



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

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

TEMA:

“MÓDULO DIDÁCTICO DE ENVASADO DE
LÍQUIDOS, TAPADO Y ETIQUETADO CONTROLADO
POR DAQ PARA EL LABORATORIO DE
MECATRÓNICA DE LA UTN.”

AUTOR: Gilmar Alejandro Subía Estévez

DIRECTOR: Ing. Fernando Valencia

Ibarra-Ecuador

2015

Universidad Técnica del Norte 2015
Reservados todos los derechos de reproducción



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1002928289 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Subía Estévez Gilmar Alejandro. | | |
| DIRECCIÓN: | Imbabura, Ibarra, San Antoni. | | |
| EMAIL: | gilmarsub@yahoo.com | | |
| TELÉFONO FIJO: | 2932430 | TELÉFONO MÓVIL: | 0982902171 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-----------------------------|---|
| TÍTULO: | Módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado controlado por daq para el laboratorio de mecatrónica de la utn |
| AUTORA : | Gilmar Alejandro Subía Estévez |
| FECHA: | Julio del 2014 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | Pregrado |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniera en Mecatrónica |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Fernando Vinicio Valencia. |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Gilmar Alejandro Subía Estévez, con cédula de identidad Nro. 100292828-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de Junio de 2015

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Gilmar Alejandro Subía Estévez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Gilmar Alejandro Subía Estévez, con cédula de identidad Nro. 1002928289, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: "Módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado controlado por DAQ para el laboratorio de Mecatrónica de la UTN.", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecatrónico en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Junio de 2015

(Firma)

Nombre: Gilmar Alejandro Subía Estévez

Cédula: 100292828-9

DECLARACIÓN

Yo, Gilmar Alejandro Subía Estévez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

Mediante la presente declaración concedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.



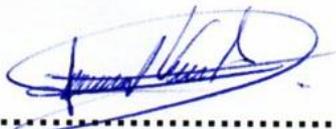
.....
Nombre: Gilmar Alejandro Subía Estévez
Cédula: 100292828-9

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica con el tema **MÓDULO DIDACTICOO DE ENVASADO DE LIQUIDOS, TAPADO Y ETIQUETADO CONTROLADO POR DAQ PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA UTN**, fue desarrollado por el Sr. Gilmar Alejandro Subía Estévez, bajo mi supervisión.

A mi novia Belizaba que con sus palabras y constante apoyo me ha motivado y me ha dado fuerzas para cumplir mis metas. Ella es la razón para seguir adelante y seguir alcanzando objetivos.

A mis amigos que me han dado su apoyo incondicional y desinteresado y me han ayudado al momento de cualquier situación en la que puedan hacerme falta. Sin su ayuda y colaboración les doy las gracias por esa amistad.



.....
ING. Fernando Valencia Aguirre.
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

AGRADECIMIENTO

Quiero principalmente agradecer a Dios el todo poderoso quien me guía e ilumina y quien me ha bendecido en un hogar sólido, que ha sido el pilar fundamental para salir siempre adelante.

Así también quiero agradecer a mis padres y hermana que me han apoyado de todas las maneras posibles con esfuerzo y sacrificio de su parte, para guiarme por un camino de principios, ideales y metas.

A mi novia Betzabé que con sus palabras y constante apoyo me ha motivado y me ha dado fuerzas para cumplir mis metas, ella es la razón para salir adelante y seguir alcanzando objetivos.

A mis amigos que me han dado su apoyo incondicional y desinteresado y han estado al pendiente de cualquier situación en la que puedan hacerse presentes con su ayuda y colaboración les doy las gracias por esa amistad.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, Manuel Subía y Cristina Estévez, que me han influenciado y apoyado con todos los medios que han estado a su alcance, y siempre dándome el aliento necesario para continuar.

También va dedicado a la segunda mujer más importante en mi vida quien es mi novia Betzabé porque siempre ha estado presente en todo momento.

Ellos han sido mi inspiración y quienes me han dado la fuerza y apoyo para salir adelante.

RESUMEN

Con el presente trabajo se presenta un módulo didáctico compacto y funcional de envasado de líquidos, tapado y etiquetado controlado por DAQ, con el fin de complementar el laboratorio de mecatrónica con una herramienta didáctica que simule un proceso industrial, que se lo ha dividido en tres etapas o sistemas: 1) Etapa de Dosificado, 2) Etapa de Tapado, 3) Etapa de etiquetado; por medio de una banda transportadora el envase de vidrio será conducido por cada una de las etapas hasta finalizar el proceso, las etapas además cuentan con sensores y actuadores que cumplen funciones específicas. La etapa de dosificado consta principalmente de una bomba dosificadora de líquidos que tiene una capacidad de dosificado de 7 oz. por ciclo, que se depositan en el envase de vidrio. Los sensores foto eléctricos detectan el paso del envase y lo posicionan en el sitio exacto para realizar las diferentes acciones que demanda el proceso. En la etapa de tapado intervienen dos cilindros neumáticos A y B. El cilindro B realiza la operación de bloqueo del envase para dejarlo en posición para que el cilindro A se active y proceda a tapar el envase, antes de esto se procede a poner las tapas sobre el envase mediante la activación de un motor eléctrico el cual empuja las tapas hacia el envase. La etapa de etiquetado consta de un pequeño motor y ejes de tensado de la etiqueta, con el paso del envase el sensor foto eléctrico da la señal para que el motor gire manteniendo la etiqueta tensada y permitiendo que esta se adhiera al envase. El control de las etapas antes señaladas se lo realiza con la utilización de la placa Arduino Mega como tarjeta de adquisición de datos, la cual procesa las señales tanto de entrada como de salida. El módulo también cuenta con un HMI, para el monitoreo, supervisión y control de los procesos con la ayuda del software Labview. Además de contar con un tablero de control el cual cuenta con elementos de control manual como pulsadores de START, STOP y paro de emergencia.

ABSTRACT

The present work presents a compact and functional training module for liquid packaging, capping and labelling controlled by DAQ, in order to complement the laboratory of Mechatronics with a teaching tool that simulates an industrial process that has divided it into three stages or systems: 1) stage of dosing, 2) capping stage, 3) stage of labelling; by means of a conveyor belt glass container you will be conducted by each one of the stages until the end of the process, the stages also have sensors and actuators that perform specific functions. The stage of dosed consists mainly of a dosing pump for liquids which has a capacity of dosed 7 oz. by cycle, which are deposited in the glass container. Photo electric sensors detect the passage of container and position it in the exact place to perform different actions required by the process. The capping stage involves two pneumatic cylinders A and B. B cylinder performs the operation of container lock to let it stand so A cylinder is activated and proceed to cover the container, before this item is put lids on container through the activation of an electric motor which pushes the cups to the container. The labelling stage consists of a motor and axis of tension of the label, with the passage of the container Photo electric sensor gives the signal so that the motor rotates keeping tight label and allowing that this sticks to the container. Before mentioned stages control is done with the use of plate Arduino Mega as data acquisition, which processes both input and output signals. The module also features an HMI for the monitoring, supervision and control of the processes with the help of Labview software. In addition of having a control panel which has elements of manual control such as START, STOP and emergency stop buttons.

PRESENTACIÓN

Con este trabajo se brinda una herramienta compacta y funcional enfocadas en la realización de prácticas de neumática, electro neumática y automatización industrial, consolidando los conocimientos teóricos con la práctica.

En el **primer capítulo** se detalla el fundamento teórico necesario para la realización de todo el proyecto, como conceptos y definiciones de los elementos que constituyen el módulo didáctico.

En el **segundo capítulo** se presenta el dimensionamiento y selección de los elementos neumáticos, electro neumático y accesorios necesarios para la implementación del módulo.

En el **tercer capítulo** se describe los cálculos referentes a las dimensiones y la construcción de la banda transportadora así como todos los elementos estructurales que intervienen del prototipo.

En **cuarto capítulo** fundamenta todo lo que se refiere a adquisición de datos tanto de sensores como de actuadores para utilizarlos en el diseño del HMI en el software Labview, así como también se describe las pruebas posteriores a la puesta en marcha del módulo.

En el **quinto capítulo** se caracteriza por la elaboración de variadas prácticas aprovechando la versatilidad del módulo, para guiar al estudiante a utilizar este en una forma adecuada.

En el **sexto capítulo** se presenta las conclusiones que se determinaron con el presente trabajo y a las recomendaciones que ayudaran a realizar mejoras y a funcionar de manera óptima.

Contenido

| | |
|---|-------|
| ABSTRACT..... | xii |
| PRESENTACIÓN..... | xiii |
| INDICE DE ILUSTRACIONES | xviii |
| INDICE DE TABLAS | xx |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1 DEFINICIONES Y GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2 DEFINICIONES..... | 1 |
| 1.2.1 DOSIFICACIÓN..... | 1 |
| 1.2.2 Historia de las máquinas dosificadoras..... | 2 |
| 1.2.3 Tipos de Dosificadores de uso más común | 2 |
| 1.2.4 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (DAQ) | 8 |
| 1.2.5 SENSORES..... | 9 |
| 1.2.6 NEUMÁTICA | 12 |
| 1.3 MÓDULOS DIDÁCTICOS..... | 16 |
| 1.3.1 ELEMENTOS QUE LO CONSTITUYEN..... | 17 |
| 1.3.2 SENSORES..... | 26 |
| CAPÍTULO 2..... | 31 |
| 2 DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO | 31 |
| 2.1 DISEÑO NEUMÁTICO DEL MÓDULO DIDÁCTICO..... | 31 |
| 2.2 DISEÑO ELECTRONEUMÁTICO DEL MÓDULO DIDÁCTICO | 31 |
| 2.3 DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES NEUMÁTICOS | 32 |
| 2.3.1 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LA BOMBA DOSIFICADORA 33 | |
| 2.3.2 SELECCIÓN DEL CILINDRO A DEL SISTEMA DE TAPADO | 35 |
| 2.3.3 SELECCIÓN DEL CILINDRO B DEL SISTEMA DE TAPADO | 38 |
| 2.4 SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS | 40 |
| 2.4.1 SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS 5 VÍAS, 2 POSICIONES | 40 |
| 2.5 SELECCIÓN DE LA UNIDAD TÉCNICA DE MANTENIMIENTO | 41 |
| 2.5.1 FILTRO DE AIRE..... | 41 |
| 2.5.2 MANÓMETRO | 41 |
| 2.6 SELECCIÓN DE ACCESORIOS | 42 |
| 2.6.1 REGULADORES DE CAUDAL..... | 42 |

| | |
|--|----|
| 2.6.2 CONECTOR RÁPIDO RECTO | 44 |
| 2.6.3 SILENCIADOR | 44 |
| 2.6.4 TUBERÍA..... | 45 |
| 2.7 PÉRDIDAS EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA | 46 |
| 2.8 PRESIÓN NECESARIA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO | 46 |
| 2.9 CAUDAL REQUERIDO POR EL MÓDULO DIDÁCTICO..... | 47 |
| CAPÍTULO 3..... | 49 |
| 3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DEL MÓDULO | 49 |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO | 49 |
| 3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA..... | 49 |
| 3.2.1 BANDA TRASPORTADORA..... | 49 |
| 3.2.2 SUJECIONES ESTRUCTURALES..... | 52 |
| 3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA BANDA TRASPORTADORA..... | 54 |
| 3.3.1 RODILLOS | 54 |
| 3.3.2 ELEMENTOS TENSOSES | 55 |
| 3.3.3 CINTA TRASPORTADORA..... | 56 |
| 3.3.4 RODAMIENTOS..... | 57 |
| 3.3.5 CAPACIDAD DE TRASPORTE DE LA CINTA | 59 |
| 3.3.6 MOTOR ELECTRICO..... | 60 |
| 3.4 DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL | 67 |
| 3.4.1 ELEMENTOS EN EL PANEL DE MANDO..... | 67 |
| 3.5 IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROTOTIPO | 69 |
| 3.5.1 Flujo grama para el sistema automático. | 70 |
| 3.5.2 MATERIAL USADO EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN..... | 71 |
| 3.5.3 MATERIAL EMPLEADO EN LA ETAPA DE TAPADO..... | 72 |
| 3.5.4 MATERIAL EMPLEADO EN LA ETAPA DE ETIQUETADO | 73 |
| 3.5.5 MATERIAL USADO EN LA BANDA TRASPORTADORA..... | 75 |
| 3.5.6 ACOPLE MOTOR-RODILLO MOTRIZ..... | 76 |
| CAPÍTULO 4..... | 77 |
| 4 ADQUISICIÓN DE DATOS Y HMI | 77 |
| 4.1 Adquisición de datos y HMI | 77 |
| 4.1.1 Cuantificación y análisis de entradas/salidas | 79 |
| 4.1.2 SELECCIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (DAQ)... | 81 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.3 CUADRO COMPARATIVO ENTRE DAQ Y ARDUINO | 87 |
| 4.1.4 HMI | 87 |
| 4.1.5 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI | 88 |
| 4.1.6 Ajustes y pruebas | 96 |
| CAPÍTULO 5 | 99 |
| 5 GUÍA DE PRÁCTICAS | 99 |
| 5.1 FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICAS | 99 |
| 5.1.1 MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS | 99 |
| 5.1.2 ELEMENTOS NECESARIOS | 99 |
| 5.1.3 HERRAMIENTAS NECESARIAS | 100 |
| 5.2 PRÁCTICA No. 1 | 100 |
| 5.2.1 Objetivo | 100 |
| 5.2.2 Objetivos Específicos | 100 |
| 5.2.3 Equipo Requerido | 101 |
| 5.2.4 Procedimiento..... | 101 |
| 5.2.5 Cuestionario | 102 |
| 5.2.6 Funcionamiento Y Conclusiones..... | 103 |
| 5.2.7 Actividades Propuestas. | 103 |
| 5.3 PRÁCTICA No. 2 | 104 |
| 5.3.1 Objetivo | 104 |
| 5.3.2 Objetivos Específicos | 104 |
| 5.3.3 Equipo Requerido | 104 |
| 5.3.4 Procedimiento..... | 104 |
| 5.3.5 Cuestionario | 105 |
| 5.3.6 Funcionamiento Y Conclusiones..... | 106 |
| 5.3.7 Actividades Propuestas. | 106 |
| 5.4 PRÁCTICA No. 3 | 107 |
| 5.4.1 Objetivo | 107 |
| 5.4.2 Objetivos Específicos | 107 |
| 5.4.3 Equipo Requerido | 107 |
| 5.4.4 Procedimiento..... | 108 |
| 5.4.5 Cuestionario | 109 |
| 5.4.6 Funcionamiento Y Conclusiones..... | 109 |

| | |
|--|-----|
| 5.4.7 Actividades Propuestas. | 110 |
| 5.5 PRÁCTICA No. 4 | 110 |
| 5.5.1 Objetivo | 110 |
| 5.5.2 Objetivos Específicos | 111 |
| 5.5.3 Equipo Requerido | 111 |
| 5.5.4 Procedimiento..... | 111 |
| 5.5.5 Cuestionario | 112 |
| 5.5.6 Funcionamiento Y Conclusiones..... | 112 |
| 5.5.7 Actividades Propuestas. | 112 |
| 5.6 PRÁCTICA No. 5..... | 113 |
| 5.6.1 Objetivo | 113 |
| 5.6.2 Equipo Requerido | 113 |
| 5.6.3 Procedimiento..... | 114 |
| 5.6.4 Cuestionario | 115 |
| 5.6.5 Funcionamiento Y Conclusiones..... | 116 |
| 5.6.6 Actividades Propuestas. | 116 |
| 6 CAPÍTULO..... | 117 |
| 6.1 CONCLUSIONES | 117 |
| 6.2 RECOMENDACIONES..... | 118 |
| BIBLIOGRAFÍA | 119 |
| ANEXO 1 DIAGRAMA DE BLOQUES EN LABVIEW | 123 |
| ANEXO 2: DATOS TÉCNICOS BOMBA DOSIFICADORA | 124 |
| ANEXO 3: CARACTERISTICAS DE LOS PERFILES | 125 |
| ANEXO 4: PLANOS | 126 |
| ANEXO 5: MANUAL DE MANTENIMIENTO | 127 |
| ANEXO 6: GUIA DE USUARIO..... | 133 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Figura 1-1 Dosificador volumétrico..... | 3 |
| Figura 1-2 Dosificador tornillo sin fin | 4 |
| Figura 1-3 Dosificador a pistón | 4 |
| Figura 1-4 Dosificador por gravedad | 5 |
| Figura 1-5 Dosificador por medio de balanza multicabezal | 6 |
| Figura 1-6 Dosificador tornillo y balanza | 6 |
| Figura 1-7 Constitución de cilindro de doble efecto | 20 |
| Figura 1-8 Banda transportadora plana..... | 25 |
| Figura 1-9 Funcionamiento de sensor Reed | 29 |
| Figura 2-1 Esquema neumático del módulo | 31 |
| Figura 2-2 Diagrama de pasos | 32 |
| Figura 2-3 Esquema Electro neumático | 32 |
| Figura 2-4 Especificaciones y número de partes | 33 |
| Figura 2-5 Cilindro del sistema de tapado | 37 |
| Figura 2-6 Cilindro del sistema de tapado | 39 |
| Figura 2-7 Electroválvula 5/2 para accionamiento de todos los cilindros | 41 |
| Figura 2-8 UTM - FR con manómetro | 42 |
| Figura 2-9 Regulador de caudal unidireccional | 43 |
| Figura 2-10 Regulador de caudal de la bomba dosificadora | 44 |
| Figura 2-11 Racor recto 1/8 a 6mm..... | 44 |
| Figura 2-12 Silenciador | 45 |
| Figura 2-13 Tubería Azul Mantova | 46 |
| Figura 3-1 Características del tubo estructural de 5x2 | 50 |
| Figura 3-3 Estructura de la banda transportadora | 51 |
| Figura 3-2 Tubería estructural rectangular de 5x2..... | 51 |
| Figura 3-4 Factor de seguridad de la estructura | 52 |
| Figura 3-5 Características del tubo estructural de 2x2 | 53 |
| Figura 3-6 Tubería estructural cuadrada de 2x2..... | 53 |
| Figura 3-7 Estructura para sujeciones | 54 |
| Figura 3-8 Características de los rodillos de caucho | 55 |
| Figura 3-9 Rodillo..... | 55 |
| Figura 3-10 Elementos tensores | 56 |
| Figura 3-11 Cinta | 57 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3-12 Valores de la vida nominal del rodamiento | 58 |
| Figura 3-13 Rodamiento de bolas SKF | 59 |
| Figura 3-14 Diagrama de cortes y momentos en el eje xy..... | 63 |
| Figura 3-15 Diagrama de cortes y momentos en el eje xz..... | 64 |
| Figura 3-16 Motor de 12 VDC | 65 |
| Figura 3-17 Fuente de alimentación Altexk Atx | 67 |
| Figura 3-18 Panel de control | 68 |
| Figura 3-19 Sistema de Dosificación | 72 |
| Figura 3-20 Sistema de tapado | 73 |
| Figura 3-21 Sistema de etiquetado | 74 |
| Figura 3-22 Banda transportadora | 76 |
| Figura 3-23 Acople motor-rodillo | 76 |
| Figura 4-1 USB-6009 | 82 |
| Figura 4-2 Arduino mega 2560..... | 85 |
| Figura 4-3 Código LVIFA_Base | 87 |
| Figura 4-4 Nuevo proyecto en Labview | 88 |
| Figura 4-5 HMI en Labview | 89 |
| Figura 4-6 Paleta de herramientas | 90 |
| Figura 4-7 Paleta de controles | 90 |
| Figura 4-8 Paleta de funciones | 91 |
| Figura 4-9 Función arduino | 92 |
| Figura 4-10 Programa en Labview | 93 |
| Figura 4-11 Diagrama de bloques dosificación..... | 94 |
| Figura 4-12 Diagrama de bloques tapado | 95 |
| Figura 4-13 Diagrama de bloques etiquetado | 96 |
| Figura 5-1: Esquema Electro neumático práctica 1 | 102 |
| Figura 5-2: Diagrama de bloques en Labview práctica 1 | 102 |
| Figura 5-3: Diagrama de bloques en Labview práctica 2..... | 105 |
| Figura 5-4: Diagrama Electro neumático práctica 3..... | 108 |
| Figura 5-5: Diagrama de bloques en Labview práctica 3..... | 109 |
| Figura 5-6: Diagrama de bloques en Labview práctica 4..... | 111 |
| Figura 5-7: Diagrama Neumático práctica 5 | 114 |
| Figura 5-8: Diagrama Electro neumático práctica 5..... | 115 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Tipos de Sensores más comunes | 10 |
| Tabla 1-2: Partes constitutivas de cilindro | 20 |
| Tabla 1-3: Tamaños normalizados de cilindros y longitudes de carreras. | 21 |
| Tabla 1-4: Características del Sensor Omron..... | 27 |
| Tabla 2-1: Características Del Cilindro Sistema Tapado | 36 |
| Tabla 2-2: Selección Del Cilindro del Sistema de Tapado | 38 |
| Tabla 2-3: Características De Electroválvulas Seleccionadas | 40 |
| Tabla 2-4: Características De La UTM Seleccionada | 42 |
| Tabla 2-5: Selección Del Regulador De Caudal | 43 |
| Tabla 2-6: Selección Del Regulador De Caudal (Bomba Dosificadora) | 43 |
| Tabla 2-7: Selección Del Racor Recto | 44 |
| Tabla 2-8: Selección Del Silenciador..... | 45 |
| Tabla 2-9: Tubo De Poliuretano | 45 |
| Tabla 2-10: Caídas De Presión En Los Elementos Neumáticos | 46 |
| Tabla 3-1: Datos técnicos fuente de alimentación | 66 |
| Tabla 3-2: Determinación de elementos de panel de control..... | 68 |
| Tabla 3-3: Elementos necesarios para la etapa de Dosificación | 71 |
| Tabla 3-4: Elementos usados en la etapa de tapado | 72 |
| Tabla 3-5: Elementos usados para la etapa de etiquetado..... | 73 |
| Tabla 3-6: Material empleado en la banda transportadora. | 75 |
| Tabla 4-1: Entradas..... | 79 |
| Tabla 4-2: Salidas | 80 |
| Tabla 4-3: CARACTERISTICAS DE LAS ENTRADAS /SALIDAS | 80 |
| Tabla 4-4: Datos técnicos DAQ 6009 | 82 |
| Tabla 4-5: Datos técnicos del Arduino Mega 2560 | 85 |
| Tabla 4-6: DAQ vs. Arduino | 87 |
| Tabla 4-7: Prueba De Funcionamiento De Sensores | 97 |
| Tabla 4-8: Ajustes De Velocidad De Los Actuadores | 98 |

CAPÍTULO 1

1 Definiciones y Generalidades

1.1 Introducción

Como su nombre lo dice mecatrónica es la fusión tanto de la parte mecánica, como de la parte electrónica. No obstante, esto signifique que no intervengan otras más. Esta carrera es la conjugación de varias ramas de la ingeniería que dan como resultado un determinado proceso, cualquiera que este sea.

La ciencia ha ido evolucionando día a día y el estudiante debe estar relacionado con dichos cambios y que mejor manera de hacerlo mediante la práctica, es por eso que se incorpora en las universidades módulos didácticos que simulen diferentes procesos industriales.

La implementación de material didáctico en las instituciones educativas superiores conlleva estimular y generar destrezas en la manipulación de elementos que están presentes en las industrias, y de esta forma el estudiante podrá estar más relacionado con el medio.

Se ha visto la necesidad de la implementación de dicho módulo didáctico ya que servirá para un mejor aprendizaje y dominio de destrezas en la utilización de elementos que se encuentran presentes en la industria, ya que no se cuenta con una herramienta que cumpla con la funcionalidad con la que dispone el módulo didáctico.

1.2 Definiciones

A continuación se va a describir los elementos que intervienen en el funcionamiento de los módulos didácticos, así como también se describe cuáles de éstos son los constitutivos de dichos módulos.

1.2.1 Dosificación

“El principio de una dosificación es controlar la concentración de los productos agregados y asegurar la mezcla homogénea en un producto final. Los

dosificadores son dispositivos usados para controlar el despacho de un producto en cantidades precisas.”¹

1.2.2 Historia de las máquinas dosificadoras

Los hermanos Hyatt decidieron realizar la construcción de la primera máquina dosificadora en el año de 1872, el impacto que su invención iba a revolucionar en la industria y en la sociedad.

El primer dosificador estaba compuesto por un pistón que contenía en el interior de la cámara derivados celulósicos fundidos y su accionamiento era realizado de forma manual. Su diseño era similar a los métodos para conseguir piezas metálicas. Vario años más tarde Foster Grant en el año de 1934 construyó la primera máquina de dosificación hidráulica, la cual requería de moldes más grandes que aumenten la productividad y sean mucho más resistentes.

En la actualidad algunas compañías se encuentran dedicadas a la fabricación de máquinas de dosificación, enfocadas a la automatización de dichas máquinas y que cuentan con los equipos de dosificación para productos de acuerdo a los requerimientos de la industria ya sea cosmética, alimenticia y química, que son las más comunes.

1.2.3 Tipos de Dosificadores de uso más común

“Los equipos de envasado, no manuales, utilizan distintos tipos de dosificadores dependiendo del producto que se trabaje. La función del dosificador es fraccionar de forma precisa y autónoma el producto a envasar. Aquí se describe los dosificadores de uso más común, pero puede existir, el uso combinado de éstos o alguno diseñado específicamente para un requerimiento en particular.”²

¹ BSATA. *Instrumentation et automation des procedes industriéis*. Saint Laurent: Le Griffond'arglle.

² Ailén. ((2009)). *Industrias Ailén*. Recuperado el 10 de 05 de 2014, de <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

1.2.3.1 Dosificador Volumétrico

Radica en una tolva que acopia el producto o material que se va a envasar, además de cierta cantidad de vasos telescópicos con la cantidad exacta de producto a suministrar en uno de los envases. La alimentación de la tolva puede correr por parte de un obrero o automáticamente por medio de un elevador. El número de vasos a utilizar depende estrictamente del producto a dosificar así como también de las dimensiones que tiene la bolsa. Con este dosificador se puede envasar productos sólidos homogéneos tales gramíneas, confites, azúcar, sal, etc.



Figura 1-1 Dosificador volumétrico

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>²

1.2.3.2 Dosificador Tornillo sin Fin

Cuenta con una tolva de la misma manera que el dosificador volumétrico esta puede ser alimentado de forma automática o manual. En el interior de la tolva está instalado un tornillo sin fin el cual es comandado por la envasadora. El número de vueltas que el tornillo sin fin gira dicta la cantidad de productico a suministrar, dependiendo del tipo de producto que se va a suministrar así como del envase. Este dosificador tiene la capacidad de envasar productos en polvo como especias, harinas, etc.



Figura 1-2 Dosificador tornillo sin fin

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>²

1.2.3.3 Dosificador a Pistón

Está diseñado para envasar productos semilíquidos y líquidos. Consta de una o más cámaras herméticas donde ingresara una cantidad de líquido y mediante el accionamiento de uno o más pistones, el líquido es empujado de la cámara y pasado a la boquilla que se ubica en el interior del envase. Con este tipo de dosificador se puede envasar líquidos densos o viscosos tales como mermeladas, yogurt, salsas, shampoo, etc.

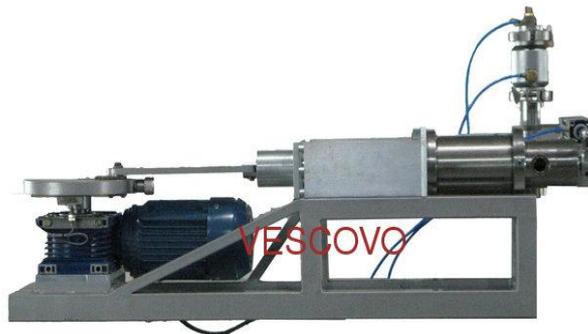


Figura 1-3 Dosificador a pistón

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>²

1.2.3.4 Dosificador por Gravedad

Dispone de un tanque de almacenamiento para el líquido y a su vez este es alimentado por otro tanque el cual contienen en su interior un flotador que permite el ingreso del líquido y mantener un nivel casi constante.

Tiene una válvula de paso ubicada en el inferior del tanque la cual se activa en el momento exacto permitiendo el paso del producto. Sirve para envasar únicamente líquidos de baja viscosidad como agua, jugos, vinos, etc.



Figura 1-4 Dosificador por gravedad

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>²

1.2.3.5 Dosificador por Medio de Balanza Multicabezal

Se lo utiliza para dosificar rápida y exactamente productos homogéneos y no homogéneos. El suministro de alimentación de producto debe realizarse de forma automática por medio de un elevador debido a la gran velocidad del dosificador. Cuenta con varios recipientes donde se aloja el producto a envasar, éstos a su vez tienen en su interior celdas de cargas que miden el peso de cada recipiente. Mediante la combinación del peso de los recipientes se encuentra el peso deseado y se procede a llenar el envase, es por ello que cada recipiente es de menor peso que el envase. Sirve para envasar todo tipo de legumbres, confites, snacks, golosinas, tornillos, etc.



Figura 1-5 Dosificador por medio de balanza multicabecal

Fuente: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>²

1.2.3.6 Dosificador Tornillo y Balanza

Sirve para el envasado de polvos difíciles de fluir, como su nombre lo indica es una mezcla de tornillo y balanza. El tornillo empieza su funcionamiento y va depositado el producto sobre una celda de carga, la cual compara el peso con el peso requerido, de forma inmediata el tornillo dejará de girar. De esta manera el dosificado es exacto, con un margen de error muy pequeño.



Figura 1-6 Dosificador tornillo y balanza

Fuente:

<http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>²

1.2.4 Tabla Comparativa de los Tipos de Dosificadores

A continuación se presenta una tabla comparativa con los diferentes tipos de dosificadores mencionados anteriormente.

Tabla 1-1: Tipos de dosificadores

| TIPO | PRODUCTO A DOSIFICAR | SUMINISTRO DE ENERGIA |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Volumétrico | Pastas, granos, azúcar | Eléctrica |
| Tornillo sin Fin | Polvos, harinas | Eléctrica |
| A pistón | Líquidos, miel, mermeladas | Electro/Neumático |
| Por gravedad | Líquidos de baja viscosidad | Ninguno |
| Balanza Multicabezal | Confites, golosinas, legumbres | Eléctrica |
| Tornillo y Balanza | Productos en polvo | Eléctrica |

Teniendo en cuenta los parámetros mostrados en la Tabla 1-1, se determina que el tipo de dosificador que es idóneo para el módulo didáctico es el dosificador a pistón. Ya que se pretende dosificar agua además de que las características se acoplan a los requerimientos de señal necesarios para realizar el control de dicho dosificador.

1.2.5 Tarjeta de Adquisición de Datos (Daq)

“La adquisición de datos (Data Acquisition) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema de este tipo debe constar de sensores, hardware de medición de adquisición de datos y una computadora con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las computadoras estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.”³



Figura 1-7 Partes de un sistema DAQ

1.2.5.1 Acondicionamiento de Señales

“Las señales físicas que captan los sensores del medio exterior en algunos casos son ruidosas o existe riesgo de peligro para medirlas de forma directa. Esta señal es acondicionada para luego ser entrada a un convertidor análogo digital (ADC). Este circuito puede incluir amplificación, atenuación, filtrado y aislamiento. Algunos dispositivos DAQ incluyen acondicionamiento de señales integrado diseñado para medir tipos específicos de sensores.”³

1.2.5.2 Convertidor Analógico Digital (ADC)

“Las señales analógicas de los sensores deben ser convertidas en digitales antes de ser manipuladas por el equipo digital como una PC. Un ADC es un chip que proporciona una representación digital de una señal analógica en un instante de tiempo. En la práctica, las señales analógicas varían continuamente

³ ADQUISICIÓN DE DATOS. (2014). National Instruments.com Recuperado el 09 ,2014 de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

con el tiempo y un ADC realiza "muestras" periódicas de la señal a una razón predefinida. Estas muestras son transferidas a una PC a través de un bus, donde la señal original es reconstruida desde las muestras en software.”³



Figura 1-8 Tarjeta de adquisición de datos

Fuente: <http://learnification.wordpress.com/20P11/06/26/the-da-q-ness-monster/>

1.2.6 Sensores

“Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

- Sensores internos: sensores integrados en la propia estructura mecánica del robot, que dan información del estado del robot: fundamentalmente de la posición, velocidad y aceleración de las articulaciones.
- Sensores externos: dan información del entorno del robot: alcance, proximidad, contacto, fuerza, etc. Se los puede utilizar para guiado de robots, para identificación y manipulación de objetos.”⁴

Tabla 1-2: Tipos de Sensores más comunes

| Sensor | Fenómeno |
|---|---------------------------|
| Termopar, RTD, Termistor | Temperatura |
| Fotosensor | Luz |
| Micrófono | Sonido |
| Galga Extensiométrica, Transductor Piezoeléctrico | Fuerza y Presión |
| Potenciómetro, LVDT, Codificador Óptico | Posición y Desplazamiento |
| Acelerómetro | Aceleración |
| Electrodo Ph | pH |

Fuente: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

1.2.6.1 Descriptores Estáticos de un Sensor

“Los descriptores estáticos sirven para precisar el comportamiento de un sensor de una forma en régimen:

- Resolución: Es la cantidad de medida más pequeña que se pueda detectar.
- Rango: valores máximos y mínimos para las variables de entrada y salida de un sensor.

⁴ **SENSORES, MONOGRAFÍAS.COM .Recuperado el 09, 2014 de <http://isavillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/05/neumatica.pdf>**

- Exactitud: la desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida. El mayor error esperado entre las señales medida e ideal.
- Repetitividad: la capacidad de reproducir una lectura con una precisión dada.
- Reproducibilidad: tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se debe utilizar cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
- Error: es la diferencia entre el valor medido y el valor real.
- No linealidades: la desviación de la medida de su valor real, supuesto que la respuesta del sensor es lineal. No-linealidades típicas: saturación, zona muerta e histéresis.
- Sensibilidad: es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada.
- Excitación: es la cantidad de corriente o voltaje requerida para el funcionamiento del sensor.
- Estabilidad: es una medida de la posibilidad de un sensor de mostrar la misma salida en un rango en que la entrada permanece constante.
- Ruido.”⁴

1.2.6.2 Descriptores Dinámicos de un Sensor

- “- Tiempo de retardo: t_d , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el 50% de su valor final.
- Tiempo de subida: t_r , es el tiempo que tarda la salida del sensor hasta alcanzar su valor final. => velocidad del sensor, es decir, lo rápido que responde ante una entrada.
- Tiempo de pico: t_p , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el pico máximo de su sobre oscilación
- Pico de sobre oscilación: M_p , expresa cuanto se eleva la evolución temporal de la salida del sensor respecto de su valor final.

- Tiempo de establecimiento: t_s , el tiempo que tarda la salida del sensor en entrar en la banda del 5% alrededor del valor final y ya no vuelve a salir de ella.”⁴

1.2.7 Neumática

“La neumática es la técnica que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido. En la actualidad, en la automatización de los distintos campos de fabricación, así como en los procesos de ensamblado y empaquetado de productos, es común la utilización de esta técnica para llevar a cabo estos procesos.”⁵

1.2.7.1 Aire Comprimido

“El aire comprimido que se emplea en la industria procede del exterior. Se comprime hasta llegar a una presión determinada, con respecto a la presión atmosférica, y toma el nombre de presión relativa. El aire va a contener impurezas que deben ser eliminadas previo uso.”⁵

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión atmosférica} + \text{Presión relativa}$$

1.2.7.2 Propiedades del Aire Comprimido

El aire comprimido en la industria brinda ciertas ventajas, y características tales como:

1. *Disponibilidad*: Toda instalación industrial cuenta con suministro centralizado de aire comprimido, estando distribuido por todo lugar y en cantidades ilimitadas, de la misma manera que se puede utilizar compresores portátiles si se requiere aire comprimido en lugares donde la red centralizada no llega.
2. *Almacenamiento*: Si se requieren grandes cantidades de aire comprimido este puede ser almacenado en tanques e ir extrayéndose a medida que se requiera su utilización. Los tanques o depósitos a su vez pueden ser móviles.

⁵ Neumática. Scribd.com; Carlos Antonio Sánchez. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/214841090/Neuma-Tica>.

3. *Transporte*: El aire comprimido puede ser conducido a través de grandes distancias por medio de tuberías.

4. *Temperatura*: El aire comprimido no sufre oscilaciones de temperatura. Lo cual brinda tranquilidad en las operaciones, aun cuando se den condiciones extremas.

5. *Diseño y Control*: Los dispositivos neumáticos son de fácil montaje y configuración, para configuración sencilla y se montan fácilmente para proveer sistemas autónomos grandes con un control moderadamente fácil de desarrollar.

6. *Selección del Movimiento*: El movimiento puede realizarse de forma tanto lineal como de rotación angular, sus velocidades de funcionamiento vienen preestablecidas como fijas y continuamente variables; pudiéndose éstas, regular con facilidad.

7. *Velocidad del Movimiento*: El aire comprimido permite alcanzar altas velocidades de trabajo.

8. *Economía*: La instalación, así como sus componentes de un sistema de aire comprimido tienen un costo moderadamente bajo, pero debido a la larga vida útil de esos su mantenimiento es un poco costoso.

9. *Fiabilidad*: La larga vida útil de los dispositivos neumáticos garantiza una alta fiabilidad en el uso de sistemas neumáticos, esto se debe a que el aire comprimido es bajamente erosivo.

10. *Resistencia al Entorno*: Un sistema neumático tiene la capacidad de trabajar correctamente en un ambiente laboral hostil como altas temperaturas, polvo, corrosión.

11. *Seguridad de Trabajo*: Al no generar calor los actuadores neumáticos no hay peligro de incendios o sobre cargas ya que estos se detienen. Es por eso que el aire comprimido es seguro al no haber la posibilidad de explosiones o incendios.

Aplicaciones industriales con sistemas neumáticos:

- Empacado
- Llenado
- Tapado
- Conteo
- Sellado
- Control de puertas
- Transferencia de objetos
- Giro de partes
- Clasificación de materiales
- Apilamiento de materiales

1.2.7.3 Compresores

Son máquinas que generan aire comprimido para realizar trabajo en un sistema neumático, un compresor incrementa la presión del aire que es aspirado de la atmósfera. Estos deben ser instalados en un lugar fresco, libre de humedad y polvo. En su funcionamiento intervienen dos magnitudes:

- La presión.
- El caudal.

Tipos de compresores:

- Volumétricos
- Dinámicos

Los compresores volumétricos elevan la presión de un gas reduciendo el volumen en el cual estos están contenidos.

Estos pueden ser:

Alternativos: están establecidos por un mecanismo biela-manivela mezclado con pistones y cilindros.

Rotativos: una rueda de paletas es la encargada de empujar el aire a una cámara.

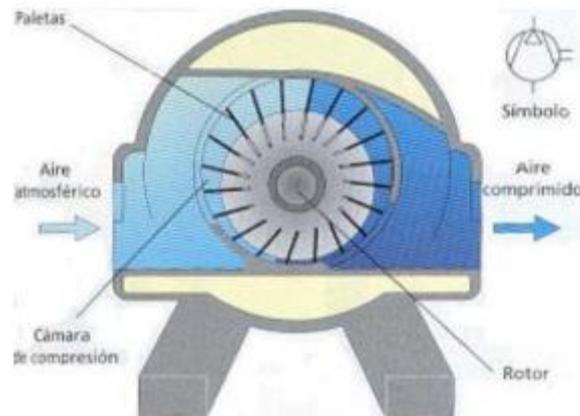


Figura 1-9 Compresor rotativo de paletas

Fuente: <https://4esoneumaticaehidraulica.wordpress.com/produccion-de-energia-neumatica/>

1.2.7.4 Acondicionamiento y Tratamiento del Aire Comprimido

“En toda instalación neumática se hace necesario tratar el aire por varias circunstancias, no necesariamente ajenas a la propia instalación. El aire atmosférico lleva consigo partículas nocivas para los dispositivos de la instalación neumática. El compresor lleva filtros previos, pero no depura el aire. Además, el aire también tiene cierta cantidad de vapor de agua, que puede llegar a condensar y es necesario evacuar (purgar), si no, los componentes mecánicos del circuito pueden sufrir una oxidación, además del desgaste por otras partículas. Otro aspecto muy importante es que los actuadores pueden llegar a ensuciar el circuito, ya que son los componentes que enlazan el circuito con el exterior. En el desplazamiento del vástago de un cilindro, en la carrera de retorno puede traer consigo partículas del exterior (polvo, virutas, etc.) e introducir las en el interior del cilindro. Ocurrido esto, se puede considerar que el aire del circuito queda contaminado. Los cilindros están dotados de juntas rascadoras para evitar este suceso, pero cuando el cilindro no es nuevo, la

junta pierde eficacia por desgaste. Con esto queda claro la importancia de un buen tratamiento del aire, para evitar desgastes y corrosiones de los componentes. Una vez que el aire ha superado al compresor, comienza la etapa de acondicionamiento industrial, entendiéndose por esto, los procesos a que debe ser sometido para que pueda ser utilizado sin ningún riesgo mecánico ni químico, consiguiendo las prestaciones deseadas.”⁶

1.3 Módulos Didácticos

Es un material didáctico o multimedia interactivo capaz de contener todos los elementos que son necesarios para el aprendizaje de conceptos y destrezas de una manera práctica y metódica a estudiantes y personal de planta en las áreas de Instrumentación, neumática, sistemas de control, mecanismos, automatización industrial, entre otras, las cuales deben ser de un amplio campo de aplicación en cuanto a la automatización de los variados procesos de las actividades industriales de la actualidad al ritmo del estudiante y sin el elemento presencial del instructor.



Figura 1-10 Modulo Didáctico de Neumática

Fuente: http://www.microautomacion.com/capacitacion/micro_serie_didacto_v11.pdf

⁶ Buenache V. Alejandro J. (2010). *TECNOLOGÍA NEUMÁTICA: TEORÍA, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES Y CIRCUITOS PARA LA DOCENCIA INTERACTIVA VÍA WEB*. Tesis, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid.

1.3.1 Elementos que lo Constituyen

Los módulos didácticos deben estar constituidos por elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos, electro neumáticos, de control, entre otros, que en conjunto puedan cumplir funciones específicas, emulando procesos industriales en un tamaño compacto pero sin perder su funcionalidad.

A continuación se describe los elementos que intervienen en el módulo.

1.3.1.1 Bomba Dosificadora

“Bombas dosificadoras Serie VPA, son autocebantes, bombas de desplazamiento positivo accionadas por aire diseñadas para cantidades precisas en metros de líquidos. La precisión de la repetitividad de descarga es de aproximadamente 1/2 de 1%. Los cuatro tamaños de bombas disponibles tienen una capacidad de entrega de carrera máxima de 7 onzas líquidas. Uso de la parada de límite estándar, la bomba se puede ajustar para entregar porciones más pequeñas de su capacidad declarada.”⁷

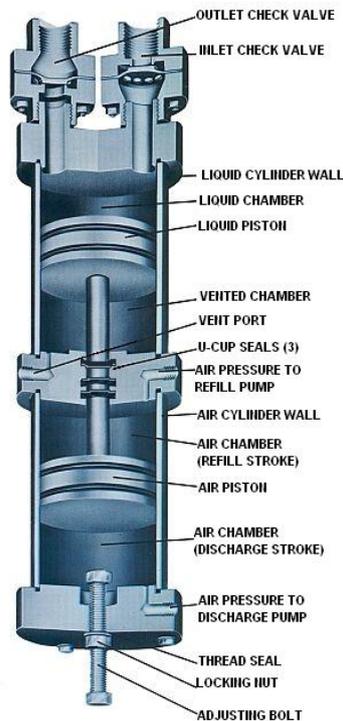


Figura 1-11 Bomba dosificadora y de llenado

Fuente: <http://www.plastomatic.com/pomespanol23.pdf>

⁷ Bombas dosificadoras de químicos neumáticas. *PLASTOMATIC.com*. Recuperado el 09, 2014 de <http://corporacionabl.com/plast-o-matic/bombas-dosificadoras-de-quimicos-neumaticas-plastomatic>

Ventajas

- Resistente a la corrosión, construcción todo de plástico.
- Autocebante.
- Repetibilidad con margen de error de - 0,5 por ciento.
- Ciclo de vida largo.
- Diseño de seguridad con ventilación a prueba de tintorería patentado.

1.3.1.2 Unidad de Mantenimiento FR (Filtro, Regulador)

“También se lo conoce como filtro regulador, esta unidad tiene por función, principal mantener una presión de trabajo estable; también la de filtrar partículas de suciedad como polvo o condensados que pueden llegar a dañar o corroer internamente los elementos neumáticos, con ello se pretende extender la vida útil de los elementos de trabajo sin que existan esfuerzos internos.”⁸

1.3.1.3 Filtros

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. En los procesos de automatización neumática se tiende cada vez a miniaturizar los elementos (problemas de espacio), fabricarlos con materiales y procedimientos con los que se pretende el empleo cada vez menor de los lubricadores. Consecuencia de esto es que cada vez tenga más importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización.

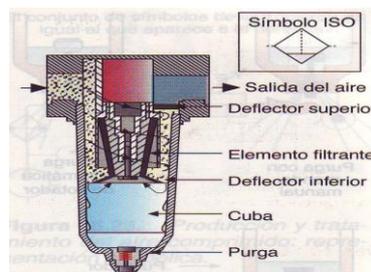


Figura 1-12 Filtro neumático

Fuente: www.solomantenimiento.com

⁸ Automatización Industrial. <http://industrial-automatica.blogspot.com/> , Recuperado 01,09,2010 de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>

1.3.1.4 Reguladores

“El funcionamiento de este componente se basa en el equilibrio de fuerzas sobre una membrana o pistón que soporta sobre su parte la tensión de un resorte la cual varía a voluntad por medio de un tornillo de accionamiento manual por perilla.”⁹

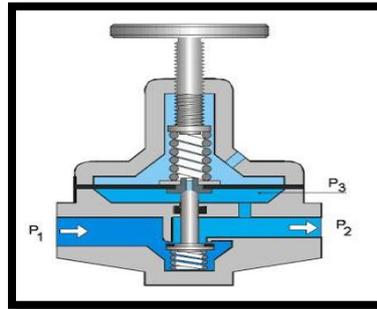


Figura 1-13 Regulador Estándar

Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/>

1.3.1.5 Cilindros Neumáticos

Son los dispositivos de trabajo lineal, ya sea de avance o retroceso para un determinado proceso, como es el caso de requerir ejercer presión sobre un determinado objeto, la detención del avance de algo.

1.3.1.5.1 Cilindros de simple efecto

A estos cilindros se los denomina de esta forma debido a que tienen una sola entrada de aire, por lo tanto únicamente pueden realizar el trabajo de avance, el retorno se lo realiza por el accionamiento del resorte o muelle que se encuentra en la parte interna del cilindro.

1.3.1.5.2 Cilindros de doble efecto

Los cilindros de doble efecto disponen de dos entradas de aire, para así de esta manera poder controlar las acciones tanto de avance como el retroceso, para este caso se requiere de una electro válvula quien es la encargada del accionamiento y direccionamiento del aire comprimido.

⁹ Automatización Industrial. <http://industrial-automatica.blogspot.com/> , Recuperado 01,09,2010 de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>

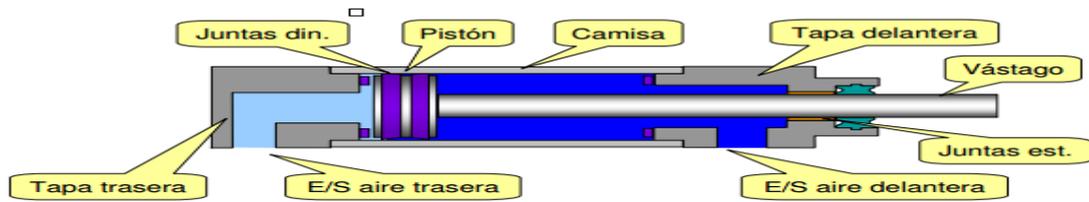


Figura 1-74 Constitución de cilindro de doble efecto

Fuente:

<http://personales.unican.es/rene/doc/Trasperecias%20WEB/Trasp%20Neu/T12%20CLINDROS%20OK.pdf>

Tabla 1-3: Partes constitutivas de cilindro

| #NUMERO | PARTE |
|---------|------------------------|
| 1 | Culata delantera |
| 2 | Culata trasera |
| 3 | Camisa |
| 4 | Vástago |
| 5 | Pistón |
| 6 | Sello de vástago |
| 7 | Sello de pistón |
| 8 | Rosca |
| 9 | Imán |
| 10 | Anillo |
| 11 | Cojín de amortiguación |
| 12 | Sello de fin |

Fuente: Manual de usuario CHANTO

A continuación se presenta la **Tabla 1-3** con los tamaños normalizados de cilindros, fuerza y longitudes de carreras.

Tabla 1-4: Tamaños normalizados de cilindros y longitudes de carreras.

| Ø VASTAGO [mm] | Ø EMBOLO [mm] | FUERZA NETA [N] a P=6 bar | LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS [mm] |
|-------------------|------------------|------------------------------|---|
| — | 6 | 15 | 10, 25, 40, 80 |
| 4 | 12 | 60 | 10, 25, 40, 80, 140, 200 |
| 6 | 16 | 106 | 10, 25, 40, 80, 140, 200, 300 |
| 10 | 25 | 260 | 25, 40, 80, 140, 200, 300 |
| 12 | 35 | 509 | 70, 140, 200, 300 |
| 16 | 40 | 665 | 40, 80, 140, 200, 300 |
| 18 | 50 | 1039 | 70, 140, 200, 300 |
| 22 | 70 | 2037 | 70, 140, 200, 300 |
| 25 | 100 | 4156 | 70, 140, 200, 300 |
| 30 | 140 | 8146 | 70, 140, 200, 300 |
| 40 | 200 | 16625 | 70, 140, 200, 300 |
| 50 | 250 | 25977 | 70, 140, 200, 300 |

Fuente: TECNOLOGÍA NEUMÁTICA: TEORÍA, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES Y CIRCUITOS PARA LA DOCENCIA VÍA WEB, ALEJANDRO JESÚS BUENACHE VEGA .TABLA 2.4

1.3.1.6 Elementos de regulación y control

La presión y el caudal del aire comprimido, se controlan mediante la utilización de los diferentes tipos de válvulas que controlan los elementos motrices u operativos del sistema.

Las válvulas se clasifican como:

- Válvulas de dirección del flujo: Seleccionan la ruta por donde se dirige el flujo de aire comprimido.

- Válvulas anti-retorno: permiten que el aire fluya en un solo sentido, quedando restringido su paso en el sentido contrario.
- Válvulas de regulación de presión y caudal: sirven para regular y estabilizar la presión y el flujo de caudal.

1.3.1.6.1 Válvulas direccionales o distribuidoras

Estas válvulas se definen según sus características:

- El número de vías u orificios que tenga la válvula, tanto como de entrada de aire comprimido, como de salida.
- El número de posiciones: Una posición define el estado de trabajo y la otra el estado de reposo. Aunque existen otras válvulas con más de dos posiciones.

En conclusión la identificación de las válvulas de dirección se define según el número de vías y por el número de posiciones. Como por ejemplo una válvula 2/2 significa que se dispone de dos vías y de dos posiciones.

Válvula 2x2

Estas son válvulas normalmente cerradas en su posición inicial de reposo.

Válvula 3x2

Es una válvula normalmente cerrada en posición de reposo. Se utiliza comúnmente para el accionamiento de cilindros de simple efecto.

Válvulas 4x2

Tiene las mismas funciones de dos válvulas 3x2 fusionadas. Con este tipo de válvula podemos comandar cilindros de doble efecto.

Válvulas 5x2

Son las más utilizadas en el mercado, se las utiliza para comandar un cilindro de doble efecto.

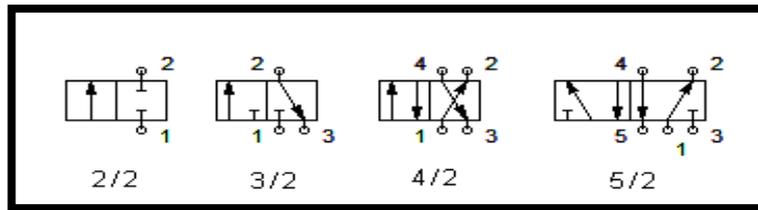


Figura 1-15 Representación de válvulas distribuidoras

Fuente: FESTO FLUIDSIM.

1.3.1.6.2 Válvulas de bloqueo

Este tipo de válvulas se accionan ante determinadas condiciones; teniendo la capacidad de permitir o cerrar el paso del aire comprimido según se hayan establecido las condiciones anteriores en el circuito. En este tipo de válvulas se puede encontrar:

- Anti retorno
- De simultaneidad
- Selectoras
- De escape.

1.3.1.6.3 Válvulas de presión

Están relacionadas directamente con los valores de presión o también pueden estar limitadas al valor de la presión del aire en un instante determinado. Pudiendo ser:

- Regulador de presión con o sin orificio de escape.
- Válvula limitadora de presión.
- Válvula de secuencia

1.3.1.7 Válvulas de caudal

Estas intervienen directamente sobre la cantidad de aire comprimido que circula y se regula en ambos sentidos del flujo de aire.

1.3.1.8 Válvulas de cierre

Abren o cierran el flujo de aire comprimido al todo o nada.

1.3.1.9 Bandas Transportadoras

“La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las bandas transportadoras.”¹⁰

Existen varios tipos de cintas como son: Cintas con rodillos, cintas con ruedas, cintas con cadenas, cintas con listones, Cintas aéreas de carros, cintas por cable enterrado, cintas de carro sobre raíles; aquí se describe el tipo Cintas planas que es el que se presenta en el módulo.

1.3.1.9.1 Ventajas del Uso de Bandas Transportadoras

Una de las principales ventajas que nos proporcionan las bandas transportadoras es el brindar un movimiento continuo que para el caso del módulo didáctico servirá para transportar los envases por los diferentes sistemas que conforman el módulo.

Las ventajas del uso de una cinta transportadora son:

- ✓ Permiten el transporte de materiales a gran distancia.
- ✓ Se adaptan al terreno.
- ✓ Tienen una gran capacidad de transporte.
- ✓ Permiten transportar una variedad grande de materiales.
- ✓ Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado.
- ✓ Se puede desplazar.
- ✓ No altera el producto transportado.

1.3.1.9.2 Cintas Planas

Este tipo de cintas es la que se ajusta a los requerimientos para la implementación del módulo didáctico.

¹⁰ CINTAS TRANSPORTADORAS EN AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN; Fabio Gómez-Estern. Recuperado el 11 ,2012 de www.esi2.us.es/~fabio/cintas.pdf.

Este tipo de cintas tienen la capacidad de transportar pallets, piezas, materiales en masa. El material a transportar se coloca en la superficie de la cinta para cumplir con el recorrido a través de esta. La cinta se soporta en una estructura metálica y por rodillos. En un extremo de la cinta se encuentra el rodillo motor quien es el encargado de generar el movimiento, mientras que al otro extremo se encuentra el rodillo tensor el cual regula la holgura de la cinta.



Figura 1-86 Banda transportadora plana

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-free/flat-conveyor-conveyor-belt-513092736.html>

1.3.1.9.3 Partes constitutivas

Las cintas planas son las más utilizadas en la industria por su versatilidad en el transporte de materiales y están constituidas por los siguientes elementos:

1.3.1.9.3.1 Cinta

Este es el elemento más necesario debido a que este trasmite el movimiento y es donde se va a colocar el material a trasportar.

La cinta debe ser de un material resistente capaz de resistir la corrosión del agua que es la principal materia a ser dosificada.

Para ello se ha seleccionado una lona vulcanizada que ofrece propiedades de resistencia tanto a la tracción como al agua.

1.3.1.9.3.2 Rodillos

Son los encargados de la transmisión del movimiento del motor hacia la cinta; generalmente una cinta cuenta con dos tipos de rodillos, que son un motriz y uno de tensión, el material más idóneo del que están compuestos es de goma para una mejor tracción al momento de hacer contacto con la cinta y transmitir el movimiento.

1.3.1.9.3.3 Rodamientos

“Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, sirviéndole de apoyo y facilitando su desplazamiento.

Los rodamientos son piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, para facilitar la ejecución de rigurosos tratamientos térmicos y obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga. El material se suele endurecer en un rango de 58 a 65 en la escala Rockwell para darle capacidad de resistir una alta tensión debida al contacto.”¹¹

1.3.1.9.3.4 Estructura

La estructura debe ser rígida. No se debe deformar ni curvarse debido a las fuerzas a las que está sometida, por la tensión de la cinta, el peso de los envases a transportar, etcétera. Sin una estructura rígida, sería casi imposible guiar la cinta transportadora con métodos convencionales y evitar que se desplace durante condiciones de funcionamiento variables (sin carga/carga parcial/plena carga).

1.3.1.9.3.5 Tensores de banda

Son mecanismos de tensado que tienen la función de mantener un contacto ideal entre la cinta y el eje motriz, además de conservar una tensión constante en la etapa de arranque.

1.3.2 Sensores

Los sensores son dispositivos que captan una señal física externa es decir que está en el ambiente. Para luego convertirlas en señales eléctricas.

Los sensores a utilizar son de tipo magnéticos REED y Foto eléctricos.

¹¹ **RODAMIENTOS. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela. Recuperado de <http://www.slideshare.net/carolinazanazzi/rodamientos-presentation>**

1.3.2.1 Sensor Fotoeléctrico de Reflexión

Son dispositivos electrónicos los cuales consisten en un diodo emisor infrarrojo y dispositivo receptor el cual capta la luz proyectada por el primero dentro del campo de visión del sensor. Se los utiliza para detección y posicionamiento de un determinado objeto.

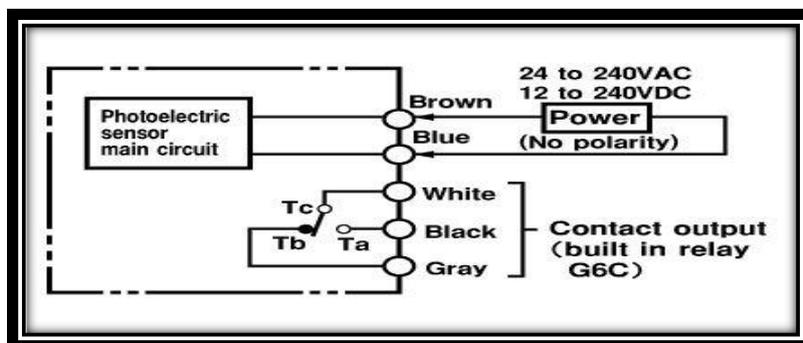


Figura 1-17 Esquemático sensor fotoeléctrico

Fuente: <http://www.ia.omron.com/product/item/e3jk1016f/>¹²

Tabla 1-5: Características del Sensor Omron.

| | |
|---------------------------------------|---|
| Sensing method | Retro-reflective with M.S.R. function |
| Sensing distance | 0 m to 2.5 m (When using the E39-R1) |
| Standard sensing object | Opaque 75 mm dia. Min. |
| Directional angle | Sensor:1 to 5 DEG Reflector:40 DEG Min. |
| Light source | Red LED (Emission wave length: 660nm) |
| Power supply voltage | 12 to 240 VDC -10% to 10% (ripple(p-p) :10% Max.) 24 to 240 VAC -10% to 10% |
| Power consumption | 2W DC Max. 2W AC Max. |
| Control output (Output type) | Relay output |
| Control output (Load current) | 0 to 3 A |
| Life expectancy (relay output) | Electrical: 100 thousand times or more (switching frequency 1800 times/hour) Mechanical: 50 million times or more (switching frequency 18000 times/hour) |
| Operation mode | Light-ON |
| Load power supply voltage | 5 VDC Min. 250 VAC Max. |

¹² FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. <http://www.fairchildsemi.com/>. Recuperado de <http://www.fairchildsemi.com/ds/QR/QRD1114.pdf>

| | |
|---|---|
| Response time | 30ms Max. |
| Ambient illuminance | Incandescent lamp:3000 lux Max. |
| Ambient temperature | Operating: -25 to 55 °C Storage: -30 to 70 °C (with no icing or condensation) |
| Ambient humidity | Operating: 45 to 85%RH Storage: 35 to 95%RH (with no condensation) |
| Insulation resistance | 20 M OHM Min. at 500 VDC between charged parts and the case |
| Dielectric strength | 1500 VAC at 50/60 Hz for 1 minute between charged parts and the case |
| Vibration resistance | 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y, and Z directions |
| Shock resistance | 500m/s ² for 3 times each in X, Y, and Z directions |
| Degree of protection | IEC60529: IP64 |
| Applicable standard (EC Directive (Low Voltage Directive)) | EN60947-5-2 |
| Applicable standard (EC Directive (EMC)) | EMI: EN60947-5-2 Emission Enclosure: EN55011 Group 1 class A EMS: EN60947-5-2 Immunity ESD: IEC61000-4-2 Immunity RF-interference: IEC61000-4-3 Immunity Burst: IEC61000-4-4 |
| Conformed standard (EC Directive (CE marking)) | Equipped |
| Applicable standard (CCC mark) | Equipped |
| Connection method | Pre-wired models (Cable length: 2 m) |
| Indicator | Light indicator(red) |
| Weight (packed state) | Approx. 250 g |
| Material (case) | ABS |
| Material (lens) | Methacrylate resin |
| Material (mounting bracket) | Iron |
| Accessories | Instruction manual, Mounting bracket(with screws), Nut, Reflector |

Fuente: Manual Omron.

1.3.2.2 Interruptores magnéticos (principio reed).

El contacto se da por efecto de un campo magnético, el principio Reed permite dejar de lado problemas de desgaste de los contactos por arco voltaico, porque aquí la conexión se produce en una cápsula donde se ha hecho vacío y esto imposibilita la transformación de un arco. El proceso de contacto se produce por acción de un campo magnético.

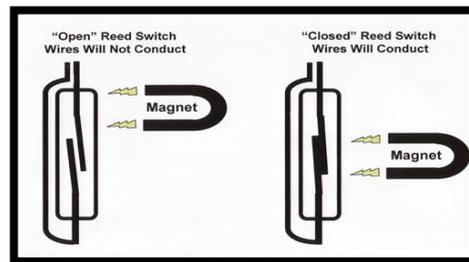


Figura 1-9 Funcionamiento de sensor Reed

Fuente: <http://www.chicagosensor.com/index.html> ¹³



Figura 1-19 Sensor REED

1.3.2.3 Motor DC

También es conocido como motor de corriente directa, este tiene por función convertir la energía eléctrica en energía mecánica, lo cual genera movimiento rotatorio. Estos motores también son empleados en la construcción de servomotores y motores a pasos. El movimiento es producido por la acción del campo magnético.

¹³ Chicago Sensor. <http://www.chicagosensor.com/index.html> .Recuperado el 12, 2010 de <http://www.chicagosensor.com/HowFloatSwitchesWork.html>



Figura 1-20 Motor DC

CAPÍTULO 2

2 Dimensionamiento Neumático

En este capítulo se presenta la selección y dimensionamiento del equipamiento neumático y electro neumático que va a intervenir en el sistema de envasado, tapado.

2.1 Diseño Neumático del Módulo Didáctico

El esquema neumático de control de la bomba dosificadora y de los cilindros se presenta de la siguiente manera. Tanto los cilindros neumáticos, así como la bomba dosificadora son comandados por electroválvulas 5/2(cinco vías, dos posiciones), que son activadas por sus respectivos solenoides. La rapidez con la que se desplaza el vástago se establece a través de los reguladores de caudal.

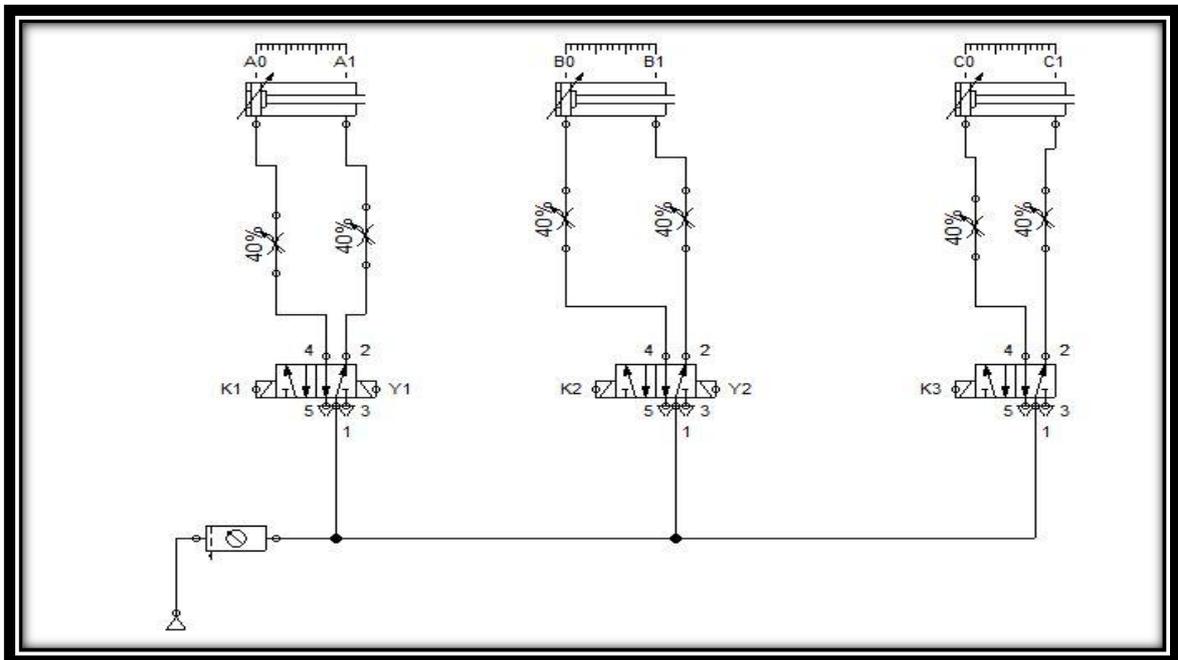


Figura 2-1 Esquema neumático del módulo

2.2 Diseño Electro neumático del Módulo Didáctico

Lo primero que se necesita para una correcta secuencia de accionamiento de los actuadores es de un diseño de diagrama de pasos, que se describe en la

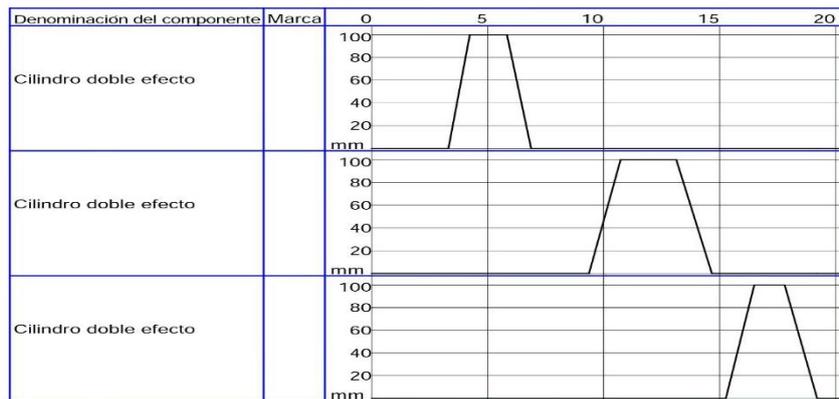


Figura 2-2 Diagrama de pasos

De acuerdo con el diagrama de pasos se tiene el esquema electro neumático de la siguiente forma.

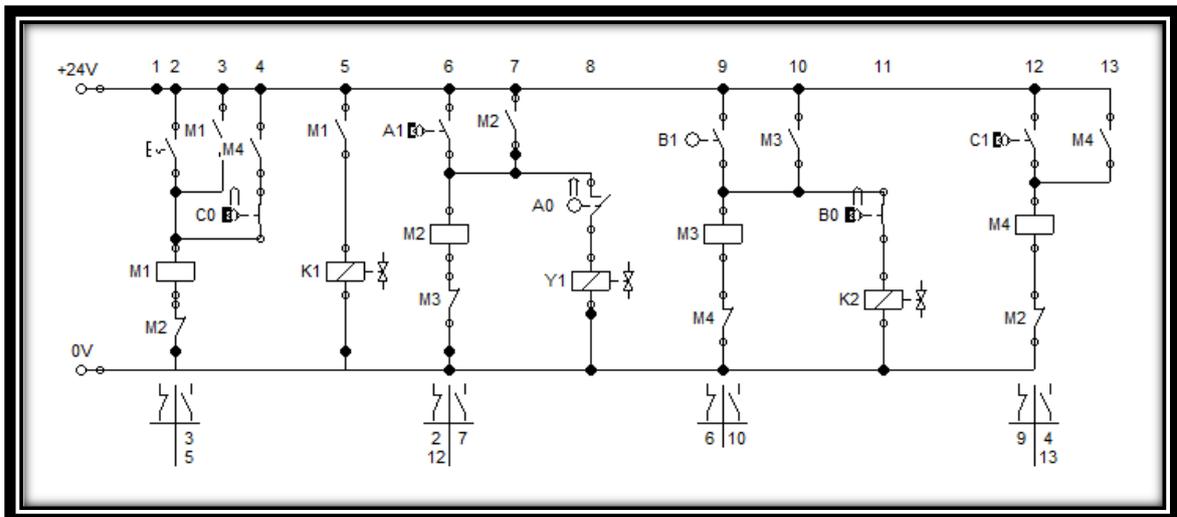


Figura 2-3 Esquema Electro neumático

Para una mejor visualización referirse al **Anexo 4, plano 009**.

2.3 Dimensionamiento de Actuadores Neumáticos

Los actuadores neumáticos en este caso son cilindros de doble efecto y realizan un trabajo lineal.

Por regla los equipos neumáticos están diseñados para soportar como máximo entre 8-10 bar, pero es recomendable que se opere en un rango de 5-6 bar según lo que describe Plastomatic como fabricante.

2.3.1 Dimensionamiento y Selección de la Bomba Dosificadora

En el mercado existe la disponibilidad de bombas dosificadoras métricas de pvc en diferentes capacidades de dosificación.

Teniendo como dato los 6 bares que es la presión de trabajo y apoyándose en la formula general de la ecuación (2-2) se puede obtener la fuerza que ejerce la bomba dosificadora.

Ecuación 2-2 Fuerza Ejercida Por El Cilindro

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(d)^2}{4} \right) * n$$

Dónde: F Fuerza del vástago a la salida en N

P La presión del cilindro = 6 Bares

d El diámetro del embolo = 6 cm

n Sumatoria de todas las fricciones que actúan sobre el cilindro

Se establece el factor de fricción en 0.8, debido a las condiciones de trabajo a las que va a estar sometida.

$$F = 10 * 6 * \pi \left(\frac{(6)^2}{4} \right) * 0.8$$

$$F = 1358 \text{ N}$$

| PUMP SPECIFICATIONS & PART NUMBERS | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|--|--------|--------|---------|------------------------|--------------|-----------|
| Nominal Stroke Capacity | | Inlet & Outlet Pipe Size (NPT) | Nominal Pumping Capacity** | | Minimum Operating Cylinder Pressure | | Maximum Operating Cylinder Pressure | | Air Cylinder Consumption** | | | | Cylinder Wall Material | Series "VPA" | |
| | | | | | | | | | (C.F.M.) at Different Air Line Pressures | | | | | Part Numbers | |
| Ounces | CM ³ | | G.P.M. | CM ³ /Sec | psi | Bars | psi | Bars | 40 psi | 60 psi | 80 psi | 100 psi | | Buna-N | FKM |
| 7 | 207.0 | 1/2" | .55 | 34.7 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .55 | .77 | .99 | 1.21 | PVC | VPA7P-B | VPA7P-V |
| 7 | 207.0 | 1/2" | .55 | 34.7 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .55 | .77 | .99 | 1.21 | Stainless | VPS7S-B | VPA7S-V |
| 10 | 295.0 | 1/2" | .79 | 49.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .75 | 1.05 | 1.35 | 1.65 | PVC | VPA10P-B | VPA10P-V |
| 10 | 295.0 | 1/2" | .79 | 49.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .75 | 1.05 | 1.35 | 1.65 | Stainless | VPA10S-B | VPA10S-V |
| 32 | 946.2 | 3/4" | 2.50 | 157.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | 2.78 | 3.60 | 4.44 | 5.55 | PVC | VPA32P-B | VPA32P-V |
| 32 | 946.2 | 3/4" | 2.50 | 157.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | 2.78 | 3.60 | 4.44 | 5.55 | Stainless | VPA32S-B | VPA32S-V |
| 128 | 3785.0 | 1" | 10.00 | 631.0 | 10 | .69 | 40 | 2.76 | 11.00 | ---- | ---- | ---- | PVC | VPA128P-B | VPA128P-V |
| 128 | 3785.0 | 1" | 10.00 | 631.0 | 10 | .69 | 40 | 2.76 | 11.00 | ---- | ---- | ---- | Stainless | VPA128S-B | VPA128S-V |

**BASED ON TEN (10) CYCLES PER MINUTE PUMPING WATER
 Note: To order a metering pump with PTFE cap seals, add a dash and the letters TC after the part number.

Figura 2-4 Especificaciones y número de partes

Fuente: <http://www.plastomatic.com/vpa.html>

Se ha seleccionado para la dosificación la bomba métrica de la serie VPA de capacidad de 7 oz por ciclo, debido a que es para fines didácticos y lo que se requiere es simular un proceso industrial en una pequeña escala. Esta actúa como un cilindro de doble efecto, con un volumen de descarga regulable, en la tabla anterior se muestran sus especificaciones de trabajo.

2.3.1.1 Consumo de Aire en la Bomba Dosificadora

Con los datos descritos se procede a calcular el caudal requerido por la bomba dosificadora según la ecuación (2-1)

Se tiene:

Q Caudal que requiere el cilindro

L_1 La carrera del pistón = 65 mm

D_i El diámetro de la camisa = 60 mm

$p_1=p_2$ Presión relativa de trabajo = 6 bares

D_V Es el diámetro del vástago = 20 mm

n El número de ciclos/minuto = 10

Ecuación 2-1 Consumo de aire del cilindro

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_V^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_V^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{65 * 3.1416}{4} [60^2 * 0.6 + (60^2 - 20^2) * 0.6] * 10$$

$$Q = 39.27 * (575) * 10$$

$$Q = 225802.5 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 2258.02 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 2.25 \frac{l}{min}$$

2.3.2 Selección del Cilindro a del Sistema de Tapado

Se requiere de un cilindro el cual presiona la botella con la tapa efectuando el tapado. El tipo de envase cuenta con su respectiva tapa a presión.

Para ver cuanta fuerza se requiere para tapar el envase se lo realizó de manera manual con la ayuda de una balanza y se obtuvo como resultado que se necesita de 13kg para tapar el envase lo que aproximadamente será necesario aplicar una fuerza de 130 N. La tapa queda ubicada sobre el envase esperando ser presionada por el cilindro A, al ser la tapa de un material plástico muy flexible en los bordes, brinda la ventaja de un fácil tapado mediante el accionamiento del cilindro neumático y de esta manera el envase quedará tapado. La carrera es recomendable que sea una de 50mm o superior, debido a las condiciones de montaje sobre la estructura.

La presión de trabajo se establece en 6 bares y según la fórmula general de la ecuación (2-2) se puede calcular la fuerza que el cilindro de tapado ejerce.

Ecuación 2-2 Fuerza Ejercida Por El Cilindro

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(d)^2}{4} \right) * n$$

Dónde: F Fuerza del vástago a la salida en N

P La presión en [Bar]

d El diámetro del embolo [cm]

n Sumatoria de todas las fricciones que intervienen en el cilindro

$$\left(\frac{d^2}{4} \right) = \frac{F}{10 * P * \pi * n}$$

$$d^2 = \frac{4F}{10 * P * \pi * n}$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{10 * P * \pi * n}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 130}{10 * 6 * 3.1416 * 0.8}}$$

$$d = 1.85 \text{ cm} = 18.5 \text{ mm}$$

Diámetro mínimo

En el mercado se dispone de un cilindro de 20 mm de diámetro para lo cual establece una Presión de trabajo de 6 bares como suficiente.

Se establece el factor de fricción en 0.8, debido a las condiciones de trabajo a las que va a estar sometido.

$$F = 10 * 6 * \pi \left(\frac{(2)^2}{4} \right) * 0.8$$

$F = 150 \text{ N}$ Superior a la fuerza requerida

Tomando en cuenta los datos antes obtenidos se procede a la selección del cilindro de doble efecto que posee las características siguientes:

Tabla 2-1: Características Del Cilindro Sistema Tapado

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| TIPO | EMC-IAS20X50S |
| Fluido | Aire comprimido |
| Función | Micro cilindro de doble efecto |
| Marca | E-MC |
| Conexión [rosca] | M5 |
| Presión de funcionamiento máximo | 0.1-0.9 [Mpa] |
| Temperatura de funcionamiento | -2 hasta 80 grados centígrados |
| Material | Camisa: acero inoxidable Culatas: |

| | |
|------------------------------|--------------------|
| | Aluminio inyectado |
| Anillo magnético | Estándar |
| Diámetro del embolo o camisa | 20 mm |
| Diámetro del vástago | 8 mm |
| Carrera | 50 mm |
| Montaje | Compacto Rígido |



Figura 2-5 Cilindro del sistema de tapado

2.3.2.1 Consumo de Aire en el Cilindro a del Sistema de Tapado

Con los datos descritos se procede a calcular el caudal requerido por el cilindro A en la ecuación (2-1)

Se tiene:

Q Caudal que requiere el cilindro

L_1 La carrera del pistón = 50 mm

D_i El diámetro de la camisa = 20 mm

$p_1=p_2$ La presión relativa de trabajo = 6 bares

D_v El diámetro del vástago = 8 mm

n El Número de ciclos/minuto = 50

Ecuación 2-1 Consumo de aire en el cilindro

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_v^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{50 * 3.1416}{4} [20^2 * 0.6 + (20^2 - 8^2) * 0.6] * 50$$

$$Q = 39.27 * (441.6) * 50$$

$$Q = 867081.6 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 867.08 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 0.86 \frac{l}{min}$$

2.3.3 Selección del Cilindro B del Sistema de Tapado

Este cilindro tiene como función controlar el avance del envase, dejando a este último en la ubicación precisa para que el cilindro A, se active y proceda a tapar.

La fuerza que requiere para el cilindro es despreciable ya que su función es de evitar que el envase avance mediante el desplazamiento del vástago.

Al no disponer en el mercado de cilindros de diámetros de 6 o 12, se opta por la utilización de un cilindro de 20mm, que es muy común en el mercado y fácil de conseguir.

Se toma en cuenta los datos antes obtenidos, se procede a la selección del cilindro de doble efecto que posee las características siguientes:

Tabla 2-2: Selección Del Cilindro del Sistema de Tapado

| | |
|---|--------------------------------|
| TIPO | EMC-IAS20X50S |
| Fluido | Aire comprimido |
| Función | Micro Cilindro de doble efecto |
| Marca | E-MC |
| Conexión [rosca] | M5 |
| Presión de funcionamiento máximo | 0.1-0.9 [Mpa] |
| Temperatura de funcionamiento | -2 hasta 80 grados centígrados |
| Material | Culatas: acero inoxidable |

| | |
|------------------------------|--------------------|
| | Aluminio inyectado |
| Anillo magnético | Estándar |
| Diámetro del embolo o camisa | 20 mm |
| Diámetro del vástago | 8 mm |
| Carrera | 50 mm |
| Montaje | Compacto Rígido |

Fuente: El autor

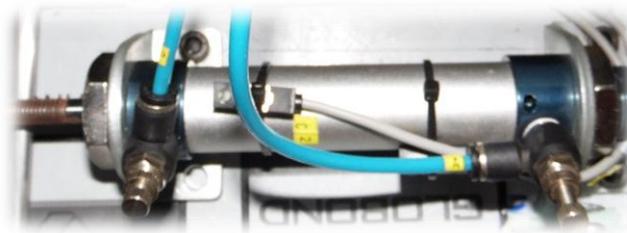


Figura 2-6 Cilindro del sistema de tapado

2.3.3.1 Consumo de Aire del Cilindro B de Tapado

Con los aspectos descritos y con los datos obtenidos se puede calcular el consumo de aire de este cilindro en base a la ecuación (2-2) se tiene:

Q Caudal que requiere el cilindro

L_1 La carrera del pistón = 50 mm

D_i El diámetro de la camisa = 20 mm

$p_1=p_2$ La presión relativa de trabajo = 6 bares

D_v El diámetro del vástago = 8 mm

n El número de ciclos/minuto = 50

Ecuación 2-1 Consumo de aire en el cilindro

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_v^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{50 * 3.1416}{4} [20^2 * 0.6 + (20^2 - 8^2) * 0.6] * 50$$

$$Q = 39,27 * (441.6) * 50$$

$$Q = 867081.6 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 867.08 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 0.86 \frac{l}{min}$$

2.4 Selección de Electroválvulas

Son el principal elemento de mando del sistema neumático, encargadas de distribuir o bloquear el flujo de aire comprimido hacia los actuadores neumáticos.

La principal consideración que se debe tener para seleccionar una electroválvula es la función que se requiere cumplir además del número de vías y de posiciones.

2.4.1 Selección de Electroválvulas 5 Vías, 2 Posiciones

Cada uno de los sistemas consta de un actuador, que son cilindros de doble efecto. Por lo tanto cada actuador debe ser comandado por una válvula de 5 vías y 2 posiciones, además de cumplir las siguientes especificaciones:

Tabla 2-3: Características De Electroválvulas Seleccionadas

| | |
|---------------------------|--|
| Modelo | Chelic SV-5101 |
| Tipo | Válvula 5/2 distribuidor monoestable (Bobina-Muelle) |
| Montaje | Por 2 tornillos en el modelo sin base |
| Conexión | G1/8 |
| Temperatura | 5-60 ° C |
| Fluido | Aire comprimido filtrado |
| Presión de trabajo | Max 135 PSI |
| Solenoides | Amisco 24VDC 2.4 W |



Figura 2-7 Electroválvula 5/2 para accionamiento de todos los cilindros

2.5 Selección de la Unidad Técnica de Mantenimiento

Con esta unidad se pretende alargar el ciclo de vida de los elementos neumáticos del módulo y así garantizar su correcto funcionamiento.

Garantizando un suministro de aire constante, libre de partículas de humedad e impurezas, regulado a la presión que requiera el sistema.

2.5.1 Filtro de Aire

Elimina toda la humedad que todavía pueda quedar en el aire y las impurezas que estén en suspensión.

El cartucho se lo debe limpiar regularmente para evitar la acumulación de impurezas lo que pueda ocasionar deterioros.

No se considera necesario la implementación de un lubricador debido a que el módulo didáctico no será utilizado a diario. Además que es más que suficiente con el filtro que se encuentra implementado.

2.5.2 Manómetro

Este elemento permite visualizar la presión a la cual un sistema neumático se encuentra trabajando, este indicador por lo general nos entrega la presión en PSI u otras equivalencias de presiones.

Tabla 2-4: Características De La UTM Seleccionada

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Modelo | FEW-1/4-D-MIDI |
| Tipo | UTM (FILTRO, REGULADOR) |
| Montaje | Tornillos a escuadra de fijación |
| Conexión | G1/4 |
| Temperatura | Max 60 grados centígrados |
| Fluido | Aire comprimido |
| Presión de trabajo | 0.5-12 bar |
| Filtración | 40 micras |
| Tipo de válvula | Relief. |



Figura 2-8 UTM - FR con manómetro

2.6 Selección de Accesorios

Para lograr completar el sistema neumático se requiere de accesorios que son indispensables para el óptimo funcionamiento del sistema.

2.6.1 Reguladores de Caudal

Como su nombre propiamente lo dice están encargados de regular el flujo de aire o caudal tanto de avance como de retroceso en una sola dirección principalmente se utilizan para controlar la velocidad de desplazamiento de los cilindros neumáticos.

Tabla 2-5: Selección Del Regulador De Caudal

| | |
|---------------------------|--|
| Modelo | QJC06-01 Banjo |
| Tipo | Regulador de caudal |
| Montaje | Directo a cilindro |
| Conexión | G1/6 |
| Fluido | Aire comprimido filtrado |
| Presión de trabajo | Max 10 [bar] |
| Materiales | Cuerpo y tornillo de registro de latón, guarniciones de NBR |
| Temperatura | -5 a 60 grados centígrados |



Figura 2-9 Regulador de caudal unidireccional

En la bomba dosificadora se utiliza un regulador de caudal diferente al de los cilindros neumáticos:

Tabla 2-6: Selección Del Regulador De Caudal (Bomba Dosificadora)¹⁴

| | |
|---------------------------|--|
| Modelo | QJC06-01 Banjo |
| Tipo | Regulador de caudal |
| Montaje | Directo a cilindro |
| Conexión | G1/4 |
| Fluido | Aire comprimido filtrado |
| Presión de trabajo | Max 10 [bar] |
| Materiales | Cuerpo y tornillo de registro de latón, guarniciones de NBR |
| Temperatura | -5 a 60 grados centígrados |

¹⁴ Fuente: El Autor



Figura 2-10 Regulador de caudal de la bomba dosificadora

2.6.2 Conector Rápido Recto

Sirven como para unir los diferentes elementos que conforman el sistema neumático y de esta manera garantizar un flujo constante del aire comprimido hacia los actuadores.

Tabla 2-7: Selección Del Racor Recto

| | |
|-------------------------|--|
| Modelo : PC06-02 | Conector rápido para tubo de 6mm Conector roscado 1/8 |
| Modelo: PC06-01 | Conector rápido para tubo de 4mm Conector roscado 1/8 |
| Material | Acero inoxidable – NBR |



Figura 2-11 Racor recto 1/8 a 6mm

2.6.3 Silenciador

Al conmutar la electroválvula el aire comprimido escapa por la cámara del cilindro hacia la atmosfera, el silenciador reduce un gran porcentaje de ruido el aire que el sistema produce.

Tabla 2-8: Selección Del Silenciador

| | |
|-----------------|--------------------|
| Modelo | BSLM-01 |
| Conector | 1/8 |
| Material | Bronce sinterizado |
| Filtro | 5 micras |



Figura 2-12 Silenciador

2.6.4 Tubería

Por medio de esta se conduce el aire comprimido hacia los diferentes elementos que conforman el sistema neumático ya sean estos elementos de distribución o actuadores. Por lo general para procesos neumáticos se utiliza manguera de poliuretano con las siguientes especificaciones.

Tabla 2-9: Tubo De Poliuretano

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Manguera | Poliuretano |
| Presión máxima | 10 [bar] |
| Fluido | Aire comprimido |
| Temperatura | 10-70 grados centígrados |
| Diámetro de tubería | 6 mm, cilindros de 20 mm de diámetro |
| Color | Azul Mantova |



Figura 2-13 Tubería Azul Mantova

2.7 Pérdidas en los Elementos del Sistema

Para que todo el sistema funcione correctamente es necesario determinar la presión total que requiere el módulo, para lo cual se debe determinar las pérdidas de presión de los elementos que intervienen en el sistema.

Tabla 2-10: Caídas De Presión En Los Elementos Neumáticos

| Elemento | Caída de presión [bar] | Cantidad | Total [bar] |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|
| Electroválvulas 5/2 | 0.08 | 3 | 0.24 |
| Reguladores de caudal | 0.03 | 6 | 0.18 |
| UTM | 0.45 | 1 | 0.45 |
| Manguera | 0.01/m | 6m | 0.06 |
| Total | | | 0.93 [bar] |

2.8 Presión Necesaria Para el Módulo Didáctico

La presión de alimentación necesaria para un normal y correcto funcionamiento del módulo se lo consigue a través de la suma de la presión normal de trabajo más las pérdidas producto del funcionamiento de los elementos neumáticos que intervienen en el módulo. Si fuere el caso que la presión de las pérdidas disminuye la presión de alimentación, esta debe suministrar un flujo de aire a

una presión constante para garantizar que se cumpla con las funciones que cada componente neumático está destinado a realizar.

$$P_E = P_S + \Delta P$$

Donde:

P_E Presión mínima a la entrada de la UTM

P_S Presión del sistema = 5 [bar]

ΔP Perdidas del sistema = 0,93 [bar]

$$P_E = 5[\text{bar}] + 0,93$$

$$P_E = 5,93 [\text{bar}]$$

2.9 Caudal Requerido Por el Módulo Didáctico

La sumatoria de los actuadores que conforman el sistema neumático que son la bomba dosificadora y los cilindros, con ello se procede a calcular el caudal que requiere la fuente de alimentación de aire comprimido.

$$Q_T = \sum Q$$

$$Q_T = 2,25 \frac{l}{min} + 0,86 \frac{l}{min} + 0,86 \frac{l}{min}$$

$$Q_T = 3,97 \frac{l}{min}$$

CAPÍTULO 3

3 Construcción del Prototipo del Módulo

3.1 Descripción del Módulo

El presente módulo se divide en tres etapas o sistemas y estos son de envasado, tapado y etiquetado controlado por DAQ (Tarjeta de adquisición de datos), encargada de realizar el control de los procesos y conducir el aire comprimido hacia los actuadores neumáticos (cilindros de doble efecto), este módulo dispone de una Bomba dosificadora y dos cilindros de doble efecto, cada uno de estos tiene un tiempo de acción y recorrido específico dependiendo de la función que cumpla cada uno. Además de un sistema de banda transportadora por la cual van a circular los envases hasta culminar con todo el proceso.

El módulo didáctico tiene la capacidad de funcionar tanto en la modalidad de automático así como también en manual, según disponga el operario su funcionamiento, también cuenta con un botón de paro de emergencia ubicado en el tablero de control.

3.2 Dimensionamiento de la Estructura

En función de que este módulo tiene fines netamente didácticos se considera un tamaño compacto. Se debe considerar que la estructura está compuesta por la banda transportadora y los elementos de montaje del equipamiento neumático, eléctrico y electrónico que conforman el módulo didáctico. Considerado esto se procede a realizar el dimensionamiento de cada uno de estos.

3.2.1 Banda Transportadora

La estructura de la banda transportadora sirve como soporte de todos los elementos que intervienen en el módulo didáctico. Se debe tomar en cuenta que la estructura debe soportar cargas tanto del material que en este caso viene a ser el líquido, rodillos, tensores, elementos de sujeción, elementos eléctricos, electrónicos, electro neumáticos y demás. El perfil de acero es el más utilizado en la construcción de la estructura de una banda transportadora

que es unida rígidamente a patas elaboradas del mismo material, además de los diferentes bastidores para la sujeción del resto de elementos. El perfil permite la colocación los apoyos para los rodamientos de los rodillos, elementos tensores de los mismos. Esta estructura es el soporte es donde se van a adaptar los demás elementos para completar la cadena cinemática la cual va a ser la encargada de transportar los envases por los diferentes sistemas del módulo.

Para la estructura de la banda transportadora se ha seleccionado un tubo estructural rectangular galvanizado NTE 2415 de 2.0 mm de espesor.

| Designaciones | | | Área | Peso | Propiedades Estáticas | | | | | |
|---------------|----|------|-----------------|------|-----------------------|-----------------------|---------------|--------------------|-----------------------|---------------|
| | | | | | Eje x-x | | | Eje y-y | | |
| B | H | e | A | P | Momento de inercia | Módulo de resistencia | Radio de giro | Momento de inercia | Módulo de resistencia | Radio de giro |
| mm | mm | mm | cm ² | kg/m | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm ⁴ | cm ³ | cm |
| 20 | 40 | 1,50 | 1,65 | 1,30 | 3,26 | 1,63 | 1,40 | 1,09 | 1,09 | 0,81 |
| | | 2,00 | 2,14 | 1,68 | 4,04 | 2,02 | 1,37 | 1,33 | 1,33 | 0,79 |
| 25 | 50 | 1,50 | 2,10 | 1,65 | 7,65 | 3,02 | 0,82 | 2,50 | 2,02 | 1,05 |
| | | 2,00 | 2,74 | 2,15 | 8,37 | 3,35 | 1,75 | 2,80 | 2,24 | 1,01 |
| | | 3,00 | 3,91 | 3,07 | 12,90 | 5,08 | 1,75 | 4,12 | 3,26 | 0,99 |
| 30 | 50 | 1,50 | 2,25 | 1,77 | 7,53 | 3,01 | 1,83 | 3,41 | 2,27 | 1,23 |
| | | 2,00 | 2,94 | 2,31 | 9,52 | 3,81 | 1,80 | 4,28 | 2,85 | 1,21 |
| | | 3,00 | 4,21 | 3,30 | 12,78 | 5,11 | 1,74 | 5,66 | 3,77 | 1,16 |
| 40 | 60 | 1,50 | 2,85 | 2,24 | 14,40 | 4,79 | 2,26 | 7,71 | 3,85 | 1,65 |
| | | 2,00 | 3,74 | 2,93 | 18,39 | 6,13 | 2,22 | 9,81 | 4,90 | 1,62 |
| | | 3,00 | 5,41 | 4,25 | 25,31 | 8,44 | 2,16 | 13,37 | 6,69 | 1,57 |
| 30 | 70 | 1,50 | 2,85 | 2,24 | 18,08 | 5,17 | 2,49 | 4,76 | 3,17 | 1,28 |
| | | 2,00 | 3,74 | 2,93 | 22,20 | 6,34 | 2,44 | 5,85 | 3,90 | 1,25 |
| | | 3,00 | 5,41 | 4,25 | 30,50 | 8,71 | 2,37 | 7,84 | 5,23 | 1,20 |
| 40 | 80 | 2,00 | 4,54 | 3,56 | 37,32 | 9,33 | 2,87 | 12,70 | 6,35 | 1,67 |
| | | 3,00 | 6,61 | 5,19 | 52,16 | 13,04 | 2,81 | 17,49 | 8,75 | 1,63 |
| | | 4,00 | 8,55 | 6,71 | 53,20 | 17,78 | 2,62 | 10,80 | 11,50 | 1,18 |

Fuente: Catálogo Ipac

Figura 3-1 Características del tubo estructural de 5x2

Este acero brinda resistencia y versatilidad, además que posee buenas características para la soldadura y de tener una buena resistencia a la corrosión.

Las características mecánicas que este tipo de tubería son:

Límite de fluencia mínima: 270 MPa.

Resistencia a la tracción mínima: 310 MPa.

Elongación máxima: 25^A.

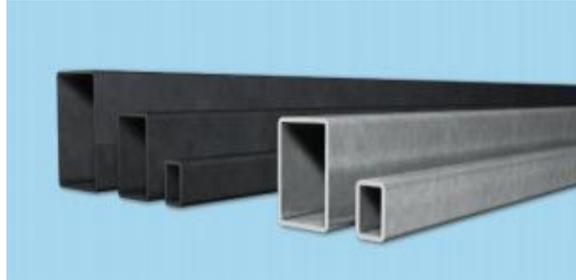


Figura 3-2 Tubería estructural rectangular de 5x2

Fuente: Catálogo Ipac

En la **Figura 3-3** se presenta el esquema de la estructura de la banda transportadora.

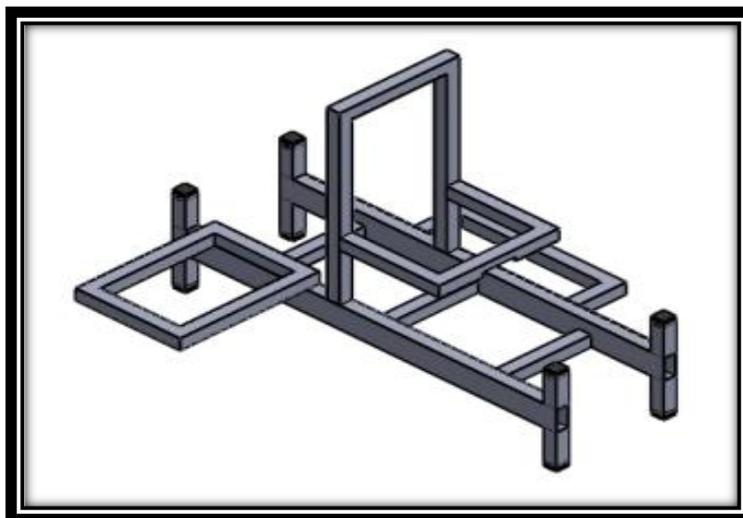
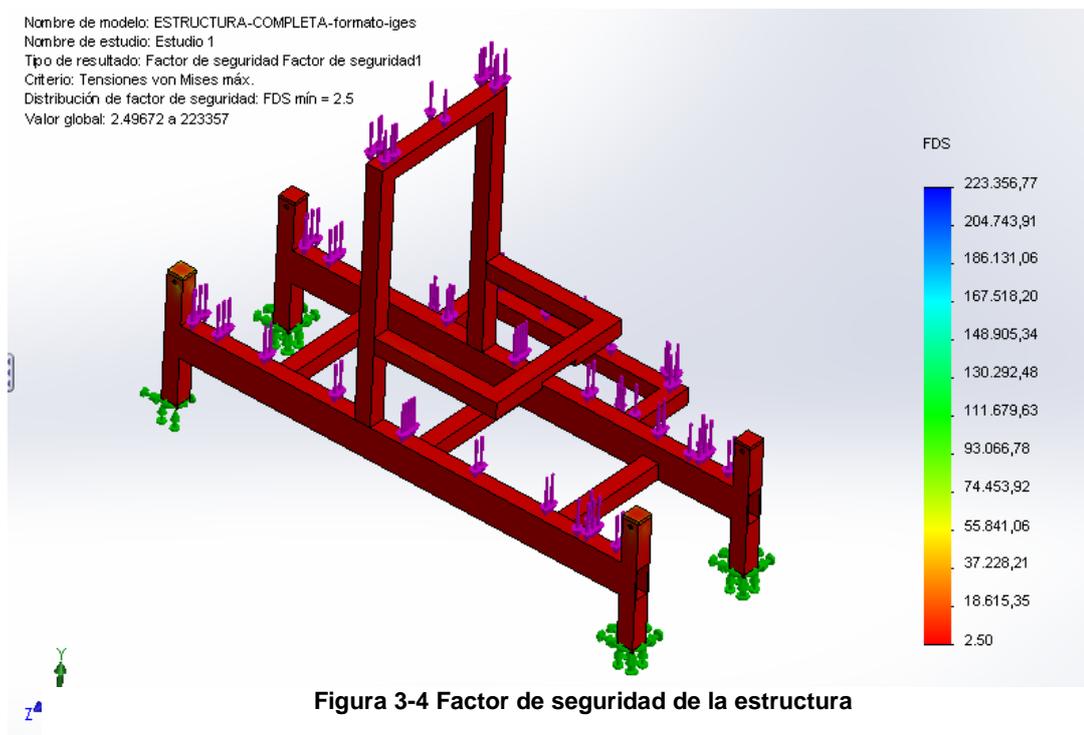


Figura 3-3 Estructura de la banda transportadora

De acuerdo con la geometría de los tubos y tomando en cuenta que se transportaran envases de vidrio con agua que tienen un peso de 415 gramos se calcula el factor de seguridad de la estructura con la ayuda del software SolidWorks. Y se determina que el material usado esta sobre dimensionado y soporta las cargas que intervienen en el ya que estas son relativamente bajas en comparación con la resistencia que otorga el perfil estructural de 2mm de espesor. Se puede visualizar de una mejor manera en el **Anexo 4, plano 004**.



3.2.2 Sujeciones Estructurales

Una vez seleccionado el material estructural para la banda se procede a seleccionar las sujeciones estructurales, que es la estructura en la cual van a ir los elementos neumáticos, eléctricos y de control del módulo para lo cual se ha visto conveniente la utilización de un tubo estructural cuadrado NTE INEN 2415 de 2mm de espesor que brinda las mismas propiedades mecánicas que el acero utilizado para la estructura de la banda transportadora.

| Designaciones | Área | Peso | Propiedades Estáticas | | | |
|---------------|------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------|
| | | | Eje x-x = y-y | | | |
| | | | Momento de inercia | Módulo de resistencia | Radio de giro | |
| B | e | A | P | I | W | i |
| mm | mm | cm ² | kg/m | cm ⁴ | cm ³ | cm |
| 20 | 1,50 | 1,05 | 0,83 | 0,58 | 0,58 | 0,74 |
| | 2,00 | 1,34 | 1,05 | 0,69 | 0,69 | 0,72 |
| 25 | 1,50 | 1,35 | 1,06 | 1,41 | 1,11 | 0,97 |
| | 2,00 | 1,74 | 1,36 | 1,48 | 1,18 | 0,92 |
| 30 | 1,50 | 1,65 | 1,30 | 2,19 | 1,46 | 1,15 |
| | 2,00 | 2,14 | 1,68 | 2,71 | 1,81 | 1,12 |
| | 3,00 | 3,01 | 2,36 | 3,50 | 2,34 | 1,08 |
| 40 | 1,50 | 2,25 | 1,77 | 5,48 | 2,74 | 1,56 |
| | 2,00 | 2,94 | 2,31 | 6,92 | 3,46 | 1,53 |
| | 3,00 | 4,21 | 3,30 | 9,28 | 4,64 | 1,48 |

Figura 3-5 Características del tubo estructural de 2x2

Fuente: Catálogo Ipac

Las características mecánicas que este tipo de tubería son:

Límite de fluencia mínima: 270 MPa.

Resistencia a la tracción mínima: 310 MPa.

Elongación máxima: 25^A.

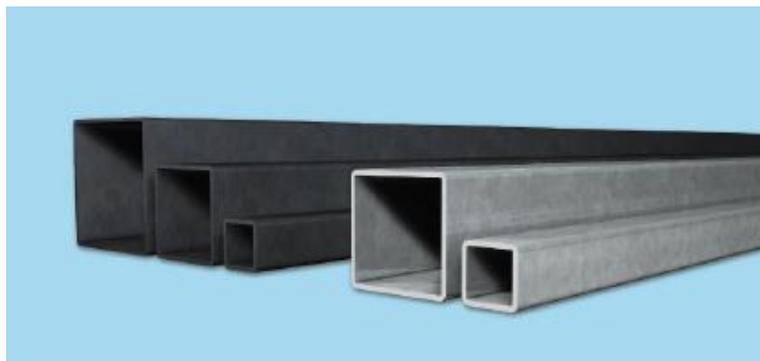


Figura 3-6 Tubería estructural cuadrada de 2x2

Fuente: Catálogo Ipac

El esquema que presentara la estructura de sujeción se presenta en la siguiente ilustración.

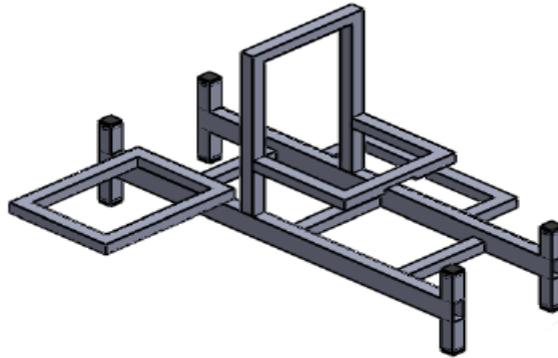


Figura 3-7 Estructura para sujetaciones

3.3 Implementación de la Banda Transportadora

La banda transportadora consta de elementos que permiten que cumpla su función, la cual es generar el movimiento rotatorio para transportar en este caso los envases de un punto al otro.

3.3.1 Rodillos

Los rodillos son los encargados de transmitir el movimiento del motor permitiendo que la cinta transportadora gire. Para ello se requiere de dos rodillos un motriz que transmite el movimiento y un rodillo tensor que se encuentra al otro extremo de la estructura y sirve para el tensado de la cinta. La resistencia a la tracción de los rodillos según el material es de “83 N/mm²”¹⁵, y tiene una masa de 332.88 gramos:

Los rodillos deben cumplir con características especiales para garantizar su correcto funcionamiento así como también su resistencia a las condiciones en las que va a operar, estos deben resistir al agua y sus propiedades de tracción.

Referirse al **Anexo 4, plano 005**, para ver sus dimensiones.

¹⁵ Materiales para engranajes plásticos. Características y propiedades. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos16/materiales-plasticos/materiales-plasticos.shtml>

| Clasificación | ELASTOMEROS | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------|-----|-------------|-----|----------|------------------|------|-----------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------------------|
| | Caucho Natural | Polisopreno Sintético | SBR | Cloreopreno | NBR | Butilico | Poliisobutadieno | EPDM | Poliisulfidicos | Poliuretano | Poliacrílico | Silicona | Fuer o carbonato | Poliuretano Clorosulfonado |
| Propiedades Físicas | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga a la rotura | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Esfiramiento | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Deformación Remanente | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Resiliencia | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Resistividad eléctrica | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| Resistencia Mecánica | | | | | | | | | | | | | | |
| Desgarro | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Abrasión | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| Desarrollo del corte | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Resistencia a la temperatura | | | | | | | | | | | | | | |
| Calor | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Baja temperatura | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| Resistencia a la medio | | | | | | | | | | | | | | |
| Agua | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Acido | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| Alcali | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 |
| Hidrocarburos Alifáticos | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Hidrocarburos Aromáticos | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 |
| Solventes Clorados | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| Cetonas | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| Alcohol | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Aceites Lubricantes | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 4 |
| Aceites Sintéticos | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 4 |
| Aceites Hidráulicos | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| Fuel-Oil | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| Intemperie | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Oxidación | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ozono | 4 | 3 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Figura 3-8 Características de los rodillos de caucho



Figura 3-9 Rodillo

Fuente: Cauchos Industriales¹⁶

3.3.2 Elementos Tensores

La tensión de contacto requerida de la cinta transportadora sobre el rodillo motriz se consigue con un dispositivo tensor de la cinta. La fuerza de tensado y la carga sobre el eje son inferiores si el dispositivo tensor se coloca en el lado no tenso de la unidad de accionamiento de tensado. Que son dos pernos de ajuste, cuya función es la de mover de manera horizontal al rodillo conducido y

¹⁶ Tabla de resistencias químicas. <http://www.cauchosindustrialespeciales.com/>. Recuperado de http://www.cauchosindustrialespeciales.com/cauchos_industriales_especiales_informacion_tecnica.html

obtener un buen tensado de la cinta. El tensado ideal que debe mantener la cinta es bajo, debe mantener una pequeña holgura esto con la finalidad que al momento de realizar el tapado no exista problemas de daños en los rodillos, además que si existe sobretensión esta es absorbida por el rodillo motriz y por ende el motor .

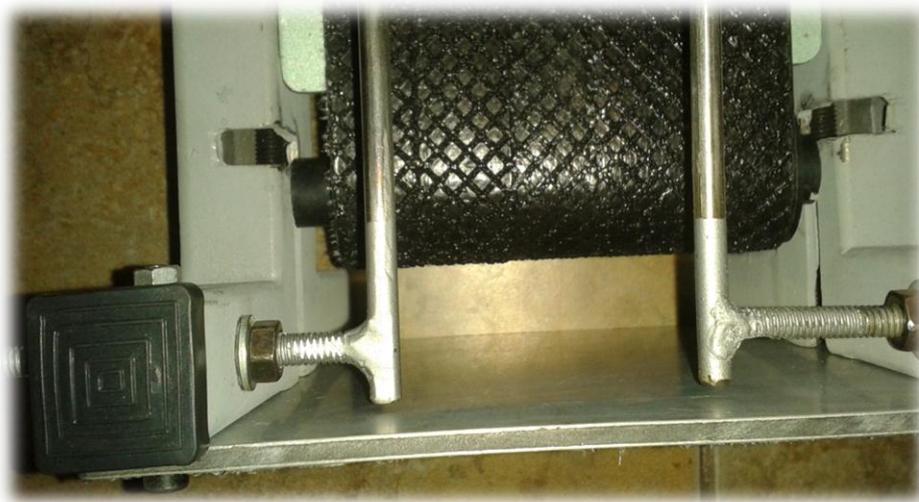


Figura 3-10 Elementos tensores

3.3.3 Cinta Transportadora

En vista de que el material o elemento a transportar es un envase de vidrio de 6,5cm de diámetro, pero para dar una mayor superficie de contacto y así una mejor tracción, se toma las medidas del rodillo para que la cinta quede alineada con el borde del tambor de los rodillos. Las dimensiones de la cinta transportadora son de 11 cm de ancho por 1.70m de largo; está fabricado de una lona doble vulcanizada lo que aumenta su resistencia a la tensión, este es un material fácil de conseguir tanto por su costo que bordea aproximadamente los \$7,00 por metro, así como por los lugares donde lo expenden y el envase se ajusta bien a la superficie de contacto para su correcto transporte. El Duraflex o lona ofrece una “resistencia a la tracción en trama de 36 kg/cm y en urdimbre de 40 kg/cm bajo Norma ASTM D5035-95 (Kg/Cm).”¹⁷

¹⁷ Análisis físico químico de las telas plásticas. <http://www.sonne.com/>. Recuperado de http://www.sonne.com.ar/contenido/espaniol/telas/linea_el_zonda/1300/

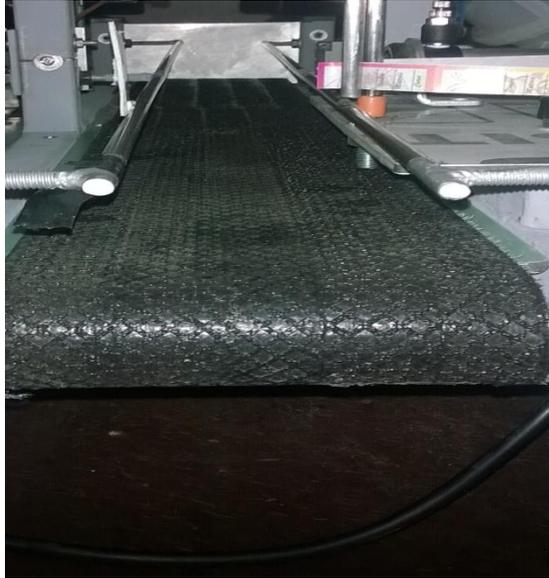


Figura 3-11 Cinta

3.3.4 Rodamientos

Los rodamientos se seleccionan directamente según el tamaño del eje de los rodillos, también se considera los esfuerzos radiales, así también se toma en cuenta la fuerza que ejercen los rodillos de la banda transportadora, el tiempo de uso medido en horas y además de la disponibilidad en el mercado, que son los factores a considerar para la selección de un rodamiento.

Se precisa rodamientos de bolas de 1 hilera, que va a soportar:

$$\text{Peso rodillo} = 0.415[\text{Kg}] * 9.8 [\text{m/s}^2]$$

$$\text{Peso rodillo} = 4.067 [\text{N}]$$

Vida nominal del rodamiento:

**GUIA DE VALORES REQUERIDOS DE VIDA NOMINAL L_{10H}
PARA DIFERENTES CLASES DE MÁQUINAS**

| Clase de Máquina | L_{10h} |
|---|-----------------------------|
| Electrodomésticos, Máquinas agrícolas, Instrumentos, aparatos para uso médico. | 300≈3000 horas |
| Máquinas utilizadas en periodos cortos: Elevadores para talleres, maquinas para la construcción, máquinas-herramienta portátiles | 3.000≈8000 horas |
| Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento en periodos cortos o intermitentes: Ascensores, grúas para mercancías. | 8.000≈12.000 horas |
| Máquinas para 8 horas de trabajo diaria no totalmente utilizadas: Máquina-herramienta, grúas para material a granel, ventiladores, cintas transportadoras, imprentas, centrifugadoras... | 20.000≈30.000 horas |
| Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción de minas, bombas, maquinaria textil... | 40.000≈50.000 horas |
| Máquinas para abastecimiento de agua, hornos giratorios, cableadoras, propulsión de transatlánticos | 60.000≈100.000 horas |
| Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, ventiladores y bombas para minas, rodamientos para líneas de eje de transatlánticos | ≈100.000 horas |

Figura 3-12 Valores de la vida nominal del rodamiento

Fuente: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/laboratorio-de-tecnologias-iv/material-didactico/rodamientos.pdf>

Se toma el valor de la vida nominal según la ilustración tomada de SKF el valor de $h=3000$, que son las horas de uso.

Ecuación 3-1 Vida nominal del rodamiento de bolas

$$L_d = (h) * (rpm) * \left(60 \frac{min}{h}\right)$$

Donde:

L_d Vida nominal

h son las horas de uso continuas

rpm revoluciones por minuto

C es la capacidad de carga en N

$$Ld = (3000) * (1800) * \left(60 \frac{\text{min}}{h}\right) = 324 \times 10^6 \text{ [rev]}$$

Para rodamientos de bolas el valor de k=3.

$$C = \text{Peso rodillo} * \left(\frac{Ld}{10^6}\right)^{1/k}$$

$$C = 4,067 * \left(\frac{324 \times 10^6}{10^6}\right)^{1/3} = 27,93 \text{ [N]}$$

Esto muestra que es una carga radial pura y al obtener la capacidad de carga [C] que es la misma para los dos rodillos que dispone la banda transportadora; se verifica en los catálogos SKF para rodamientos de bolas rígidos de una hilera, los rodamientos que se ajustan a los ejes de los rodillos usados tienen el código W619/8-2RS1 y además que estos pueden soportar cargas dinámicas de 1,9kN. En la **Figura 3-13** se presentan las características del rodamiento a utilizar.

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| nuevo modelo | SKF W 619/8-2RS1 rodamientos |
| modelo antiguo | rodamientos |
| tipos de, categorías | Rodamientos rígidos de bolas |
| marca | SKF rodamientos |
| diámetro interior (d) | 8 mm |
| diámetro externo (D) | 19 mm |
| espesor (B) | 6 mm |

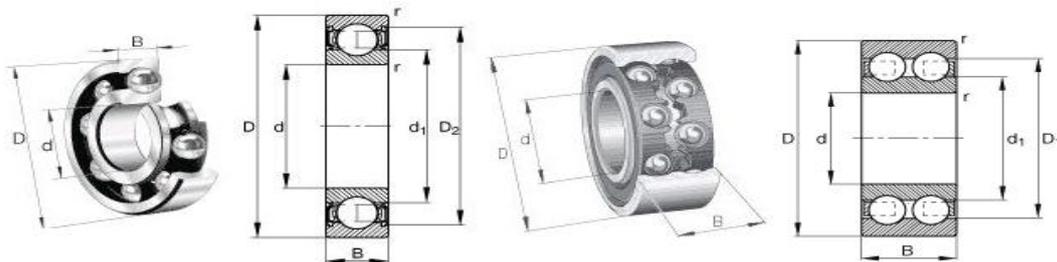


Figura 3-13 Rodamiento de bolas SKF

Fuente: Catalogo Rodamientos de bolas skf.

3.3.5 Capacidad de Transporte de la Cinta

Para calcular la capacidad de transporte de la banda es necesario tener en cuenta las variables presentes, que se ajustan al material que se va a

transportar y estas variables a considerar son el peso específico del material a transportar, altura, si es el caso la granulometría y la velocidad de la cinta.

Ecuación 3-2 Capacidad de transporte para cintas planas

$$Cp = 0.065 * a^2 * d * v/30$$

Dónde:

0.065 es una constante de conversión de unidad

a: Ancho de la banda (m) = 0.11m

d: Peso específico del material (Kg/m³)= PESO/VOLUMEN = 2600

v: Velocidad de la cinta (m/min)=38

Entonces:

$$Cp = 0.065 * a^2 * d * v/30$$

$$Cp = 0.065 * 0.0121 * 2600 * 38/30$$

$$Cp = 2.59 \text{ [Kg/min]}$$

3.3.6 Motor Eléctrico

Para el dimensionamiento del motor, se consideran las fuerzas que intervienen en la banda y se establece que los envases de vidrio que caben en el largo de la cinta son 11 y esta fuerza se traduce al rodillo motriz como momento torsor. Entonces cada frasco de los 11 representa una fuerza, desde F1 hasta F11 siendo esta fuerza igual para todas. Los frascos tienen un peso de 415g que es equivalente a una fuerza de 4N.

Ecuación 3-3 Sumatorias de momentos

$$M1 = \sum Fuerzas * \sum Distancias$$

$$M1 = F1(d1) + F2(d2) + F3(d3) + \dots + F11(d11)$$

$$M1 = 4(0,07)(1)+4(0,07)(2)+4(0,07)(3)+\dots+4(0,07)(11)$$

$$M1 = 4(0,07)(66)$$

$$M1 = 18,48 [N.m]$$

Según las tablas de SKF el factor de fricción para el rodamiento de bolas es de 0,0011 aplicado directamente como momento torsor.

Ecuación 3-4 Momento por fricción

$$M = 18,48 (0,0011)$$

$$M = 0,04 [N.m]$$

Entonces el Momento torsor total es:

$$MT = M1 + M$$

$$MT = 18,48 + 0,04$$

$$MT = 18,52 [N.m]$$

Ecuación 3-5 Torque

$$\tau = F * r$$

Dónde: τ : es Torque [N.m]

F: Fuerza [N]

r: Radio del rodillo para pasar la fuerza al eje[m]

$$F = \frac{\tau}{r}$$

$$F = \frac{18,52}{0,04}$$

$$F = 463 N$$

Ahora con el radio del eje el torque del motor 1cm:

$$\tau = F * d$$

Dónde: τ : es torque [N.m]

F: es fuerza [N]

d: distancia [m]

$$\tau = 463 * 0,01$$

$$\tau = 4,63 \text{ [N.m] En el eje}$$

Se requiere una velocidad no mayor a 100 RPM, para un avance normal de la banda. Entonces las 100 RMP = 10,46 rad/seg.

Ecuación 3-6 Potencia

$$P = \tau * n$$

Dónde:

P: es potencia [Watts]

τ : Es el torque [N.m]

n: es número de vueltas [rad/seg]

$$P = 4,63 * 10,46$$

$$P = 48,46 \text{ [Watts]}$$

En función a los resultados obtenidos anteriormente se selecciona motor eléctrico Genesis B00P0VVLBG que funciona con una alimentación de 12 Volts de corriente continua, consume 2 amperios de corriente nominal sin carga, mientras su consumo a plena carga es de 4 Amperios. Cuenta de una etapa reductora de 5:1; tiene un par motor de 100[rpm] y una potencia de 50[watts], cumpliendo con las características que el sistema requiere, en la **Figura 3-16** se presenta el motor eléctrico.

Diagrama de fuerzas para el eje motor

Se describe las fuerzas que van a intervenir en la banda transportadora y se obtiene como resultante los valores de las reacciones en este caso en los apoyos como se ve a continuación:

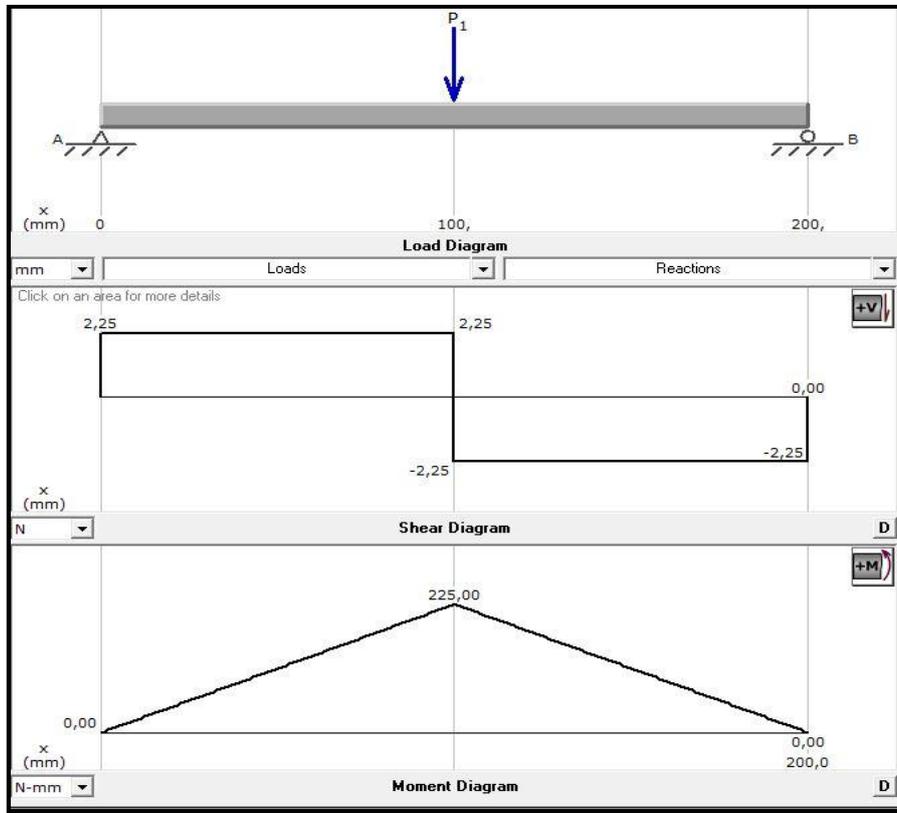


Figura 3-14 Diagrama de cortes y momentos en el eje xy

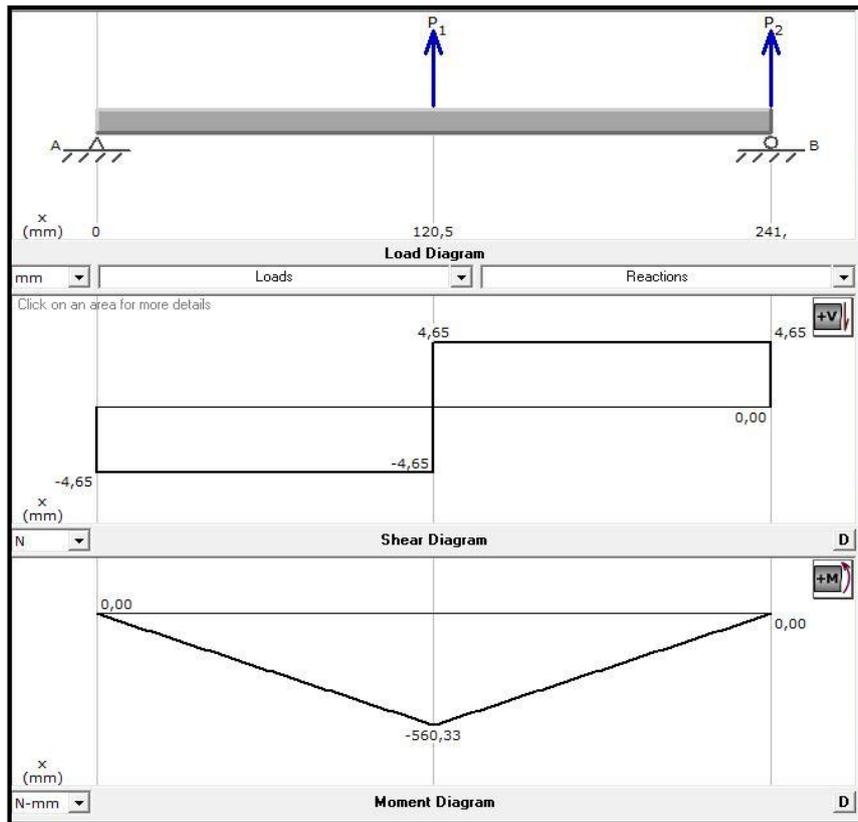


Figura 3-15 Diagrama de cortes y momentos en el eje xz

Ecuación 3-6 Esfuerzo cortante torsional

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I}$$

Dónde:

c: es el radio de la superficie extrema del eje

I: es el momento de inercia

Con el valor de $\tau = 4,63[\text{N.m}]$ y el eje es $c=8\text{mm}$.

Ecuación 3-7 Momento de inercia

$$I = \pi D^4/64$$

$$I = \pi 8^4/64$$

$$I = 201[\text{mm}^4]$$

Reemplazando valores en la **Ecuación 3-6 se tiene:**

$$\sigma_{max} = \sqrt{(225^2) + (560^2)} * 4/201,06$$

$$\sigma_{max} = 12,01 [\text{MPa}]$$

Ecuación 3-8 Factor de seguridad

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

Dónde:

S_y : es el esfuerzo permisible del material AISI 304= 310[MPa]

n : es el factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = 25,81$$

Al realizar la simulación con la ayuda del software SolidWorks se obtiene un factor de seguridad de 20.82 casi aproximado al obtenido realizando los cálculos.

Al obtener este resultado se concluye que el eje del motor esta sobre dimensionado, ya que su función es netamente didáctica y no va a estar sometido a cargas altas.



Figura 3-16 Motor de 12 VDC

3.3.6.1 Selección de fuente de suministro de energía

El modulo didáctico para su funcionamiento requiere una alimentación de corriente continua, con suministro de voltaje de 12, 5 y 3.3 Volts; esto debido a que los elementos eléctricos que intervienen en el módulo operan a diferentes voltajes lo que hace imposible operar a un solo valor de tensión. La fuente de alimentación también debe soportar cargas combinadas de hasta 32 amperios. Por lo cual se decide seleccionar la fuente de suministro Altek de 650 W, la que cumple con las características requeridas además de brindar confiabilidad al poseer elementos de protección contra cortocircuitos cortando el suministro de corriente al producirse uno de ellos.

Tabla 3-1: Datos técnicos fuente de alimentación

| DATOS TÉCNICOS | |
|---|--------------------------|
| Voltaje de salida | 24, 12, 5, 3.3 VDC |
| Corriente de salida | 32 Amperios |
| Potencia | 650 wats |
| Dimensiones | 13 x 9.8 x 3.6cm |
| Frecuencia de entrada | 47-63Hz |
| Estabilidad de voltaje de salida | $\leq \pm 0.5\%$ |
| Función UPS | No |
| Función sobrecarga | Si |
| Temperatura de trabajo | -25°C ~ +70°C |
| Rango de voltaje de entrada | 100-240VAC / 140-340 VDC |
| Eficiencia | >95% |

Fuente: Catalogo Altek



Figura 3-17 Fuente de alimentación Altexk Atx

3.4 Diseño del Panel de Control

El panel de control debe contar con elementos visuales y de mando para facilitar la manipulación del módulo, además de contar de un paro de emergencia para detener el proceso en caso de alguna eventualidad. En este panel de control se encuentran los elementos eléctricos y electrónicos que permiten realizar el control de los procesos. Más adelante se detallan cada uno de estos.

3.4.1 Elementos en el Panel de Mando

En este intervienen elementos eléctricos como pulsadores, luces piloto y paros de emergencia, a cada tipo se lo representa por un color, es así que el pulsador de Start es representado por el color verde mientras que el color rojo representara el Stop, el paro de emergencia de igual forma es representado por el color rojo y su tamaño lo hace notorio del resto de elementos. El selector de 2 posiciones para Manual/Auto se lo representa con el color negro

Las luces piloto son indicadores los cuales ayudan a identificar el modo de funcionamiento en el que se encuentra el módulo didáctico. La luz de color verde indica el inicio del proceso y que se encuentra funcionando con normalidad. Mientras que el color rojo indica que el proceso ha sido detenido o existe alguna falla que se debe corregir.

El tablero es de un tamaño compacto en el cual se encuentran los elementos antes descritos de una manera ordenada para su fácil manipulación, en la siguiente tabla se describe los elementos que intervienen en este:

Tabla 3-2: Determinación de elementos de panel de control

| Nº | ELEMENTO | COLOR | FUNCIÓN |
|----|--------------------------------|---|--|
| 1 | Gabinete de 30x30x20 | Beige | Estructura donde se van a montar todos los elementos del panel |
| 3 | Pulsador START/STOP NA | Verde/Rojo | Pone en funcionamiento y detiene el módulo |
| 3 | Pulsador STOP NC | Rojo | Paro total del sistema |
| 5 | Selector 2 posiciones | Negro con línea blanca que indica su estado | Elegir el modo de funcionamiento del módulo Manual/Auto |
| 2 | Pulsador paro de emergencia NC | Rojo | Detener la secuencia de operación ante una emergencia |
| 4 | Luz piloto | Verde | Indica que está en modo-START |
| 4 | Luz piloto | Rojo | Indica que se encuentra en modo-Stop o paro de emergencia |

Los elementos anteriormente mencionados se instalarán en un gabinete de control de medidas 30x30x20 cm, estos elementos se ubicarán de la manera en que se muestra en la **Figura 3-18**.

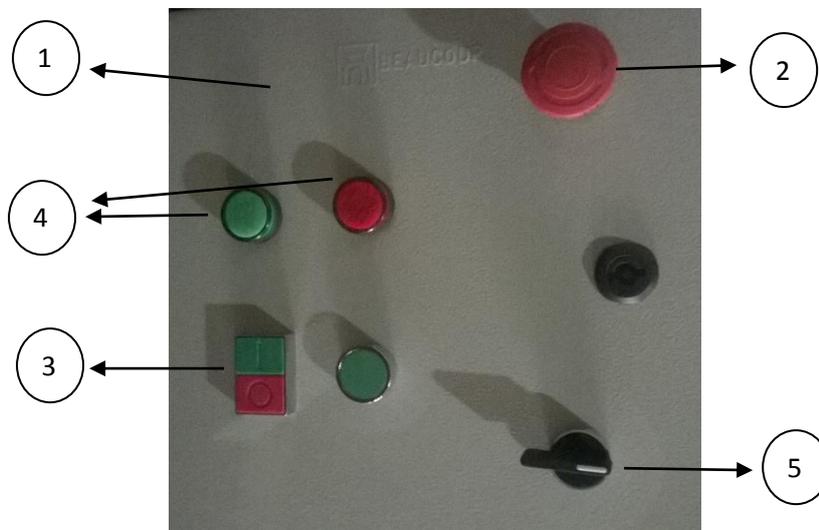


Figura 3-18 Panel de control

3.5 Implementación y Puesta en Marcha del Prototipo

Los sistemas que intervienen en el módulo son los siguientes:

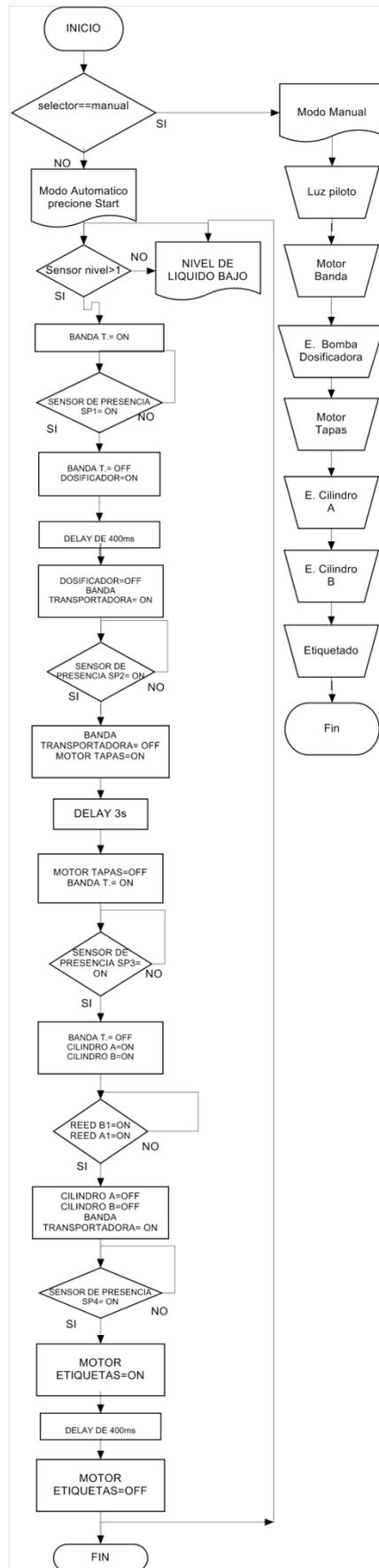
-Dosificación de Líquido.

-Tapado del envase.

-Etiquetado.

Además de esta contar con una estructura y un mecanismo de transporte como es una banda transportadora.

3.5.1 Flujo grama para el sistema automático y manual.



3.5.2 Material Usado en la Etapa de Dosificación

Se detalla los materiales que intervienen en el sistema de Dosificación de líquidos:

Tabla 3-3: Elementos necesarios para la etapa de Dosificación

| ELEMENTO | METERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|-----------------------------|-----------------|--|----------|
| Bomba dosificadora | PVC, acero inox | Dosificador de líquidos de hasta 7 oz. Por ciclo. | 1 |
| Sensor de presencia | Varios | Encargado verificar la presencia del envase para su dosificación | 1 |
| Brida de sujeción | Acero | Encargado de mantener anclada a la bomba en su lugar | 1 |
| Depósito de líquidos | Plástico | Acopio de líquido para su posterior dosificación | 1 |
| Tubería y accesorios | PVC | Tubos de ½" , codos, neplos | 1 |

3.5.2.1 Funcionamiento de la Etapa de Dosificación

Este proceso inicia una vez que el sensor de presencia detecta el paso del envase por la banda transportadora, esta se detiene en la ubicación exacta en la cual se va a envasar el líquido que en este caso es agua. Una vez que la bomba dosificadora termino el ciclo de dosificación la banda transportadora inicia su marcha hasta el siguiente sistema, la bomba dosificadora inicia la descarga al recibir la señal del sensor de presencia, se establece un tiempo para la descarga del líquido luego se envía una señal al controlador (DAQ) para indicar el fin del ciclo e ingrese el líquido a la cavidad para realizar la siguiente descarga.



Figura 3-19 Sistema de Dosificación

3.5.3 Material Empleado en la Etapa de Tapado

Tabla 3-4: Elementos usados en la etapa de tapado

| ELEMENTO | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|--------------------------------------|----------|---|----------|
| Sensor de presencia | Varios | Encargado de sincronizar la activación del actuador. | 1 |
| Cilindro neumático de 20x50mm | Varios | Realizar movimiento para presionar la tapa | 1 |
| Pernos cabeza hexagonal | Acero | Montar el cilindro en la estructura | 4 |
| Mecanismo de presión | Aluminio | Encargado de presionar la tapa sin dañarla | 1 |
| Brida se sujeción | Acero | Encargado de mantener anclado al actuador en su lugar | 2 |

3.5.3.1 Funcionamiento de la Etapa de Tapado

Al igual que en el anterior sistema el sensor de presencia es quien da la orden para iniciar con la etapa de tapado, al ser detectado el envase ya lleno de líquido por el segundo sensor antes nombrado la banda transportadora se detiene donde un pequeño motor de dc se activa empujando una tapa hacia el envase, posterior a esto la banda debe seguir su marcha hasta el siguiente punto donde se activa un cilindro de doble efecto haciendo que su avance del vástago presione la tapa dejando el envase tapado. Un segundo cilindro neumático de doble efecto se activa, su función es la de posicionar el envase en el lugar correcto para un tapado perfecto.



Figura 3-20 Sistema de tapado

3.5.4 Material Empleado en la Etapa de Etiquetado

Tabla 3-5: Elementos usados para la etapa de etiquetado

| ELEMENTO | METERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|-------------------------------|----------|---|----------|
| Sensor de presencia | Varios | Encargado sincronizar la activación del motor de pasos. | 1 |
| Despegador de etiqueta | Acero | Su función es de dejar lista la etiqueta para que se adhiera al envase. | 1 |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|---|---|
| Brida se sujeción | Acero | Encargado de mantener al sensor en su lugar | 1 |
| Motor DC | Varios | Este se sincroniza con el sensor de presencia para templar el rollo de etiquetas. | 1 |
| Templador de etiquetas | Acero | Lograr templar el rollo de etiquetas | 3 |
| Pernos de cabeza hexagonal | Acero | Fijar el conjunto de cilindro y brida a la estructura de la banda | 2 |

3.5.4.1 Funcionamiento de la Etapa de Etiquetado

Como en los anteriores sistemas o etapas esta inicia cuando recibe la señal del sensor de presencia el cual detecta el envase esta vez ya tapado, entonces el motor gira los grados necesarios para que al paso del envase la etiqueta sea adherida automáticamente en este dando por terminado todo el proceso que comprende el módulo didáctico.



Figura 3-21 Sistema de etiquetado

3.5.5 Material Usado en la Banda Transportadora

A continuación se detalla el material utilizado para la construcción de la banda transportadora:

Tabla 3-6: Material empleado en la banda transportadora.

| ELEMENTO | MATERIAL | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|----------|
| Perfil Rectangular | Acero galvanizado | Estructura transversal de la banda transportadora. | 4 |
| Perfil cuadrado | Acero galvanizado | Estructura de sujeción de elementos | 2 |
| Perno cabeza hexagonal | Acero | Sujeción de elementos, rodillos, tensores, alojamientos de rodamientos y motor. | 16 |
| Rodillos | De acero con recubrimiento de goma | Trasmiten el movimiento a la cinta transportadora | 2 |
| Base de deslizamiento | Alucobond | Sirve de base a la cinta dándole rigidez. | 1 |
| Cinta transportadora | Duraflex | Cinta de transporte | 1.70m |
| Tensores | Acero | Tensan la banda transportadora | 2 |
| Alojamientos para rodamientos | Acero inox | Mantienen en su sitio a los rodamientos | 4 |
| Motor | Varios | 12Vdc con etapa reductora de 50:1. Encargado de transmitir movimiento a la banda | 1 |

| | | | |
|---------------------|-----------|---|---|
| Eje | Acero | Transmite potencia del motor. | 1 |
| Acople motor | eje Acero | Transmite la potencia del motor hacia el rodillo motriz | 1 |

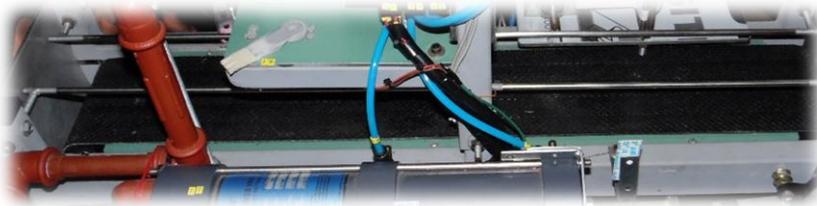


Figura 3-22 Banda transportadora

3.5.6 Acople Motor-Rodillo Motriz

Para transmitir el movimiento del motor hacia el rodillo motriz se dispone de un acople metálico el cual engrana en la salida del motor y se une al eje del rodillo motriz de la banda transportadora, lo que permite que se produzca el movimiento de la banda transportadora cumpliendo con su función de transportar el envase por cada una de las etapas que conforman el módulo didáctico.

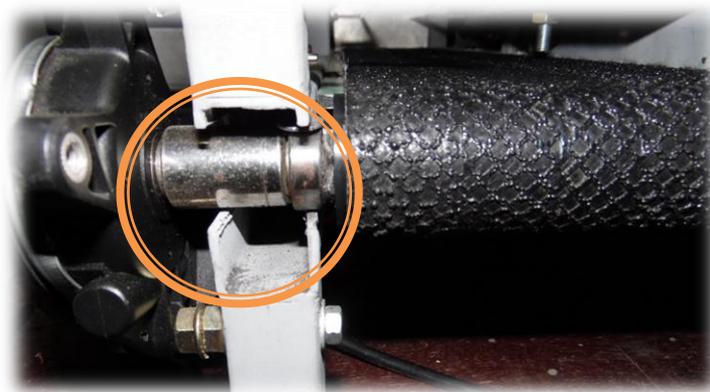


Figura 3-23 Acople motor-rodillo

CAPÍTULO 4

4 Adquisición de Datos y Hmi

En este capítulo se describe la adquisición de datos que no es más que captar una señal eléctrica o física por medio de los sensores para luego acondicionar dicha señal y poder manipularla en una Pc por medio de software de programación en este caso Labview, así como también se detalla las entradas/salidas del sistema que son de tipo digital y se presenta la interfaz hombre máquina que se realiza con la ayuda del software Labview.

4.1 Adquisición de datos y HMI

Este módulo recibe señales digitales de los sensores fotoeléctricos y de los sensores magnéticos, estas señales deben ser procesadas y acondicionadas por un dispositivo electrónico para su control. Para el módulo didáctico se va a usar una tarjeta Arduino Mega 2560 configurada como tarjeta de adquisición de datos (DAQ), además de estar conectada a una interfaz gráfica con Labview.

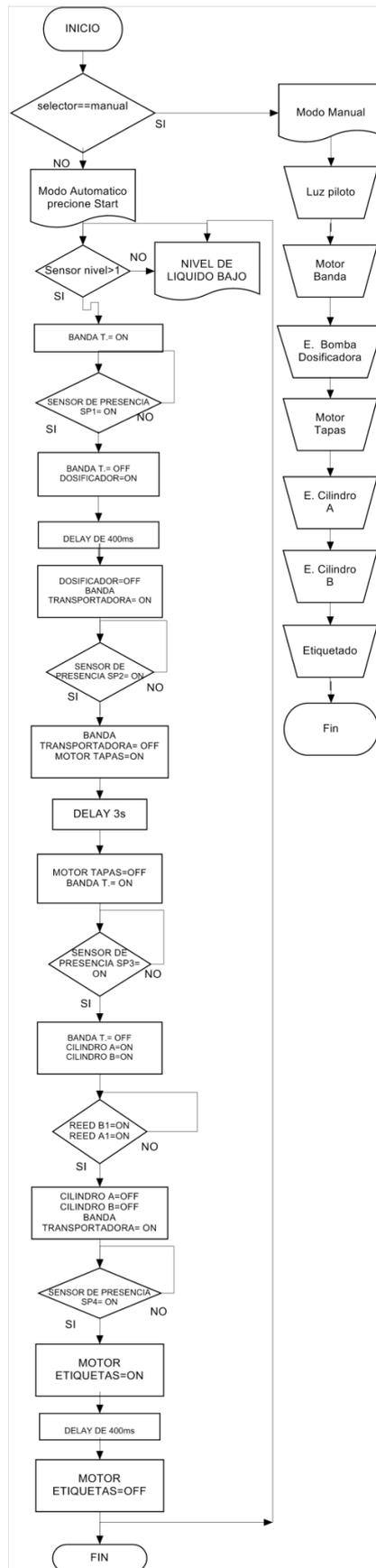


DIAGRAMA DE FLUJO

4.1.1 Cuantificación y análisis de entradas/salidas

Para una correcta selección de la tarjeta de adquisición de datos es necesario conocer cuántas entradas y salidas se requiere, que tipos de señales se va a manejar y que procesos se va a realizar. Además esto es imprescindible para realizar la programación de una manera ordenada y realizar una correcta conexión hacia la tarjeta de adquisición de datos que es la cual va a controlar todo el sistema de envasado, tapado y etiquetado.

4.1.1.1 Entradas

Las señales de entrada son de los sensores de presencia (fotoeléctricos), así como también de los sensores magnéticos (REED), los cuales dan las señales requeridas para que la DAQ realice el control, así como también los pulsadores y el selector manual. Todas estas señales son de tipo digital, así que se debe consistir esto para la selección de la tarjeta de adquisición de datos.

Tabla 4-1: Entradas

| ENTRADA | TAG | DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACIÓN |
|---------|-------|--|---------------------------|
| A0 | START | PULSADOR NA | INICIO |
| A1 | STOP | PULSADOR NC | PARO |
| A2 | EMG | PULSADOR NC | PARO DE EMERG |
| A3 | SMA | SELECTOR MANUAL/AUTO | |
| A4 | SP1 | SENSOR DE PRESENCIA DOSIFICACIÓN | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| A5 | SP2 | SENSOR DE PRESENCIA TAPA | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| D1 | SP3 | SENSOR DE PRESENCIA TAPADO | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| D2 | SP4 | SENSOR DE PRESENCIA ETIQUETADO | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| D3 | SR1 | SENSOR REED A0 | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| D4 | SR2 | SENSOR REED A1 | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| D5 | SR3 | SENSOR REED B0 | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |
| D6 | SR4 | SENSOR REED B1 | PRESENCIA=1 AUSENCIA=0 |

4.1.1.2 Salidas

Son las que dan acción a los actuadores tanto neumáticos como eléctricos y son digitales tipo relé.

Tabla 4-2: Salidas

| SALIDA | TAG | DESCRIPCIÓN |
|--------|-----|----------------------------|
| QA0 | EVD | ELECTROVALVULA DOSIFICADOR |
| QA1 | EVA | ELECTROVALVULA CILINDRO A |
| QA2 | EVB | ELECTROVALVULA CILINDRO B |
| QA3 | MT1 | MOTOR BANDA TRANSPORTADORA |
| QA4 | MT2 | MOTOR TAPAS |
| QA5 | MT3 | MOTOR ETIQUETAS |
| QA6 | LPV | LUZ PILOTO VERDE |
| QA7 | LPR | LUZ PILOTO ROJA |

En la siguiente tabla se describe las entradas/salidas y la función que cumple cada una de ellas, así como también su tipo.

Tabla 4-3: CARACTERISTICAS DE LAS ENTRADAS /SALIDAS

| ENTRADA | TIPO E/S | FUNCIÓN |
|---------|---------------|---|
| A0 | INPUT DIGITAL | INICIA EL SISTEMA O PROCESO |
| A1 | INPUT DIGITAL | DETIENE EL PROCESO |
| A2 | INPUT DIGITAL | DETIENE TODO EL SISTEMA |
| A3 | INPUT DIGITAL | SELECCIONA EL TIPO DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO |
| A4 | INPUT DIGITAL | DA INICIO AL PROCESO DE DOSIFICADO |
| A5 | INPUT DIGITAL | INDICA SI SE DISPONE DE TAPAS |
| D1 | INPUT DIGITAL | DETECTA EL PASO DEL ENVASE A SER TAPADO |
| D2 | INPUT DIGITAL | DA LA SEÑAL PARA PERMITIR EL ETIQUETADO |
| D3 | INPUT DIGITAL | SWITCH MAGNÉTICO |
| D4 | INPUT DIGITAL | SWITCH MAGNÉTICO |
| D5 | INPUT DIGITAL | SWITCH MAGNÉTICO |
| D6 | INPUT DIGITAL | SWITCH MAGNÉTICO |
| QA0 | SALIDA DIGT. | ACTIVA LA BOMBA DOSIFICADORA |
| QA1 | SALIDA DIGT. | ACTIVA EL CILINDRO NEUMÁTICO A |
| QA2 | SALIDA DIGT. | ACTIVA EL CILINDRO NEUMÁTICO B |

| | | |
|------------|--------------|--|
| QA3 | SALIDA DIGT. | CONTROLA EL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA |
| QA4 | SALIDA DIGT. | ACTIVA EL MOTOR DE 3.3V |
| QA5 | SALIDA DIGT. | ACTIVA EL MOTOR DE 3.3V |
| QA6 | SALIDA DIGT. | LUZ PILOTO VERDE |
| QA7 | SALIDA DIGT. | LUZ PILOTO ROJA |

El sistema requiere de 14 entradas digitales, y 8 salidas digitales tipo relé, detalladas anteriormente, dato que es importante para la selección de la tarjeta de adquisición de datos, para el módulo didáctico.

4.1.2 Selección de la Tarjeta de Adquisición de Datos (Daq)

La tarjeta de adquisición de datos toma información del exterior para procesar y utilizar esta según sea su conveniencia, es por eso que esta debe cumplir con características que se asemejen a las necesidades que requiere el módulo para que el manejo de datos sea ideal y no exista pérdida de datos.

En el mercado existe una gran variedad de tarjetas de adquisición de datos las más conocidas y comerciales son las de National Instruments que ofrecen una gran confiabilidad y prestaciones. Pero en la actualidad Arduino brinda un módulo que cumple la misma funcionalidad que una DAQ a un menor costo, por esta razón se las describe a continuación. Otras de las tarjetas de adquisición de datos que existen en el mercado son las Logicbus (USB 1208FS), ME-1600, RedLab 1000 y 3000, Mephistoswitch, entre otros.

4.1.2.1 Datos Técnicos de la Tarjeta de Adquisición de Datos.

Se presenta dos alternativas de dispositivos de adquisición de datos que se describen a continuación.

4.1.2.1.1 NI (USB-6009)

“La DAQ (USB-6009), está consta de las siguientes características:

8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s),

2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits

Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada

La versión OEM está disponible

Compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET”¹⁸



Figura 4-1 USB-6009

Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987>

4.1.2.1.2 Características Técnicas

Tabla 4-4: Datos técnicos DAQ 6009

| General | |
|---------------------------------|---|
| Familia de Productos | DAQ Multifunción |
| Tipo de Medida | Voltaje |
| Form Factor | USB |
| Sistema Operativo compatible | Linux Mac OS Pocket PC Windows |
| Compatible con RoHS | Sí |
| Tipo de Aislamiento | None |
| Entrada Analógica | |
| Canales de una sola terminal | 8 |
| Canales Diferenciales | 4 |
| Resolución de Entrada Analógica | 14 bits |
| Rango de Voltaje Máximo | |

¹⁸ ADQUISICIÓN DE DATOS. (2014). National Instruments.com Recuperado el 12 ,2014 de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

| General | |
|--|---------------------|
| Rango | -10 V - 10 V |
| Precisión | 7.73 mV |
| Rango | -1 V - 1 V |
| Precisión | 1.53 mV |
| Número de Rangos | 8 |
| Muestreo Simultáneo | No |
| Memoria Interna | 512 B |
| Salida Analógica | |
| Número de Canales | 2 |
| Resolución | 12 bits |
| Rango de Voltaje Máximo | |
| Rango | 0 V - 5 V |
| Precisión | 7 mV |
| Rango de Voltaje Mínimo | |
| Rango | 0 V - 5 V |
| Precisión | 7 mV |
| Razón de Actualización | 150 S / s |
| Capacidad de Corriente Simple | 5 mA |
| Capacidad de Corriente Total | 10 mA |
| E / S Digital | |
| Canales Bidireccionales | 12 |
| Canales de Entrada Únicamente | 0 |
| Canales de Salida Únicamente | 0 |
| Temporización | Software |
| Niveles Lógicos | TTL |
| Filtros de Entrada Programables | No |
| ¿Soporta Estados de Encendido Programables? | No |
| Entrada Digital | |
| Tipo de Entrada | Sinking Sourcing |

| General | |
|---|------------------------|
| Rango de Voltaje Máximo | 0 V - 5 V |
| Salida Digital | |
| Tipo de Salida | Sinking Sourcing |
| Capacidad de Corriente Simple | 8.5 mA |
| Capacidad de Corriente Total | 102 mA |
| Rango de Voltaje Máximo | 0 V - 5 V |
| Contadores / Temporizadores | |
| Temporizador Watchdog | No |
| Contadores | 1 |
| Operaciones a Búfer | No |
| Debouncing / Glitch Removal | No |
| Frecuencia Máx. de la Fuente | 5 MHz |
| Generación de Pulso | No |
| Tamaño | 32 bits |
| Estabilidad de Tiempo | 50 ppm |
| Niveles Lógicos | TTL |
| Temporización / Disparo / Sincronización | |
| Disparo | Digital |
| Bus de Sincronización (RTSI) | No |
| Especificaciones Físicas | |
| Longitud | 8.51 cm |
| Ancho | 8.18 cm |
| Altura | 2.31 cm |
| Conector de E / S | Terminales de tornillo |
| Potencia USB | Energizado por Bus |

Fuente: National Instruments

4.1.2.1.3 Arduino Mega 2560 R3

Es una placa que consta de un micro controlador, creada con el fin de facilitar los usos de la electrónica. El módulo Arduino Mega consta de 54 entradas/salidas (de las cuales 15 se pueden utilizar como salidas a PWM), 16 como entradas análogas, para que el arduino funcione como una DAQ requiere del complemento LVIFA_Base que se carga en el microcontrolador con el software Arduino. Se debe seleccionar el puerto serie (COM) con el que se va a comunicar el Arduino con el computador sea el mismo, por defecto la mayoría de veces el sistema utiliza el COM15, luego se procede a cargar el código al finalizar el programa desplegara un mensaje de que se ha cargado satisfactoriamente, como se muestra en la siguiente ilustración:

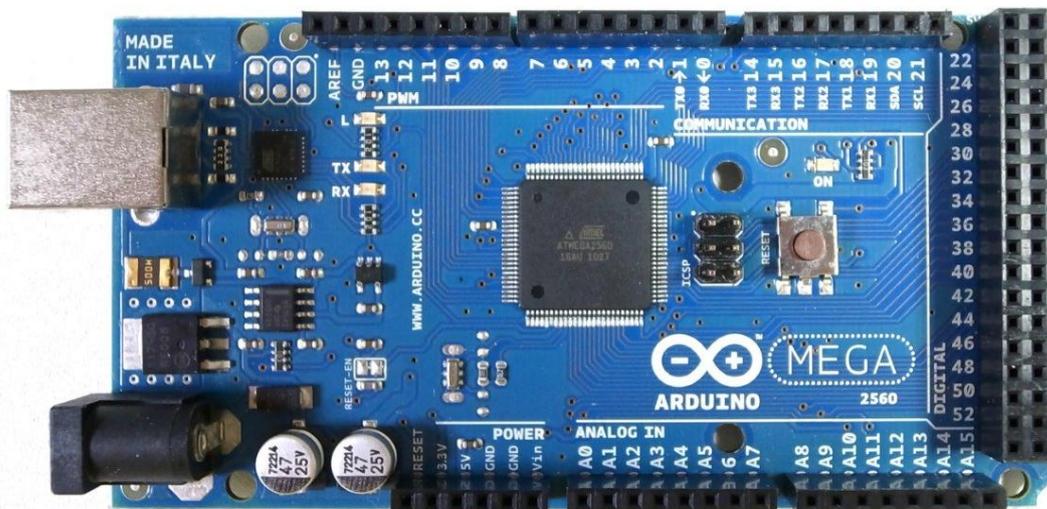


Figura 4-2 Arduino mega 2560

Fuente: Arduino¹⁹

Tabla 4-5: Datos técnicos del Arduino Mega 2560

| | |
|----------------------------------|------------|
| Micro controlador | Atmega2560 |
| Voltaje de operación | 5V |
| Voltaje de entrada (Recomendado) | 7 – 12V |

¹⁹ Arduino UNO R3. (2014). thietbichetao.com Recuperado el 08 ,2014 de <http://thietbichetao.com/san-pham/module-board-dien-tu/arduino-uno-r3/>

| | |
|--|--|
| Voltaje de entrada (Límite) | 6 – 20V |
| Pines para entrada- salida digital. | 54 (15 pueden usarse como salida de PWM) |
| Pines de entrada analógica. | 16 |
| Corriente continua por pin IO | 40 mA |
| Corriente continua en el pin 3.3V | 50 mA |
| Memoria Flash | 256 KB (8 KB ocupados por el bootloader) |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Frecuencia de reloj | 16 MHz |

En el programa Arduino Lab se carga el complemento o código LVIFA_Base que fácilmente se lo puede descargar de la página oficial de Arduino, este código hace que el módulo Arduino Mega 2560 opere como una tarjeta de adquisición de datos (DAQ), además de permitir que la placa se comunice con Labview.

```

LVIFA_Base Arduino 1.5.5-r2
Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
LVIFA_Base  AFMotor.cpp  AFMotor.h  AccelStepper.cpp  AccelStepper.h
void loop()
{
  // Check for commands from LabVIEW and process them.

  checkForCommand();
  // Place your custom loop code here (this may slow down communication)

  if(acqMode==1)
  {
    sampleContinuously();
  }
}
1  Arduino Uno on COM15

```

4.1.3 Cuadro Comparativo Entre Daq y Arduino

Se ha tomado las características primordiales de las alternativas de tarjetas de adquisición de datos y se ha realizado un cuadro comparativo para la selección de dicha tarjeta.

Tabla 4-6: DAQ vs. Arduino

| Característica | DAQ | Arduino |
|--------------------|----------|-------------|
| Micro controlador | NI-STC 2 | ATMEGA 2560 |
| Voltaje Entrada | TTL | 7-12V |
| Corriente Simple | 8,5mA | 10mA |
| Entradas Digitales | 12 | 54 |
| Salidas Digitales | 12 | 54 |

Figura 4-3 Código LVIFA_Base

| | | |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Potencial USB | Energizada por BUS | Energizada por BUS |
| Comunicación Serial | Si | Si |
| Memoria Interna | 521 B | 256Kb |
| Sistema Operativo Compatible | Linux, Mac OS, Pocket PC, Windows | Linux, Mac OS, Pocket PC, Windows |
| Disparo | Digital | Digital |
| Temporización por Software | Si | Si |
| Conector E/S | Terminales de Tornillo | Terminales para Espadin |
| Precio | 100% | 12% |

Por todo lo expuesto en el cuadro comparativo que se detalla, se establece que las características de los dos equipos para la adquisición de datos son similares, por lo que se procede a seleccionar la placa Arduino Mega 2560, debido a que las prestaciones cumplen con los requerimientos del proyecto a un reducido costo.

4.1.4 HMI

El proceso en el cual el usuario entra en contacto con la máquina se denomina interfaz. La interfaz hombre máquina (HMI) se debe adaptar a las capacidades del módulo, para que esta sea útil y significativa. La HMI para este caso se realiza mediante la ayuda del software Labview, que ofrece un entorno gráfico permitiendo el monitoreo, supervisión y control de procesos en este caso para

el módulo didáctico de envasado, tapado y etiquetado, dándole una mayor funcionalidad y aprovechando al máximo los elementos que constituyen el módulo. El HMI debe tener un entorno visual ordenado siguiendo la secuencia del proceso a realizar en tiempo real.

4.1.5 Implementación del Hmi

Como se explicó anteriormente para qué sirve el complemento LVIFA_Base que se carga en el Arduino Mega 2560, que permite que este se comuniqué con Labview, además que la programación gráfica se realiza en este software es más que obvio que el HMI sea realizado en Labview.

Lo primero es crear un proyecto en Labview, creando un entorno de acuerdo a la práctica que el docente solicite su realización. Este software ofrece una programación gráfica mediante la utilización de funciones de diagramas de bloques.



Figura 4-4 Nuevo proyecto en Labview

Una vez creado un nuevo proyecto el usuario puede realizar su HMI según los requerimientos del maestro, en un entorno gráfico donde se represente los

procesos que se realizan físicamente. Para la presentación del módulo didáctico se presenta el entorno visual del HMI de la siguiente forma utilizando los controles que ofrece Labview para su programación como se muestra en la siguiente ilustración:

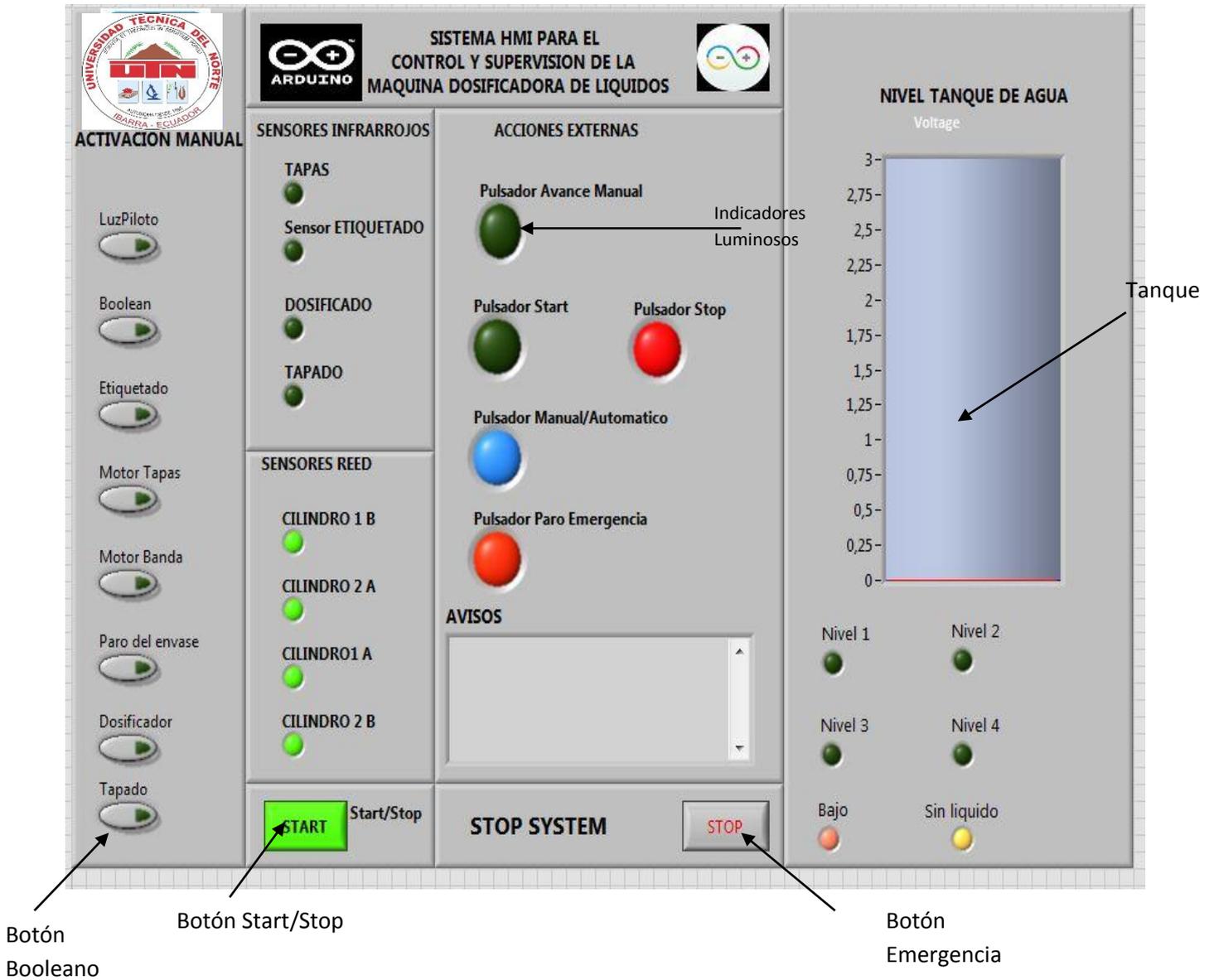


Figura 4-5 HMI en Labview

El entorno de Labview consta de barras y paletas que facilitan al usuario a crear su HMI en este caso.

La paleta de herramientas cambia el comportamiento del puntero del mouse dando una característica principal a cada herramienta.



Figura 4-6 Paleta de herramientas

Paleta de controles: Sirve para generar el panel frontal donde se colocan controles e indicadores. Un control es un objeto que introduce el usuario para interactuar con el VI, como por ejemplo introducir datos o controlar procesos. Mientras un indicador es un objeto en el cual se puede visualizar un resultado como por ejemplo gráficas, medidores digitales/analógicos, termómetros.



Figura 4-7 Paleta de controles

Paleta de Funciones: Cada icono de la paleta representa una subpaleta, esta contiene Vis y funciones para colocar en el diagrama de bloques los cuales se pueden conectar a los terminales de los controles e indicadores y demás elementos de la paleta de funciones.



Figura 4-8 Paleta de funciones

Para realizar la programación del Arduino configurado como DAQ en Labview es necesario verificar si se encuentra instalada la función Arduino, de no ser así deber ser instalada esta es fácil de descargar de la página de National Instruments, ya instalada debe aparecer en la barra de funciones y de controles Arduino como se muestra en la ilustración:

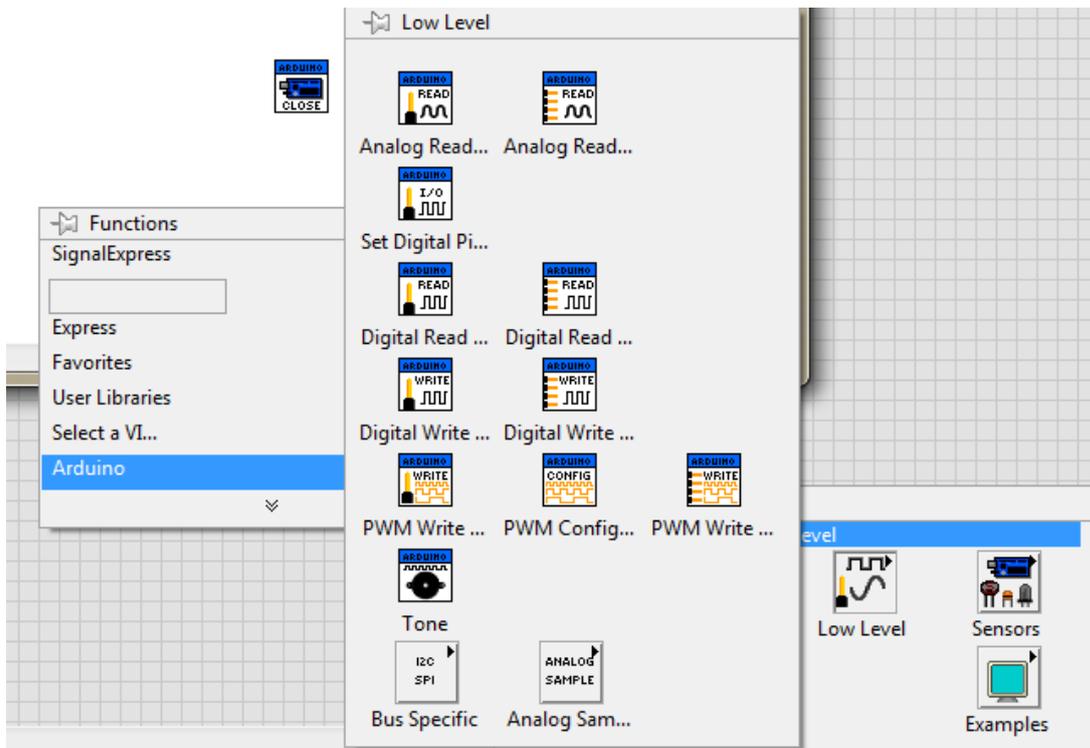


Figura 4-9 Función arduino

Esto es todo lo que se requiere para poder empezar a programar la HMI del módulo didáctico, además del resto de funciones y controles que ofrece Labview para programar de una manera gráfica.

Se presenta la programación secuencial de todo el módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado controlado por DAQ, este se compone de tres sistemas dosificado, tapado y etiquetado.

Se pretende que el estudiante desarrolle destrezas en la manipulación de los elementos que constituyen el módulo, siguiendo la guía de prácticas que se presenta en el capítulo siguiente.

En la siguiente figura se muestra la programación secuencial del módulo:

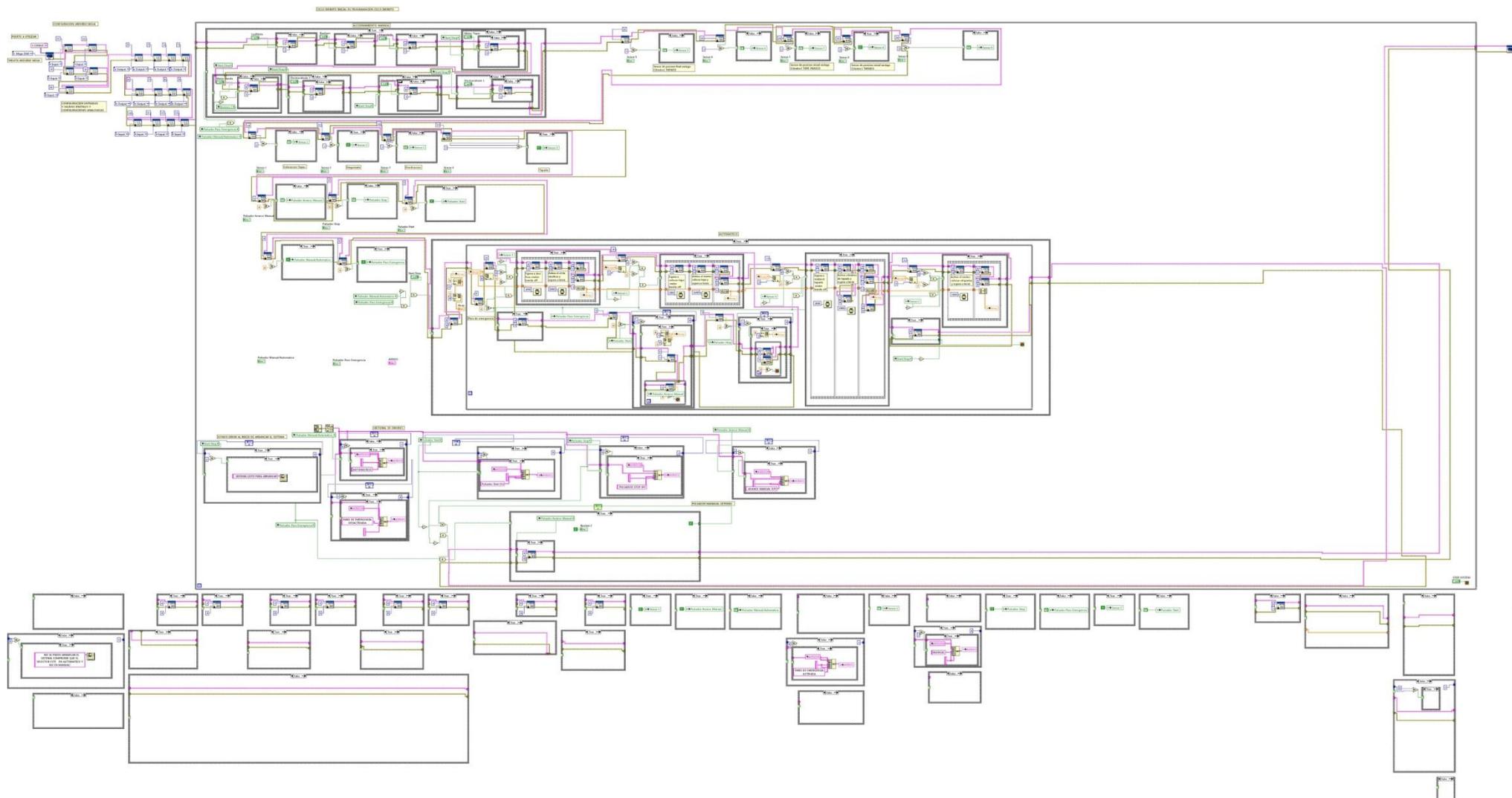


Figura 4-10 Programa en Labview

Para una mejor visualización de la programación y de su estructura se lo puede revisar el **ANEXO 1**.

4.1.5.1 Bloque Programación de Etapa de Dosificación

El bloque de dosificación realiza el siguiente proceso como se muestra en la **Figura 4-11**, cuando se detecta la presencia del envase se da un tiempo de retardo de 500ms antes de parar la banda, se da un tiempo de estabilidad de 1000ms y se procede a dosificar, el tiempo de descarga se lo ha establecido en 8000ms que es el tiempo en el cual todo el líquido que se halla en la bomba dosificadora tarda en salir, se para la dosificación haciendo que la electroválvula retorne a su posición inicial, seguido de esto la banda transportadora se pone en marcha.

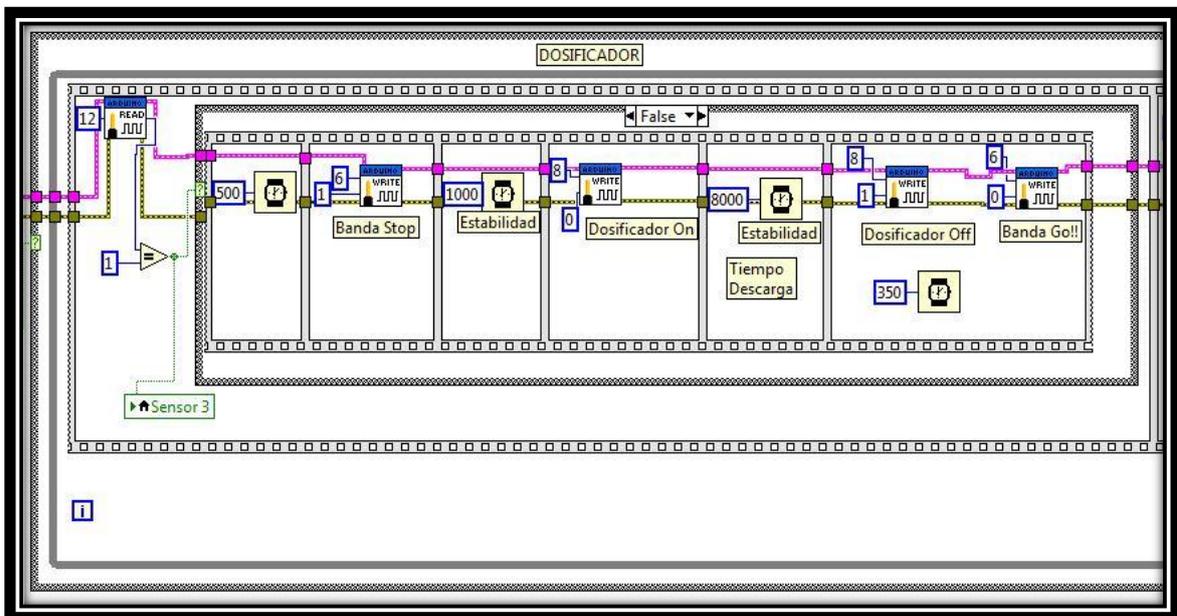


Figura 4-11 Diagrama de bloques dosificación

4.1.5.2 Bloque de Programación Etapa de Tapado

En esta etapa se utiliza las mismas funciones que en la anterior, esta etapa se compone de 2 partes. La primera es la colocación de la tapa a través del giro de un pequeño motor. La otra es el tapado del envase mediante el accionamiento de un cilindro neumático.

En el primer bloque de esta etapa se lee entrada de la tarjeta de adquisición de datos correspondiente al sensor de presencia que es el pin 10, al detectar al

envase se da un delay de 1000ms para dejar posicionado al envase, luego se procede a parar la banda transportadora, hay otro delay de 1000ms y se activa el motor, tras pasar 1500ms el pin (5) correspondiente al motor se apaga y se activa la banda transportadora Pin (6).

En el bloque de tapado se lee el sensor de presencia correspondiente que está ubicado en el pin (13) de la tarjeta de adquisición de datos, al detectar el envase activa el cilindro neumático que impide el paso del envase Pin (7), luego se detiene la banda transportadora pin (6), se da un delay de 1000ms y se procede a tapar el envase activando el cilindro de tapado pin (9), una vez tapado el envase se hace que los dos cilindros regresen a su posición inicial y se pone en marcha la banda transportadora pin (6).

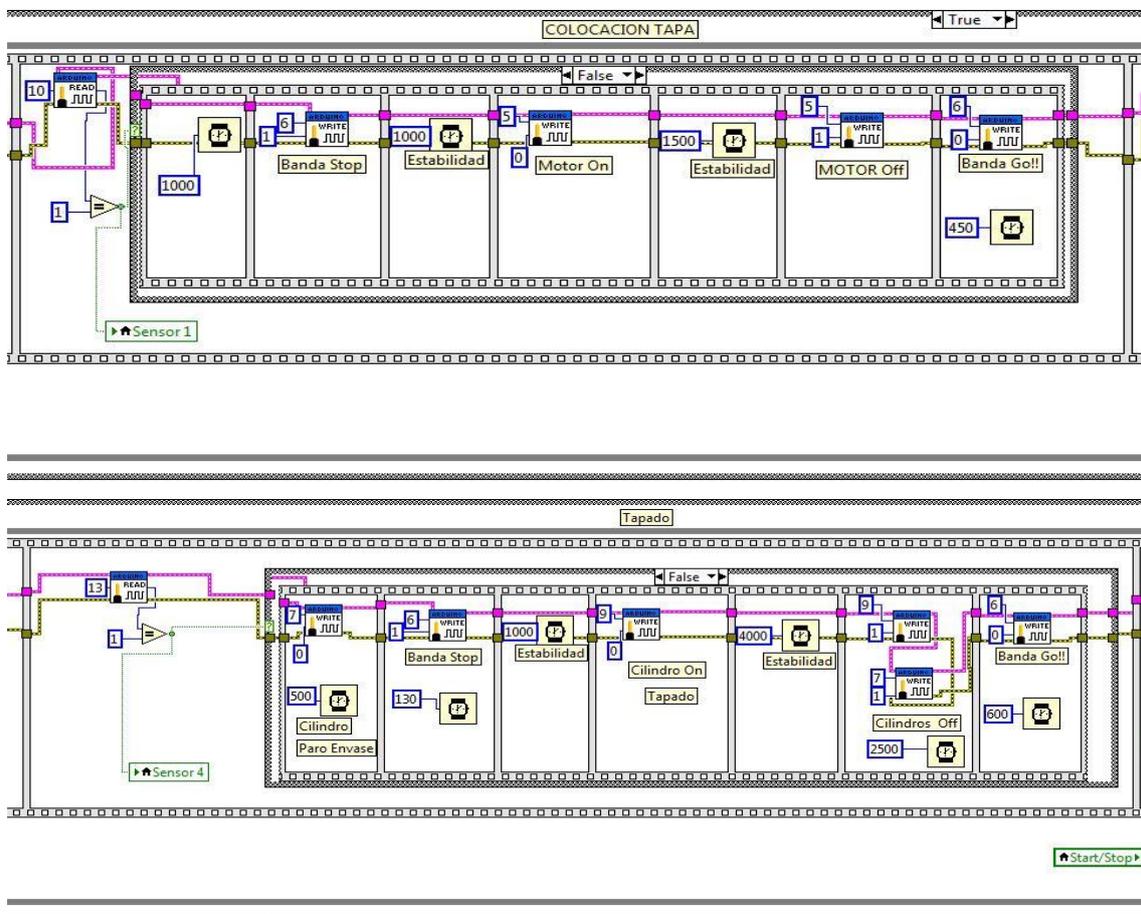


Figura 4-12 Diagrama de bloques tapado

son accionados o no. Para el caso de los sensores fotoeléctricos es mucho más sencilla la verificación ya que este dispone de un led el cual indica si se detecta la presencia en este caso del envase, aunque para mayor seguridad de su funcionamiento se puede probar continuidad.

Los resultados obtenidos en la esta prueba se indican en la **Tabla 4-7**.

Tabla 4-7: Prueba De Funcionamiento De Sensores

| Sensor | Condición | Continuidad | Ajuste | Continuidad |
|-----------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| REED A.0 | Cil. A retraído | SI | Ninguno | SI |
| REED A.1 | Cil. A avanzado | SI | Ninguno | SI |
| REED B.0 | Cil.B retraído | SI | Ninguno | SI |
| REED B.1 | Cil. B avanzado | SI | Ninguno | SI |
| S. P. 1 | Dosificado | SI | Ninguno | SI |
| S.P.2 | Tapas | SI | Ninguno | SI |
| S.P.3 | Tapado | SI | Ninguno | SI |
| S.P.4 | Etiquetado | SI | Ninguno | SI |

4.1.6.2 Ajuste de los Reguladores de Caudal y Pruebas de los Actuadores Neumáticos.

La velocidad de avance y retroceso de los actuadores neumáticos se establece a través de los reguladores de caudal con estos se regula la velocidad ya sea del avance como del retorno. La bomba dosificadora requiere un caudal moderado para proceder al envasado de líquidos y un retorno rápido para la carga de líquido. Para el cilindro A se precisa de un avance normal ya que este cilindro cumple la función de impedir el avance del envase, de igual forma para su retroceso. El cilindro B demanda de una velocidad media-baja, para el

proceso de tapado, en vista de que el envase es de vidrio y si la velocidad es demasiadamente rápida se podría dañar el envase.

El proceso que hay que seguir para la calibración es la siguiente: El regulador debe girarse totalmente hasta su posición de paso que es el 100%, luego hasta la otra posición que es la de cerrado que es el 0% del flujo de aire, se va contando las vueltas que el regulador ejecuta y de esta manera regular la velocidad según corresponda a cada acción ya sea de avance o retroceso.

En la **Tabla 4-8** detalla las velocidades establecidas en porcentajes para cada uno de los actuadores según sus requerimientos tanto en avance como en retroceso.

Tabla 4-8: Ajustes De Velocidad De Los Actuadores

| Actuador | Velocidad % | | Regulador de caudal | Vueltas de tornillo | Avance/retroceso |
|--------------------|-------------|-----------|---------------------|---------------------|------------------|
| | Avance | Retroceso | Código | # vueltas | |
| Dosificador | 35 % | 80 % | Z1 | 6 | SI |
| | | | Z2 | 2 | |
| A | 50 % | 50 % | Z3 | 2,4 | |
| | | | Z4 | 2,4 | SI |
| B | 45 % | 45 % | Z5 | 3 | |
| | | | Z6 | 3 | SI |

CAPÍTULO 5

5 Guía de Prácticas

El presente módulo didáctico es un conjunto de operaciones combinadas que tienen por finalidad entregar un producto terminado en un tiempo determinado. El módulo presenta una gran funcionalidad es por eso que se le puede sacar un gran provecho para la enseñanza práctica en diferentes áreas de la carrera como Neumática, Instrumentación, Automatización y Control.

5.1 Formato de Guía de Prácticas

Se considera para el formato de guía de prácticas los elementos constitutivos del módulo didáctico descritos en el *capítulo 3*. Tanto los elementos como el cableado de los mismos se encuentran debidamente conectados hacia la tarjeta de adquisición de datos (DAQ), a cada una de las entradas y salidas se le ha asignado un TAG para facilitar la conexión, guiarse en las **Tablas 4-1 y 4-2**.

Se entrega el programa en Labview con los diagramas de bloques de manera digital con el nombre de HMI.vi, además de cada una de las prácticas en un archivo diferente de Labview en caso de ser requerido.

5.1.1 Materiales Necesarios Para la Realización de las Prácticas

| Nº | MATERIAL | DESCRIPCIÓN |
|----|-------------------------|---|
| 1 | BANDA TRANSPORTADORA | ESTRUCTURA, CINTA, RODAMIENTOS, RODILLOS, MOTOR, TENSORES |
| 1 | FUENTE DE ALIMENTACION | ALIMENTACIÓN DE TODO EL MÓDULO 12, 5, 3.3 VOLTS |
| 1 | ELEMENTOS DE SUJECIÓN | PIES DE SUJECIÓN Y ANCLAJES |
| 1 | PANEL DE MANDO | TABLERO DE CONTROL |
| 1 | ELEMENTOS DE PROTECCIÓN | PROTECCIONES TERMICAS |
| | | |

5.1.2 Elementos Necesarios

| Nº | ELEMENTO | DESCRIPCIÓN |
|----|-------------------------------|--|
| 5 | SENSOR DE PRESENCIA | FOTOELECTRICO |
| 6 | SENSORES MAGNETICOS TIPO REED | FINALES DE CARRERA DE CILINDROS NEUMÁTICOS |
| 1 | MOTOR DC DE 3,3 VOLTS | ALIMENTADOR DE TAPAS |

| | | |
|---|-------------------|---------------------------------|
| 1 | MOTOR PASO A PASO | TEMPLADOR DE ETIQUETAS |
| 1 | ARDUINO MEGA 2560 | TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS |

5.1.3 Herramientas Necesarias

| Nº | HERRAMIENTAS | DESCRIPCIÓN |
|----|------------------------|-------------------------------|
| 1 | COMPRESOR | SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO |
| 1 | COMPUTADOR CON LABVIEW | INTERFAZ HMI |

5.2 PRÁCTICA No. 1

| CARRERA | PLAN DE ESTUDIO | CLAVE ASIGNATURA | NOMBRE DE LA ASIGNATURA |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Ing. Mecatrónica | | | |

| PRÁCTICA No. | LABORATORIO DE: | Mecatrónica | DURACION (HORAS) |
|--------------|-----------------------|---|------------------|
| 1 | NOMBRE DE LA PRÁCTICA | Accionamiento de un ciclo de la bomba dosificadora mediante DAQ | 2 |

5.2.1 Objetivo

El estudiante aprenderá a utilizar la bomba métrica o dosificadora de líquidos, realizando la descarga de un ciclo de dosificación, a través del accionamiento de una electroválvula 5/2 cuyo solenoide es activado o desactivado por la DAQ.

5.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar las conexiones eléctricas y neumáticas para el funcionamiento de la práctica.
- Crear el diagrama de bloques en Labview para el control de la práctica.

5.2.3 Equipo Requerido

- 1 Unidad de mantenimiento FR
- 1 Bomba dosificadora
- 1 electroválvula 5/2 vías
- Reguladores de caudal a 1/4".
- Pulsador de INICIO
- DAQ

5.2.4 Procedimiento

Para el accionamiento de un ciclo de la bomba dosificadora se debe verificar los elementos y materiales necesarios para realizar la práctica, además de comprobar la presión del aire comprimido esté comprendida entre 5 y 6 bar.

Paso 1: Para dar inicio al proceso se debe presionar el pulsador de START.

Paso 2: seguido de esto se activa la banda transportadora (QA3), la que conduce el envase hacia la posición de dosificado, el sensor de presencia (SP1) detecta el envase y detiene la banda transportadora.

Paso 3: el solenoide de la electroválvula 5/2 se energiza y permite que el agua ingrese al dosificador.

Paso 4: Se establece un tiempo de descarga del líquido, el sensor de presencia da la señal para que la electroválvula 5/2 cambien su estado y la bomba dosifique la cantidad de agua que el usuario regulo en la misma.

Lo que se busca con esta práctica es que el usuario manipule el dosificador pudiendo llenar el envase con una cantidad determinada de líquido comprendida entre 0 y 7 onzas. A través de la utilización de Labview y de la tarjeta de adquisición de datos.

En el archivo Practica 1. VI que se encuentra en la carpeta prácticas se encuentra el diagrama de bloques necesario para cumplir con las funciones solicitadas.

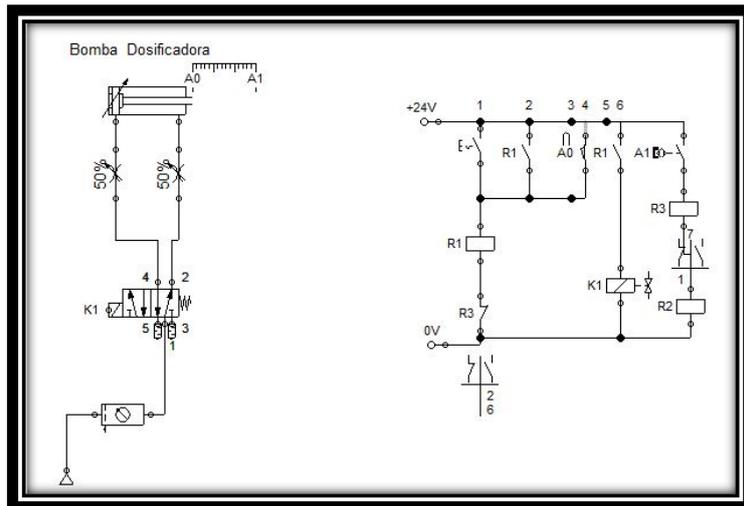


Figura 5-1: Esquema Electro neumático práctica 1

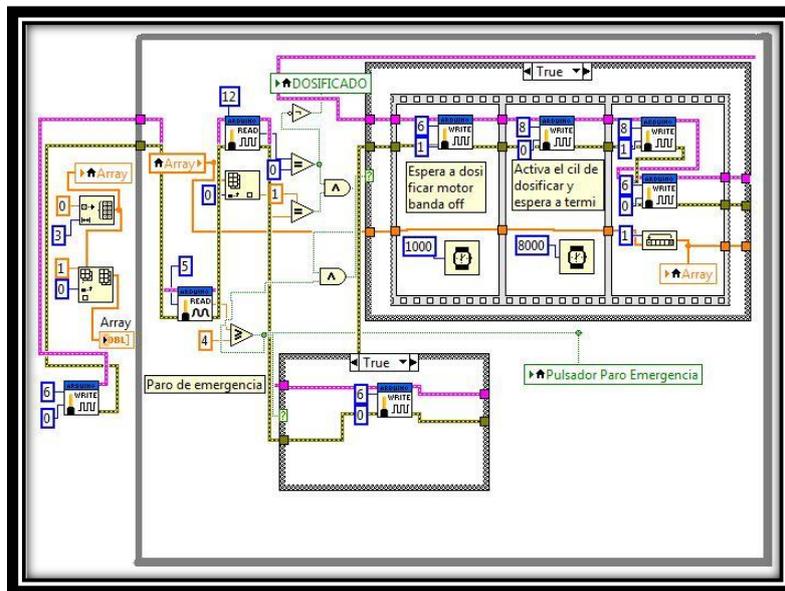


Figura 5-2: Diagrama de bloques en Labview práctica 1

5.2.5 Cuestionario

1. ¿Qué función cumple la unidad de mantenimiento?
2. ¿Qué función cumple la electroválvula 5/2?
3. ¿A qué presión debe funcionar la bomba dosificadora?

4. ¿De qué manera actúa la bomba dosificadora?

5. ¿Para qué sirven los reguladores de caudal?

5.2.6 Funcionamiento y Conclusiones

Escribir una síntesis del funcionamiento del circuito y de la función que cumplen cada uno de los elementos que intervienen en el mismo.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.2.7 Actividades Propuestas.

- Hacer la simulación del circuito neumático y electro neumático mediante la utilización del software FluidSIM.
- Realizar la interfaz con Labview.
- Ejecutar el montaje y conexión de los elementos.

| |
|---|
| PRECAUCIÓN: Revisar las conexiones neumáticas antes de alimentar el circuito con aire, recuerde que la presión de trabajo de los actuadores es de 5 bares. |
|---|

| | |
|-----------------|---------------|
| Elaborado por : | Revisado por: |
| Docente: | Coordinador: |

5.3 PRÁCTICA No. 2

| CARRERA | PLAN DE ESTUDIO | CLAVE ASIGNATURA | NOMBRE DE LA ASIGNATURA |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Ing. Mecatrónica | | | |

| PRÁCTICA No. | LABORATORIO DE: | Mecatrónica | DURACIÓN (HORAS) |
|--------------|-----------------------|--|------------------|
| 2 | NOMBRE DE LA PRÁCTICA | Verificación de presencia y alimentación de tapas mediante un motor dc | 2 |

5.3.1 Objetivo

Detectar la presencia de las tapas y alimentar las mismas hacia el envase cuando este se encuentre en la posición de alimentación de las tapas, todo esto controlado por DAQ al recibir la señal de los sensores de presencia.

5.3.2 Objetivos Específicos

- Activar el Motor DC de 3.3 V
- Crear el diagrama de bloques en Labview para el control

5.3.3 Equipo Requerido

- 1 Motor DC 3.3 Volts3
- Pulsador de INICIO
- DAQ (Arduino Mega)
- Sensor de Presencia SP3 (fotoeléctrico)

5.3.4 Procedimiento

Para la realización de esta práctica es necesario disponer de las tapas plásticas que son únicamente para el envase propuesto.

Paso 1: El proceso inicia cuando el sensor de presencia SP2 detecta la presencia del envase.

Paso 2: Al estar el envase posicionado se para la banda transportadora QA3.

Paso 3: Se activa la salida QA4 que es la que enciende el motor eléctrico de 3,3V haciendo que empuje la tapa hacia el envase dejándola posicionada para proceder a tapar.

El pulsador de START debe ser presionado para que inicie el proceso y ponga en marcha la banda transportadora.

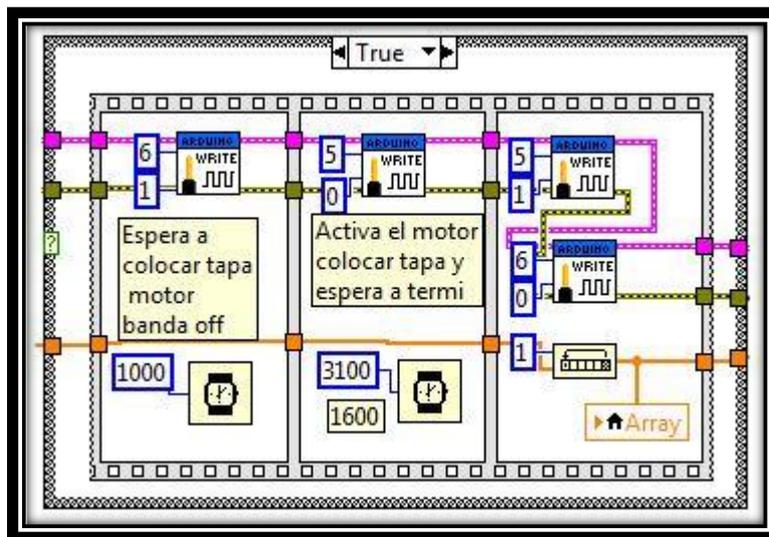


Figura 5-3: Diagrama de bloques en Labview práctica 2

En esta práctica se pretende que la tapa sea colocada siempre en el embase de manera que las tapas sean acopiadas en el alimentador de tapas y luego sean colocadas respectivamente en el envase mediante la señal del sensor de presencia la cual da la pauta para la activación del motor.

En el archivo Practica 2.VI, se encuentra el diagrama de bloques encargado de la realización de la tarea encomendada en la práctica.

5.3.5 Cuestionario

1. ¿Qué función cumple el motor dc?
2. ¿Qué ocurre al no detectar tapas?

3. ¿Cuál es el radio de giro del motor?

4. ¿Qué ocurre si la tapa queda mal ubicada en el envase?

5. ¿Qué pasa si no se presiona el pulsador de Start?

5.3.6 Funcionamiento y Conclusiones

Escribir una síntesis del funcionamiento del circuito y de la función que cumplen cada uno de los elementos que intervienen en el mismo.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.3.7 Actividades Propuestas.

- Hacer la simulación del circuito eléctrico mediante la utilización del software PROTEUS, y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Realizar la interfaz con Labview.
- Ejecutar el montaje y conexión de los elementos.

PRECAUCIÓN:
Revise las conexiones de polaridad del motor para un correcto giro del motor. Evite realizar actividades que no correspondan.

| | |
|-----------------|---------------|
| Elaborado por : | Revisado por: |
| Docente: | Coordinador: |

5.4 PRÁCTICA No. 3

| CARRERA | PLAN DE ESTUDIO | CLAVE ASIGNATURA | NOMBRE DE LA ASIGNATURA |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Ing. Mecatrónica | | | |

| PRÁCTICA No. | LABORATORIO DE: | Mecatrónica | DURACIÓN (HORAS) |
|--------------|-----------------------|---|------------------|
| 2 | NOMBRE DE LA PRÁCTICA | Accionamiento de los cilindros A y B de tapado. | 2 |

5.4.1 Objetivo

Establecer el funcionamiento secuencial de los cilindros del sistema de tapado A y B, mediante el control de los solenoides de las respectivas electroválvulas y finales de carrera a través de la utilización de la tarjeta de adquisición de datos.

5.4.2 Objetivos Específicos

- Activar los cilindros neumáticos
- Realizar las conexiones eléctricas y neumáticas
- Generar los diagramas de bloques en Labview para el control

5.4.3 Equipo Requerido

- 1 Unidad de mantenimiento FR
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro A de tapado)
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro B de desplazamiento del envase)
- 2 electroválvulas 5/2 vías
- 1 Pulsador de INICIO
- 1 DAQ
- Reguladores de caudal
- Sensores Reed A.0, A.1
- Sensores Reed B.0, B.1

5.4.4 Procedimiento

Paso 1: Para el tapado del envase arranca el proceso pulsando el botón de START y poniendo en marcha la banda.

Paso 2: El sensor de presencia SP3 es el que da la señal para que se pare la banda transportadora (QA3).

Paso 3: Se activa la salida QA2 que es la que activa el solenoide de la electroválvula 5/2 que permite el avance del vástago del cilindro neumático B el cual impide el avance del envase dejándolo posicionado para proceder a taparlo.

Paso 4: Cuando el vástago del cilindro B llega a su tope el sensor REED B.1 (SR4) da la señal para que la salida QA1 se active haciendo que se energice el solenoide de la electroválvula 5/2 que activa el cilindro A de tapado.

Paso 5: Cuando el vástago del cilindro A ha llegado al final de su carrera el sensor REED A.1 da la señal para que vuelva a su posición inicial, de la misma forma para el cilindro B.

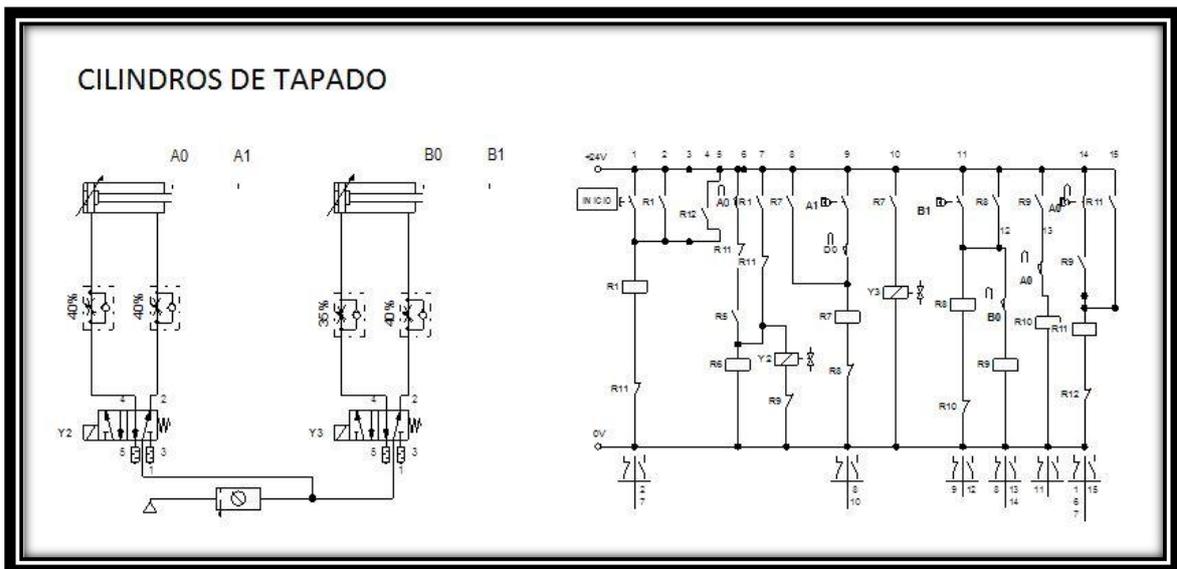


Figura 5-4: Diagrama Electro neumático práctica 3

En el archivo Practica 3.VI se presenta el diagrama de bloques para poner en marcha las operaciones solicitadas en dicha práctica. Este archivo se encuentra ubicado en la carpeta Prácticas.

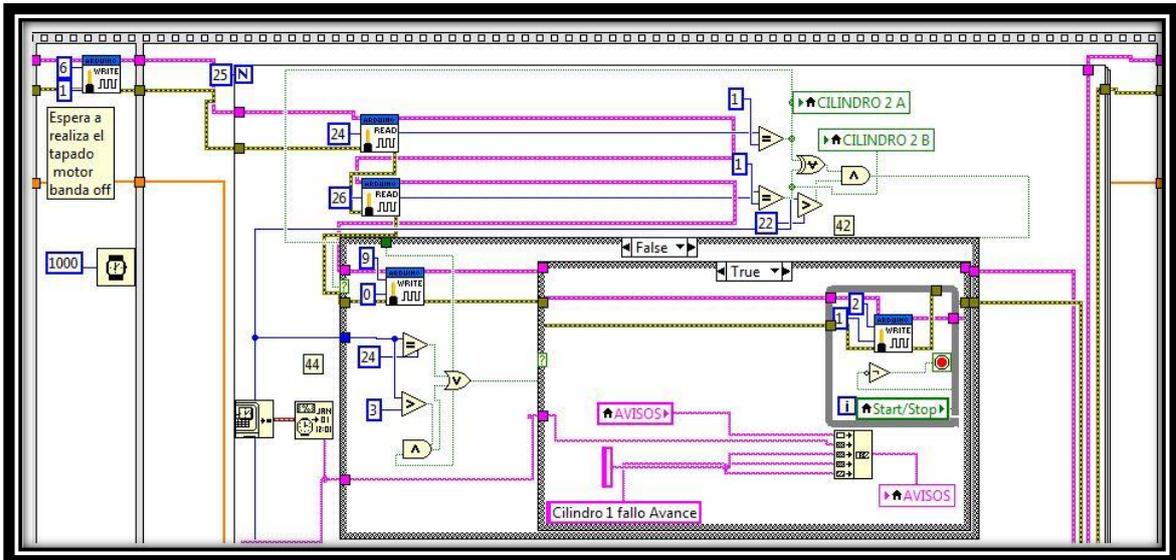


Figura 5-5: Diagrama de bloques en Labview práctica 3

5.4.5 Cuestionario

1. ¿Qué función cumplen los sensores REED?
2. ¿Qué pasa al activar el solenoide de la electroválvula 5/2?
3. ¿Qué pasa si no se sigue la secuencia de activación de los cilindros?
4. ¿Qué ocurre si el sensor REED del cilindro A no se activa?
5. ¿Para qué sirven los reguladores de caudal?

5.4.6 Funcionamiento y Conclusiones

Escribir una síntesis del funcionamiento del circuito y de la función que cumplen cada uno de los elementos que intervienen en el mismo.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.4.7 Actividades Propuestas.

- Simular el circuito neumático mediante la utilización del software FluidSIM.
- Implementar y realizar la interfaz arduino- Labview.

PRECAUCIÓN:

Revise las conexiones neumáticas antes de alimentar el circuito con aire, recuerde que la presión de trabajo es de 5 bares. Evite realizar actividades que no correspondan y pongan en peligro.

| | |
|-----------------|---------------|
| Elaborado por : | Revisado por: |
| Docente: | Coordinador: |

5.5 PRÁCTICA No. 4

| CARRERA | PLAN DE ESTUDIO | CLAVE ASIGNATURA | NOMBRE DE LA ASIGNATURA |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Ing. Mecatrónica | | | |

| PRÁCTICA No. | LABORATORIO DE: | Mecatrónica | DURACIÓN (HORAS) |
|--------------|-----------------------|---|------------------|
| 2 | NOMBRE DE LA PRÁCTICA | Colocación de las etiquetas en el envase. | 4 |

5.5.1 Objetivo

Realizar el etiquetado de los envases de vidrio mediante la utilización de un motor paso a paso y de ejes de tensado de la etiqueta, a través de la utilización de la tarjeta de adquisición de datos.

En el archivo Practica 4.VI, se presenta el diagrama de bloques, encargado del control de las operaciones solicitadas en la práctica en cuestión. El archivo se encuentra ubicado en la carpeta Prácticas.

5.5.5 Cuestionario

1. ¿Es conveniente un motor DC o un motor paso a paso por su velocidad?
2. ¿Qué función cumple el sensor de presencia?
3. ¿Qué tiempo debe permanecer el motor activado?
4. ¿Qué ocurre si la etiqueta no tiene un buen tensado?

5.5.6 Funcionamiento y Conclusiones

Escribir una síntesis del funcionamiento del circuito y de la función que cumplen cada uno de los elementos que intervienen en el mismo.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.5.7 Actividades Propuestas.

- Implementar el circuito de control utilizando el simulador Proteus, y comprobar el funcionamiento.
- Implementar la interfaz Labview.

PRECAUCIÓN:

Revise las conexiones eléctricas para que el motor gire en el sentido correcto.

| | |
|-----------------|---------------|
| Elaborado por : | Revisado por: |
| Docente: | Coordinador: |

5.6 PRÁCTICA No. 5

| CARRERA | PLAN DE ESTUDIO | CLAVE ASIGNATURA | NOMBRE DE LA ASIGNATURA |
|------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Ing. Mecatrónica | | | |

| PRÁCTICA No. | LABORATORIO DE: | Mecatrónica | DURACIÓN (HORAS) |
|--------------|-----------------------|---|------------------|
| 2 | NOMBRE DE LA PRÁCTICA | Accionamiento secuencial del módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado. | 4 |

5.6.1 Objetivo

Implementar el funcionamiento secuencial del Módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado controlado por DAQ, mediante la utilización de sus respectivos sensores de presencia, sensores REED, electroválvulas, motores antes descritos a través del acondicionamiento de señales por DAQ.

5.6.2 Equipo Requerido

- 1 DAQ
- Banda transportadora

- Bomba dosificadora
- Cilindros neumáticos
- Sensores Reed
- Sensores de presencia
- Motores DC 3.3V
- Tensado de etiquetas
- Cables de comunicación

5.6.3 Procedimiento

Esta práctica es la unión de todas las anteriores haciendo que el módulo funciones de forma secuencial, para lo cual se coloca el selector manual en Automático, de esta manera se realiza todo el proceso continuo sin la necesidad de presionar el botón START en cada etapa. Como resultado de esta se obtiene una cierta cantidad de volumen de agua, el envase tapado y etiquetado.

Paso 1: Dosificación

Paso 2: Colocación de la tapa en el envase

Paso 3: Accionamiento de los cilindros neumáticos de tapado

Paso 4: Etiquetado del envase

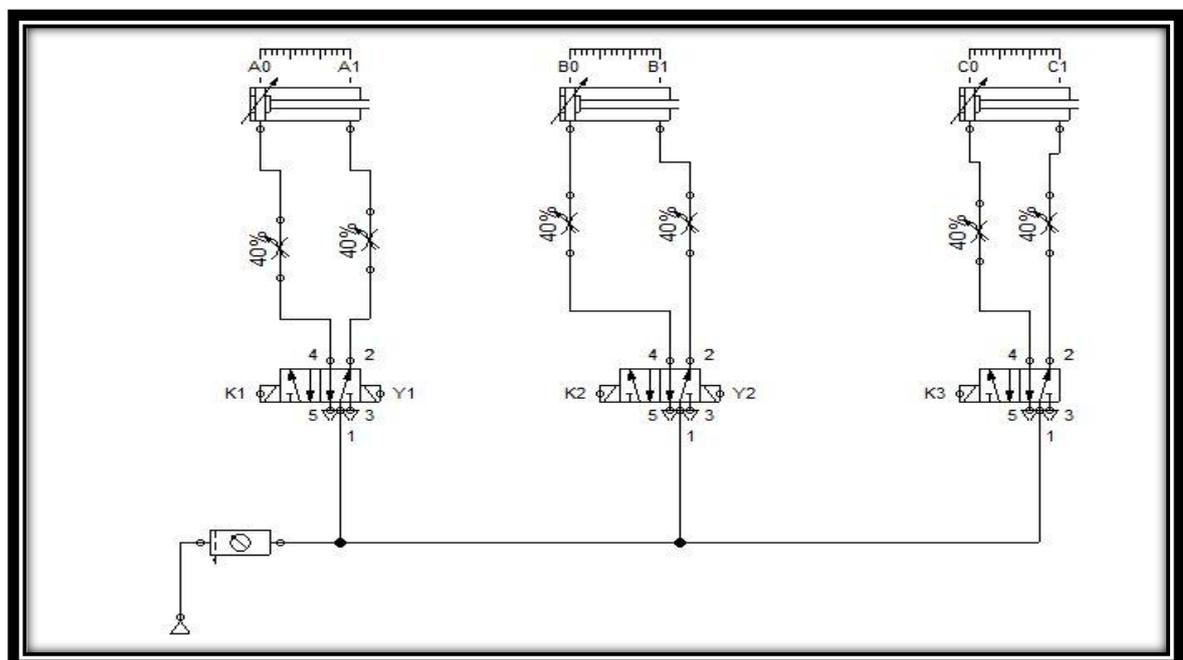


Figura 5-7: Diagrama Neumático práctica 5

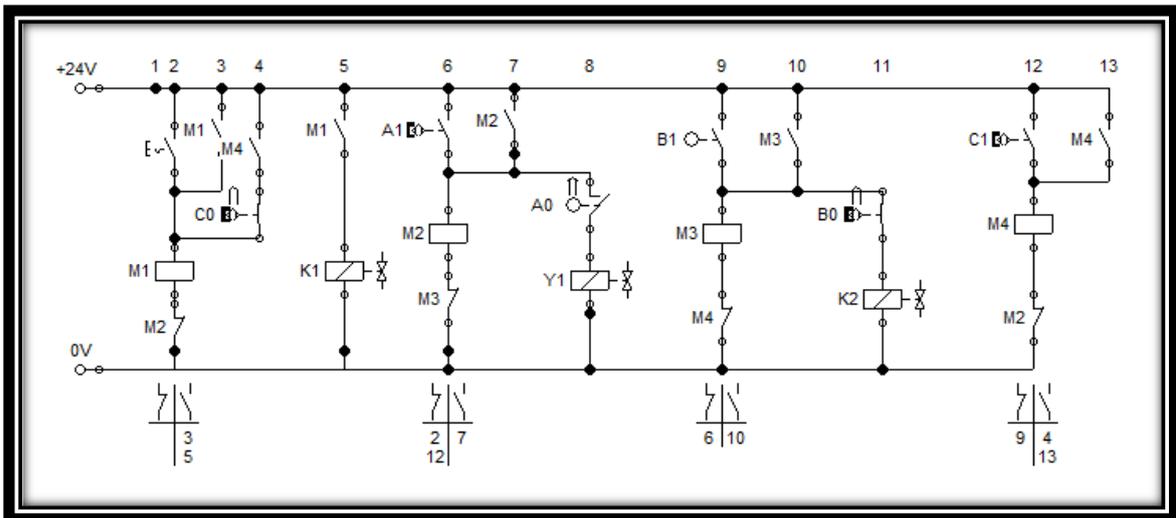


Figura 5-8: Diagrama Electro neumático práctica 5

El archivo que contiene todos los bloques se encuentra en la carpeta Practicas, con el nombre de HMI.VI, encargado de realizar todo el proceso secuencial además de fallos y errores que puede ocurrir en el proceso.

Para visualizar de una mejor manera el diagrama total de bloques en Labview referirse al **Anexo 1**, donde está la programación secuencial de todo el proceso de Envasado, tapado y etiquetado.

5.6.4 Cuestionario

1. ¿Cómo funciona un motor paso a paso?
2. ¿Qué función cumple el sensor de presencia?
3. ¿Cuántos grados debe girar el motor paso a paso?
4. ¿Qué ocurre si la etiqueta no tiene un buen tensado?

5.6.5 Funcionamiento y Conclusiones

Escribir una síntesis del funcionamiento del circuito y de la función que cumplen cada uno de los elementos que intervienen en el mismo.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5.6.6 Actividades Propuestas.

- Implementar el circuito de control utilizando el simulador Proteus, y comprobar el funcionamiento.
- Implementar la interfaz Labview.

PRECAUCIÓN:

Revise las conexiones eléctricas para que el motor gire en el sentido correcto.

| | |
|-----------------|---------------|
| Elaborado por : | Revisado por: |
| Docente: | Coordinador: |

6 CAPÍTULO

6.1 CONCLUSIONES

- Mediante el uso del módulo didáctico de envasado tapado y etiquetado de líquidos controlado por DAQ, se complementara los conocimientos y fundamentos teóricos vistos en el aula, para un aprendizaje más didáctico.
- Se ha realizado una comparación, selección y dimensionamiento de los elementos principales del módulo didáctico como son actuadores neumáticos, motores, dispositivo de control, estructura y demás elementos complementarios para un funcionamiento correcto del módulo y pueda ser usado como una herramienta didáctica para los estudiantes de la carrera en ingeniería mecatrónica de la UTN.
- Se ha realizado el control de un proceso industrial en este caso específico de una envasadora de líquidos, tapado y etiquetado usando recursos tanto en software y hardware para tener un interfaz hombre máquina y poder controlar o monitorear los principales parámetros del módulo didáctico.
- Se desarrolló 5 prácticas para el uso del módulo didáctico, las cuales permiten al estudiante comprender de una mejor manera y con mucha más versatilidad a la adaptación, ya que el módulo se encuentra abierto a modificaciones tanto en su programación, como en dispositivos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para garantizar el aprendizaje y una correcta utilización del módulo, se sugiere regirse a la guía de prácticas que se presenta.
- Revisar y cumplir con el manual de mantenimiento del módulo didáctico, para asegurar que las conexiones y los elementos se encuentren debidamente montados.
- Como paso previo a la iniciación para el control automático del módulo, se debe garantizar que la cavidad de la bomba dosificadora este llena y libre de aire, para garantizar la repetitividad de dosificado, en lo que se refiere a volumen de líquido.
- En el caso de que el uso del módulo se lo realice de forma paulatina o periódica es recomendable la adaptación de un lubricador neumático.
- Este módulo es funcional y versátil de manera que se podría incrementar varias etapas, como la de control de calidad mediante visión artificial. Para un completo aprendizaje y dominio de destrezas por parte del usuario.

BIBLIOGRAFÍA

Los recursos bibliográficos en los cuales este proyecto basa la investigación, desarrollo y elaboración se detallan a continuación:

Libros:

- [1] Bolton, W. (2006). *Sistemas de control electrónico en la ingeniería*. México: Alfaomega.
- [2] Creus, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. España: Alfaomega.
- [3] Depper, W. (2009). *Dispositivos Neumáticos*. España: Marcombo.
- [4] Hard, D. (1997). *Electrónica de Potencia*. España: Pearson.
- [5] Hibbeler, R. (2001). *Mecánica de Materiales*. España: Prentice Hall.
- [6] Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. México: Pesaron.
- [7] Hesse E. (2000). *99 ejemplos prácticos de aplicaciones neumáticas*. FESTO.
- [8] Croser P. y Ebel F. (10/ 2002) *Pneumatic Basic Level by FESTO*: Denkendorf.
- [9] Prede G., y Scholz D. (01/ 2002). *Electropneumatics Basic Level by FESTO*: Denkendorf.

Internet:

[10] Ailén. ((2009)). *Industrias Ailén*. Recuperado el 10 de 05 de 2014, de <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html>

[11] ADQUISICIÓN DE DATOS. (2014). National Instruments.com Recuperado el 09 ,2014 de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

[12] SENSORES, MONOGRAFÍAS.COM .Recuperado el 09, 2014 de <http://isavillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/05/neumatica.pdf>

[13] Neumática. Scribd.com; Carlos Antonio Sánchez. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/214841090/Neuma-Tica>.

[14] Castellanos Luis, QuiñonezAisman, TocaronteMiguel. *Fundamentos de neumática y electro neumática*. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/81138713/mec-9>

[15] Bombas dosificadoras de químicos neumáticas. *PLASTOMATIC.com* .Recuperado el 09, 2014 de <http://corporacionabl.com/plast-o-matic/bombas-dosificadoras-de-quimicos-neumaticas-plastomatic>.

[16] Automatización Industrial. <http://industrial-automatica.blogspot.com/>, Recuperado 01,09,2010 de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>

[17]Automatización Industrial. <http://industrial-automatica.blogspot.com/> , Recuperado 01,09,2010 de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>

[18] Cilindros neumáticos. <http://www.chanto.com.tw/>. Recuperado de <http://www.chanto.com.tw/product/102813.html>

[19] CINTAS TRANSPORTADORAS EN AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN; Fabio Gómez-Estern. Recuperado el 11 ,2012 de www.esi2.us.es/~fabio/cintas.pdf.

[20] RODAMIENTOS. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela. Recuperado de <http://www.slideshare.net/carolinazanazzi/rodamientos-presentation>

[21] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. <http://www.fairchildsemi.com/>. Recuperado de <http://www.fairchildsemi.com/ds/QR/QRD1114.pdf>

[22] Chicago Sensor. <http://www.chicagosensor.com/index.html> .Recuperado el 12, 2010 de <http://www.chicagosensor.com/HowFloatSwitchesWork.html>

[23] Materiales para engranajes plásticos. Características y propiedades. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos16/materiales-plasticos/materiales-plasticos.shtml>

[24] Tabla de resistencias químicas. <http://www.cauchosindustrialespeciales.com/>. Recuperado de http://www.cauchosindustrialesespeciales.com/cauchos_industriales_especiales_informacion_tecnica.html

[25] Análisis físico químico de las telas plásticas. <http://www.sonne.com/>. Recuperado de http://www.sonne.com.ar/contenido/espaniol/telas/linea_el_zonda/1300/

[26] ADQUISICIÓN DE DATOS. (2014). National Instruments.com Recuperado el 12 ,2014 de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

Tesis:

[26] Buenache J. (2010). TECNOLOGÍA NEUMÁTICA: TEORÍA, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES Y CIRCUITOS PARA LA DOCENCIA

INTERACTIVA VÍA WEB. Tesis, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid.

[27] Baquedano J. (2010). INICIACIÓN A LOS AUTOMATISMOS NEUMÁTICOS. Ingeniería Mecánica, I.E.S Francisco Tomas y Valiente. Fuenmayor La Rioja.

[28] Baquedano J. (2010). INICIACIÓN A LOS AUTOMATISMOS ELECTRONEUMÁTICOS. Ingeniería Mecánica, I.E.S Francisco Tomas y Valiente. Fuenmayor La Rioja.

ANEXO 1 DIAGRAMA DE BLOQUES EN LABVIEW

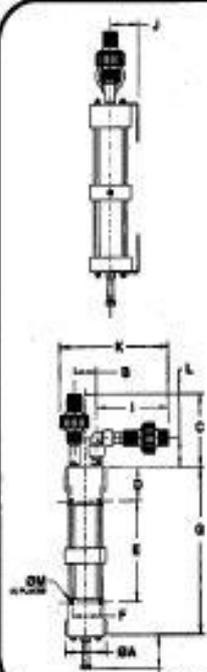
ANEXO 2: DATOS TÉCNICOS BOMBA DOSIFICADORA

PUMP SPECIFICATIONS & PART NUMBERS

| Nominal Stroke Capacity Quces | Inlet & Outlet Pipe Size (NPT) | Nominal Pumping Capacity** | | Minimum Operating psi | Cylinder Pressure Bars | Maximum Operating psi | Cylinder Pressure Bars | Air Cylinder Consumption** (C.F.M.) at Different Air Line Pressures | | | | Cylinder Wall Material | Series "VPA" Part Numbers | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|--------|--------|---------|------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|
| | | G.P.M. | CM/Gas | | | | | 40 psi | 60 psi | 80 psi | 100 psi | | Buna-N | Viton | |
| 7 | 207.0 | 1/4" | 55 | 34.7 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .55 | .77 | .99 | 1.21 | PVC | VPA7P-B | VPA7P-Y |
| 7 | 207.0 | 1/4" | 55 | 34.7 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .55 | .77 | .99 | 1.21 | Stainless | VPA7S-B | VPA7S-Y |
| 10 | 295.7 | 1/4" | .79 | 49.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .75 | 1.05 | 1.35 | 1.65 | PVC | VPA10P-B | VPA10P-Y |
| 10 | 295.7 | 1/4" | .79 | 49.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | .75 | 1.05 | 1.35 | 1.65 | Stainless | VPA10S-B | VPA10S-Y |
| 32 | 946.2 | 3/4" | 2.50 | 157.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | 2.78 | 3.06 | 4.44 | 5.55 | PVC | VPA32P-B | VPA32P-Y |
| 32 | 946.2 | 3/4" | 2.50 | 157.8 | 20 | 1.38 | 100 | 6.90 | 2.78 | 3.06 | 4.44 | 5.55 | Stainless | VPA32S-B | VPA32S-Y |
| 128 | 3785.0 | 1" | 10.00 | 631.0 | 10 | .69 | 40 | 2.76 | 11.00 | — | — | — | PVC | VPA128P-B | VPA128P-Y |
| 128 | 3785.0 | 1" | 10.00 | 631.0 | 10 | .69 | 40 | 2.76 | 11.00 | — | — | — | Stainless | VPA128S-B | VPA128S-Y |

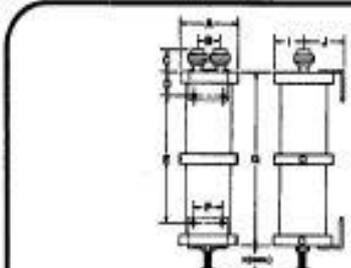
**BASED ON TEN (10) CYCLES PER MINUTE PUMPING WATER

NOTE: To order a metering pump with Teflon cap seals, add a dash and the letters TC after the part number.



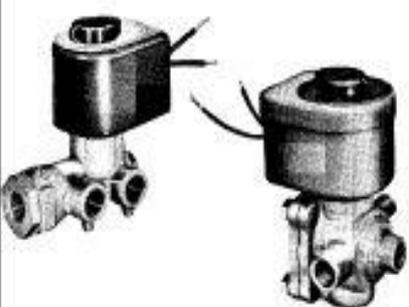
VPA7 & VPA10 PUMP DIMENSIONS

| Pump Dimensions | VPA7 | | VPA10 | |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Inches | millimetres | Inches | millimetres |
| *A* | 3 1/2" Dia. | 88.9 | 3 1/2" Dia. | 88.9 |
| *B* | 1 1/8" | 47.6 | 1 1/8" | 47.6 |
| *C* | 5 3/4" | 146.0 | 5 3/4" | 146.0 |
| *D* | 2 5/8" | 65.0 | 2 5/8" | 65.0 |
| *E* | 7 1/4" | 200.0 | 9 1/4" | 244.2 |
| *F* | 2 3/8" | 60.3 | 2 3/8" | 60.3 |
| *G* | 13 1/4" | 331.7 | 14 5/8" | 378.4 |
| *H* | 3 9/16" | 90.4 | 4 1/8" | 103.1 |
| *I* | 6 1/8" | 153.9 | 6 1/8" | 153.9 |
| *J* | 2 3/8" | 60.3 | 2 3/8" | 60.3 |
| *K* | 9 5/8" | 233.3 | 9 5/8" | 233.3 |
| *L* | 2 3/8" | 58.7 | 2 3/8" | 58.7 |
| *M* | 3/8" | 7.9 | 3/8" | 7.9 |



VPA32 & VPA128 PUMP DIMENSIONS

| Pump Dimensions | VPA32 | | VPA128 | |
|--------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| | Inches | millimetres | Inches | millimetres |
| *A* | 5 1/2" Dia. | 139.7 | 8 3/4" Sq. | 222.3 |
| *B* | 3 1/8" | 79.3 | 5 1/2" | 139.7 |
| *C* | 4 1/8" | 104.7 | 4 3/4" | 120.8 |
| *D* | 2 1/2" | 63.5 | 2 1/4" | 57.1 |
| *E* | 12" | 304.8 | 13 1/4" | 350.8 |
| *F* | 2 3/8" | 60.3 | 9 5/8" | 247.6 |
| *G* | 17" | 431.8 | 18 3/4" | 481.1 |
| *H* | 5 1/8" | 130.1 | 5 3/4" | 146.0 |
| *I* | 2 3/8" | 69.9 | 4 3/8" | 111.1 |
| *J* | 3 1/2" | 88.9 | 8" | 192.4 |



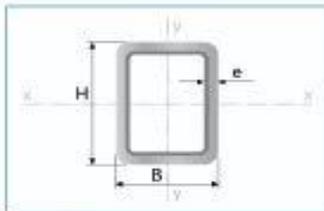
ACCESSORY 4-WAY AIR SOLENOID VALVES

| Port Size | Orifice Size | Cv Factor | Body & Seal Materials | Coil Specs. | Recommended For Pumps | Valve Part Numbers | |
|--------------|-----------------|--------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|
| | | | | | | General Purpose | Explosion-Proof |
| 1/4" NPT | 1/8" DIA. | .035 | Forged Brass Buna-N | 11 Watt Class A | VPA7 VPA10 | B345E1 | — |
| 1/4" NPT | 1/8" DIA. | .035 | Forged Brass Buna-N | 11 Watt Class A | VPA7 VPA10 | — | B345E1 |
| 1/4" NPT | 3/16" DIA. | .700 | Forged Brass Buna-N | 20 Watt Class F | VPA32 VPA128 | B342C1 | — |
| 1/4" NPT | 3/16" DIA. | .700 | Forged Brass Buna-N | 20 Watt Class F | VPA32 VPA128 | — | B342C2 |

INSTRUCTIONS FOR AUTOMATIC OPERATION:

The 4-way air solenoid valve which directs the air flow to the metering pump must be alternately cycled on and off to achieve the back and forth movement of the pump's piston assembly. A control system (timers, counters, switches, etc.) is needed for this function and is not supplied by Plast-O-Matic.

ANEXO 3: CARACTERISTICAS DE LOS PERFILES



Largo Normal:
 6 metros
Recubrimiento:
 Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
 ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
 NTE INEN 2415
Espesores:
 Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
 Otras dimensiones, espesores y
 largos previa consulta

- Aplicaciones**
 - Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.
 - Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
 - Señalización y vialidad: soportes.
 - Construcción en general.



| Designaciones | Área | Peso | Propiedades Estáticas | | | | | | | |
|---------------|------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|----|
| | | | Eje x-x | | | Eje y-y | | | | |
| | | | Momento de Inercia | Módulo de resistencia | Radio de giro | Momento de Inercia | Módulo de resistencia | Radio de giro | | |
| B | H | e | A | P | I | W | i | I | W | i |
| mm | mm | mm | cm ² | kg/m | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm ⁴ | cm ³ | cm |
| 20 40 | 1,50 | 1,66 | 1,30 | 3,26 | 1,63 | 1,40 | 1,09 | 1,09 | 0,81 | |
| | 2,00 | 2,14 | 1,68 | 4,04 | 2,02 | 1,37 | 1,33 | 1,33 | 0,79 | |
| 25 50 | 1,50 | 2,10 | 1,65 | 7,65 | 3,02 | 0,82 | 2,50 | 2,02 | 1,05 | |
| | 2,00 | 2,74 | 2,15 | 8,37 | 3,35 | 1,75 | 2,80 | 2,24 | 1,01 | |
| | 3,00 | 3,91 | 3,07 | 12,90 | 5,08 | 1,75 | 4,12 | 3,26 | 0,99 | |
| 30 50 | 1,50 | 2,25 | 1,77 | 7,53 | 3,01 | 1,83 | 3,41 | 2,27 | 1,23 | |
| | 2,00 | 2,94 | 2,31 | 9,52 | 3,61 | 1,80 | 4,26 | 2,85 | 1,21 | |
| | 3,00 | 4,21 | 3,30 | 12,78 | 5,11 | 1,74 | 5,66 | 3,77 | 1,16 | |
| 40 60 | 1,50 | 2,85 | 2,24 | 14,40 | 4,79 | 2,26 | 7,71 | 3,85 | 1,65 | |
| | 2,00 | 3,74 | 2,93 | 18,39 | 6,13 | 2,22 | 9,81 | 4,90 | 1,62 | |
| | 3,00 | 5,41 | 4,25 | 25,31 | 8,44 | 2,16 | 13,37 | 6,69 | 1,57 | |
| 30 70 | 1,50 | 2,85 | 2,24 | 18,06 | 5,17 | 2,49 | 4,76 | 3,17 | 1,28 | |
| | 2,00 | 3,74 | 2,93 | 22,20 | 6,34 | 2,44 | 5,85 | 3,90 | 1,25 | |
| | 3,00 | 5,41 | 4,25 | 30,50 | 8,71 | 2,37 | 7,84 | 5,23 | 1,20 | |
| 40 80 | 2,00 | 4,54 | 3,56 | 37,32 | 9,33 | 2,87 | 12,70 | 6,35 | 1,67 | |
| | 3,00 | 6,61 | 5,19 | 52,16 | 13,04 | 2,81 | 17,49 | 8,75 | 1,63 | |
| | 4,00 | 8,55 | 6,71 | 63,20 | 17,78 | 2,62 | 10,80 | 11,50 | 1,18 | |
| 50 100 | 2,00 | 5,74 | 4,50 | 73,63 | 14,50 | 3,65 | 25,46 | 10,03 | 2,15 | |
| | 3,00 | 8,41 | 6,60 | 113,57 | 22,29 | 3,61 | 38,40 | 15,08 | 2,10 | |
| | 4,00 | 10,95 | 8,59 | 140,19 | 27,53 | 3,56 | 47,01 | 18,52 | 2,06 | |
| 50 150 | 2,00 | 7,74 | 6,07 | 207,45 | 27,66 | 5,18 | 37,17 | 14,87 | 2,19 | |
| | 3,00 | 11,41 | 8,96 | 317,82 | 41,79 | 5,21 | 56,16 | 22,12 | 2,18 | |
| | 4,00 | 14,95 | 11,73 | 397,70 | 52,27 | 5,13 | 69,06 | 27,20 | 2,14 | |
| | 5,00 | 18,36 | 14,41 | 455,54 | 60,74 | 4,98 | 77,40 | 30,96 | 2,05 | |
| 75 175 | 3,00 | 14,41 | 11,31 | 556,65 | 63,62 | 6,22 | 149,40 | 39,84 | 3,22 | |
| | 4,00 | 18,95 | 14,87 | 718,11 | 82,07 | 6,16 | 191,03 | 50,94 | 3,18 | |
| | 5,00 | 23,36 | 18,33 | 867,95 | 99,19 | 6,10 | 228,83 | 61,02 | 3,13 | |
| | 6,00 | 27,63 | 21,69 | 1.006,41 | 115,02 | 6,03 | 262,93 | 70,11 | 3,08 | |
| 100 150 | 3,00 | 14,41 | 11,31 | 461,00 | 61,47 | 5,65 | 248,00 | 49,60 | 4,15 | |
| | 4,00 | 18,95 | 14,87 | 619,84 | 81,28 | 5,69 | 331,14 | 65,22 | 4,17 | |
| | 5,00 | 23,36 | 18,33 | 719,00 | 95,90 | 5,55 | 384,00 | 76,80 | 4,04 | |
| | 6,00 | 27,63 | 21,69 | 873,60 | 114,71 | 5,59 | 461,76 | 90,96 | 4,06 | |
| 200 70 | 3,00 | 15,61 | 12,25 | 749,65 | 214,19 | 6,93 | 145,09 | 14,51 | 0,96 | |
| | 4,00 | 20,55 | 16,13 | 968,54 | 96,85 | 6,87 | 185,17 | 52,91 | 3,00 | |
| | 5,00 | 25,36 | 19,90 | 1.172,69 | 117,29 | 6,80 | 221,55 | 63,30 | 2,96 | |
| | 6,00 | 30,03 | 23,58 | 1.362,69 | 136,27 | 6,74 | 254,26 | 72,65 | 2,91 | |

ANEXO 4: PLANOS

ANEXO 5: MANUAL DE MANTENIMIENTO

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es de vital importancia un plan de mantenimiento preventivo, lo cual alarga la vida útil y asegura el correcto funcionamiento de los elementos que constituyen el módulo didáctico de envasado de líquidos, tapado y etiquetado.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DEL MÓDULO

| ELEMENTO | ACTIVIDAD | TIEMPO | OBSERVACIONES |
|-----------------|------------------------------------|--------|--|
| Estructura | Limpieza interior y exterior | 10 min | Limpiar la estructura cuando el módulo se encuentre sin alimentación tanto eléctrica como neumática. |
| Rodamientos | Chequear limpieza y funcionamiento | 5 min | Verificar la lubricación y desgaste |
| Mangueras | Inspección visual | 5 min | Comprobar roturas, fugas. |
| Cilindros | Inspección visual | 5 min | Revisar funcionamiento, lubricación, fugas de aire. |
| Electroválvulas | Inspección visual | 5 min | Comprobar la conmutación |
| Motores | Verificar condiciones | 2 min | Verificar giro y torque. |
| FR | Limpieza, inspección de fugas | 5 min | Verificar limpieza y fugas de aire. |

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS

Los elementos neumáticos requieren un mantenimiento preventivo periódico, debido a que esto se encuentra sometido a ambientes laborales hostiles y su fuente de alimentación que es el aire comprimido puede contener impurezas. Con esto se alarga la vida útil de los elementos y se evita averías inesperadas, lo que significa una optimización de tiempo y recursos.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CILINDROS

El recorrido que genera el vástago y el pistón, es quien determina la vida útil del cilindro neumático, esta variable es la que define el mantenimiento a seguir:

Tabla: Plan de mantenimiento preventivo de cilindros

| INTERVENCIONES | ACCIONES | OBSERVACIONES |
|----------------|--|--|
| Semanales | <ul style="list-style-type: none"> *Comprobar que el actuador este alineado. *Verificar periódicamente que el aire que se va alimentar sea de calidad. *Identificar posibles fugas de aire. | <ul style="list-style-type: none"> *Fijarse si existe pandeo en el vástago del cilindro. * Esto es fácil de verificar de manera visual. |
| Cada 6 meses | <ul style="list-style-type: none"> *Chequear que se encuentre lubricado. *Realizar un desarme casi total del cilindro. *Limpiar y lubricar los componentes del sistema. | <ul style="list-style-type: none"> *Se debe desconectar las fuentes de alimentación de aire comprimido para proceder al retiro y desarme de los elementos. *Al realizar la limpieza verificar que los componentes estén en buen estado caso contrario se deben reemplazar. |
| Cada año | <ul style="list-style-type: none"> *Se debe desarmar completamente el cilindro. *Es necesario reemplazar partes de forma preventiva. | <ul style="list-style-type: none"> * Se debe desconectar las fuentes de alimentación de aire comprimido para proceder al retiro y desarme de los elementos. *Los componentes que están sujetos a reemplazo son: Junta del vástago, Anillo de fricción, Junta de tapa anterior y posterior, |

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| | | Amortiguador (kit de mantenimiento). |
|--|--|--------------------------------------|

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VÁLVULAS DIRECCIONALES

Los ciclos de conmutación determinan la variable a considerar para el plan de mantenimiento preventivo en las electroválvulas:

Tabla: Plan de mantenimiento preventivo de válvulas direccionales

| INTERVENCIONES | ACCIONES | OBSERVACIONES |
|----------------|--|--|
| Semanales | *Realizar un control visual. | *Verificar fugas de aire comprimido, vibraciones y calentamiento. |
| Cada 1 año | *Desarmar parcialmente la válvula. *Lubricación. *Limpieza de los componentes y verificación del estado del solenoide. | *Se realizar el desarme quitando el suministro de aire y retirándola del módulo. *Para la limpieza se debe utilizar cepillos de limpieza mas no es recomendado el uso de solventes. |
| Cada 3 años | *Desarmar completamente la válvula. *Es necesario reemplazar partes de forma preventiva. | *Realizar limpieza y verificación de los componentes que se encuentren en buen estado. *Reemplazar los anillos, teniendo el cuidado de no estirarlos. |

Antes de volver a montar la electroválvula, suministrar alimentación eléctrica a los solenoides y verificar la ausencia de fugas por venteo del piloto, tubo guía y actuador manual, así como también vibraciones.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO FR

La variable que se considera para el plan de mantenimiento está dada en horas de uso.

Tabla: Plan de mantenimiento preventivo de la unidad de mantenimiento FR

| INTERVENCIONES | ACCIONES | OBSERVACIONES |
|-----------------|---|--|
| Semanales | *Seguimiento visual *Drenaje de condensados. | *Verificar si existe fugas de aire o el posible deterioro de los componentes. |
| Cada 200 horas | *Realizar el desarme parcial de la unidad FR *Limpiar y verificar que los componentes estén en buen estado. | *Se realizar el desarme quitando el suministro de aire y retirándola del módulo. *Limpiar cuidadosamente los vasos y los filtros. *De existir elementos deteriorados o en mal estado, reemplazarlos. |
| Cada 5000 horas | *Realizar el desarme completo de la válvula *Reemplazar algunos componentes de la válvula de forma preventiva. | *De ser necesario reemplazar la partes que hayan sufrido algún deterioro. |

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA BANDA
TRANSPORTADORA**

Tabla: Mantenimiento de banda transportadora

| INTERVENCIONES | ACCIONES | OBSERVACIONES |
|-----------------------|---|--|
| Semanales | <ul style="list-style-type: none"> *Realizar un control visual del funcionamiento. *Realizar una limpieza periódica y lubricación. | <ul style="list-style-type: none"> *Comprobar el ajuste y la alineación de los rodillos. |
| Cada 6 meses | <ul style="list-style-type: none"> *Ejecutar un desarme parcial de la banda transportadora. *Realizar una limpieza y comprobación de los elementos. *Lubricar los rodamientos. | <ul style="list-style-type: none"> *Cortar el suministro de energía del motor. *Brindar una limpieza total de las partes donde se acumule suciedad o agua. |
| Cada año | <ul style="list-style-type: none"> *ejecutar el desarme total de la banda transportadora. | <ul style="list-style-type: none"> *Verificar si los rodamientos requieren ser reemplazados. |

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ELEMENTOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

MANTENIMIENTO DE RODAMIENTOS

Los rodamientos al cumplir su ciclo de vida útil deben ser reemplazados por unos nuevos, es por esta razón que no se ejecutan un plan de mantenimiento preventivo para estos.

Con lo anterior expuesto simplemente es necesaria la limpieza de polvo o suciedad acumulada de estos elementos cuando se realice la limpieza o desarme de todo el modulo todo esto con el propósito de alargar la vida útil de los mismos.

MANTENIMIENTO DE MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico al cumplir su vida útil se lo debe reemplazar por uno nuevo, por lo tanto está exento de un plan de mantenimiento. Por lo que es importante irlo controlando periódicamente para evitar paros inesperados.

ANEXO 6: GUIA DE USUARIO

GUIA DE USUARIO

EL módulo didáctico tiene la capacidad de funcionar en dos estados uno manual y otro automático, a través del accionamiento de un selector, el cual se encuentra ubicado en el tablero de control.

Para poner en marcha el módulo hay que realizar los siguientes pasos:

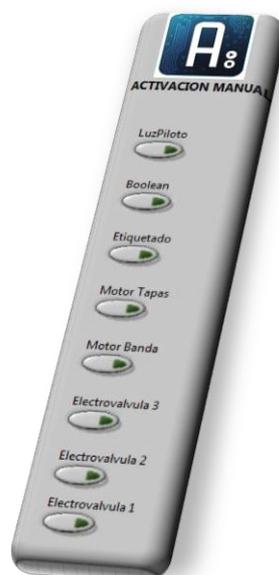
- Abrir la HMI en Labview.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos a la PC.
- Compilar el programa del HMI.
- Encender el disyuntor que se encuentra en el tablero de control.
- Colocar el selector ya sea en Manual/Automático.
- Presionar el botón Start.

ACCIONAMIENTO MANUAL

Cuando el módulo opera en manual, el usuario comanda cada acción que está establecido en las diferentes etapas según este requiera.

- Accionamiento de la Banda transportadora.
- Dosificado.
- Colocación de tapa.
- Accionamiento del cilindro de Tapado.
- Accionamiento del cilindro de posicionamiento del envase.
- Accionamiento del motor de etiquetado.

Para facilitar cada una de estas operaciones se ha establecido comandar estas desde el HMI, con la activación de sus respectivos botones.



ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

Cuando el selector es ubicado en esta posición, el módulo didáctico realiza todo el proceso de envasado, tapado y etiquetado de manera continua, solo se debe presionar el botón de START, para iniciar con el proceso y en caso de querer para, se debe presionar el mismo botón y colocar el selector en modo manual para que el sistema se detenga.



Los indicadores Luminosos del HMI indican el paso del envase por las diferentes estaciones, de esta manera el usuario se percata de la ubicación del envase en el proceso.

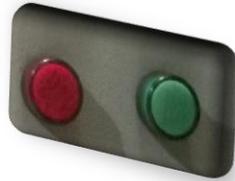
PARO DE EMERGENCIA

En caso de alguna eventualidad que requiera parar el proceso, se debe acudir al paro de emergencia ya sea del HMI o de la caja de control, y de esta manera evitar algún accidente. En el caso de que sea presionado el botón de paro de emergencia en la estación de dosificado o tapado, se debe esperar a que termine el proceso para que se detenga totalmente.



LUCES PILOTO

En el tablero de control se encuentran 2 luces piloto una de color verde y otra roja, las cuales indican si el proceso está en marcha representada con el color verde, o si el proceso se encuentra detenido representado por el color rojo.



PULSADORES



Los pulsadores que se encuentran en el tablero de control, sirven para el reinicio del proceso. Es decir si en el transcurso del proceso ocurre alguna eventualidad lo que represente que en envase sea retirado y el proceso no se termine, se presiona el botón rojo de PARO para detener el proceso, retirar el envase de la banda transportadora. Con el pulsador verde de INICIO se reinicia el registro de desplazamiento haciendo que el proceso empiece por el dosificado. El pulsador de AVANCE pone en marcha la banda transportadora y por ende el proceso en sí.

HMI

Dado que la programación se realizó en Labview se establece que la interfaz gráfica que este software brinda es ideal para la elaboración de la HMI, de la forma que el usuario crea conveniente y según sus requerimientos.

