubicación	Fuerza que debe hacer (N)	Presión de trabajo (Bar)	Diámetro del émbolo (mm)	Diámetro del vástago (mm)
1	Mecanismo para bajar la electroválvula a la altura de la boca de la botella.	6.86	2	20	8
2	Mecanismo para introducir la botellas a la banda,	1.2	2	20	8
3	Cilindro para el movimiento de la ventosa de tapado.	9	2	20	15
4	Cilindro encargado de bajara la ventosa para sujetar la tapa y encargado de ejercer la presión de tapado.	4.9	2	20	8
5	Mecanismo dosificador de tapas.	0.48	2	20	8
6	Cilindro encargado del movimiento del	9	2	20	15

	mecanismo de salida de botellas.				
7	Cilindro encargado de subir la ventosa de salida de botellas a la altura de la boca de la botella.	4.9	2	20	8

Autor

8.3.8.4 Cálculo del consumo de aire de cada pistón: Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinado, el consumo de aire para un pistón de doble efecto se calcula como sigue:

Relación de compresión*Superficie del émbolo*Carrera

La relación de compresión $P_{e2}:P_{e1}$ se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{101.3 + \text{Presión de trabajo en KPa (referida al nivel del mar)}}{101.3}$$

Para poder calcular el consumo de aire en un pistón de doble efecto se usa la siguiente formula:

$$Q = \{ s*(D^2*pi)/4 + s*(D^2 - d^2)*pi/4 \} * n * \text{Relación de compresión (l/min)}$$

Q = Cantidad de aire (l/min)

s = Longitud de la carrera (cm)

n = Ciclos por minuto

Tabla 5. Consumo de aire de cada pistón.

CONSUMO DE AIRE DE CADA PISTÓN					
Pistón	Relación de compresión (kPa)	S (cm)	N	Presión de trabajo (KPa)	Q (l/min)
1	2.97	10	6	200	1.030

2	2.97	10	4	200	1.053
3	4.94	30	6	400	1.030
4	2.97	10	6	200	1.030
5	2.97	10	4	200	1.030
6	4.94	30	6	400	1.053
7	2.97	10	8	200	1.030

Autor

8.3.8.5 Selección del compresor: Para la selección del compresor hay que tener en cuenta el caudal de aire que consume cada pistón, hay que recordar que los pistones usados en este proyecto proporcionan una fuerza mayor que la necesaria en la máquina, se usan estos pistones porque son los que existen en los laboratorios y los que se implementan en las practicas desarrolladas por los estudiantes. Por tal razón, aunque ya se calculó el caudal que consume cada pistón a la presión de trabajo de cada sección, se recomienda calcular nuevamente este caudal a una presión de trabajo de 6 Bar para cada pistón, esto debido a que aunque no hay una norma que lo establezca, la gran mayoría de los fabricantes aceptan la presión de trabajo que debe entregar un compresor entre 6 – 8 bar.

Tabla 6. Consumo de aire de cada pistón a una presión de 6 Bar.

CONSUMO DE AIRE DE CADA PISTÓN A UNA PRESIÓN DE 6 Bar					
Pistón	Relación de compresión (KPa)	S (cm)	N	Presión de trabajo (KPa)	Q (l/min)
1	6.9	10	6	600	2.393
2	6.9	10	12	600	1.835
3	6.9	30	6	600	4.786
4	6.9	10	6	600	2.393
5	6.9	10	6	600	1.835
6	6.9	30	6	600	4.786
7	6.9	10	12	600	2.393

Autor

Para calcular el compresor existe una tabla en donde conociendo el caudal, la diferencia de presión y la frecuencia de conmutación (cuantas veces se debe activar el compresor en una hora) se puede saber con facilidad el valor de la capacidad del acumulador.

A_p = Diferencia de presión (10^2 KPa, 1 Bar)

V = Caudal (m^3/min)

Z = Frecuencia de conmutación por hora

V_B = Capacidad del acumulador (m^3)

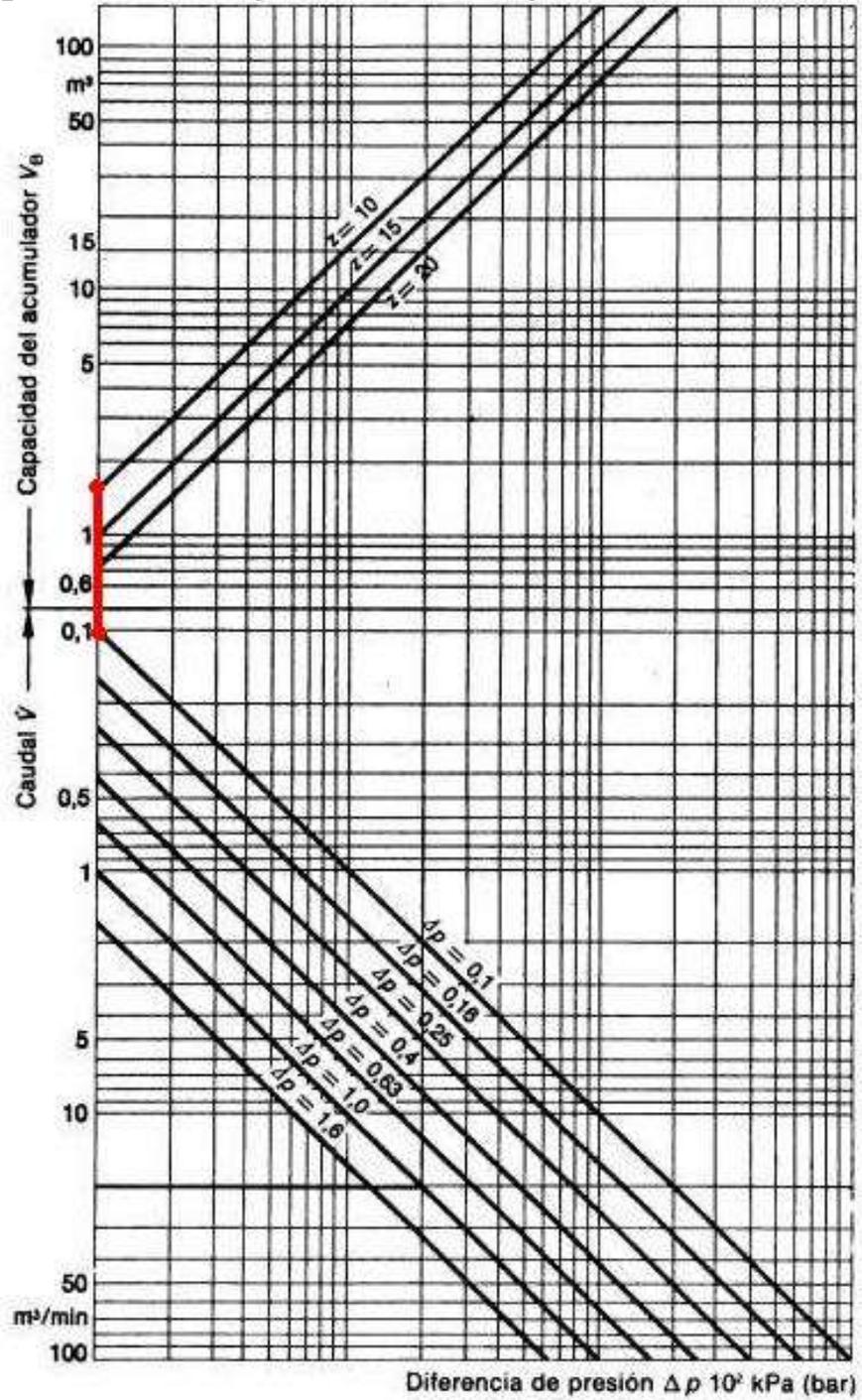
Para calcular el caudal se suma el caudal consumido por cada pistón. Para tener un mayor grado de seguridad al valor obtenido se multiplicará por 3, esto asumiendo el caudal que circula por las tuberías y el que se puede llegar a desperdiciar por pérdidas.

$$\text{Caudal} = 3 \cdot (2.393 + 4.786 + 1.835 + 2.393 + 2.393 + 2.393 + 4.786) / \text{min}$$

$$\text{Caudal} = 0.0629 \text{ m}^3/\text{min}$$

La diferencia de presión se toma de un 10% y la frecuencia de conmutación se escoge 10, estos valores se toman al gusto de la persona que va a seleccionar el compresor.

Figura108. Gráfica para calcular la capacidad del acumulador.



www.sapiensman.com/neumatica

Aunque el caudal que consumen los pistones es de 0.0629 m³/min en la tabla se escoge 0.1 m³/min que es el valor mínimo que presenta, a este valor y dibujando una línea hasta el valor de z la capacidad del acumulador es de:

$$V_B = +/- 2 \text{ m}^3$$

8.3.9 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 mas 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 este 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.

Figura 109. Sensor inactivo.

Segm. 1: Ejemplo de activacion del sensor

El actuador no se activa mientras el sensor no conmuta

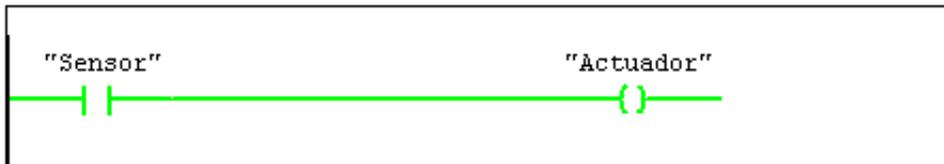


Autor

Figura 110. Sensor activo.

Segm. 1: Ejemplo de activacion del sensor

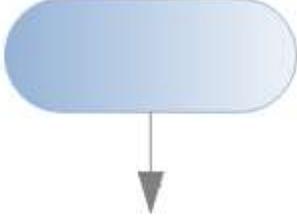
En cuanto la botella se ubica en la posicion establecida, conmuta el sensor y se acciona el actuador.



Autor.

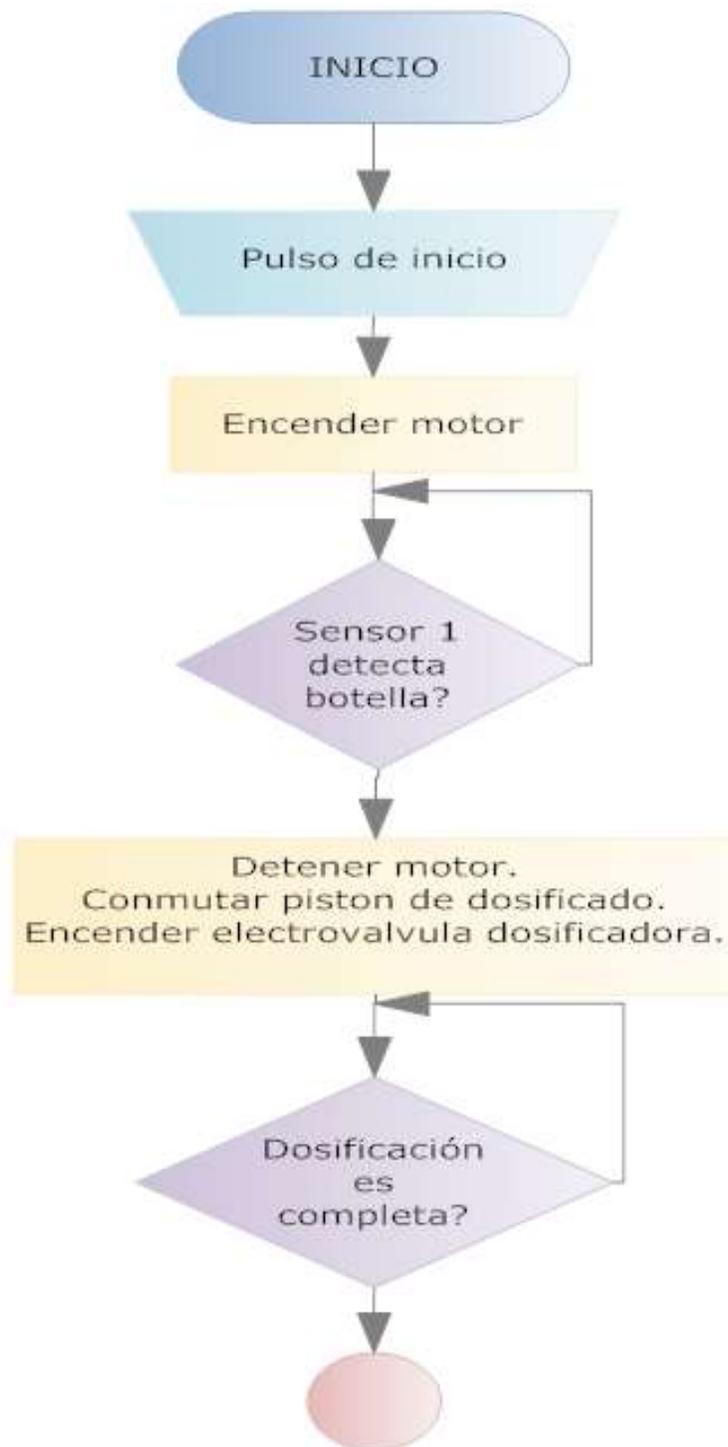
Tabla 7. Instrucciones usadas en el diagrama de flujo.

INTRUCCIONES USADAS EN EL DIAGRAMA DE FLUJO		
Diagrama	Nombre	Descripción
<p>Figura 111. If</p> <p>Autor</p>	If	Realiza una acción si la condición que está dentro del rombo se cumple o realiza otra acción si no se cumple.

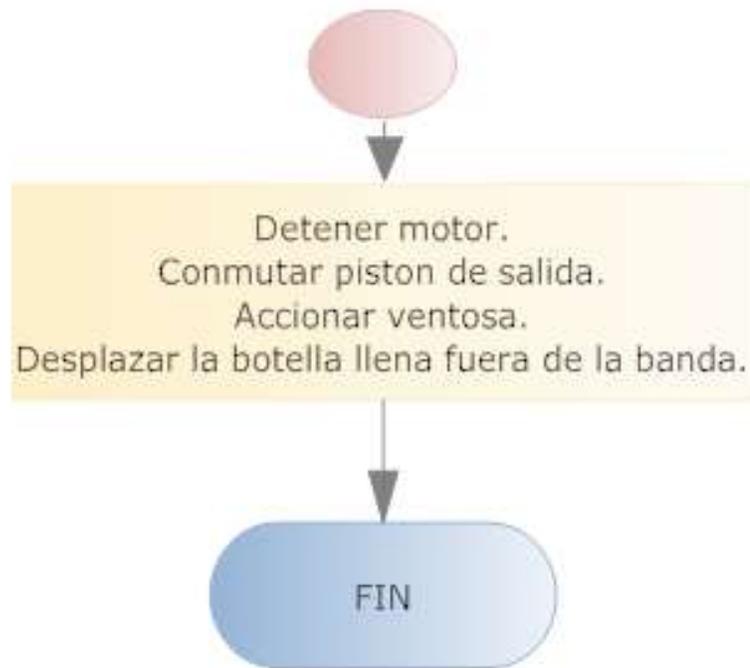
<p>Figura 112. Operación manual</p>  <p>Autor</p>	<p>Operación manual</p>	<p>Requiere intervención de un operario.</p>
<p>Figura 113. Inicio/fin</p>  <p>Autor</p>	<p>Inicio/fin</p>	<p>Indica donde comienza el programa y donde termina.</p>
<p>Figura 114. Acción</p>  <p>Autor</p>	<p>Acción</p>	<p>Instrucción que realiza la operación que se encuentre dentro del rectángulo.</p>
<p>Figura 115. Conector</p>  <p>Autor</p>	<p>Conector</p>	<p>Cuando se realiza un diagrama grande, indica la continuación de una línea en otra parte del programa.</p>

Para entender mejor el funcionamiento del programa se muestra el diagrama de flujo. Este diagrama muestra la lógica básica por la que se rige el programa, además de ser una gran ayuda en el momento de programar.

Figura 116. Diagrama de flujo.







AUTOR

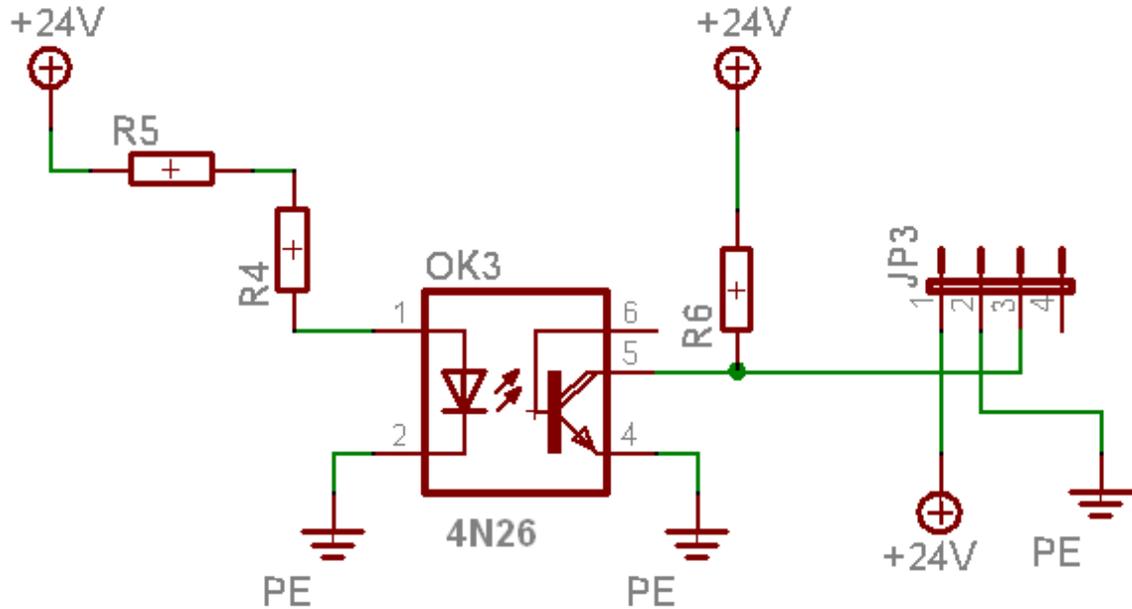
8.3.10. Sensores

8.3.10.1 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.

El circuito esquemático es el siguiente:

Figura 117. Circuito esquemático del sensor de posición diseñado



Autor

8.3.10.2 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.

9. BIBLIOGRAFIA

FESTO DIDACTIC. Sensores para la técnica de procesos y manipulación. Esslingen, 1993.

Manual LOGO Switch over (Siemens) Ed 07/2001 A5E00119094-01

ERDMAN, Arthur G. Diseño de mecanismos análisis y síntesis. México; Prentice Hall Editorial, 1998.

Lewis Paul H. Sistemas de control en ingeniería. Madrid. Prentice hall

Calero Perez, Roque. Fundamentos de mecanismos y maquinas para ingenieros. Madrid. Mc Graw Hill.

MAJUNDAR, S.R. Sistemas neumáticos principios y mantenimiento. México: Mc Graw Hill Editorial, 1997.

Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas tercera edición Santa fe de Bogota Mc Graw Hill 2000.

Rodríguez Buitrago Jesús David - Quintero Fajardo Rafael Eduardo, tesis. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROCESO AUTOMATIZADO PARA EL ENVASADO DE SUSTANCIAS LIQUIDAS.

10. BIBLIOGRAFIA ELECTRONICA

[http:// www.festo.com](http://www.festo.com)

<http://www.airtac.com>

<http://www.alumina.com>

<http://www.cga.com.co>

<http://www.sapiensman.com/neumatica>

http://www.sapiensman.com/control_automatico

<http://www.sensotec-instruments.com/castellano/>

<http://www.anser.com.ar/Dosificadores.htm>

<http://www.sensing.es/transductor%202.htm>

<http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica>

<http://www.scamecanica.com>

<http://www.terra.es/personal/jdellund/tutorial/espanol>