



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: REHABILITACIÓN DE LAS ESTACIONES NEUMÁTICA PN-2800 E
HIDRÁULICA HYD-2800 DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**

**AUTORES: GUERRA VACA, PATRICIO ALEJANDRO
TULCÁN BENAVIDES, FABIÁN LAUREANO**

DIRECTOR: ING. ORTIZ, HUGO

CODIRECTOR: ING. GORDILLO, RODOLFO

SANGOLQUÍ

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICADO

Ing. Hugo Ortiz
Ing. Rodolfo Gordillo

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Rehabilitación de las estaciones neumática PN-2800 e hidráulica HYD-2800 del Laboratorio de Robótica de la universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE”, realizado por Patricio Alejandro Guerra Vaca y Fabián Laureano Tulcán Benavides, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf.). Autorizan a Patricio Alejandro Guerra Vaca y Fabián Laureano Tulcán Benavides que lo entreguen al Ingeniero Luis Orozco en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 27 de Abril del 2015



Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR



Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

PATRICIO ALEJANDRO GUERRA VACA
FABIÁN LAUREANO TULCÁN BENAVIDES

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado *“Rehabilitación de las estaciones neumática PN-2800 e hidráulica HYD-2800 del Laboratorio de Robótica de la universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE”*, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 27 de Abril del 2015



Patricio Alejandro Guerra Vaca



Fabián Laureano Tulcán Benavides

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

PATRICIO ALEJANDRO GUERRA VACA
FABIÁN LAUREANO TULCÁN BENAVIDES

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo "*Rehabilitación de las estaciones neumática PN-2800 e hidráulica HYD-2800 del Laboratorio de Robótica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 27 de Abril del 2015



Patricio Alejandro Guerra Vaca



Fabián Laureano Tulcán Benavides

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado con todo el cariño del mundo para mis padres Patricio y Lucía que son la luz que guía mi camino, para mi hermano Juan que siempre me apoya, para Dianita quien a lo largo de mi carrera universitaria y del tiempo que hemos estado juntos siempre me ha apoyado y se ha llegado a convertir en una de las personas más importantes de mi vida.

Patricio.

De corazón y con cuantioso amor este proyecto va dedicado a mis padres, Laureano y Vilma por ser los maestros, amigos y guías en mi vida; igualmente a mi hermano Mateo que permanentemente me acompaña, apoya y empuja en la conquista de nuevos y mejores horizontes. A ti Dayana, que te has convertido en una persona muy especial en mi vida, que me has apoyado incondicionalmente, que de una u otra manera me apoyas en el cumplimiento de metas y sueños, ten por seguro que siempre estaras en mi corazón.

Fabián.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud eterna en primer lugar para mis padres, que no han sabido hacer otra cosa que apoyarme en todo lo que he necesitado y cuando lo he necesitado, con su amor incondicional han sido aquel soporte sin el cual ningún logro de mi vida podría haber sido alcanzado. De igual manera un agradecimiento especial a mi hermano Juan quien me ha apoyado y brindado su ayuda en todo momento. También agradezco a los tutores de este trabajo quienes con su conocimiento han sabido guiarme para la consecución de los objetivos planteados en este trabajo.

Patricio.

Primordialmente agradezco a mis padres que me han apoyado incondicionalmente en cada etapa de mi vida, y a todas esas personas que en diversas circunstancias me tendieron la mano para hacer realidad este y cada uno de los propósitos planteados. Todas esas voces de aliento , críticas y sugerencias constituyeron siempre una aportación invaluable durante toda mi vida.

Fabián

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO DESCRIPTIVO.....	5
2.1 ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800.....	5
2.1.1 Descripción general de la estación.....	5
2.1.2 Elementos de la estación	7
2.1.2 Tarjeta de adquisición de datos NI-DQ USB-6008	18
2.2 ESTACIÓN NEUMÁTICA PN-2800	22
2.2.1 Descripción general de la estación.....	22
2.2.2 Elementos de la estación	24
CAPÍTULO III.....	45
3. DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN	45
3.1 ESTADO ACTUAL DE LA ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800	45
3.2 REHABILITACIÓN DE LA ESTACIÓN HYD-2800.....	49
3.2.1 Bomba hidráulica.....	50
3.2.2 Manipulador hidráulico	52
3.2.3 Conexionado eléctrico	54
3.2.4 Controlador.....	54
3.3 ESTADO ACTUAL DE LA ESTACIÓN NEUMÁTICA PN-2800	56
3.4 REHABILITACIÓN DE LA ESTACIÓN PN-2800	61
3.4.1 Unidad de Mantenimiento Neumático.....	61

3.4.2 Conexiones Eléctricas y Neumáticas	62
3.4.3 Sensores	63
3.4.4 Actuadores	63
3.4.5 Controlador.....	67
CAPÍTULO IV.....	70
4. DESARROLLO DE SOFTWARE.....	70
4.1.1 LabVIEW 2011	70
4.1.2 SolidWorks 2013	73
4.1.3 Conexión entre LabView 2011 y SolidWorks 2013.....	75
4.1.4 Configurar el proyecto en LabView	76
4.1.5 Diagrama de flujo del proceso de la estación HYD-2800.....	89
4.1.6 Interfaz Hombre-Máquina HMI.....	90
4.1.7 Validación.....	102
4.2 ESTACIÓN NEUMÁTICA PN-2800	103
4.2.1 Software de Programación	103
4.2.3 Modos de Operación	106
4.2.4 Diagramas de Flujo	107
4.2.5 Tabla de Variables	113
4.2.6 Diseño del HMI.....	114
4.2.7 Sistema de Monitoreo	126
4.2.8 Diseño de Pantallas	131
4.2.9 Validación.....	139
CAPÍTULO V.....	141
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grados de libertad del manipulador	6
Figura 2 Rango de movimiento de las articulaciones.....	6
Figura 3 Manipulador Robótico y prensa hidráulica	8
Figura 4 Unidad hidráulica de poder	9
Figura 5 Válvulas de la estación	10
Figura 6 Válvula proporcional 3/2	11
Figura 7 Válvula solenoide 4/3.....	12
Figura 8 Válvula de control de flujo.....	13
Figura 9 Válvula check.....	13
Figura 10 Tablero eléctrico	14
Figura 11 Detalle del Panel de Control	14
Figura 12 Conector ddk5	15
Figura 13 Conectores J1, J3 y J4	16
Figura 14 Cilindro de eje giratorio PHD 1000-8000	17
Figura 15 Sistema de adquisición de datos.	18
Figura 16 Partes de NI-DAQ USB-6008	19
Figura 17 Terminales Analógicos de la tarjeta NI-DAQ USB-6008.....	20
Figura 18 Terminales TTL, sincronización, alimentación Vcc de la tarjeta NI-DAQ USB-6008.....	21
Figura 19 Estación Neumática PN-2800.....	23
Figura 20 Símbolo de la unidad de potencia neumática	24
Figura 21 Unidad de potencia neumática	25
Figura 22 Símbolo de una unidad de mantenimiento neumática	26
Figura 23 Unidad de mantenimiento	27
Figura 24 Grados de Libertad de los manipuladores.	28
Figura 25 Manipulador de Cilindros	29
Figura 26 Manipulador de Pallets	30
Figura 27 Banco de Electroválvulas.....	31
Figura 28 Representación esquemática de una Electroválvula	32
Figura 29 Almacén de cilindros.....	34
Figura 30 Pallet.....	35
Figura 31 Almacén de Pallets	36
Figura 32 Taladro eléctrico	37
Figura 33 Sensor inductivo	38
Figura 34 Sensor fin de carrera	39
Figura 35 Sensor de tipo switch reed.....	40
Figura 36 Tablero eléctrico	41

Figura 37 Controlador Compact 984 –A130	42
Figura 38 Arquitectura del controlador.....	43
Figura 39 Descripción de las articulaciones presentes en el manipulador.....	52
Figura 40 Área de trabajo del manipulador robótico.	53
Figura 41 Nueva unidad de mantenimiento implementada.....	61
Figura 42 Electroimanes en rampa dispensadora de cilindros	64
Figura 43 Circuito eléctrico para los electroimanes.	64
Figura 44 Taladro implementado en la estación.	65
Figura 45 Circuito de inversión de giro	66
Figura 46 Señales del controlador.	66
Figura 47 Manipulador rehabilitado.....	67
Figura 48 Interfaz de bienvenida LabVIEW 2011.....	70
Figura 49 Panel frontal de LabVIEW 2011.....	72
Figura 50 Panel de programación de LabVIEW 2011.....	72
Figura 51 SolidWorks 2013 - Excluir componentes durante Detección de interferencias.	73
Figura 52 En SolidWorks 2013 permite la vista explosionada de la pieza diseñada.	74
Figura 53 Ejecución de SolidWorks y de proyecto realizado.	77
Figura 54 Ventana de complementos de SolidWorks.	77
Figura 55 Estudio y análisis de movimiento en SolidWorks.....	78
Figura 56 Comprobar motor.....	78
Figura 57 Seleccionar SolidWorks Assembly.	79
Figura 58 Selección del ensamble de SolidWorks.	79
Figura 59 Ventana del Project Explorer.	80
Figura 60 Cuadro de diálogo de Assembly Properties.....	81
Figura 61 Ventana de diálogo de Axis Manager.	82
Figura 62 Cuadro de Explorador de Proyectos que cuenta con ensamble de SolidWorks y ejes de NI SoftMotion.....	82
Figura 63 Ventana de Configure Coordinate Space.	83
Figura 64 Proyecto de LabView con los ejes y coordenadas de NI SoftMotion agregados.....	84
Figura 65 Ventana de diálogo Axis Configuration para los ejes de NI SoftMotion para SolidWorks.....	85
Figura 66 Diagrama de Bloques del VI.	87
Figura 67 Diagrama de flujo del proceso de ensamble HYD-2800.	89
Figura 68 Interfaz humano-máquina (HMI).	90
Figura 69 Pantalla Principal HMI.....	91
Figura 70 Acceso al Modo Manual.....	92
Figura 71 Pantalla Modo Manual.	93
Figura 72 Controles de mando del Modo Manual.	94

Figura 73 Teclas configuradas para el movimiento del manipulador hidráulico.	94
Figura 74 Indicadores de electroválvulas.....	95
Figura 75 Posición en grados de cada articulación del manipulador hidráulico.	96
Figura 76 Simulación de la estación HYD-2800.....	96
Figura 77 Conexión entre Solidwoks y LabVIEW de la estación HYD-2800.....	97
Figura 78 Barra de menú de la pantalla manual.	97
Figura 79 Pantalla de ingreso de usuario y contraseña.	98
Figura 80 Mensaje de error por ingreso incorrecto de usuario o contraseña.	98
Figura 81 Pantalla Monitoreo y Control por Voz.	99
Figura 82 Frases de mando de la pantalla monitoreo y control por voz.....	100
Figura 83 Indicadores de electroválvulas.....	100
Figura 84 Comando en ejecución y botones de desplazamiento de la pantalla monitoreo y control por voz.....	101
Figura 85 Sistema de supervisión.....	101
Figura 86 Software de programación ProWORX Nxt.....	103
Figura 87 Conjunto de instrucciones.....	105
Figura 88 Selección del controlador.....	105
Figura 89 Selección del controlador.....	106
Figura 90 Entrega de pallet.....	108
Figura 91 Entrega de cilindro	109
Figura 92 Traslado del cilindro al pallet	110
Figura 93 Proceso de perforado	111
Figura 95 Entrega del pallet al puerto de salida.....	112
Figura 95 Software Intouch	114
Figura 96 Logo Archestra	116
Figura 97 MODBUS I/O Server.....	117
Figura 98 Ventana de configuración del puerto de comunicación	118
Figura 99 Ventana Topic Definition.....	119
Figura 100 Configuración del tópico	119
Figura 101 Ventana del Tagname Directory	120
Figura 102 Ventana de Access Name	121
Figura 103 Configuración del Acces Name.....	121
Figura 104 Configurar Control Activex	127
Figura 105 Selección del Control Activex	128
Figura 106 Controles Activex.....	128
Figura 107 Ventana de propiedades del control activex	129
Figura 108 Creación del script para el control activex	129
Figura 109 Elección de la función del control activex	130
Figura 110 Script creado por la función del control activex.....	130
Figura 111 Pantalla Principal	132
Figura 112 Ventana de ingreso de usuario	132

Figura 113 Barra de navegación.....	132
Figura 114 Pantalla Ayuda Principal	133
Figura 115 Pantalla Modo Manual	134
Figura 116 Barra de alarmas	134
Figura 117 Controles de la pantalla Modo Manual.....	135
Figura 118 Animación de los actuadores de la estación.....	136
Figura 119 Pantalla Cilindros	136
Figura 120 Pantalla de Ayuda Modo Manual	137
Figura 121 Pantalla Modo Automático	138
Figura 122 Pantalla Ayuda Automático.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	21
Tabla 2	29
Tabla 3	31
Tabla 4	32
Tabla 5	35
Tabla 6	38
Tabla 7	40
Tabla 8	44
Tabla 9	45
Tabla 10	46
Tabla 11	47
Tabla 12	48
Tabla 13	49
Tabla 14	55
Tabla 15	57
Tabla 16	58
Tabla 17	59
Tabla 18	60
Tabla 19	68
Tabla 20	95
Tabla 21	113
Tabla 22	122
Tabla 23	124
Tabla 24	124
Tabla 25	124

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza la rehabilitación de las estaciones neumática PN-2800 e hidráulica HYD-2800, ambas presentes en el Laboratorio de Robótica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Las estaciones mencionadas son de tipo robóticas, que cumplían funciones específicas dentro de un sistema integrado. Por diversas causas, se encontraban disfuncionales. La falta de sensores, actuadores, mantenimiento, pero principalmente de controladores, impedían que las estaciones cumplieran alguna función útil dentro del laboratorio. La primera fase de la rehabilitación consistió en el análisis del estado de las estaciones. Para ello, además de realizar pruebas de funcionamiento a los actuadores y sensores, se verificó el estado de cada uno de los elementos existentes en las estaciones, y se identificaron las conexiones eléctricas neumáticas e hidráulicas. Una vez determinados los problemas de las estaciones, se procedió a la rehabilitación, para lo cual fue necesario reemplazar los elementos que se encontraban averiados, se brindó mantenimiento a las unidades de potencia, se colocó un controlador en cada estación, y finalmente, se hizo la reconexión eléctrica. Los controladores utilizados en la rehabilitación fueron elegidos tomando en cuenta las necesidades de cada estación. Por ello, se resolvió utilizar una tarjeta de adquisición de datos NI-DAQ USB-6008 y un PLC COMPACT MODICON 984 para la estación HYD-2800 y PN-2800 respectivamente. Ya con un controlador disponible en cada estación, se realizó la programación de una secuencia automatizada de las mismas, además del diseño de una interfaz gráfica para cada una de las estaciones, con el fin de que el operador pueda manipularlas fácilmente.

Palabras Clave:

REHABILITACIÓN

PN-2800

HYD-2800

CONTROLADOR

AUTOMATIZACIÓN

ABSTRACT

In this project the rehabilitation of stations pneumatic PN-2800 and hydraulic HYD-2800, both present in the Robotics Lab at the University of the Armed Forces-ESPE is performed. The stations mentioned are robotic type that met specific functions within an integrated system. For several reasons, were dysfunctional. The lack of sensors, actuators, maintenance, but mainly drivers, prevented stations meet some useful function in the laboratory. The first phase of rehabilitation was to analyze the status of the stations. To this end, in addition to performance tests to actuators and sensors, the status of each existing element in the stations was verified, pneumatic, hydraulic and electrical connections were identified. Once the station's problems were determined, the rehabilitation started in order to accomplish it was necessary to replace damaged items, maintenance was provided to the power units, a controller was placed at each station, and finally carry out the electrical reconnection. The controllers used in rehabilitation were chosen taking into account the needs of each station. Therefore, it was decided to use a data acquisition card NI-DAQ USB-6008 and PLC MODICON COMPACT 984 for HYD-2800 and PN-2800 station respectively. With a controller available in each station, a program in order to design an automated sequence was developed, in addition an HMI for each station was designed in order to offer an easy way to manage the station.

Key Words:

REHABILITATION

PN-2800

HYD-2800

CONTROLLER

AUTOMATIZATION

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el Laboratorio de Robótica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE se encuentran instaladas dos estaciones robóticas que actualmente están fuera de servicio, estas son la Estación Neumática PN-2800 y la Estación Hidráulica HYD-2800, dichas estaciones fueron adquiridas por la Universidad en el año de 1995, con el fin de que los estudiantes tengan interacción y práctica con sistemas robóticos.

Las estaciones mencionadas realizan principalmente funciones de “pick and place” (tomar objetos de un lado y colocarlos en otro); para ello cada una de las estaciones están provistas de diversos sensores y actuadores que les permiten realizar los movimientos de acuerdo a la información que entregan los sensores.

Por diversas razones las estaciones han pasado de estar en un óptimo funcionamiento a estar inoperativas, por lo cual es necesario un diagnóstico previo de cada una de las estaciones para evaluar el estado actual de las mismas.

El resultado del análisis arrojó que en ambas estaciones existen importantes inconvenientes como sensores y actuadores inoperativos o inexistentes, problemas en el cableado y por otro lado se encontró que ninguna de las estaciones cuenta actualmente con un controlador operativo.

De igual manera producto del diagnóstico previo se concluye que para la rehabilitación de las estaciones se deberá tener en cuenta que la aplicación que

se desarrollará no será exactamente la misma que en un principio, debiéndose desarrollar aplicaciones viables e innovadoras.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Considerando que la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE se encuentra en el proceso de acreditación y uno de los parámetros fundamentales a evaluarse es la operatividad de los diferentes equipos disponibles en los laboratorios; surge la necesidad de rehabilitar y mantener las estaciones HYD-2800 y PN-2800.

Una vez que las estaciones se encuentran operativas el alumnado podrá desarrollar los conocimientos que adquieran en su formación de tercer nivel, logrando contribuir e impulsar la experiencia de las próximas generaciones de profesionales en el área industrial.

Los estudiantes podrán descubrir las posibles causas de errores, la elección de material y algunos tips en la recuperación de este tipo de sistemas, desarrollando su habilidad de reprogramación de las actividades de dichas estaciones y sus conocimientos teórico-prácticos.

Las estaciones mencionadas serán utilizadas para realizar procesos controlados y automatizados. Los estudiantes apreciarán las diferencias entre la estación Neumática PN-2800 y la Hidráulica HYD-2800, así emitirán criterios de la funcionalidad continua de ambos.

El constante avance tecnológico de esta época, genera la necesidad de mecanizar los procedimientos que antes ejecutaba el ser humano, además, el sector industrial acoge las nuevas tecnologías para precisar y asegurar la eficacia de estos procesos.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto se realizará en tres etapas, debido a que el objetivo final es rehabilitar las estaciones tanto neumática como hidráulica, ya que ambas estaciones han permanecido inactivas por un largo tiempo.

La fase inicial consiste en un minucioso y detallado análisis del estado actual de cada una de las estaciones, de esta manera, se podrá identificar los elementos dañados o faltantes.

En la estación neumática es necesario realizar una revisión de cada uno de los sensores que posee ésta, debido a que es indispensable que todos se encuentren funcionales. Además, se deben realizar pruebas con presión de aire para poder conocer si los actuadores se encuentran operativos, y así, comprobar el estado de las mangueras de conexión. Finalmente, a pesar de conocer que el banco de electroválvulas existente en la estación, es robusto, también es preciso asegurarse del correcto estado de las mismas.

Por otro lado, en la estación hidráulica al igual que en la estación neumática, se debe realizar pruebas para verificar el estado de los sensores, actuadores y electroválvulas. Así también, es indispensable revisar la bomba hidráulica de la estación que no se ha utilizado en un tiempo considerable. Las conexiones hidráulicas son otro punto a inspeccionar.

La segunda fase del proyecto consiste en realizar todas las conexiones eléctricas, neumáticas e hidráulicas. Además, dependiendo del hardware existente en cada estación, se procederá a la elección del controlador más apropiado. Se considerarán aspectos como robustez y calidad para cada una de ellas.

Se realizará la programación necesaria para poder desarrollar aplicaciones prácticas en las estaciones antes mencionadas. Adicionalmente, en esta segunda etapa se desarrollarán interfaces humano-máquina (HMI) para cada una de las estaciones y así permitir un control más amigable al operador.

Para concluir, en la tercera etapa se implementará un sistema de monitoreo y control remoto. Para el monitoreo se hará uso de una cámara IP que transmitirá la señal del Laboratorio de Robótica por medio de internet a un ordenador que se encontrará localizado remotamente, mientras que para el control remoto se accederá a las interfaces HMI de cada estación y de esta manera operarlas remotamente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Rehabilitar las estaciones PN-2800 e HYD-2800 del laboratorio de Robótica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico previo del estado actual de las estaciones para identificar posibles problemas.
- Identificar y documentar todas las conexiones eléctricas, neumáticas e hidráulicas.
- Seleccionar los dispositivos y el controlador más apropiados para el óptimo funcionamiento de cada una de las estaciones en base a un análisis previo del hardware existente.
- Desarrollar interfaces gráficas que permitan un control eficiente de las estaciones por parte del operador.

CAPÍTULO II

2. MARCO DESCRIPTIVO

2.1 ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800

2.1.1 Descripción general de la estación

La estación hidráulica HYD-2800 es una estación robótica desarrollada por la compañía Degem Systems. La estación cuenta con un manipulador robótico y una prensa, ambos utilizan un sistema de impulsión hidráulico, el cual asegura la fuerza necesaria para la prensa, y una movilidad adecuada para el manipulador robótico.

El sistema hidráulico es apropiado para aplicaciones en las cuales se necesite de fuerza, precisión y resistencia al entorno, por lo cual los movimientos del manipulador si bien es cierto que no son veloces tienen mucha precisión. La velocidad del robot es controlada mediante una válvula proporcional que transforma los niveles de voltaje en variaciones de flujo.

La aplicación para la cual fue concebida originalmente esta estación es una aplicación de ensamble en la cual el manipulador robótico coloca un cilindro en una base rectangular fabricada para recibir dicho cilindro, y mediante la prensa hidráulica de la estación se realiza el ensamble.

El robot de la estación es de tipo antropomórfico y cuenta con cuatro grados de libertad como se muestra en la figura 1, es decir está dotado de cuatro articulaciones que por la similitud con el cuerpo humano pueden ser identificadas como cintura, hombro, codo y muñeca.

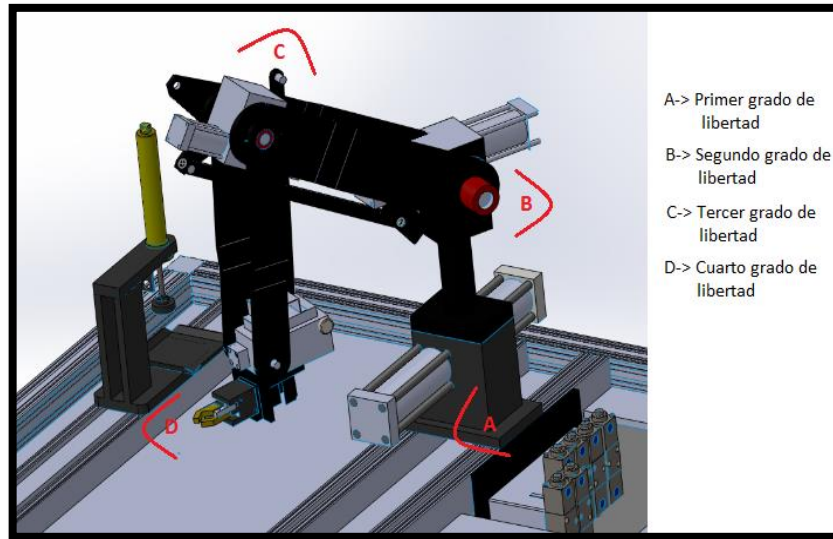


Figura 1 Grados de libertad del manipulador

Cada una de las articulaciones tiene un rango de giro limitado, siendo este rango de 180° para la cintura y la muñeca y de 75° para el hombro y el codo, en la figura 2 se aprecia el rango de movimiento de cada articulación.

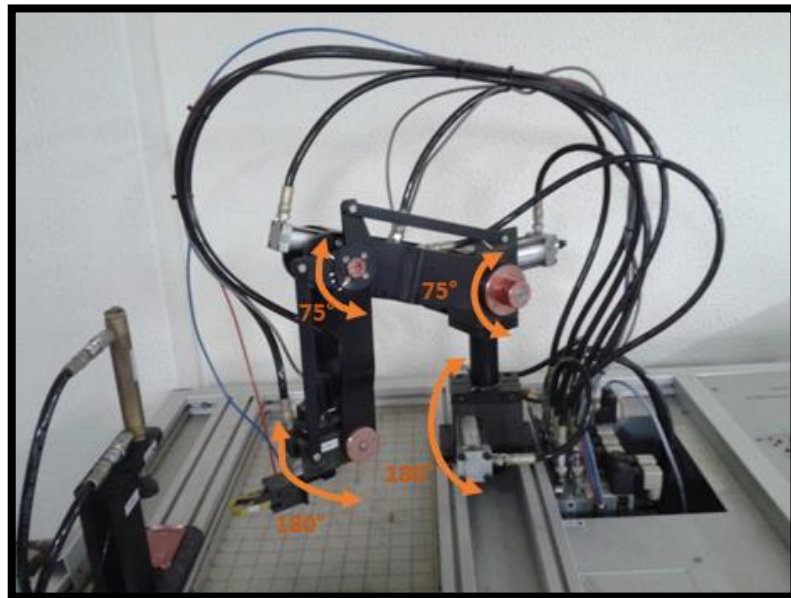


Figura 2 Rango de movimiento de las articulaciones

La estación cuenta con un panel de control desde el cual se puede encender o apagar la bomba hidráulica, además cuenta con un switch que permite elegir el modo de control que tendrá la estación pudiendo ser este manual o por computadora; cuando la estación se encuentra en modo manual se puede operar manualmente el movimiento de cada articulación, así como también de la prensa y el gripper mediante switches ubicados en el panel de control.

Cuando la estación se encuentra en modo de control por computadora la estación debe ser operada mediante el ordenador en el cual se encuentra la interfaz gráfica que permite la manipulación del robot.

El movimiento del robot se realiza mediante los cilindros que se encuentran en cada articulación, cuando se activa una determinada electroválvula el aceite impulsado por una bomba hidráulica circula por las mangueras, esto permite el accionamiento de los cilindros en una de las dos direcciones, es importante recalcar que solo se puede activar una electroválvula a la vez.

2.1.2 Elementos de la estación

A continuación se detallan todos los elementos de los cuales se compone la estación hidráulica HYD-2800.

Manipulador Robótico

La estación HYD-2800 está compuesta por el manipulador robótico así como también por una prensa hidráulica; el manipulador robótico es un brazo hidráulico de cuatro grados de libertad, el mismo que cuenta con cuatro cilindros y un gripper, la prensa hidráulica está compuesta por el quinto cilindro como se puede apreciar en la figura 3.

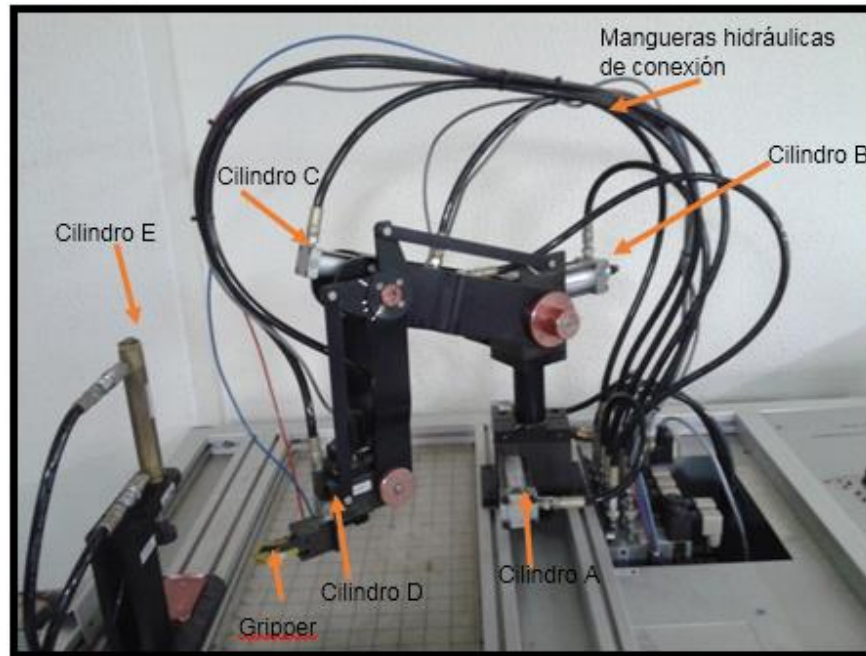


Figura 3 Manipulador Robótico y prensa hidráulica

Para realizar los movimientos de cada articulación, el manipulador utiliza los cilindros de eje giratorio denominados A, B, C y D respectivamente para la cintura, hombro, codo y muñeca. El movimiento se produce cuando ingresa aceite por uno de los dos lados del cilindro, la presión que ejerce el fluido permite que el sistema piñón-cremallera realice el giro de la articulación en un sentido, para que el giro se produzca en el sentido contrario el aceite debe ser ingresado por el lado opuesto del cilindro.

El brazo hidráulico está dotado de un gripper para la manipulación de piezas, este gripper es de accionamiento neumático, y puede tener únicamente dos estados, abierto o cerrado.

La prensa hidráulica está compuesta por un cilindro hidráulico E, el cual es un cilindro de doble efecto que realiza un movimiento lineal vertical en los dos sentidos según el ingreso del aceite.

Los potenciómetros son los sensores que se utilizan para conocer la posición de cada una de las articulaciones del brazo hidráulico, se encargan de enviar dicha información al controlador de la estación.

Para que el aceite pueda fluir por toda la estación se utilizan mangueras hidráulicas de conexión, que se encargan de llevar el aceite a cada uno de los cilindros.

Unidad Hidráulica de Poder

La unidad hidráulica de poder (figura 4) representa una parte fundamental de la estación, ya que es la encargada de la alimentación del fluido hidráulico necesario para la operación de la misma.

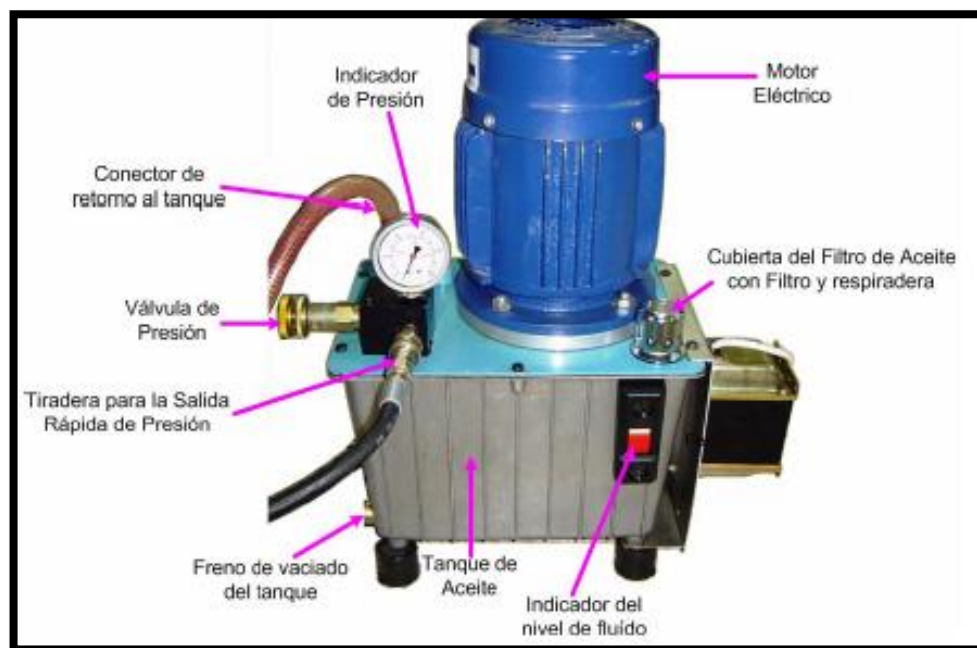


Figura 4 Unidad hidráulica de poder

Fuente (Banda, 2006)

La unidad cuenta con los siguientes componentes:

- Motor eléctrico monofásico de 115 VAC, 1 HP y 1500 RPM
- Indicador de presión de 100 bar
- Filtro de aceite
- Indicador de nivel del fluido
- Válvula de presión
- Tanque
- Freno de vaciado del tanque
- Conexión de retorno al tanque

Válvulas

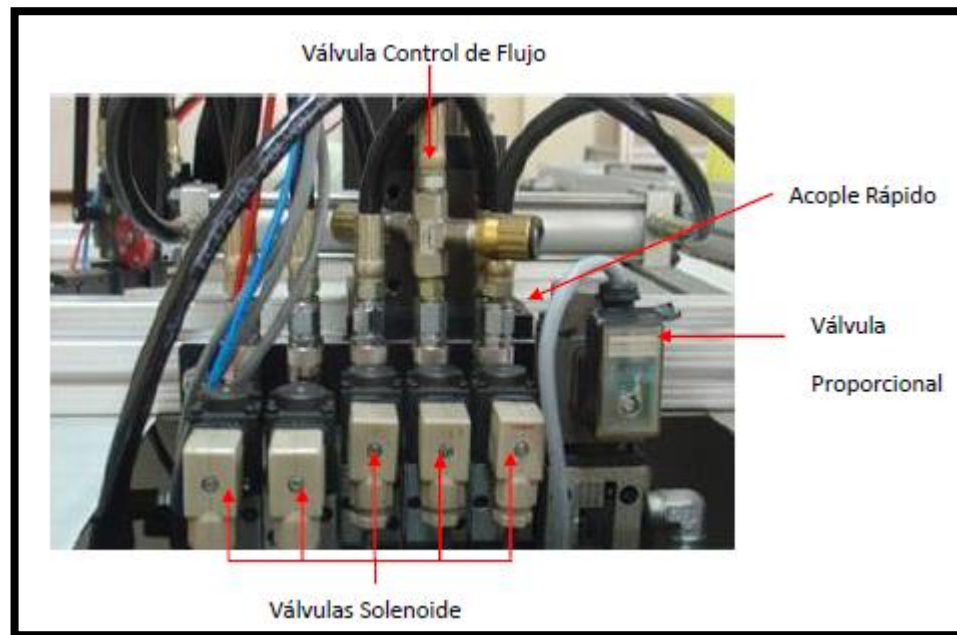


Figura 5 Válvulas de la estación

- **Válvula proporcional**, es una válvula que permite el paso del flujo de manera proporcional según la variable que está controlando la válvula. En

la estación hidráulica HYD-2800 esta válvula es la encargada de controlar el caudal de aceite que ingresa al sistema de alimentación de los actuadores hidráulicos, es decir, es la responsable de regular la velocidad a la cual se moverá el manipulador robótico.

Características:

- Válvula de 3 vías que mantiene flujo constante.
- Controla el flujo a partir de una señal de control de 0-5 VDC.
- Válvula de mando directo.
- Alta reproducibilidad de la válvula.
- Válvula con compensador de presión para la regulación de un caudal compensada por presión.

Símbolo

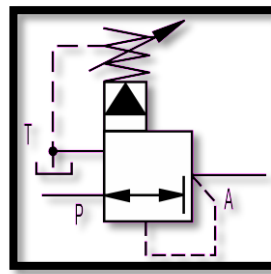


Figura 6 Válvula proporcional 3/2

- **Válvulas solenoides**, También conocida como electroválvula, son válvulas que tienen una operación electromecánica, diseñadas para controlar el flujo de un fluido en diferentes direcciones. La válvula es controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina senoidal.

En la estación HYD-2800 existen cinco válvulas solenoides de 4/3 vías, son las encargadas del control de flujo bidireccional en cada uno de los actuadores. Es decir que las válvulas tendrán 3 posibles estados, que son:

- El flujo de aceite ingresa por un lado del cilindro.
- El flujo de aceite ingresa por el otro lado del cilindro.
- No hay ingreso de flujo de aceite al cilindro (se mantiene estático).

Características:

- Válvula de diseño de carrete NG3-Mini.
- Detección por carrete y electricidad de reajuste.
- Solenoide tipo aguja.
- Modelo 4/3 de control direccional.
- 2 solenoides y 3 posiciones de la bobina, resorte en el centro.
- Cuando la solenoide está descargada el resorte regresa a la posición en el centro.

Símbolo

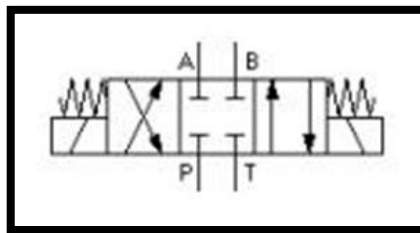


Figura 7 Válvula solenoide 4/3

- **Válvula de control de flujo.** Es una válvula que se encarga de controlar el flujo en una sola vía, mediante la apertura o el cierre de la misma se determina la velocidad de movimiento del actuador alimentado por la conexión que regula la válvula.

En la estación HYD-2800 existen dos válvulas de control de flujo por cada articulación, al igual que para el cilindro de la prensa hidráulica, por

medio de ellas se modifica la velocidad de movimiento de cada articulación para cualquiera de los dos sentidos.

Características

- Controla el flujo en una sola vía
- Soporta una presión máxima de 400 bares.

Símbolo

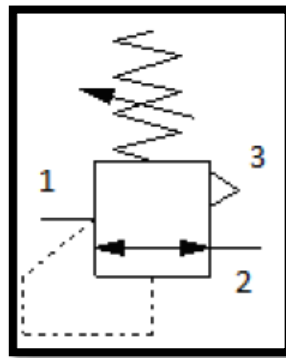


Figura 8 Válvula de control de flujo

- **Válvula check**, también denominadas válvulas de retención o anti retorno, son válvulas que tienen por objetivo cerrar el paso de un fluido en un sentido de la válvula, y permitir libre circulación de dicho fluido en el otro sentido, es decir la válvula check es la encargada de evitar el cambio del sentido de la circulación del aceite hidráulico dentro de la estación HYD-2800.

Símbolo

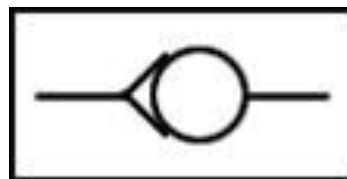


Figura 9 Válvula check

Tablero Eléctrico

En el tablero eléctrico (figura 10) de la estación se realizan todas las conexiones eléctricas necesarias para el funcionamiento de la estación, como por ejemplo los sensores, electroválvulas, bomba hidráulica, etc. además en este panel se encuentra el switch master de la estación.



Figura 10 Tablero eléctrico

Panel de control

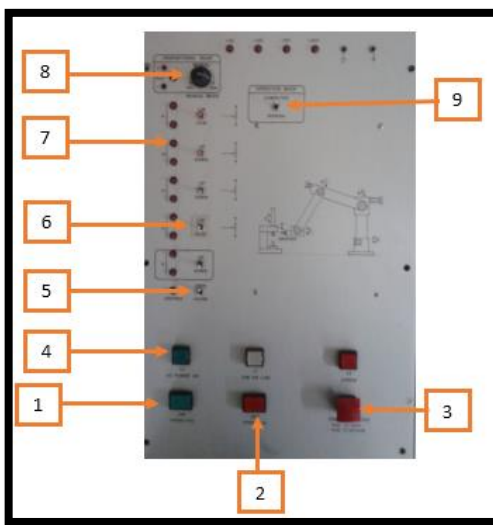


Figura 11 Detalle del Panel de Control

El panel de control de la estación se muestra en la figura 11, por medio de sus componentes se pueden realizar diversas acciones que se detallan a continuación:

- 1. Pushbutton de encendido de la bomba hidráulica.
- 2. Pushbutton de apagado de la bomba hidráulica.
- 3. Pushbutton de emergencia.
- 4. Luces indicadoras
- 5. Switch de dos posiciones: permite abrir y cerrar el gripper
- 6. Switch de tres posiciones: tienen el funcionamiento ON-OFF-ON y permiten activar un determinado cilindro en una dirección o en la otra.
- 7. Leds indicadores: Indican que cilindro y en qué sentido se activó.
- 8. Potenciómetro de carbón: Mediante este potenciómetro se calibra la válvula proporcional, que tiene la función de regular la velocidad.
- 9. Modo de operación: Es un switch de dos posiciones que permite seleccionar el modo de operación de la estación entre modo manual y modo de control por computadora.

Conectores

Para poder comunicar a la estación con el controlador, se utilizan conectores ddk5 como se muestra en la figura 12.



Figura 12 Conector ddk5

Estos conectores son los encargados de llevar las señales digitales y analógicas de la estación al controlador y viceversa, existen tres conectores en la estación, el conector J1 para la entrada y salida de señales analógicas, el conector J3 para entradas digitales y el conector J4 para las salidas digitales como se puede apreciar en la figura 13.

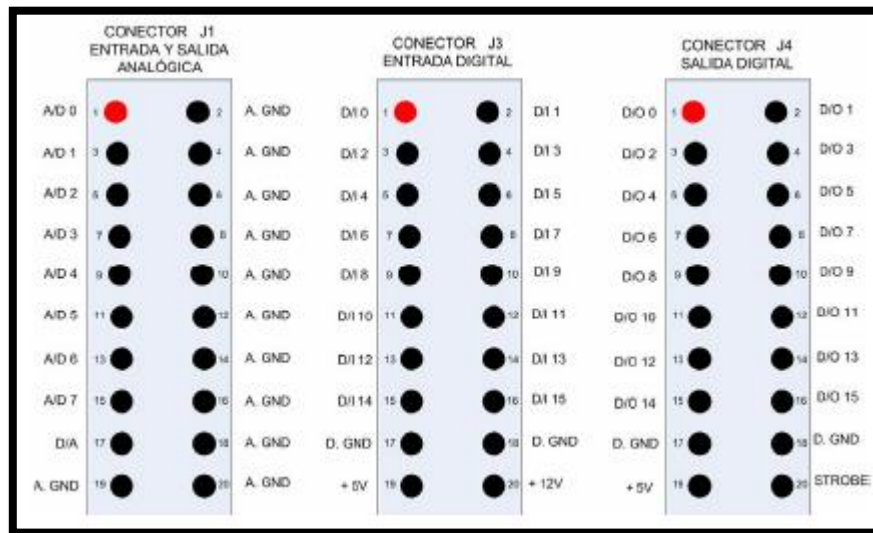


Figura 13 Conectores J1, J3 y J4

Fuente: Banda (2006)

Actuadores Hidráulicos

Un actuador hidráulico es un dispositivo utilizado para realizar una actividad física que demanda de una fuerza, la cual se obtiene como producto de la presión que ejerce un fluido, generalmente un tipo de aceite.

Se clasifican en actuadores lineales, denominados Cilindros y en actuadores rotativos denominados Motores Hidráulicos o también conocidos como Cilindros de Eje Giratorio. Los actuadores son alimentados con fluido a presión y como

resultado de ello se produce un movimiento con una determinada velocidad y fuerza, o velocidad angular y momento dependiendo del tipo de actuador.

En la estación HYD-2800 cuenta con los dos tipos de actuadores hidráulicos, para las articulaciones del manipulador robótico se cuenta con cuatro Cilindros de eje Giratorio, denominados como Cilindro A, Cilindro B, Cilindro C y Cilindro D, mientras que para la prensa hidráulica se cuenta con un cilindro de movimiento lineal, denominado Cilindro E.

En el cilindro de eje giratorio el vástago es una cremallera que acciona un piñón que transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio en sentido horario o anti horario. (Escalera&Rodriguez, s.f.)

La estación está provista de cuatro cilindros de eje giratorio de marca PHD de la serie 1000-8000, la particularidad de estos cilindros es que pueden realizar giros de hasta 450° con un torque de 31800 lb-pulg.



Figura 14 Cilindro de eje giratorio PHD 1000-8000

Para la prensa hidráulica se utiliza un Cilindro de doble efecto de movimiento lineal, Las principales características de este cilindro se describen a continuación:

- **Material:** bronce
- **Descripción:** Doble efecto.

- **Diámetro interior:** 0.875 plg.
- **Máxima presión:** 2000 psi
- **Peso:** 0.81 gr.

2.1.2 Tarjeta de adquisición de datos NI-DQ USB-6008

Hoy en día son incontables las aplicaciones donde es indispensable el tratamiento de señales que proporcionen la información sobre fenómenos físicos. Este tratamiento se lo realiza sobre grandes cantidades de información, con elevadas velocidades de procesamiento y un computador encargado de realizar dichas tareas.

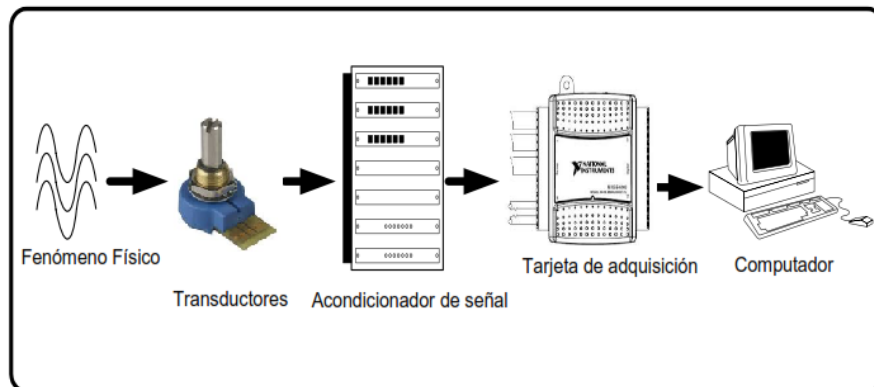


Figura 15 Sistema de adquisición de datos.

Cuando se espera obtener información sobre los fenómenos físicos es necesario incorporar un nuevo elemento en el sistema planteado, el cual suministra un parámetro eléctrico a partir de un físico, conocido como transductor que nos permitirá además completar así el proceso de adquisición de datos (figura 15).

La tarjeta NI-DAQ USB-6008 de National Instruments es una herramienta de adquisición de datos, que será utilizada como dispositivo de control de la estación

HYD-28000, debido a sus múltiples entradas-salidas analógicas y digitales presentes. Cuenta con soporte para la mayoría de los sistemas operativos y sus partes (Figura 16) son:

- Etiqueta de la cubierta con las guías de orientación de los pines (1).
- Jack Bornera (2).
- Signo de la etiqueta (3).
- Cable USB (4)

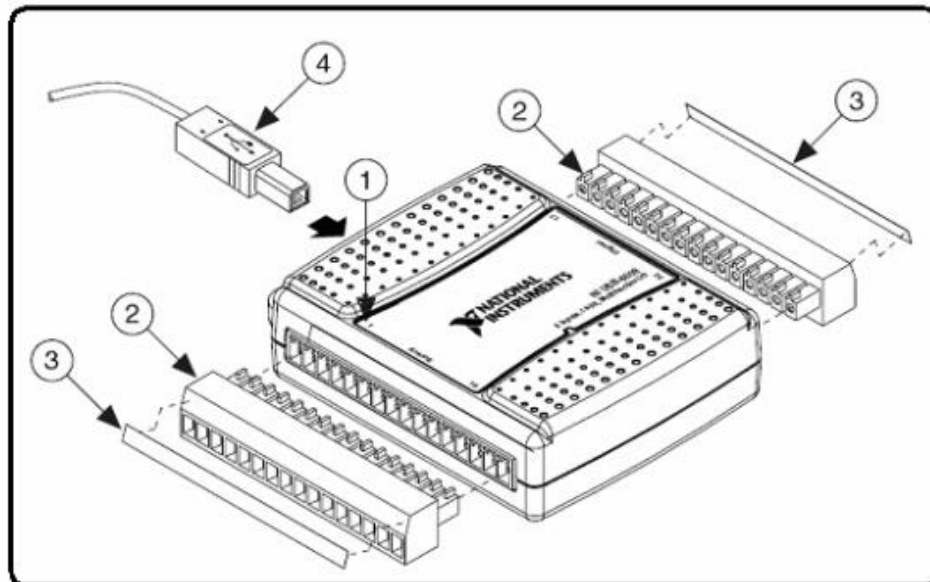


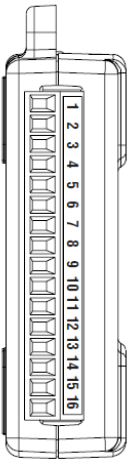
Figura 16 Partes de NI-DAQ USB-6008

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2004-2005, pág. 6)

La NI-DAQ USB-6008 permite diseñar, registrar, analizar datos interactivos y generar prototipos para aplicaciones de medidas y automatización. Es accesible para el uso de estudiantes, pero además lo suficientemente poderosa para realizar aplicaciones de medida más sofisticadas.

Las características generales de esta tarjeta son:

- 8 entradas analógicas de 12 bits, 2 salidas analógicas de 12 bits (figura 17).
- 12 canales compatibles con niveles TTL, 1 bit de sincronización, alimentaciones VCC (figura 18); contador de 32 bits.
- Energizada por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada.
- Tiene capacidad de corriente de 8.5 mA por canal y 10 mA entre todas las líneas.
- Un puerto de conexión USB, un led indicador de funcionamiento y usa como fuente de alimentación externa el ordenador por medio del mismo cable USB.
- Posee una impedancia de entrada de 144K Ω en la interacción con niveles TTL's. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2004-2005).



Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Figura 17 Terminales Analógicos de la tarjeta NI-DAQ USB-6008

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2004-2005, pág. 7).

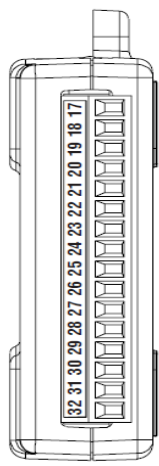
Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Figura 18 Terminales TTL, sincronización, alimentación Vcc de la tarjeta NI-DAQ USB-6008.

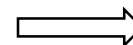
Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2004-2005, pág. 8)

Para una mejor descripción de las señales de los pines pertenecientes a la tarjeta NI-DAQ USB-6008 se presenta la siguiente tabla (tabla 3).

Tabla 1

Descripción de señales en los pines de la tarjeta NI-DAQ USB 6008

SEÑAL	REFERENCIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
GND	-	-	Punto de referencia para señales de voltaje y corriente analógicas y digitales (entradas/salidas).
AI(0.....7)	Varios	Entrada	Entradas analógicas.
AO0	GND	Salida	Salida analógica AO.0



Continúa

A01	GND	Salida	Salida analógica AO.1
PI(0..3) PO(0..7)	GND	Entrada o Salida	Señales digitales de E/S (configurables).
+2.5 V	GND	Salida	Alimentación de referencia 2.5 Vcc.
+5 V	GND	Salida	Alimentación de 5 Vcc a 200 mA.
PFI0	GND	Entrada	Pin Configurable como un disparo digital o un controlador de eventos de entrada.

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2004-2005, pág. 9).

La tarjeta de adquisición de datos NI-DAQ USB 6008 es un hardware sumamente potente para el acondicionamiento de la señal, que a través de su circuitería interna sustituye componentes que se usarían tradicionalmente. Además su potencia radica en su compatibilidad y en su fácil empleo además de ser de bajo costo.

2.2 ESTACIÓN NEUMÁTICA PN-2800

2.2.1 Descripción general de la estación

La estación neumática PN-2800 (figura 19) es una estación robótica desarrollada por la compañía Degem Systems. Para el funcionamiento de esta estación se utiliza como medio gas comprimido (aire), por medio de electroválvulas que permiten la expansión del gas a los diferentes actuadores a través de mangueras plásticas, transformando así energía potencial en energía mecánica (movimiento). La estación PN-2800 también es alimentada de energía eléctrica 120VAC, siendo rectificadas y transformadas a 24 VDC por una fuente de poder que alimenta a todo el sistema de electroválvulas, controlador y sensores.

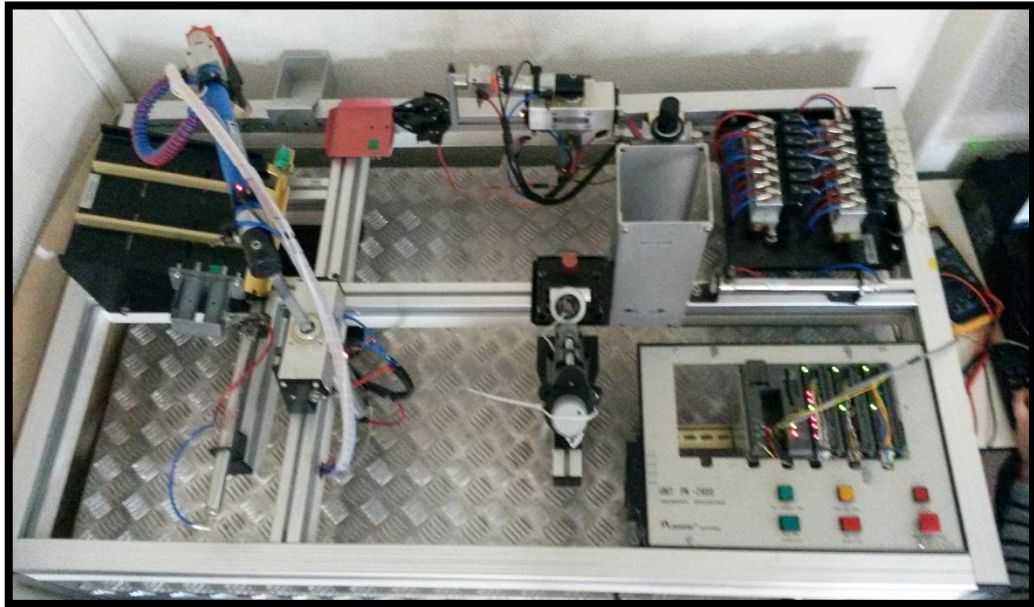


Figura 19 Estación Neumática PN-2800

El sistema neumático de la estación PN-2800 se utiliza en sus actuadores, principales que son cilindros neumáticos activados por electroválvulas que reciben la señal respectiva del controlador.

Además, también está provista de actuadores eléctricos, siendo estos un par de electroimanes situados en la rampa dispensadora de cilindros, el gripper del manipulador de pallets, y un taladro encargado de realizar el proceso de perforado sobre el cilindro.

La estación PN-2800 originalmente era una estación que se encargaba únicamente de proveer materia prima, en la actualidad, además de realizar la misma función también es capaz de realizar un proceso de perforación sobre la materia prima.

Es importante recalcar que la estación PN-2800 además de ser una estación proveedora de materia prima, también funciona como estación de

almacenamiento por lo cual está dotada de un almacén para los pallets así como también de una rampa donde se almacena la materia prima (cilindros metálicos).

La estación tiene dos modos de operación, el modo manual y el automático, controlados y monitoreados mediante una interfaz gráfica HMI a través de una computadora. En el primero el usuario puede manipular libremente cada uno de los actuadores, mientras que en el modo de operación automático se realiza el proceso de perforación y posterior despacho de la materia prima.

2.2.2 Elementos de la estación

A continuación se detallan todos los elementos de los cuales se compone la estación hidráulica HYD-2800.

2.2.2.1 Unidad de potencia Neumática

Consiste en un compresor que es el elemento encargado de proporcionar aire a presión al sistema neumático, para ello absorbe aire de la atmósfera y lo comprime para aumentar la presión del mismo. Las partes móviles del compresor son accionadas por un motor de combustión o eléctrico.

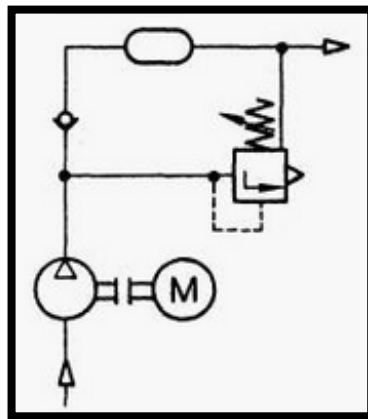


Figura 20 Símbolo de la unidad de potencia neumática

El aire comprimido se almacena en un depósito, donde se acondiciona el aire a valores de presión y temperatura requeridas por la instalación neumática, para ello hace uso de un termómetro y manómetro situados sobre el mismo.

El depósito cuenta con una válvula limitadora de presión que expulsa el aire a la atmósfera en caso de que la presión supere el valor previamente fijado, además está provisto de una válvula de purga que se utiliza para eliminar el agua que se produce como producto de la condensación del vapor de agua contenido en el aire.



Figura 21 Unidad de potencia neumática

2.2.2.2 Unidad de mantenimiento neumática

Los compresores aspiran aire húmedo del ambiente, y sus filtros de aspiración no pueden evitar esto, ni eliminar totalmente impurezas presentes en el aire atmosférico (óxido, polvo, entre otras).

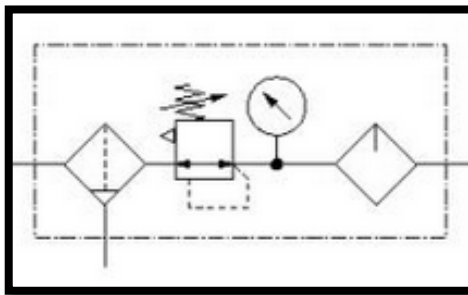


Figura 22 Símbolo de una unidad de mantenimiento neumática

Las partículas líquidas contenidas en el aire causan un gran deterioro en las instalaciones neumáticas y en todos sus componentes, provocando desgastes exagerados y prematuros en superficies deslizantes, ejes, vástagos, juntas, etc., reduciendo la duración de los distintos elementos de la instalación.

Con el fin de que un sistema neumático esté libre de este tipo de problemas surge la necesidad de la instalación de una unidad de mantenimiento neumática a la entrada del sistema, la unidad está compuesta por tres elementos que se detallan a continuación:

- Filtro.- Se encarga de eliminar las impurezas y el agua condensada presentes en el aire comprimido circulante.
- Regulador.- Se encarga de mantener estable la presión de trabajo, independientemente de las variaciones que pueda tener la presión de red y del consumo del aire dentro del sistema neumático. En el caso de la estación neumática, el regulador se encarga de mantener la presión de trabajo entre 1 y 6 bares.
- Lubricador.- Se encarga de lubricar adecuadamente todos los elementos del sistema neumático, con el fin de reducir el rozamiento entre las piezas, prevenir el desgaste prematuro de piezas móviles y evitar la corrosión.

En la figura 23 se muestra la unidad de mantenimiento presente en la estación.



Figura 23 Unidad de mantenimiento

2.2.2.3 Manipuladores Neumáticos

Los manipuladores dentro de la estación neumática son concretamente brazos robóticos diseñados para transportar piezas específicas por medio de movimientos controlados.

Los manipuladores se componen de tres cilindros de doble efecto, es decir tienen tres grados de libertad, gracias a los cuales realizan tres tipos de movimientos, el primer grado de libertad consiste en un movimiento lineal vertical, el segundo grado de libertad consiste en un movimiento giratorio regulable, mediante el cual se determina el grado de giro del manipulador, y finalmente el último grado de libertad se ve reflejado en un movimiento lineal horizontal, los grados de libertad se pueden apreciar en la figura 24.

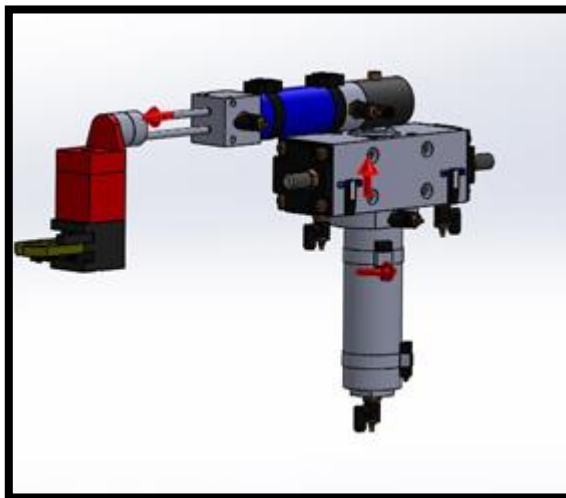


Figura 24 Grados de Libertad de los manipuladores.

Un cilindro actuador es un dispositivo que convierte la potencia fluida en un movimiento mecánico lineal o giratorio, en este caso, el aire comprimido proporcionado por un compresor, llega a cada uno de los tres cilindros de los cuales se compone el manipulador, y permite el movimiento del mismo dependiendo del sentido por el cual está ingresando el aire, la velocidad de movimiento depende estrictamente de la presión de trabajo.

La estación PN-2800 cuenta con dos manipuladores para realizar su función, el manipulador de cilindros, y el manipulador de pallets.

Manipulador de Cilindros

Es un manipulador de tipo neumático cuya función es transportar los cilindros (materia prima) desde el almacén de cilindros, está provisto de un gripper de accionamiento neumático que es la herramienta con la cual el manipulador puede sujetar el cilindro, además está provisto de sensores de proximidad en cada cilindro que se encargan de enviar la información al controlador acerca de la posición actual de los cilindros.

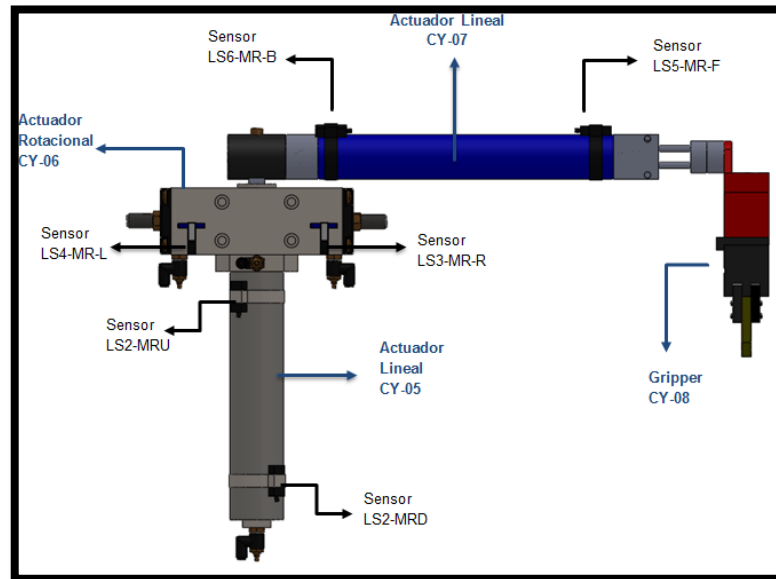


Figura 25 Manipulador de Cilindros

En la figura 25 se pueden apreciar las partes del manipulador de cilindros, los actuadores del mismo han sido colocados en la tabla 2 donde se describe su funcionalidad.

Tabla 2

Actuadores del manipulador de cilindros

Actuador	Descripción
CY-05	Actuador lineal neumático que realiza el movimiento arriba-abajo.
CY-07	Actuador lineal neumático que realiza el movimiento adelante-atrás.
CY-06	Actuador rotacional neumático que realiza el movimiento derecha-izquierda.
CY-08	Gripper neumático.

Manipulador de Pallets

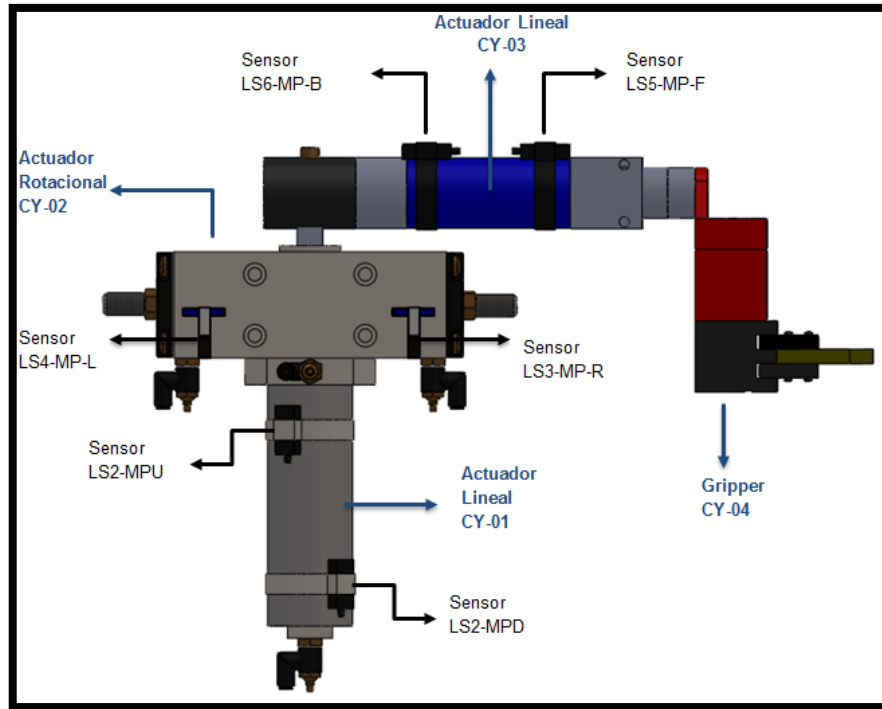


Figura 26 Manipulador de Pallets

Es un manipulador de tipo neumático cuya función es transportar los pallets desde el almacén de pallets hasta el puerto de salida de la estación, está provisto de un gripper de accionamiento eléctrico que es la herramienta con la cual el manipulador puede sujetar el pallet, además está dotado de sensores de proximidad en cada cilindro que se encargan de enviar la información al controlador acerca de la posición actual de los cilindros.

En la figura 26 se pueden apreciar cada una de las partes del manipulador de cilindros, es decir todos los sensores y actuadores de los que se compone, mismo en la tabla 3 se realiza una descripción del funcionamiento de cada uno de los elementos.

Tabla 3

Actuadores del manipulador de pallets

Actuador	Descripción
CY-01	Actuador lineal neumático que realiza el movimiento arriba-abajo.
CY-03	Actuador lineal neumático que realiza el movimiento adelante-atrás.
CY-02	Actuador rotacional neumático que realiza el movimiento derecha-izquierda.
CY-04	Gripper eléctrico

2.2.2.4 Banco de Electroválvulas

Son válvulas que tienen una operación electromecánica, diseñadas para controlar el flujo de un fluido en diferentes direcciones. La válvula es controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina senoidal.

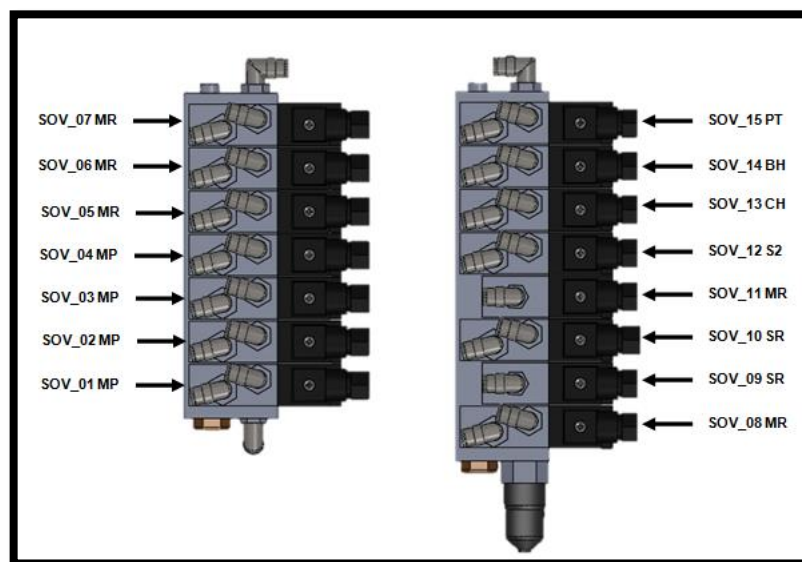


Figura 27 Banco de Electroválvulas

Como se muestra en la figura 27, en la estación PN-2800 existe un banco de quince válvulas selenoides de 4/2 vías, son las encargadas del control de flujo bidireccional en cada uno de los actuadores. Es decir que las válvulas tendrán 2 posibles estados, que son:

- El flujo de aire está ingresado por un lado del cilindro.
- El flujo de aire ingresa por el otro lado del cilindro.

Es decir el actuador se encuentra siempre en un extremo y cambia de posición únicamente cuando se energiza la electroválvula correspondiente, como se aprecia en la figura 28 no contiene un estado intermedio.

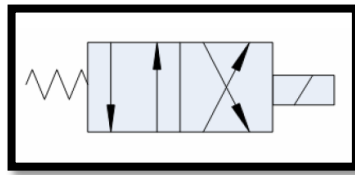


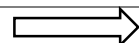
Figura 28 Representación esquemática de una Electroválvula

Cada una de las electroválvulas tiene una función específica respecto a los cilindros actuadores, la cual se detalla en la tabla 4:

Tabla 4

Descripción de las electroválvulas de la estación PN-2800

Etiqueta	Descripción
SOV1-MP	Activada → eleva M-Pallet. Desactivada → baja M-Pallet.
SOV2-MP	Activada → gira en sentido horario M-Pallet. Desactivada → gira en sentido antihorario M-Pallet.



Continúa

SOV3-MP	Activada → extiende el vástago de M-Pallet. Desactivada → contrae el vástago de M-Pallet.
SOV4-MP	Libre.
SOV5-MR	Activada → baja M-Cilindros. Desactivada → eleva M-Cilindros.
SOV6-MR	Activada → gira en sentido antihorario M-Cilindros. Desactivada → gira en sentido horario M-Cilindros.
SOV7-MR	Activada → extiende el vástago de M-Cilindros Desactivada → contrae el vástago de M-Pallet.
SOV8-MR	Activada → cierra el gripper de M-Cilindros Desactivada → abre el gripper de M-Cilindros
SOV9-S1	Libre
SOV10-S1	Libre
SOV11-S2	Libre
SOV12-S2	Libre
SOV13-SH	Activada → expulsa cilindro que desplaza los cilindros Desactivada → contrae cilindro que desplaza los cilindros
SOV14-SH	Libre
SOV15-PT	Activada → expulsa cilindro que desplaza los pallets Desactivada → contrae cilindro que desplaza los pallets

2.2.2.5 Almacenes

La estación neumática PN-2800 además de ser una estación que provee material, también sirve como una estación de almacenamiento de materia prima, por lo cual está dotada de dos almacenes: almacén de cilindros y almacén de pallets, detallados a continuación.

Almacén de cilindros

Consiste en una rampa inclinada que permite que los cilindros almacenados caigan por gravedad por un canal predeterminado cuando es requerido, para controlar la entrega de los cilindros la rampa cuenta con un par de actuadores eléctricos que bloquean el paso de los mismos hasta que sea necesario. El actuador superior (CY-11) detiene a todos los cilindros de la estación mientras que el actuador inferior (CY-12) detiene únicamente a un cilindro. El actuador superior (CY-11) detiene a todos los cilindros de la estación mientras que el actuador inferior (CY-12) detiene únicamente a un cilindro.

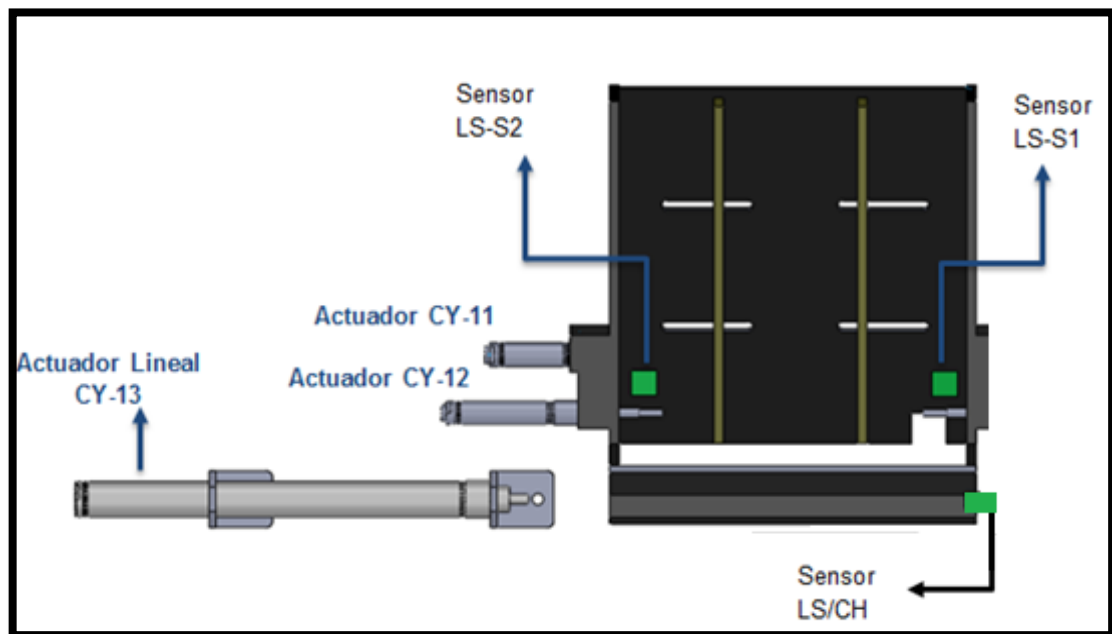


Figura 29 Almacén de cilindros

Una vez que el cilindro ha caído por la rampa, éste se encuentra listo para ser transportado por otro actuador neumático (CY-13), el cual lo desplaza hasta el punto exacto donde será tomado por el manipulador de cilindros. Para esto, el sensor LS/CH se habrá activado detectando la presencia del cilindro al final de la canaleta.

Tabla 5

Actuadores del manipulador de pallets

Actuador	Descripción
CY-11	Actuador lineal neumático que detiene todos los cilindros almacenados.
CY-12	Actuador lineal neumático que detiene únicamente a un cilindro.
CY-13	Actuador lineal que empuja el cilindro que cayó de la rampa hasta el lugar donde será tomado por el manipulador.

Almacén de Pallets

Los pallets (figura 30) son plataformas sobre las cuales se transporta la materia prima, es decir los cilindros, dentro de la estación PN-2800, para poder utilizar un pallet, éste debe ser expulsado del almacén de pallets, el cual es un espacio que se llena verticalmente donde se pueden ubicar hasta ocho pallets uno sobre otro.



Figura 30 Pallet

El almacén cuenta con dos sensores inductivos los cuales detectan la presencia de pallets en el almacén y también detecta cuando un pallet ha sido expulsado por el actuador neumático (CY-15) y ha llegado a la posición en la cual

se colocará el cilindro, la información de los sensores es directamente entregada al controlador.

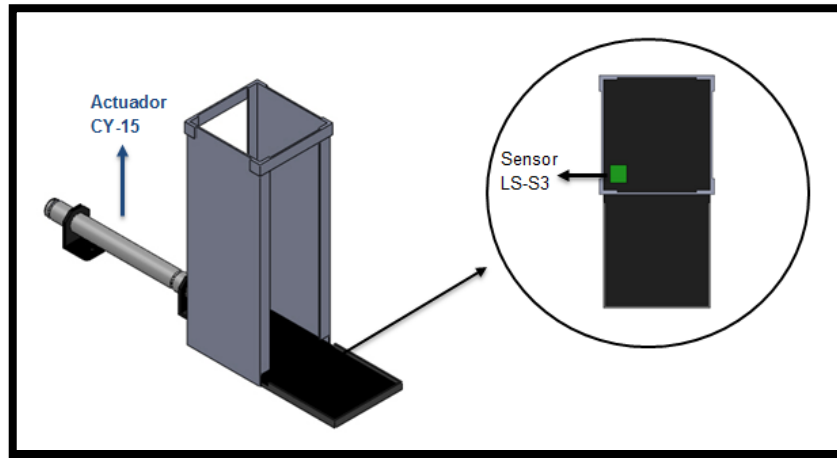


Figura 31 Almacén de Pallets

2.2.2.6 Taladro

Consiste en una estructura metálica inclinada que cuenta con un riel que se desplaza hacia arriba y abajo, al final del cual se encuentra el taladro, que es un actuador eléctrico que realiza el proceso de perforación sobre la materia prima, la estructura está compuesta por dos motores eléctricos DC de 9V, uno se lo utiliza para la activación del taladro mientras que el otro motor se lo utiliza para la expulsión o contracción del riel.

Este actuador entra en funcionamiento una vez que la materia prima ha sido colocada adecuadamente en el pallet que fue extraído previamente del almacén de pallets, una vez que termina el proceso de perforación el manipulador de pallets está listo para tomar el pallet con la materia prima procesada y colocarlo en el puerto de despacho.



Figura 32 Taladro eléctrico

El taladro cuenta con un sensor que le permite hacer la posición de home al inicio del proceso de automático, dicho sensor, denominado LS_TAL, es un sensor de tipo fin de carrera colocado en la parte superior del riel sobre el cual se desplaza el taladro.

2.2.2.7 Sensores

La estación PN-2800 está equipada principalmente con tres tipos de sensores, inductivos, fines de carrera y sensores de tipo switch reed. Estos sensores se encargan de adquirir la información acerca de las posiciones de los actuadores y elementos de la estación y comunicarla al controlador, para que dependiendo de ello se pueda efectuar la secuencia programada.

Sensor Inductivo

Los sensores inductivos son utilizados para detectar un material metálico ferroso, son de amplia utilización en la industria en aplicaciones de

posicionamiento así como también para la detección de presencia, específicamente en la estación PN-2800 se utilizan para detectar la presencia de los cilindros y de los pallets, de esta manera el controlador recibe constantemente la información necesaria para poder ejecutar la acción de control.



Figura 33 Sensor inductivo

Tabla 6

Sensores inductivos de la estación PN-2800

Etiqueta	Descripción
LS/CH	Presencia de cilindro listo para ser tomado por el manipulador.
LS/S1	Presencia de cilindro en la canal 1.
LS/S2	Presencia de cilindro en el canal 2.
LS/S3	Existencia de pallets en el almacén de pallets.
LS/S4	Presencia de pallet ubicado en el puerto de despacho de la estación.

Sensor de Fin de Carrera

Los sensores de fin de carrera que se emplean en la estación PN-2800 son dispositivos eléctricos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo el riel del taladro, funcionan como un interruptor, es decir, cuando el

elemento llega al extremo presiona el fin de carrera y este deja pasar la corriente que está conectada a uno de sus contactos, cuando el elemento se aleja, el sensor se libera y el contacto que se había cerrado por la presencia del elemento se abre evitando que pase la corriente, de esta manera el controlador recibe o no la señal de presencia del elemento deseado.

En la estación existen únicamente dos sensores de fin de carrera, uno se emplea en el taladro, y sirve para determinar la posición hasta la cual debe subir el taladro, el segundo fin de carrera se utiliza para detectar la presencia del pallet una vez que este ha sido expulsado del almacén.

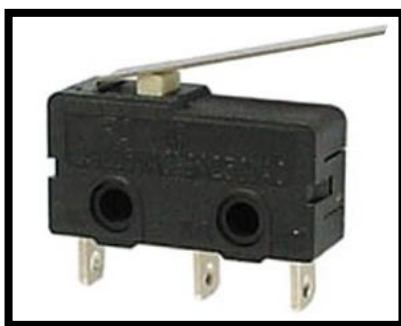


Figura 34 Sensor fin de carrera

Sensor de tipo Switch Reed

El sensor de tipo switch reed, es un dispositivo que funciona como un interruptor, con la diferencia que la activación de este sensor se produce con la presencia de un campo magnético. Existen sensores con contactos normalmente abiertos (NA) y también sensores con contactos normalmente cerrados (NC), al detectar la presencia del campo magnético el contacto del sensor cambiará instantáneamente de estado.



Figura 35 Sensor de tipo switch reed

Los sensores de tipo switch reed existentes en la estación PN-2800 poseen contactos NA y son utilizados en la para detectar la posición de los actuadores neumáticos, actualmente existen ocho sensores, cuatro en cada manipulador, su función se detalla en la tabla 7.

Tabla 7

Sensores de tipo switch reed en la estación

Sensor	Descripción
LS1-MP-U	Manipulador de pallets arriba
LS2-MP-D	Manipulador de pallets abajo
LS5-MP-F	Brazo manipulador de pallets extendido
LS6-MP-B	Brazo manipulador de pallets retraído
LS1-MR-U	Manipulador de cilindros arriba
LS2-MR-D	Manipulador de cilindros abajo
LS5-MR-F	Manipulador de cilindros s gira derecha
LS6-MR-B	Manipulador de cilindros gira izquierda

2.2.2.9 Tablero Eléctrico

El tablero eléctrico, como se puede apreciar en la figura 36 es un gabinete que ordenadamente en canaletas contiene todas las conexiones eléctricas de la estación PN-2800, se encuentra en la parte frontal derecha de la misma, y posee el switch master de la estación.



Figura 36 Tablero eléctrico

Las conexiones eléctricas que se encuentran en el tablero son principalmente todos los sensores que representan las entradas al controlador, así como también las salidas del controlador que se conectan directamente con las electroválvulas y demás actuadores eléctricos.

Además de las conexiones eléctricas, dentro del panel también se encuentran los siguientes elementos:

- Borneras

- Relé de 24 Vdc
- Protecciones como disyuntor y fusibles
- Fuente eléctrica de 24VDC y 3.2A.
- Fuente de poder de computadora

2.2.2.10 Controlador Lógico Programable

Para la rehabilitación de la estación PN-2800 se ha utilizado el controlador Modicon Compact 984-A130 el cual es un PLC de gama media que satisface de manera eficiente los requerimientos para el buen desempeño de la estación.

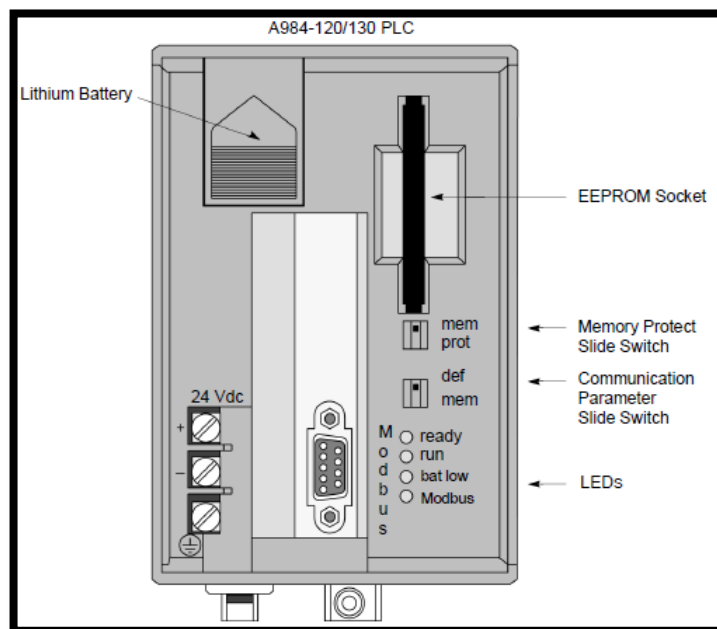


Figura 37 Controlador Compact 984 –A130

Arquitectura

- Tiene una sección de memoria que almacena la lógica de usuario, el estado de la RAM y la sobrecarga del sistema en la batería respaldada CMOS RAM.

- Tiene una sección de CPU que resuelve la lógica de programa de usuario basado en la entrada de valores actuales en el estado de la RAM.
- Tiene una sección de procesamiento I/O que direcciona el flujo de las señales desde los módulos de entrada al estado de la RAM y provee la vía por la cual las señales de salida del CPU lógico son enviadas a los módulos de salida.

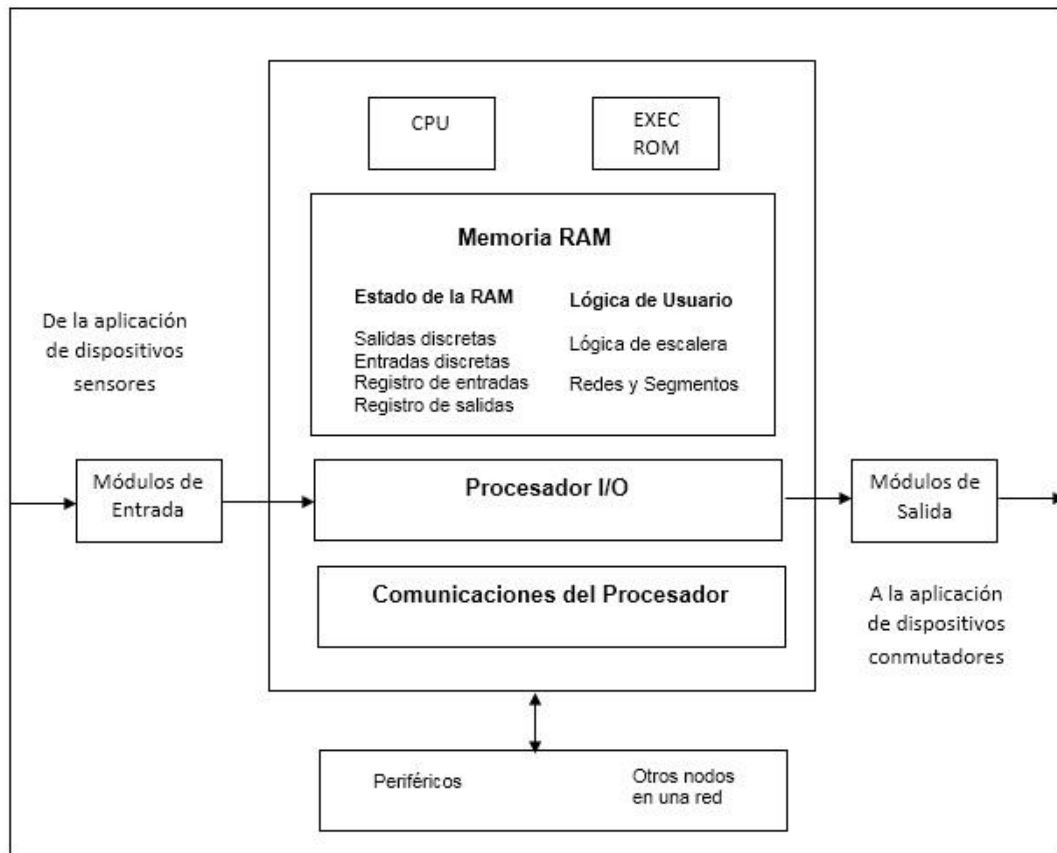


Figura 38 Arquitectura del controlador

Características

El Compact 984-130a es un PLC modular que presenta las siguientes características:

- 4K palabras de memoria de usuario (1k designado para el correcto funcionamiento del sistema)
- 2K palabras de Estado RAM
- 6K palabras en total y un puerto de comunicación Modbus
- Operación del CPU 8 MHz
- Resuelve la lógica de programación a una velocidad de 2.13ms/K nodos de lógica de escalera estándar.

Programación

El controlador puede ser configurado y programado con los siguientes softwares:

- Concept panel
- Full-feature Modsoft
- Proworx

Módulos

Para esta aplicación el controlador necesita principalmente dos tipos de módulos, únicamente se manejarán señales digitales de tal manera que se requieren módulos para entradas y salidas digitales. En la tabla 8 se detallan los módulos empleados para el controlador.

Tabla 8

Módulos empleados en el controlador

Cantidad	Módulo	Descripción
1	DEP-216	Módulo de 16 entradas digitales
1	DAP-216	Módulo de 16 salidas digitales

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN

3.1 ESTADO ACTUAL DE LA ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800

La estación hidráulica HYD-2800 presente en el laboratorio de Robótica del departamento de Eléctrica y Electrónica, al momento del análisis sobre el estado actual del equipo, se encontraba disfuncional. Este problema surgió, debido a la carencia de un mantenimiento hidráulico y eléctrico del sistema. A continuación, se detalla el estado en que se encontraron los elementos de la estación.

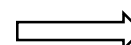
Cabina de conexiones

El problema más notable en la cabina de conexiones, es el desorden del cableado. La mayoría de conductores se encuentran conectados parcialmente o sin conexión alguna. Esta cabina cuenta además con un dispositivo electrónico denominado relé, responsable de la activación de la bomba hidráulica. En la tabla 9 a continuación, se presenta el diagnóstico previo de cada uno de los componentes de la cabina de conexiones de la estación HYD-2800.

Tabla 9

Estado de la cabina de conexiones

Item	Estado	Comentario
Cables de conexión	Parcialmente desconectados y enredados.	Se necesita determinar cada una de las conexiones existentes y realizar las faltantes.



Continúa

Borneras	Correcto	No se encuentra novedades.
Relé de bomba hidráulica	Dañado	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Relé válvulas	Correcto	No se encuentran novedades.
Fuente eléctrica de 24 V	Correcto	No se encuentran novedades.
Switch master	Correcto	No se encuentran novedades.

ROBOT HIDRÁULICO

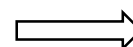
Una de las partes fundamentales con las que cuenta la estación es el robot hidráulico. Su función es el transporte de piezas de un lugar a otro. Este manipulador no presenta ningún desperfecto grave o imposibilidad de reparación.

En la tabla 10, se detalla el estado de cada uno de los elementos presentes en el robot hidráulico.

Tabla 10

Estado del robot hidráulico.

Item	Estado	Comentario
Actuadores	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.
Gripper Anular	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.
Cilindro Hidráulico en Prensa	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.



Continúa

Manguera	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.
Switch Reed	Dañado	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Brazo de Robot	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.
Elevadores	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.
Casquete de Presión	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.
Articulaciones	Correcto	No se encuentra novedades, es necesario realizar el mantenimiento respectivo.

BLOQUE DE ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS

El bloque de electroválvulas hidráulicas es uno de los elementos de mayor utilidad de la estación, gracias a este, es posible activar cada actuador presente, permitiendo la generación del movimiento de las articulaciones del robot hidráulico. En este bloque se encuentran diferentes tipos de electroválvulas en un estado óptimo de funcionamiento. La tabla 11 detalla el estado de cada uno de los elementos presentes en el bloque de electroválvulas hidráulicas.

Tabla 11

Estado del bloque de electroválvulas hidráulicas.

Ítem	Estado	Comentario
Válvula proporcional	Correcto	No se encuentran novedades.
Válvulas selenoidales	Correcto	No se encuentra novedades.
Válvula Check	Correcto	No se encuentran novedades.
Bloque hidráulico	Correcto	No se encuentran novedades.

BOMBA HIDRÁULICA

La bomba hidráulica es el elemento encargado de la transformación de energía mecánica en energía oleo-hidráulica, es decir, se suministra un caudal de aceite a una presión determinada. Los elementos que generan dicho proceso fueron encontrados en mal estado. La tabla 12, detalla el estado de cada uno de los elementos presentes en la bomba hidráulica.

Tabla 12

Estado de la bomba hidráulica.

Item	Estado	Comentario
Válvula de presión	Dañada	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Tanque	Correcto	No se encuentra novedades.
Bomba	Averiada	Parcialmente disfuncional, es necesario realizar reparación y mantenimiento.
Indicador de presión	Dañada	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Válvula de escape	Dañada	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Motor Eléctrico	Correcto	No se encuentra novedades.
Filtro	Correcto	No se encuentra novedades.
Medidor de Nivel	Correcto	No se encuentra novedades.
Respiradora y casquete	Correcto	No se encuentra novedades.
Conector de retorno	Dañado	Parcialmente disfuncional, es necesario realizar reparación y mantenimiento.
Medidor de presión	Dañado	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Acoplador de salida	Correcto	No se encuentra novedades.

PANEL DE CONTROL

Cuando se realizó el análisis de los elementos que se encuentran en el panel de control, se determinó lo expuesto en la tabla 13.

Tabla 13

Estado del panel de control.

Item	Estado	Comentario
Leds	Correcto	No se encuentra novedades.
Potenciómetro	Dañado	Totalmente disfuncional, es necesario cambiar todo el dispositivo.
Switch 3 posiciones	Correcto	No se encuentra novedades.
Switch 2 posiciones	Correcto	No se encuentra novedades.
Pushbotton encender	Correcto	El botón funciona, pero no se encuentra conectado.
Pushbotton apagar	Correcto	El botón funciona, pero no se encuentra conectado.
Pushbotton emergencia	No presente	No se encuentra dispositivo.
Indicadores luminosos	Dañado	Se encuentra quemada, necesita ser reemplazada.

3.2 REHABILITACIÓN DE LA ESTACIÓN HYD-2800

La estación hidráulica HYD-2800, fue diseñada tanto en su software como en hardware original para operar en conjunto con otros dispositivos en el laboratorio

realizando principalmente funciones de “pick and place” (tomar objetos de un lado y colocarlos en otro).

Por diversas razones la estación ha pasado de un óptimo funcionamiento a estar inoperativa, por lo cual fue necesario su rehabilitación, aportando con la reparación y mantenimiento de elementos averiados o el reemplazo de aquellos disfuncionales.

La contribución principal a la estación hidráulica HYD-2800 radica en la implementación de un dispositivo empleado para el proceso de control y adquisición de datos del sistema, escogido en base a sus facilidades para conexión, configuración y transmisión de datos.

A continuación, se especifica el análisis de los dispositivos y elementos rehabilitados agrupados en base a los subsistemas de la estación.

3.2.1 Bomba hidráulica

La bomba hidráulica es eventualmente, el mecanismo más importante y menos comprendido de un sistema hidráulico. Su función se basa en la transformación de energía mecánica en hidráulica al influir en un fluido.

Los principales problemas encontrados en la bomba hidráulica fueron originados por cavitación y aireación. Esto se debió a la evaporación de fluido o restricción de succión de la bomba. Otros fallos corregidos fueron:

- Viscosidad del aceite muy alta: Se efectuó un cambio del aceite debido a que se encontraba muy espeso. Esto impedía la movilidad de sus partes, y esto ocasionaba que la bomba se forzara en su accionar.

- Adaptadores o mangueras de succión flojas: Se ajustaron las mangueras, debido a que sus conexiones ocasionaban una pequeña gotera de aceite, y con ello, se perdía presión. Esta pérdida de presión impedía mover con fuerza sus partes. A menor presión, menor fuerza en el movimiento.
- Medidor de presión roto: Al encontrarse el medidor roto se realizó el cambio de este elemento. El medidor sirve para indicar la presión en la cual está trabajando el sistema. Su uso es indispensable debido a que la estación debe fusionar a un máximo 30 bares de presión.
- Bajo nivel de aceite en el tanque: Se llenó el tanque con aceite, debido a que un bajo nivel del tanque puede forzar la bomba, ocasionando un deterioro en sus funciones.
- Filtro de succión tapado: Se realizó una limpieza del mismo, debido a que los grumos de aceite hallados no permitían su flujo. Esto ocasionaba una interrupción en el fluido constante y continuo del mismo.

Finalmente, rehabilitada la bomba hidráulica se detalla el análisis de sus elementos:

- Indicadores de presión:
 - 200 bares (Máximo 30 bar).
- Válvula de presión:
 - Presión máxima 200 bares
 - Permite la fijación de presión de salida de la bomba.
- Motor eléctrico:
 - Velocidad 1500 RPM.
 - Monofásico 230 V, 1HP.
- Indicador de nivel:
 - Máximo nivel 10 litros.
- Conector de retorno:
 - Permite el retorno del aceite al tanque.

- Tanque:
 - Capacidad máxima 10 litros.
- Tuerca para vaciado de tanque:
 - En el mantenimiento del tanque permite el flujo continuo del aceite al ser vaciado.

3.2.2 Manipulador hidráulico

Con referencia al robot hidráulico, su rehabilitación se basó en el ajuste de cada una de sus articulaciones, debido a que por estas, circula aceite industrial para generar el movimiento de las mismas.

El manipulador hidráulico está implementado con 4 articulaciones para los movimientos (figura 39), detallados a continuación:

- Articulación A, mueve la base o cintura.
- Articulación B, mueve el hombro.
- Articulación C, mueve el codo.
- Articulación D, mueve la muñeca.

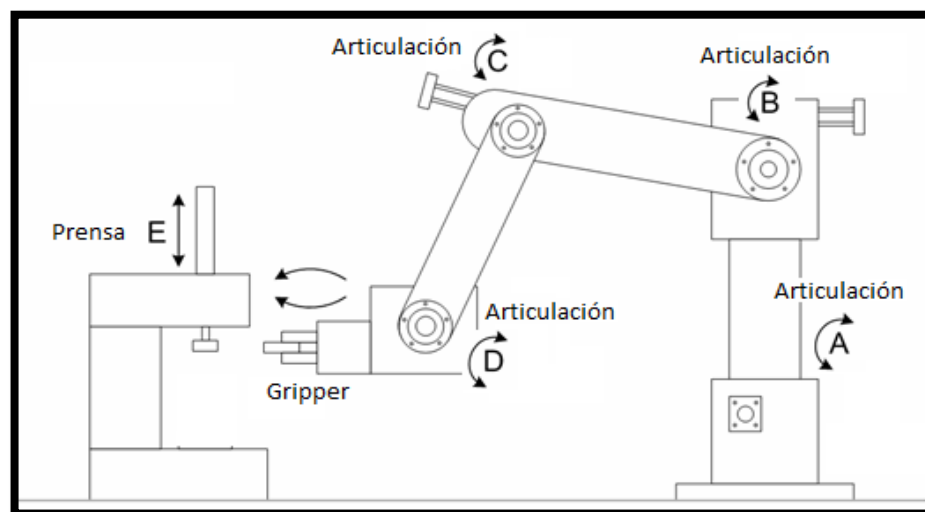


Figura 39 Descripción de las articulaciones presentes en el manipulador.

El área de trabado del manipulador luego de realizarse el mantenimiento de sus articulaciones, es detallada por la figura 40.

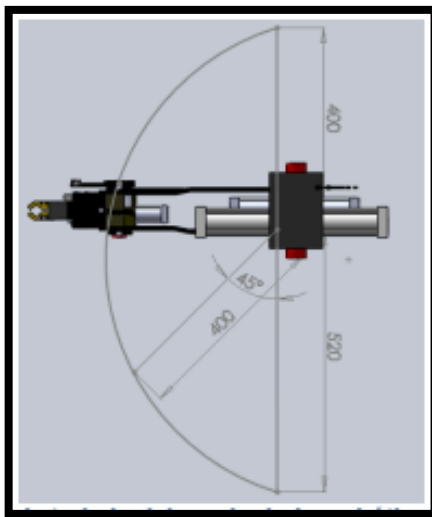


Figura 40 Área de trabajo del manipulador robótico.

Para la rehabilitación de las mangueras se procedió a ajustarlas. Estas conexiones flojas ocasionaban una pequeña gotera de aceite, y con ello, se perdía presión. Esta pérdida de presión impedía mover con fuerza sus partes. A menor presión, menor fuerza en el movimiento. Por tanto, era indispensable su ajuste.

Finalmente, rehabilitada la estación hidráulica HYD-2800, se plantea el diagrama P&ID correspondiente, que muestra la interconexión de los equipos e instrumentos utilizados para controlar el proceso. (Véase Anexo 1). Además de un diagrama hidráulico, donde se observa las conexiones de los cilindros y electroválvulas de cada articulación del manipulador robótico y su sistema de alimentación. (Véase Anexo 2).

Las conexiones neumáticas existentes en la estación, corresponden únicamente al elemento terminal del manipulador robótico denominado pinza. (Véase anexo 3).

3.2.3 Conexionado eléctrico

Para llevar a cabo el rediseño del cableado de la estación, primeramente se debe tener un conocimiento previo de la ubicación de los equipos y borneras en el tablero eléctrico, y no tratar de mezclar señales de fuerza con señales de control, procediendo a realizar los respectivos cambios en las borneras del tablero.

Las conexiones eléctricas son el medio por el cual los sensores y actuadores eléctricos se comunican con el controlador, es por esto que deben mantener un orden y estado correcto, permitiendo así el óptimo desempeño de las funciones de la estación.

Para realizar las conexiones de manera ordenada se hace uso del gabinete eléctrico, que cuenta con cuatro regletas provistas de borneras, Para mayor detalle de las conexiones eléctricas ver Anexo 4.

3.2.4 Controlador

Hoy en día son incontables las aplicaciones donde es indispensable el tratamiento de señales que proporcionen la información sobre fenómenos físicos. Este tratamiento se lo realiza sobre grandes cantidades de información, con elevadas velocidades de procesamiento y un computador encargado de realizar dichas tareas.

La estación hidráulica HYD-2800 fue diseñada para trabajar por medio de la interface PCL- 711 PC Multilab, recibiendo tanto señales discretas como analógicas del robot hidráulico mediante el puerto ISA. En la actualidad este puerto de comunicación ha quedado obsoleto para el funcionamiento que requiere la estación.

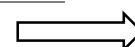
La tarjeta NI-DAQ USB-6008 al permitir diseñar, registrar y analizar datos interactivos, generando prototipos para aplicaciones de automatización, facilita el ingreso de esta como controlador de la estación HYD-2800, además de constituirse en un dispositivo accesible para el uso de estudiantes.

Finalmente, en la tabla 14 se muestra los pines utilizados de la tarjeta de adquisición de datos NI-DAQ USB-6008 para controlar y registrar los movimientos del manipulador hidráulico.

Tabla 14

Estado del panel de control.

Pin	Tipo de señal	Función en el Manipulador Hidráulico HYD-2800
1	GND	Tierra
2	AI 0 (AI 0+)	Lee posición del cilindro A
3	AI 4 (AI 0-)	Tierra
4	GND	Tierra
5	AI 1 (AI 1+)	Lee posición del cilindro B
6	AI 5 (AI 1-)	Tierra
7	GND	Tierra
8	AI 2 (AI 1+)	Lee posición del cilindro C
9	AI 6 (AI 1-)	Tierra
10	GND	Tierra
11	AI 3 (AI 1+)	Lee posición del cilindro D
12	AI 7 (AI 1-)	Tierra
13	GND	Tierra
14	AO 0	Válvula reguladora de presión (controla velocidad del manipulador)



Continúa

15	AO 1	Libre
16	GND	Tierra
17	P0.0	Mueve cilindro A (derecha)
18	P0.1	Mueve cilindro A (izquierda)
19	P0.2	Mueve cilindro B (sube)
20	P0.3	Mueve cilindro B (baja)
21	P0.4	Mueve cilindro C (sube)
22	P0.5	Mueve cilindro C (baja)
23	P0.6	Mueve cilindro D (derecha)
24	P0.7	Mueve cilindro D (izquierda)
25	P1.0	Mueve cilindro E (sube)
26	P1.1	Mueve cilindro E (baja)
27	P1.2	Abierto/ cerrado del gripper
28	P1.3	Libre
29	PFI 0	Libre
30	+2.5 V	Libre
31	+5 V	Polarización
32	GND	Tierra

3.3 ESTADO ACTUAL DE LA ESTACIÓN NEUMÁTICA PN-2800

Cuando se reconoció por primera vez la estación PN-2800, a simple vista se pudo notar el mal estado en el que se encontraba, cables enredados y desconectados, la falta de controlador y de algunos sensores así como también de actuadores eran el indicador de la necesidad de un arduo trabajo para poder rehabilitar la estación. A continuación se describe el análisis del estado en el que fue encontrada la estación neumática PN-2800.

Conexiones y Tablero eléctrico

El principal problema encontrado en las conexiones es el desorden y la falta de etiquetas en todos los cables, algunos se encuentran conectados parcialmente, otros totalmente desconectados. En la tabla 15 se detalla el estado de cada uno de los componentes del tablero.

Tabla 15

Estado de las conexiones y tablero eléctrico

Item	Estado	Comentario
Cables de conexión	Parcialmente Desconectados y enredados.	Se necesita determinar cada una de las conexiones existentes y realizar las faltantes.
Borneras	Correcto	No se encuentra novedades.
Relé de 24V	Parcialmente dañado	Funciona correctamente solo un contacto normalmente abierto.
Fuente eléctrica de 24 V	Correcto	No se encuentran novedades.
Switch master	Correcto	No se encuentran novedades.

Actuadores

Una de las mayores limitaciones con las que contaba la estación era los actuadores, se encontraron novedades como falta de actuadores así como también importantes averías en los que si se encontraban. En la tabla 16 se detalla el estado de los actuadores.

Tabla 16

Estado de los Actuadores

Item	Estado	Comentario
Manipulador de cilindros	Descalibrado	El manipulador de pallets se encuentra funcional, es decir los tres actuadores que este posee funcionan adecuadamente, sin embargo es necesario calibrar el cilindro giratorio puesto que el ángulo de giro es erróneo.
Manipulador de pallets	Falta Gripper Descalibrado	Los actuadores de este manipulador se encuentran funcionales, debido a que de momento se encuentra sin efector final es necesario equiparlo con un gripper, al igual que en el manipulador de cilindros, se requiere una calibración.
Cilindro superior de la rampa	Inexistente	Actualmente la estación no posee este cilindro.
Cilindro inferior de la rampa	Inexistente	Actualmente la estación no posee este cilindro.
Cilindro que desplaza cilindros	Correcto	No se encuentran novedades.
Cilindro que despacha prismas	Inexistente	Actualmente la estación no posee este cilindro.
Cilindro que despacha pallets	Correcto	No se encuentran novedades.

Sensores

La estación PN-2800 cuenta con una gran cantidad de sensores, son sensores que indican la posición de los actuadores, por lo cual es indispensable que su funcionamiento sea apropiado, para poder realizar un análisis de los sensores se debió verificar cuidadosamente cada uno de los sensores dando como resultado la información que se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Estado de los Sensores

Item	Estado	Comentario
LS1-MP-U	Correcto	No se encuentran novedades.
LS2-MP-D	Averiado	Se encuentra fundido, necesita ser reemplazado.
LS5-MP-F	Averiado	Se encuentra fundido, necesita ser reemplazado.
LS6-MP-B	Averiado	Se encuentra fundido, necesita ser reemplazado.
LS1-MR-U	Averiado	Se encuentra fundido, necesita ser reemplazado.
LS2-MR-D	Averiado	Se encuentra fundido, necesita ser reemplazado.
LS5-MR-F	Averiado	Se encuentra fundido, necesita ser reemplazado.
LS-CH	Correcto	No se encuentran novedades.
LS-CH2	Correcto	No se encuentran novedades.
LS-S1	Correcto	No se encuentran novedades.
LS-S2	Correcto	No se encuentran novedades.
LS-PLTS	Correcto	No se encuentran novedades.

Electroválvulas

Las electroválvulas son uno de los elementos de gran importancia de la estación, puesto que gracias a ella se pueden activar los actuadores neumáticos, existen quince electroválvulas en la estación y después del análisis respectivo se determinó que todas se encuentran en un estado óptimo de funcionamiento.

Panel de Control

Cuando se realizó el análisis de los elementos que se encuentran en el panel de control se determinó lo expuesto en la tabla 18.

Tabla 18

Estado de los Elementos del Panel de Control

Item	Estado	Comentario
Botón PLC- ON	Correcto	El botón funciona, pero no se encuentra conectado.
Botón PLC- OFF	Correcto	El botón funciona, pero no se encuentra conectado.
Botón de Paro de Emergencia	Averiado	El botón no funciona.
Luz indicadora PLC-ON	Averiado	Se encuentra fundida, necesita ser reemplazada.
Luz indicadora PLC-OFF	Averiado	Se encuentra fundida, necesita ser reemplazada.

Unidad de mantenimiento neumática

Una vez realizada la inspección respectiva, se determina que la unidad de mantenimiento neumática actual debe ser sustituida por una nueva, ya que debido a rupturas en la misma se producen fugas importantes de aire que no permiten un buen desempeño de la estación.

3.4 REHABILITACIÓN DE LA ESTACIÓN PN-2800

3.4.1 Unidad de Mantenimiento Neumático

La unidad de mantenimiento neumático que se encontraba en la estación, es la unidad original, es decir ya tenía varios años de uso y eso se ponía en evidencia al observarla con detenimiento, orificios disimulados por un ineficaz sello eran los causantes de la fuga de aire y por ende pérdida de presión en la estación.

Parte de la rehabilitación de la estación neumática es asegurarse que cada uno de los componentes funcionen en óptimas condiciones, por esta razón, fue necesario el cambio de la unidad de mantenimiento neumático, en la figura 41 se muestra la nueva unidad de mantenimiento implementada en la estación.



Figura 41 Nueva unidad de mantenimiento implementada

3.4.2 Conexiones Eléctricas y Neumáticas

Conexiones Eléctricas

Para llevar a cabo la rehabilitación fue necesario realizar una inspección minuciosa de las conexiones neumáticas y eléctricas de la estación, debido a que estas últimas se encontraban en total desorden y mal estado, fue necesario verificar individualmente cada conexión existente, ordenarlas, y realizar las nuevas conexiones eléctricas según se necesitó.

En la estación existe una gran cantidad de conexiones eléctricas, ya que son el medio por el cual los sensores y actuadores eléctricos (electroválvulas) se comunican con el controlador, además también se encuentran las conexiones de alimentación de energía, provenientes de la fuente eléctrica.

Para realizar las conexiones de manera ordenada se hace uso del gabinete eléctrico, que cuenta con cuatro regletas provistas de borneras, Para mayor detalle de la distribución del tablero eléctrico ver Anexo 5.

Conexiones Neumáticas

En cuanto a las conexiones neumáticas el trabajo que se tuvo que realizar para la rehabilitación fue menos arduo que en las conexiones eléctricas, la mayoría se encontraban en buen estado, sin embargo al igual que en las conexiones eléctricas el desorden era notable.

Debido a que algunos actuadores neumáticos se encontraban faltantes en la estación, existían conexiones neumáticas que no llegaban a su destino, y se encontraban abiertas produciendo fugas importantes de aire. Es por esto que se procedió a retirar las conexiones neumáticas innecesarias y a ordenar

debidamente las útiles. Para mayor detalle de las conexiones neumáticas ver Anexo 6.

3.4.3 Sensores

Como se describió en la parte del diagnóstico, fue necesario cambiar sensores que se encontraban averiados por nuevos sensores con el fin de que se pueda realizar la programación apropiada de la estación. En la tabla 19 se detallaron los sensores que fueron reemplazados.

3.4.4 Actuadores

Cilindros de la rampa dispensadora

La rampa encargada de almacenar y despachar los cilindros con los que se trabaja en la estación se encontraba incompleta, debido a la falta de los cilindros actuadores en esta rampa era imposible controlar el despacho de los cilindros.

Para rehabilitar la rampa dispensadora de cilindros se necesitaba volver a tener el control para el despacho de los cilindros, de modo que se resolvió colocar un par de actuadores eléctricos que realicen esta acción simulando el comportamiento de los cilindros antes existentes, este par de actuadores consisten en dos electroimanes, cuando la bobina no se encuentra energizada el vástago está extendido, mientras que cuando la señal proveniente del controlador (24 Vdc) activa la bobina, el vástago del actuador se retrae como producto del campo magnético creado por la excitación de la bobina, dejando pasar el cilindro que se encontraba en la rampa.

En la figura 42 se muestra el resultado final de la implementación de los electroimanes en la rampa dispensadora.

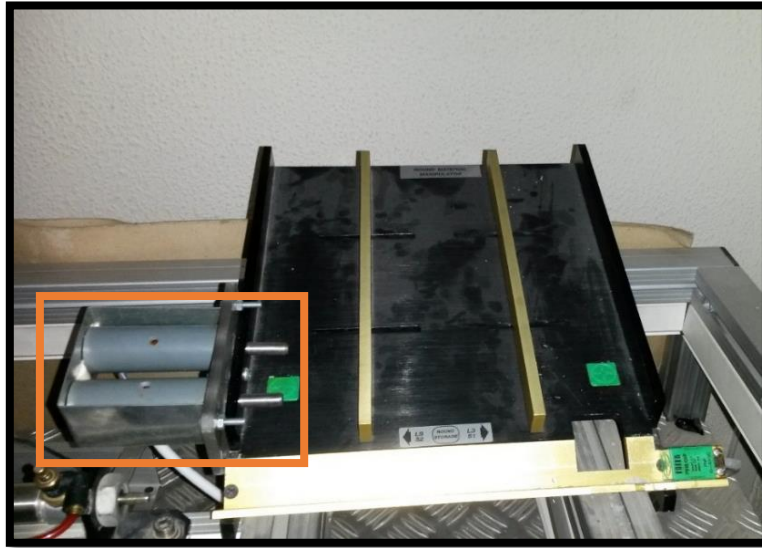


Figura 42 Electroimanes en rampa dispensadora de cilindros

Los electroimanes fueron diseñados para operar con una señal de 24 Vdc y con una corriente de 1A, por lo cual se utilizó una fuente de alimentación de computadora capaz de entregar esta corriente, además fue necesario diseñar un circuito de relés que permita la activación de las bobinas de los electroimanes según la señal de controlador. En la figura 43 se muestra el diseño del circuito eléctrico implementado.

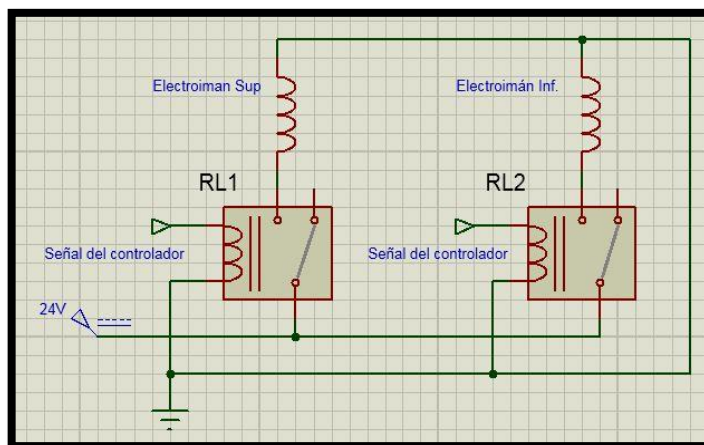


Figura 43 Circuito eléctrico para los electroimanes.

Taladro Eléctrico

En un principio la estación neumática PN-2800 no realizaba ningún proceso sobre la materia prima, es decir solo se encargaba de almacenar y despachar materia prima, en la actual rehabilitación de la estación se ha incluido un actuador que permite simular un proceso industrial en la materia prima, el mismo consiste en un taladro eléctrico.

El taladro está conformado por dos motores dc, el motor superior (9V) es el encargado de hacer bajar y subir un riel al final del cual se encuentra el segundo motor que funciona como taladro (3.3V). En la figura 44 se puede observar la estructura del taladro implementado.



Figura 44 Taladro implementado en la estación.

El taladro realiza el proceso de perforación sobre el cilindro cuando este ya se encuentra colocado sobre el pallet, después de este proceso, el manipulador de pallets tomará el pallet con el cilindro perforado y lo colocará en el puerto de salida de la estación.

El taladro se encuentra ubicado en la posición del cilindro que originalmente despachaba prismas rectangulares como materia, de modo que fue necesario retirar el almacén de prismas que no presentaba ninguna funcionalidad para la estación.

Como se mencionó anteriormente el taladro está provisto de dos motores dc los cuales se activan, desactivan y realizan inversión de giro dependiendo de la señal que reciben del controlador, para poder obtener este funcionamiento fue necesario el diseño de una pequeña placa electrónica, el circuito de la misma se muestra en la figuras 45 y 46.

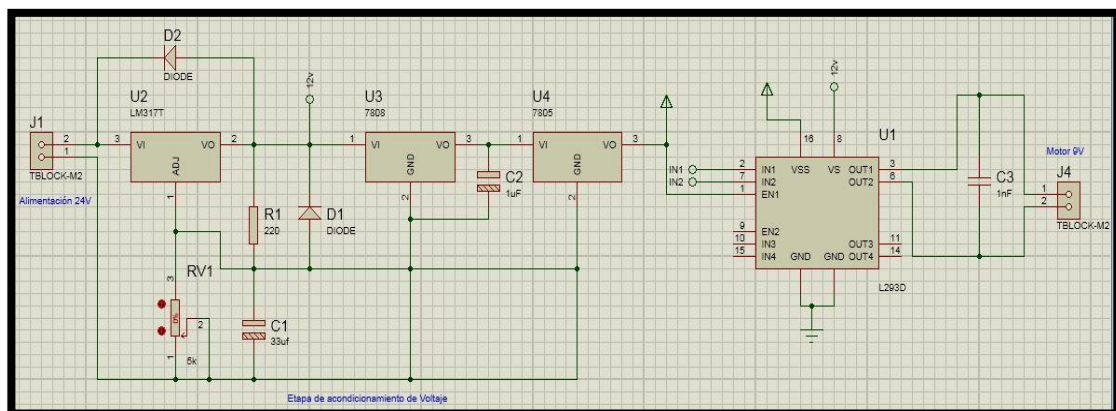


Figura 45 Circuito de inversión de giro

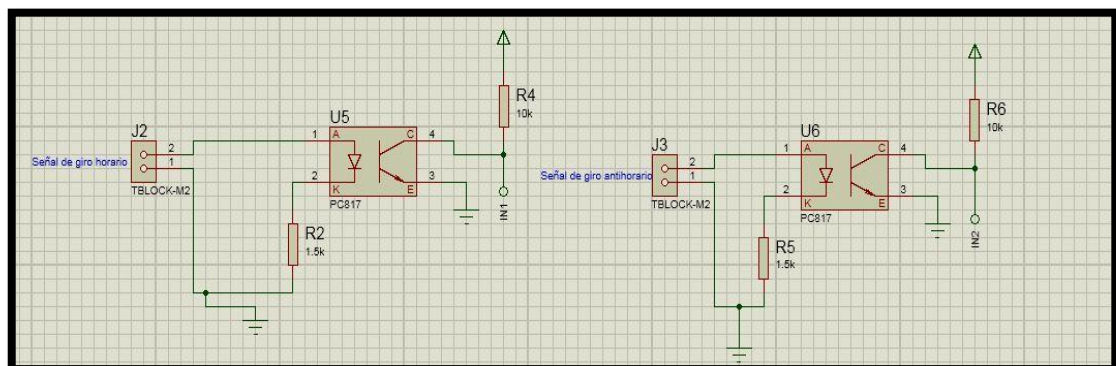


Figura 46 Señales del controlador.

Manipulador de Pallets

Antes de la rehabilitación, el manipulador de pallets se encontraba funcional en su sistema neumático, sin embargo no se podía utilizar debido a que no contaba con ningún gripper ni elemento final, es por ello que fue necesario equipar al manipulador con un gripper que funciona mediante un servomotor eléctrico.

Mediante señales que provienen del controlador el gripper se abre o cierra dependiendo del ángulo de giro del servomotor, en la figura 47 se muestra el manipulador de pallets rehabilitado.

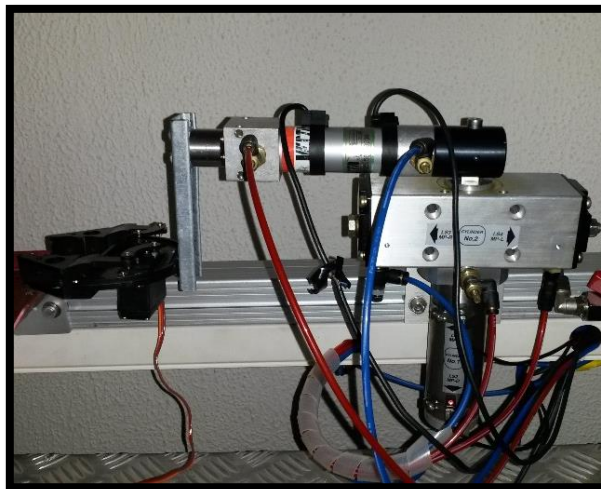


Figura 47 Manipulador rehabilitado

3.4.5 Controlador

La estación PN-2800 no contaba con un controlador, razón por la cual estaba totalmente inoperativa, el controlador es el cerebro de la estación, ya que a partir de las señales que recibe de los sensores ejecuta acciones que realizan los actuadores en base a una programación realizada previamente.

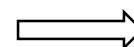
El controlador que se decidió utilizar en base a un análisis de las necesidades que se necesitaba solventar, las cuales principalmente eran manejo de entradas y salidas discretas, robustez, tiempo de respuesta, entre otras, fue el controlador lógico programable Modicon Compact 984-A130.

La lista de señales que maneja el controlador se muestra en la tabla 19, en la misma se pueden distinguir tanto las señales de entrada como las de salida.

Tabla 19

Conexiones del controlador

Conexiones del Controlador			
Pin	Módulo	Tipo de Señal	Descripción
1	DEP-216	Alimentación	24 V
2	DEP-216	Alimentación	Tierra
3	DEP-216	Entrada discreta	LS/CH
4	DEP-216	Entrada discreta	LS/CH2
5	DEP-216	Entrada discreta	LS/S1
6	DEP-216	Entrada discreta	LS/S2
7	DEP-216	Entrada discreta	LS/S3
8	DEP-216	Entrada discreta	LS/S4
9	DEP-216	Entrada discreta	LS5/MR-F
10	DEP-216	Entrada discreta	LS6/MR-B
11	DEP-216	Alimentación	24 V
12	DEP-216	Alimentación	Tierra
13	DEP-216	Entrada discreta	LS1/MR-U
14	DEP-216	Entrada discreta	LS2/MR-D
15	DEP-216	Entrada discreta	LS5/MP-F
16	DEP-216	Entrada discreta	LS6/MP-B
17	DEP-216	Entrada discreta	LS1/MP-U
18	DEP-216	Entrada discreta	LS2/MP-D
19	DEP-216	Entrada discreta	Libre
20	DEP-216	Entrada discreta	Libre



Continúa

1	DAP-216	Alimentación	24 V
2	DAP-216	Alimentación	Tierra
3	DAP-216	Salida discreta	S0V1MP
4	DAP-216	Salida discreta	S0V2MP
5	DAP-216	Salida discreta	S0V3MP
6	DAP-216	Salida discreta	elec_sup
7	DAP-216	Salida discreta	S0V5MR
8	DAP-216	Salida discreta	S0V6MR
9	DAP-216	Salida discreta	S0V7MR
10	DAP-216	Salida discreta	S0V8MR
11	DAP-216	Alimentación	24 V
12	DAP-216	Alimentación	Tierra
13	DAP-216	Salida discreta	baja_taladro
14	DAP-216	Salida discreta	sube_taladro
15	DAP-216	Salida discreta	elec_inf
16	DAP-216	Salida discreta	Taladro
17	DAP-216	Salida discreta	S0V13-SH
18	DAP-216	Salida discreta	grip_mp
19	DAP-216	Salida discreta	SOV15-PT
20	DAP-216	Salida discreta	Libre

En el anexo 7 se puede apreciar la conexión de las señales eléctricas a los diferentes módulos del PLC.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DE SOFTWARE

Para el desarrollo de la programación, comunicación entre los controladores y las estaciones, y para el diseño de las interfaces humano máquina ha sido necesario utilizar diferentes software que permitan llevar a cabo la rehabilitación de las estaciones. En el presente capítulo se describe cada uno de los software empleados.

ESTACIÓN HIDRÁULICA HYD-2800

4.1.1 LabVIEW 2011



Figura 48 Interfaz de bienvenida LabVIEW 2011

La figura 48 ilustra la interfaz principal de bienvenida del software LabVIEW 2011. Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas,

maneja un lenguaje de programación gráfico, que usa ilustraciones para sustituir líneas de texto en su programación.

LabVIEW posee una relación con otras herramientas de desarrollo parecidas, ya que tiene la posibilidad de trabajar con programas de otra área de aplicación, como lo es Matlab. Además, posee la ventaja de que permite una integración con tarjetas de adquisición, y procesamiento de datos.

Una de las características primordiales que posee LabVIEW es su modularidad, debido a que tiene la capacidad de utilizar bloques para la elaboración de sus aplicaciones. LabVIEW posee su principal aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y control de aplicaciones, un ejemplo, pueden ser sistemas de monitoreo, clases de Laboratorio para universidad, y procesos de control industrial.

El software LabVIEW es utilizado especialmente para el procesamiento digital de señales en tiempo real (wavelets, Total Distorsion Harmonic TDH), manipulación de imágenes y audio, diseño de filtros digitales automatización, generación de señales digitales y analógicas, entre otras.

4.1.1.1 Programación en LabVIEW

Los programas desarrollados en LabVIEW se llaman instrumentos virtuales o VI's, estos se pueden crear a partir de especificaciones funcionales que se diseñe. Además, puede utilizarse en cualquier aplicación como una subfunción dentro de un programa general. Los VI's se identifican por ser un marco con su respectivo símbolo representando a su funcionalidad, por tener una o varias entradas y salidas y por sobre todo ser reutilizables.

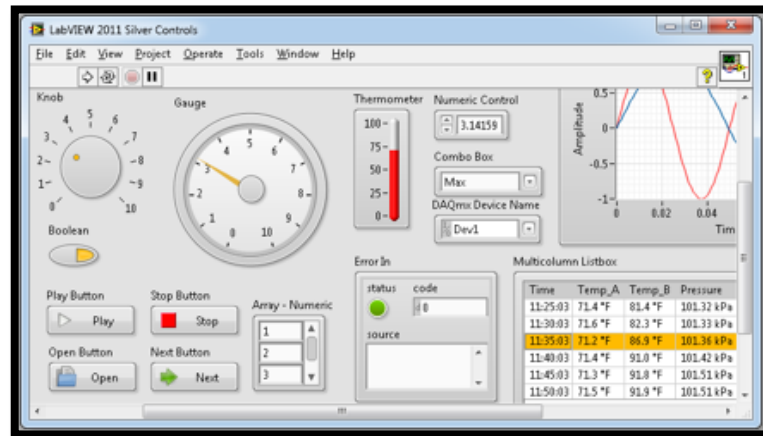


Figura 49 Panel frontal de LabVIEW 2011.

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2011)

LabVIEW dispone de un ambiente de trabajo con dos secciones, el panel frontal (Figura 49) donde se diseña toda la interfaz de interacción con el usuario, y el panel de programación o digrama de bloques (Figura 50), donde se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante procedimientos que determinan el funcionamiento del programa para gobernación del sistema, es decir se dice que es el fragmento donde se efectúan las especificaciones funcionales de la aplicación.

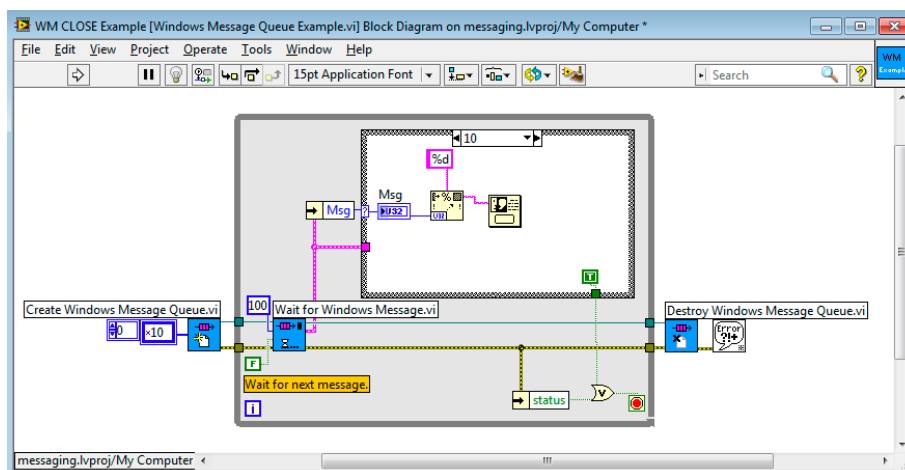


Figura 50 Panel de programación de LabVIEW 2011.

Al contar con un diseño de programa de forma gráfica, se hace notable una programación orientada al flujo de datos. Labview presenta las variables mediante una figura tanto en la sección frontal como en la sección de programación, permitiendo de esta manera observar su respuesta tanto en la interfaz como en el flujo de información.

4.1.2 SolidWorks 2013

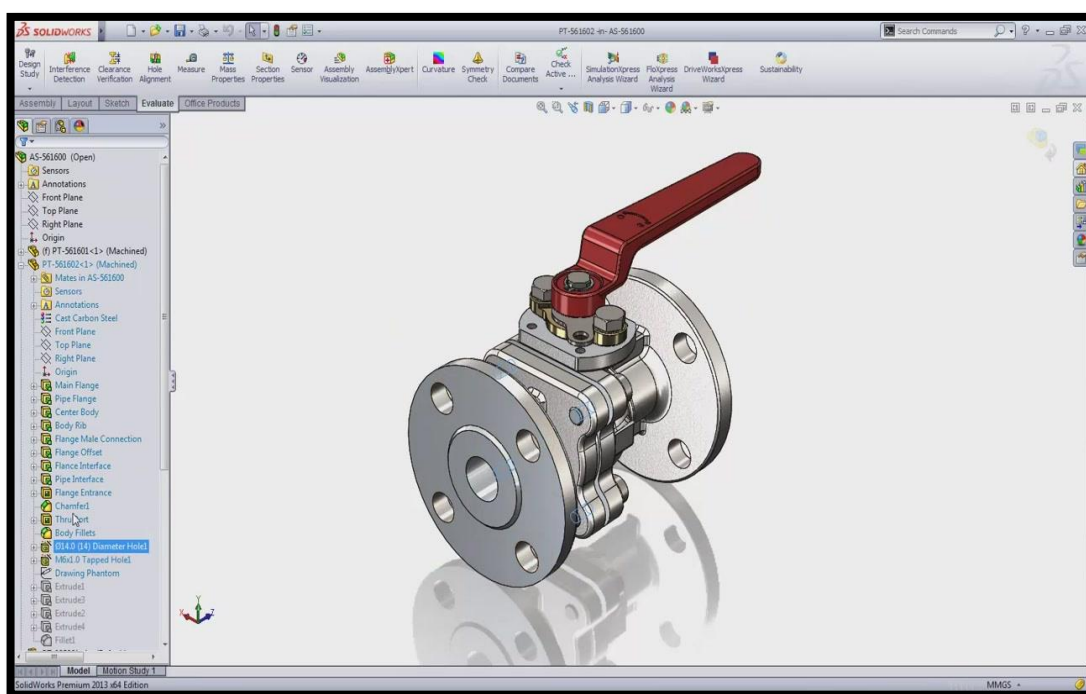


Figura 51 SolidWorks 2013 - Excluir componentes durante Detección de interferencias.

Apareció por primera vez en 1995. SolidWorks constituye un software de proyección de diseño por computación. Para la visualización virtual, el programa ejecuta modelos en 3D. La corporación SolidWorks Corp., agencia de Dassault Systèmes, S.A. en Francia, desarrolló dicho programa. Además, fue implementado por el sistema operativo Microsoft Windows.

El funcionamiento de SolidWorks permite el modelamiento mecánico de piezas, planos y toda información importante para el momento de producir. El diseño planeado se lo realiza mediante el uso de técnicas de sistemas CAD. El proceso, por ello, representa un software de diseño en 3D virtual, de construcción de la pieza o el conjunto de piezas.

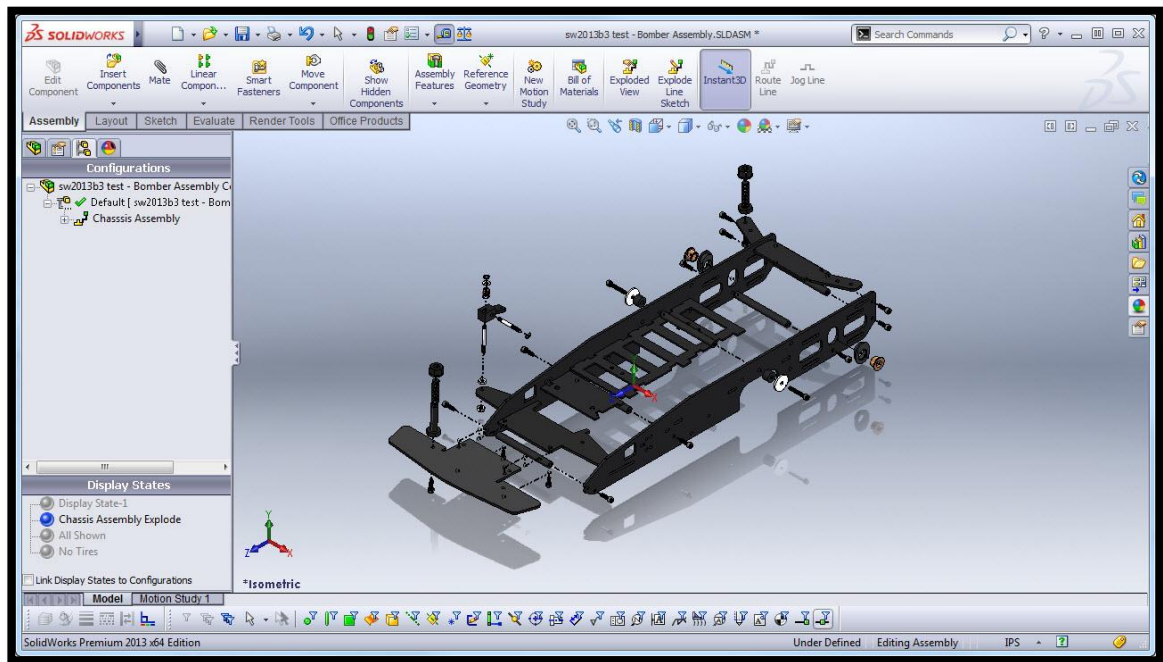


Figura 52 En SolidWorks 2013 permite la vista explosionada de la pieza diseñada.

Como se indica en la figura 52. Esta simulación trabaja mediante paquetes que permiten al diseñador configurar lo desarrollado en un tiempo real y virtual. De este modo no existirán incidentes al momento de la fabricación, pues será más sencillo hacer pruebas en el software antes de ser producido. Estas evaluaciones previas permiten determinar la estabilidad, la respuesta dinámica, la estática, el ensamblaje, transmisión del calor y de los fluidos. De este modo se evalúa el rendimiento del producto y se lo puede modificar para generar una alta calidad y seguridad en el mismo.

Esta simulación virtual permite disminuir costos y riesgos del producto. Con la ayuda de SolidWorks se facilita el diseño, la innovación, implementación y el desarrollo de las piezas y su conjunto. En beneficio de este software los prototipos alcanzan una mejor percepción y construcción.

Como parte del diseño virtual, SolidWorks dispone de herramientas de uso sencillo que permiten el modelamiento geométrico de las piezas en 3D. Además, permite la creación de dibujos 2D para comprobar si las piezas ensambladas encajarán una vez que ya sean fabricadas. Con este software se podrá ahorrar tiempo y el presupuesto disponible para la elaboración de los modelos físicos, debido a que permite visualizar los diseños y comprobar su funcionamiento en la realidad.

4.1.3 Conexión entre LabView 2011 y SolidWorks 2013

Para integrar a LabView y SolidWorks es necesario contar con: un software superior o igual a Windows Vista, SolidWorks y NI LabView desde 2011 en adelante. Sumado a ello, se debe contar con un hardware mínimo con un procesador Celeron 1.7 MHz, un gigabyte de memoria RAM y 30 GB de disco duro disponible.

4.1.3.1 NI SoftMotion para SolidWorks y LabView

Para la conexión de ambos softwares también es indispensable el uso del módulo NI SoftMotion para suponer un sistema con movimientos aparentemente reales. Además se pueden visualizar la dinámica, fricción, tiempos de los ciclos y una comprobación de cada elemento, antes de que su construcción y empleo sea real.

Los prototipos digitales presentan la facilidad de visualizar y mejorar los diseños. Con ello, se logra evaluar y costear el valor real de dichos prototipos físicos. Para la simulación de los movimientos se usa el modelo CAD, que con toda su información disponible facilita el diseño. Entre las facilidades del sistema están: puntos de contacto, propiedades de masa del elemento y acoplamientos.

Por su parte, LabView facilita el proceso con su lenguaje de manejo sencillo, basado en bloques funcionales en la programación de sistemas de control de movimiento. Su manejo sencillo es beneficioso para los usuarios con escasa o ninguna experiencia en cuanto a programación para ejecutar el movimiento. Posee un diseño de trayectorias de movimiento que permite elaborar perfiles complejos de movimiento, como: movimientos multiaxiales en línea horizontal o vertical, en contornos, de arco o complicados con el uso de engranaje y levas electrónicas.

4.1.4 Configurar el proyecto en LabView

Para iniciar el diseño de perfiles de movimiento y simularlo es necesario contar con SolidWorks. Los datos deben ser importados desde el ensamblaje de SolidWorks hasta el proyecto creado en LabView, además, se tendrá que crear ejes de Ni SoftMotion para la simulación de motores.

4.1.4.1 Anexar el ensamblaje de SolidWorks al proyecto

- Se inicia con la ejecución del SolidWorks, luego se abre el ensamblaje realizado anteriormente.

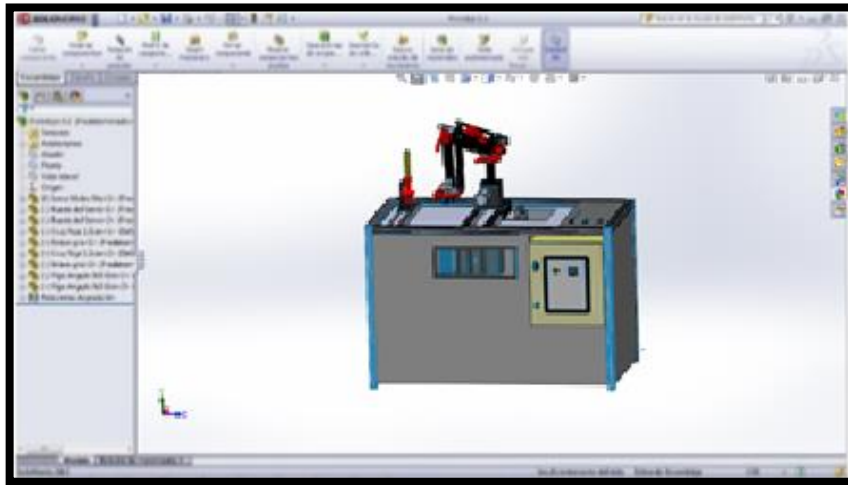


Figura 53 Ejecución de SolidWorks y de proyecto realizado.

- Tras abrir el modelo, clic en: “opciones” – “complementos”. Asegurarse de que todos los complementos de SolidWorks Motion y SolidWorks Simulación se encuentren activados.

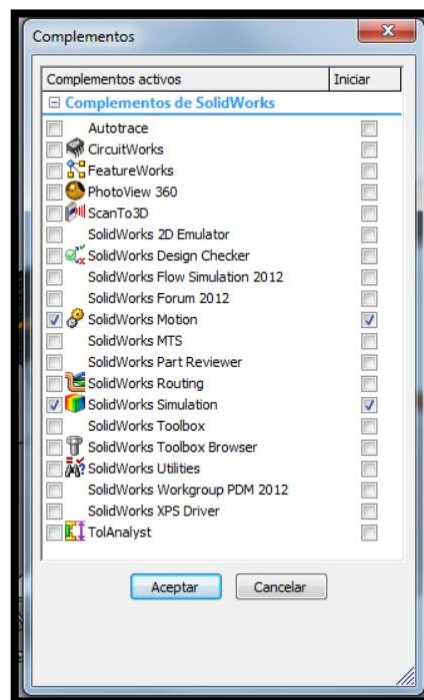


Figura 54 Ventana de complementos de SolidWorks.

- Luego, clic en la pestaña “estudio de movimiento”. Comprobar que el menú: “tipo de estudio de movimiento” se encuentre ajustado en “análisis de movimiento”, como se indica a continuación. En el caso de no mostrarse, cerrar y abrir nuevamente SolidWorks.

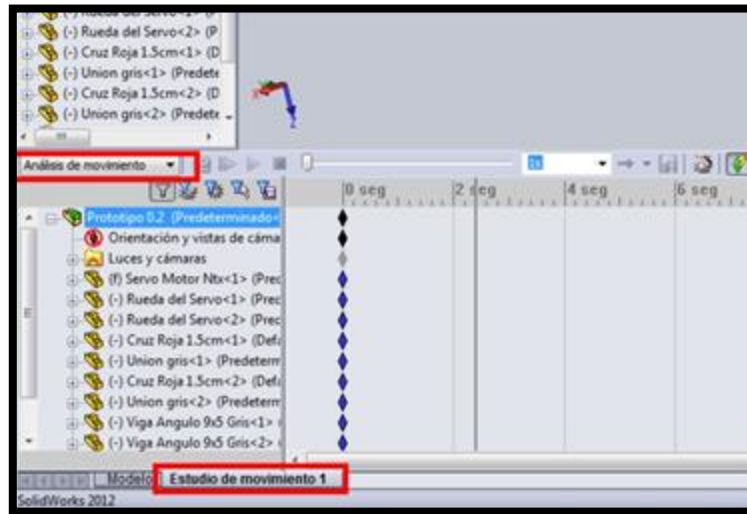


Figura 55 Estudio y análisis de movimiento en SolidWorks.

- Efectuar el estudio de movimiento. Para hacerlo verificar que incluya al menos un motor en la simulación.

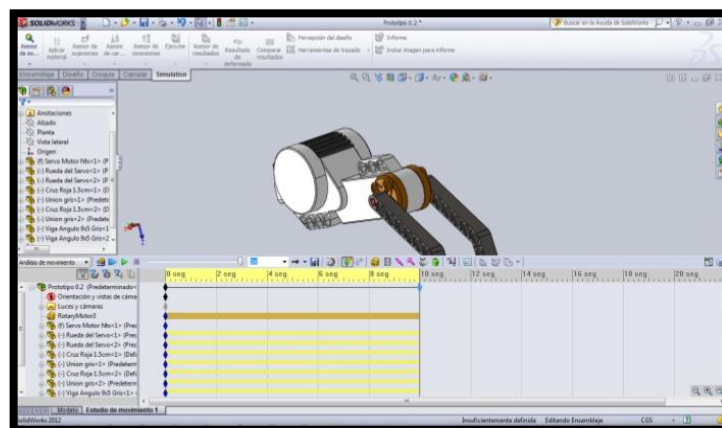


Figura 56 Comprobar motor.

- A continuación, se debe abrir un nuevo proyecto en LabView. Dirigirse a “My Computer” en la pestaña de Project Explorer. Luego seleccionar “New” – “SolidWorks Assembly”. Así se abrirá Import SolidWorks Motors from Assembly.

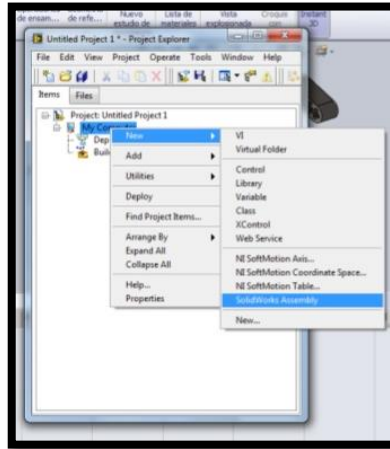


Figura 57 Seleccionar SolidWorks Assembly.

- Como siguiente paso, seleccionar el ensamble de SolidWorks, con el fin de agregar el proyecto de LabView. Si un ensamble de SolidWorks se abre, la pestaña de diálogo “Import Axis from Assembly File”, posee la ubicación de ese ensamble. Seleccionar “Browse” para seleccionar un archivo distinto.

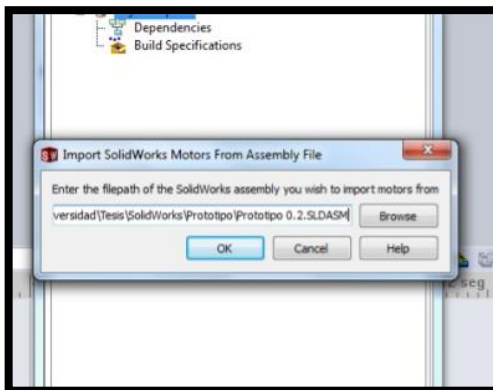


Figura 58 Selección del ensamble de SolidWorks.

- Clic en “aceptar u ok”. El ensamble de SolidWorks que se selecciona es anexado al cuadro de “Project Explorer”, junto a todos los motores de contenido en SolidWorks.
- En el caso de que el ensamble de SolidWorks contenga varios estudios de movimiento, se seleccionará el estudio que se pretende agregar al proyecto con el cuadro de diálogo “Select Motion Study”. Si se quiere cambiar el estudio de movimiento luego de agregar el ensamble, seleccionar el ítem del ensamble de SolidWorks y también dar clic en “Change Motion Study”.

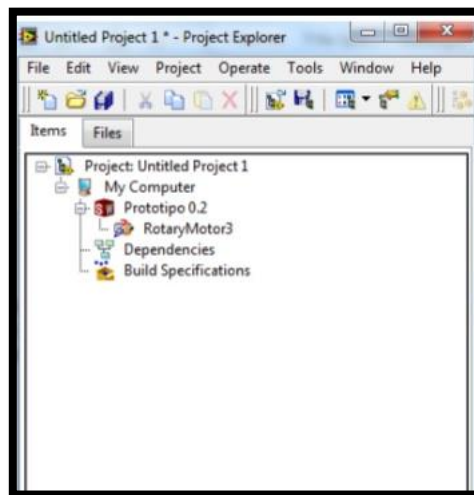


Figura 59 Ventana del Project Explorer.

- Posteriormente, seleccionar el ensamble de SolidWorks en el cuadro de “Project Explorer” y seleccionar el menú “Properties”. En “Data Logging Properties” especificar el nombre del archivo de registro y clic en la caja de “Log Data” y por último “ok”. Así se almacenarán la información de posición, velocidad y torque en la simulación de los archivos de tipo LabView (.lvm) más el nombre que le fue asignado.

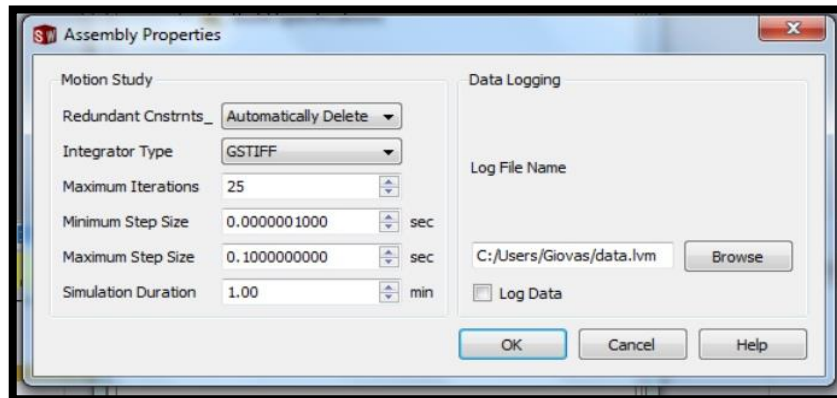


Figura 60 Cuadro de diálogo de Assembly Properties.

En cada prueba se sobrescribirá el archivo registrado. Por tanto, si se desea iniciar un nuevo archivo de simulación, se debe cambiar el nombre del archivo actual.

4.1.4.2 Anexar ejes al proyecto en LabVIEW

Para hacer las pruebas de uso de los motores de SolidWorks incluidos en el prototipo, se deberá relacionar los motores con ejes de NI SoftMotion. Estos ejes son utilizados al crearse nuevos perfiles de movimiento y aquí se usa también los bloques funcionales de NI SoftMotion. A continuación los pasos para agregar ejes al proyecto:

- Selección sobre el cuadro “My Computer” en la ventana del “Project Explorer”. Luego se dará clic en “New-NI SoftMotion Axis” con el fin de abrir la ventana “Axis Manger”.
- Luego se debe seleccionar “Add New Axis”. El eje reciente se vinculará inmediatamente a uno de los motores de SolidWorks.

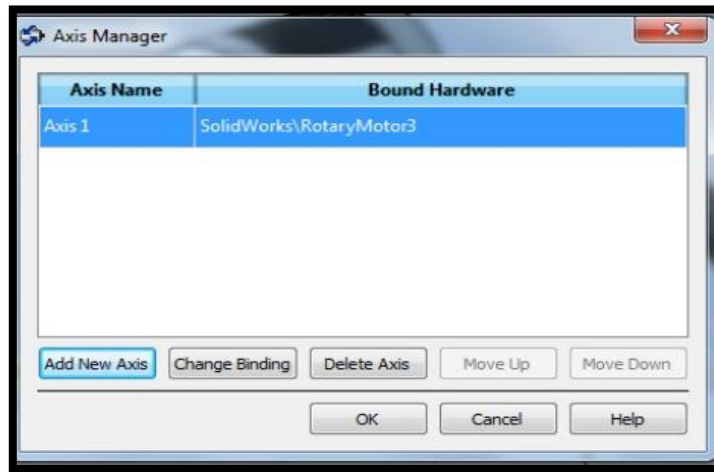


Figura 61 Ventana de diálogo de Axis Manager.

- Hasta cuando todos los motores disponible de SolidWorks se asocian a un eje de NI SoftMotion se deberá seleccionar “Add New Axis”
- Se dará “OK” para que todos los ejes sean vinculados al cuadro de “Project Explorer”.

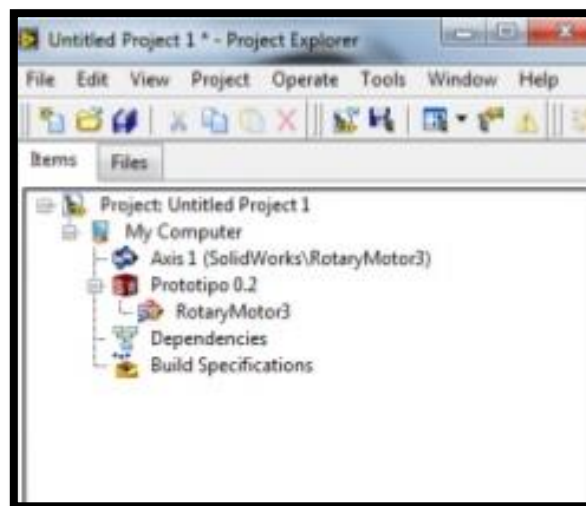


Figura 62 Cuadro de Explorador de Proyectos que cuenta con ensamble de SolidWorks y ejes de NI SoftMotion.

4.1.4.3 Anexar coordenadas al proyecto de LabVIEW

Es posible aglomerar los ejes de NI SoftMotion en locaciones de coordenadas para conseguir movimientos con la misma descripción en diversos ejes al mismo tiempo. Para lograr agregar estas coordenadas es necesario seguir las siguientes instrucciones:

- Seleccionar “My Computer” en el cuadro de diálogo de Explorador de Proyectos. Luego elegir “New – NI SoftMotion Coordinate Space”, así se abrirá la ventana “Configure Coordinate Space”.
- Seguidamente seleccionar el eje X y Y Axis correspondientes a la columna “Available Axes” y moverlos a la columna “Coordinate Axis”, con ayuda de las flechas. Si se desea renombrar lo coordinado, dar doble clic para colocar un nombre más adecuado.

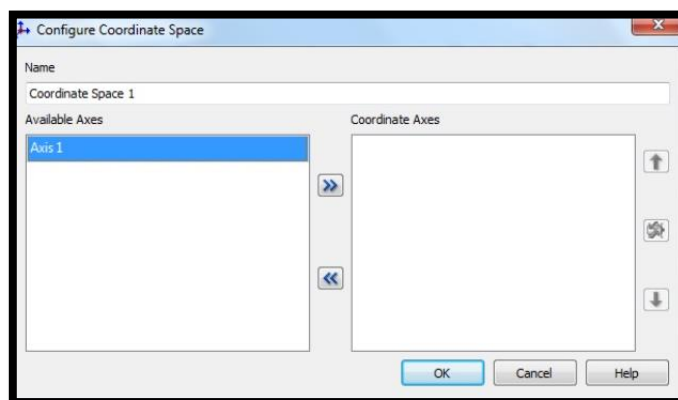


Figura 63 Ventana de Configure Coordinate Space.

- Seleccionar “OK” para cerrar la ventana de diálogo “Configure Coordinate Space”. Agregar el espacio creado al proyecto de LabView. Desde aquí, el proyecto tendrá ejes y espacios coordinados que serán útiles para la desarrollo.

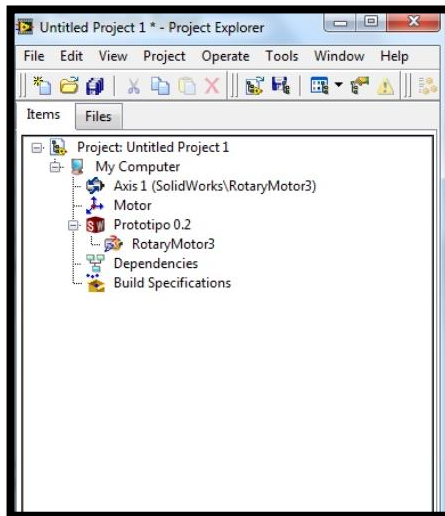


Figura 64 Proyecto de LabVIEW con los ejes y coordenadas de NI SoftMotion agregados.

Al usar recursos coordinados toda información queda contenida en un arreglo unidimensional junto a información axial que es mostrada conforme al orden en que fueron agregados los ejes con el uso de las ventanas de diálogo.

4.1.4.4 Configuración de los ejes en LabVIEW

Los ejes vinculados a los motores por medio de SolidWorks son conocidos como servomotores. Se entiende entonces que estos ejes, momentáneamente no se asocian al hardware verdadero. Luego de la configuración de la simulación se procede a ajustar la configuración de los ejes para que su desarrollo sea menos complicado en el hardware. Se seguirán las siguientes instrucciones para configurar los ejes, y que sea factible su uso en la simulación:

- Seleccionar el eje en el cuadro del “Explorador de Proyectos” y dar clic en “Properties” para abrir la ventana “Axis Configuration” empleadas en los ejes de SolidWorks. Aquellos que no permiten ser cambiados se tiñen de gris.

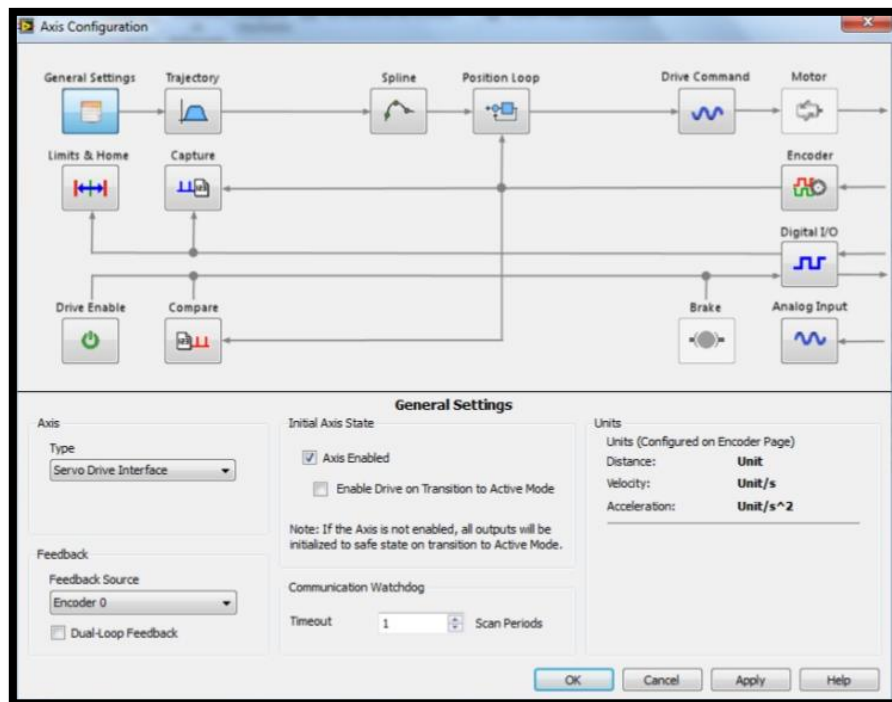


Figura 65 Ventana de diálogo Axis Configuration para los ejes de NI SoftMotion para SolidWorks.

- En “Axis Configuration” confirmar la selección de “Axis Enabled y Enable Drive on Transition to Active Mode”. Inmediatamente esto activará los ejes al momento en que se active el “NI Scan Engine”.
- Seleccionar “OK” para suprimir el cuadro de diálogo de “Axis Configuration”.

4.1.4.5 Elaborar un Perfil de movimiento y poner en función la simulación

Para la creación de perfiles de movimiento para simular el ensamblaje de SolidWorks, es necesario usar los bloques funcionales de NI SoftMotion en la

pestaña “NI SoftMotion – Advanced – Function Blocks”. Gracias a estos bloques se podrá realizar movimientos en línea recta, en el contorno, engranaje, lectura de datos y estados.

- Agregar en un “Timed Loop” un bloque funcional “Arc Move” de la barra de bloques funcionales de SoftMotion.
- Seleccionar “Create - Control” del menú para agregar a esta entrada un control en el panel frontal. Se debe repetir este proceso para las entradas radius, start angle, travel angle, acceleration y velocity.
- Otros parámetros como la desaceleración y el jerk, se pueden agregar mediante la selección de “Arc Move”. Seleccionar “Visible” en la ventana de “Arc Move Function Block Properties”. Luego clic en “Data Source” a Terminal para otros parámetros añadidos. Seleccionar “OK” para finalizar todas las configuraciones.
- Seleccionar “Create – Indicador del menú” para anexar un nuevo indicador en el panel frontal.
- Arrastrar el elemento “Coordinate Space 1” del proyecto de LabView al esquema de bloques, en el exterior del círculo. Posteriormente, conectar a la entrada “resource”.
- Seleccionar la salida “error out”, luego dar clic en “Create - Indicador”, así, se agregaran más indicadores en el panel frontal.
- Seguidamente se deberá enlazar la salida “error out” al final del ciclo.
- Seleccionar encima del túnel del ciclo iniciado por la salida “error out” y también “Replace with Shift Register” del menú, transfiriendo los datos de error al siguiente ítem.
- Hacer la conexión de la entrada error in del bloque funcional “Arc Move” en el “shift register” colocado en la parte izquierda del ciclo.
- Seccionar el “shift register” y “create - constant” del menú para empezar el cluster de error de fuera de ciclo. Esto se debe a que para no tener

variaciones en el sistema se debe iniciar todos los bloques funcionales de arreglos y clusters porque el hardware final usa LabView Real-Time.

- En el ciclo “Timed Loop” seleccionar “Create - Control” del menú, con el fin de agregar una opción de Alto. Este botón permite detener la ejecución si se lo desea.

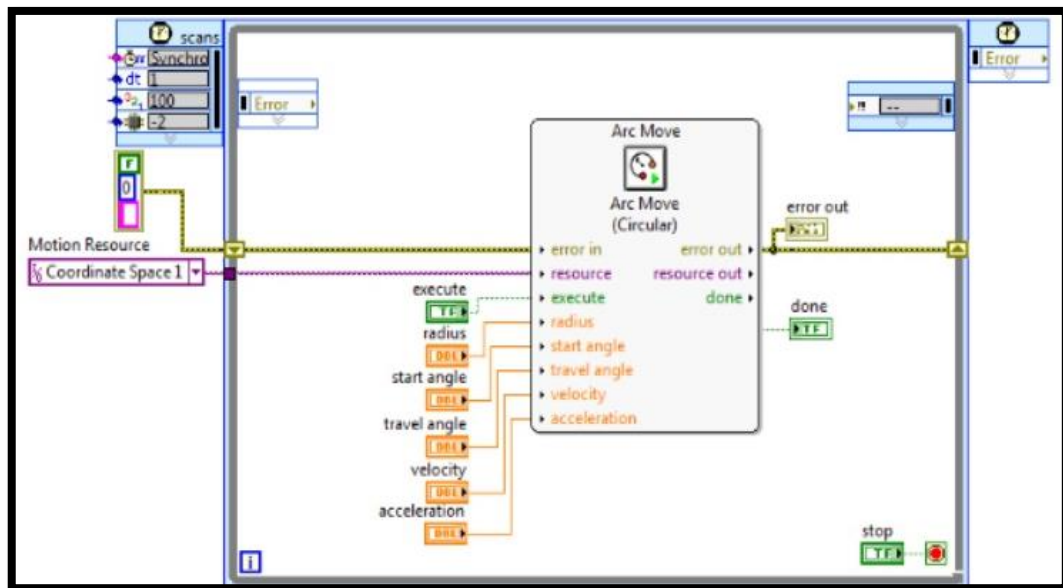


Figura 66 Diagrama de Bloques del VI.

4.1.4.6 Desplegar, Ejecutar y parar la simulación

Iniciar el proyecto ejecutando el VI para que comience la simulación de SolidWorks, gracias al perfil de movimiento creado. Para efectuar la simulación, se deben seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar con un clic derecho en el ítem “My Computer” en el cuadro de Exploración de proyectos. Luego seleccionar “Properties” para revelar la ventana “My Computer Properties”.

- Hace clic en “Scan Engine” de la fila “Ctegrory” e iniciar activando el modo “Start Scan Engine on Deploy”
- Seleccionar la opción “OK” para que se suprima el cuadro de “My Computer Properties”.
- Seleccionar “My Computer, SolidWorks Assembly, axes, y coordinate” del cuadro de exploración de proyectos. Hacer clic para accionar “Deploy” de menú. Por su parte LabView permite que se ajusten todos los recursos que el VI necesita, modifica activamente el “NI Scan Engine” para iniciar la simulación de SolidWorks. En el caso de presentarse algún problema se deberá seleccionar la opción “Apply”.
- Para lograr la simulación, se debe desplegar los ejes de NI SoftMotion y no la opción “My Computer”.
- Seleccionar el ensamble de SolidWorks en el cuadro de explorador de proyecto y clic en “Synchronize to Assembly”.
- Seleccionar el ensamble de SolidWorks en el cuadro de explorador de proyecto y clic en “Start Simulation”. Así se iniciará el movimiento en SolidWorks.
- Se deberá ejecutar el VI, para hacerlo seleccionar el control execute, lo que provocará que LabView inicie el perfil movimiento creado. Para las siguientes simulaciones será necesario modificar el modo Activo para que SolidWorks inicie la interacción, por medio de la selección de “Utilities – Scan Engine Mode – Swith to Active”.
- Si se desea detener la simulación de movimiento se deberá detener el VI. Luego seleccionar el ensamble de SolidWorks en el cuadro del explorador de proyecto y hacer clic en la opción “Stop Simulation”.
- Por último, se debe guardar el modelo de SolidWorks, el proyecto De LabView y el VI del mismo para que suceda todo cambio efectuado.

4.1.5 Diagrama de flujo del proceso de la estación HYD-2800.

La estación HYD-2800 genera un montaje de piezas, el cual es la operación final del proceso de fabricación dentro del sistema de entrenamiento CIM-2000. El diagrama de flujo del proceso de la estación HYD-2800 ya optimizado, se realiza con el fin de hacer un seguimiento a todo el proceso mencionado. El resultado se muestra en la figura 67.

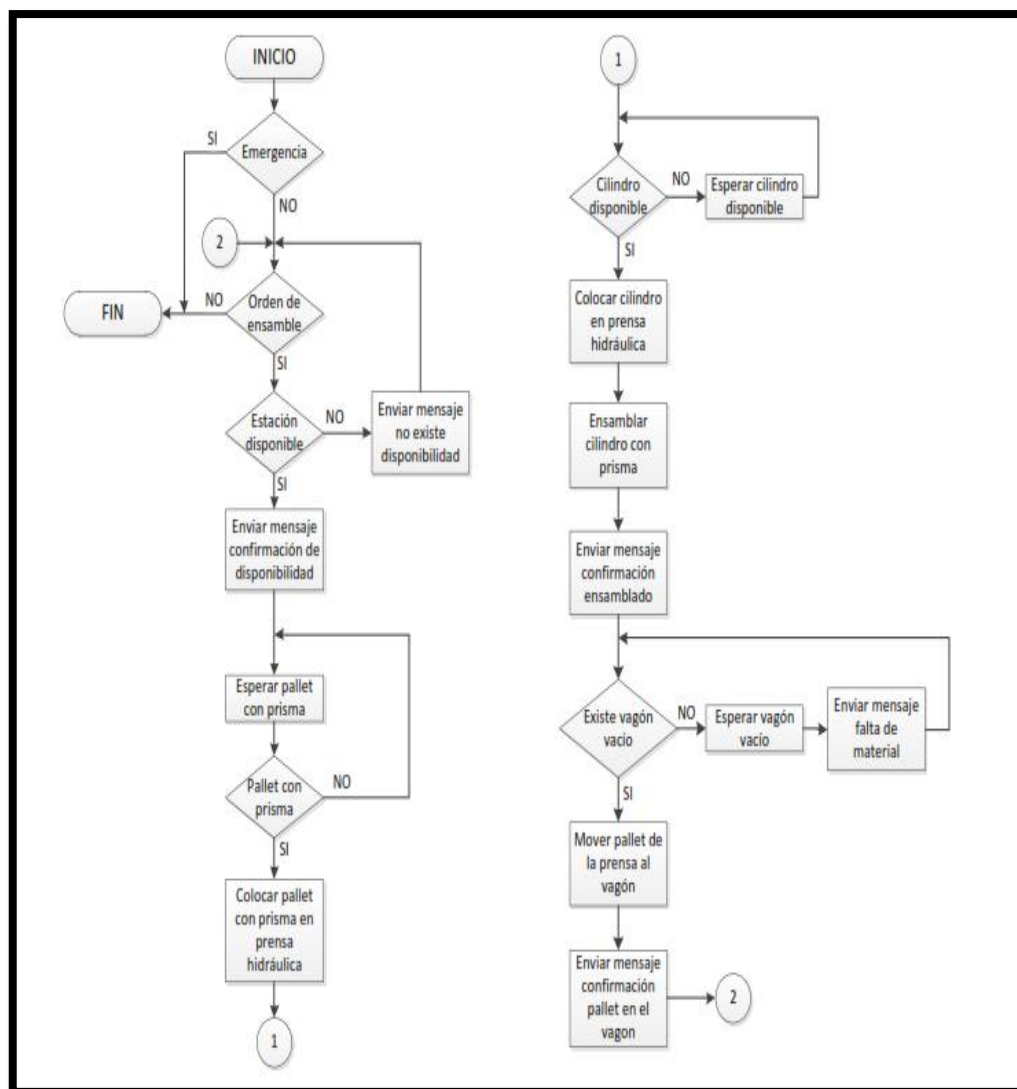


Figura 67 Diagrama de flujo del proceso de ensamble HYD-2800.

4.1.6 Interfaz Hombre-Máquina HMI.

La interfaz HMI (humano-máquina) es el principal canal de comunicación entre el usuario y el ordenador. Siendo objetivo de su diseño el interactuar de forma fácil y sencilla el hardware con el software por parte del operador (Figura 68).

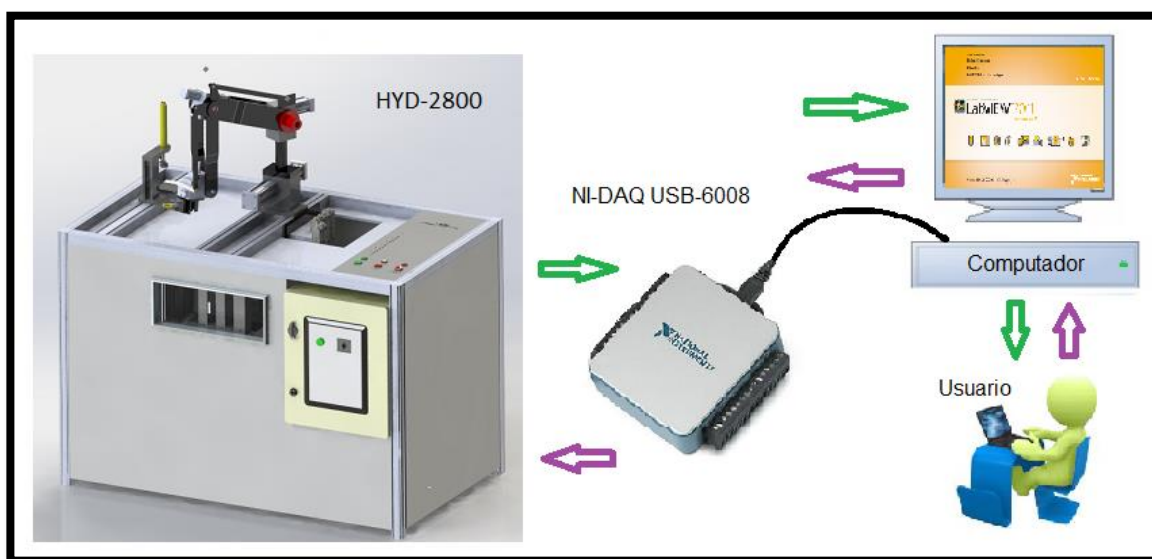


Figura 68 Interfaz humano-máquina (HMI).

Para el desarrollo de la interfaz humano-máquina se cuenta con LabVIEW 2011 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) que es un lenguaje de programación gráfico propio para aplicaciones de laboratorio para el diseño de sistemas de adquisición de datos y control de procesos.

Mediante el desarrollo de pantallas realizadas en LabVIEW se envía y recibe datos al proceso que se está llevando a cabo en la estación HYD-2800 ya optimizada, permitiendo que el operador realice varias operaciones como:

- Activar diferentes electroválvulas.
- Cambiar parámetros lógicos (Encendido/Apagado).

- Pedir otra pantalla.
- Presentación de mensajes de error en pantallas de tiempo real.

4.1.6.1 Pantalla Principal

El ambiente completo de la interfaz humano máquina (HMI) desarrollado en labVIEW se compone de varias pantallas de acuerdo a la opción escogida. Esta interface constituye el menú principal de la estación, desde aquí el usuario selecciona el modo de operación de la estación, y accede a las interfaces del modo seleccionado. Además de controlar el inicio y reseto de la estación.



Figura 69 Pantalla Principal HMI.

La Figura 69 muestra la interfaz principal de la aplicación desarrollada en LabVIEW, donde se aprecia el nombre y logo de la Universidad, el nombre de la estación a controlar con su respectivo esquema y dos botones. Como se

mencionó anteriormente los botones sirven solamente para acceder a la pantalla requerida. Siendo así, el operario es capaz de controlar la Estación Hidráulica HYD-2800 en dos partes: modo manual y control por voz. Cada una de estas partes será analizada en las siguientes secciones.

Para la ejecución de cualquier programa en Labview se manejan dos opciones: la ejecución continua o ejecución momentánea. Estos botones de control se encuentran en la barra de herramientas en la parte superior izquierda de la ventana. La pantalla principal donde se encuentra el programa requiere que sea ejecutada en modo continuo.

4.1.6.2 Pantalla Modo Manual

Para el acceso a la pantalla de modo manual de la estación el usuario debe presionar el botón de dicho nombre (figura 70), a continuación aparecerá la pantalla (figura 71).



Figura 70 Acceso al Modo Manual.



Figura 71 Pantalla Modo Manual.

La principal funcionalidad de esta pantalla es poder controlar y monitorear el movimiento de cada una de las partes del manipulador robótico hidráulico. A continuación se detallan cinco partes fundamentales con las que cuenta esta pantalla:

1. La primera sección (Figura 72) denominada controles de mando dispone de diferentes botones para realizar el movimiento de cada parte del manipulador hidráulico como son: subir, bajar, rotar, extender y contraer articulaciones, además de abrir y cerrar el gripper.



Figura 72 Controles de mando del Modo Manual.

El control del movimiento manipulador hidráulico además es posible a través del teclado, la figura 73 muestra los botones del teclado configurados para realizar una función específica (tabla 20).

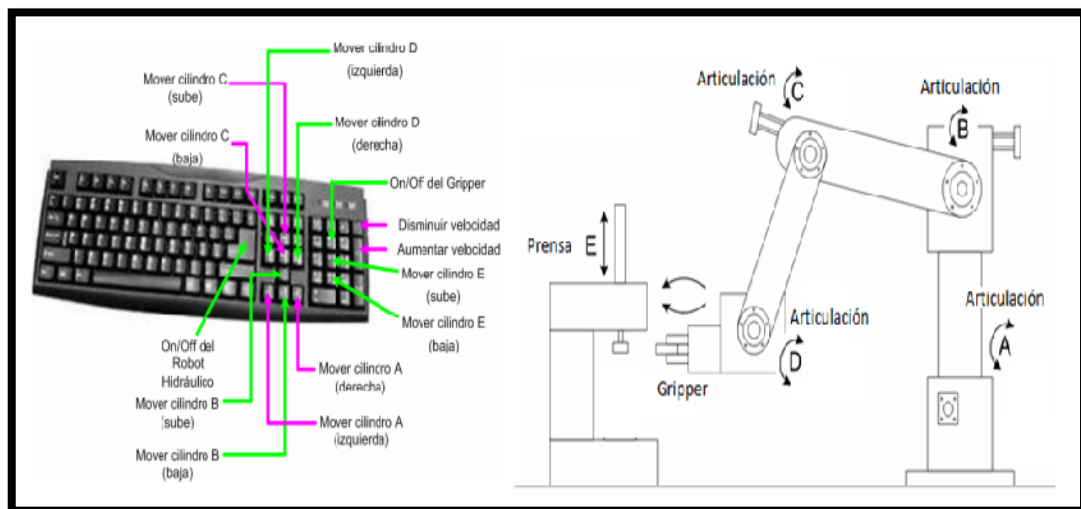


Figura 73 Teclas configuradas para el movimiento del manipulador hidráulico.

Tabla 20

Función cumplida por cada botón del teclado.

TECLA	FUNCIÓN
UP	Mover Cilindro B (subir)
DOWN	Mover Cilindro B (bajar)
LEFT	Mover Cilindro A (izquierda)
RIGHT	Mover Cilindro A (derecha)
HOME	Mover Cilindro C (subir)
END	Mover Cilindro C (bajar)
NEXT	Mover Cilindro D (izquierda)
DELETE	Mover Cilindro D (derecha)
NUM_3	Mover Cilindro E (subir)
NUM_2	Mover Cilindro E (bajar)
NUM_5	Abrir / Cerrar Gripper

2. La siguiente sección corresponde a los indicadores de activación de cada una de las electroválvulas (figura 74) presentes en la estación hidráulica HYD-2800.

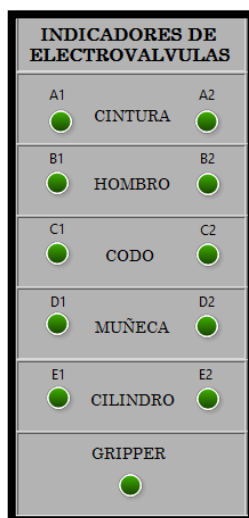


Figura 74 Indicadores de electroválvulas.

3. La pantalla manual nos permite conocer la posición exacta de las cada una de las acticulaciones del robot hidráulico en términos de grados, mostrado en la figura 75.

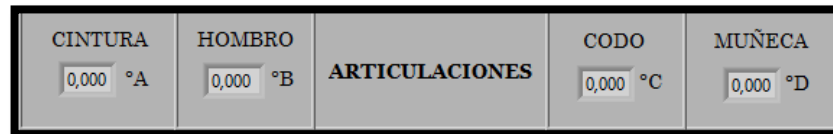


Figura 75 Posición en grados de cada articulación del manipulador hidráulico.

4. La siguiente sección (Figura 76) corresponde a la simulación del movimiento del robot hidráulico presente en la estación HYD-2800. Esto se consigue a través de la conexión entre LabVIEW y Solidworks, detallada anteriormente, permitiendo así observar de forma continua la posición y movimiento de cada articulación del manipulador.



Figura 76 Simulación de la estación HYD-2800.

La simulación del movimiento realizado por la estación hidráulica HYD-2800 puede ser monitoreada además por el programa Solidworks como lo muestra la figura 77, donde es permisible manipular el enfoque de visión de la estación.

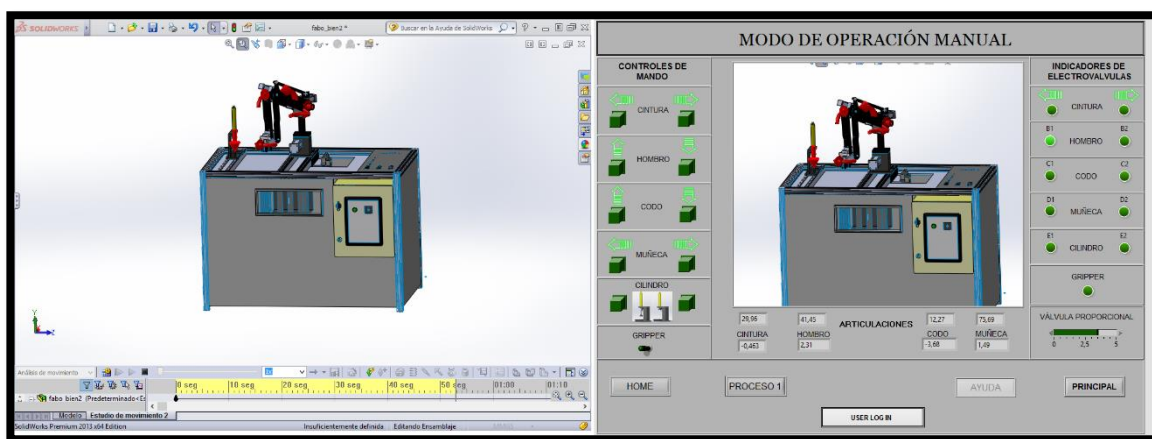


Figura 77 Conexión entre Solidwoks y LabVIEW de la estación HYD-2800.

- Esta pantalla dispone también de una barra menú (Figura 78) que permite desplazarse por cada una de las interfaces disponibles y ejecutar procesos sencillos como el homing de la estación, que consiste en la ubicación del manipulador hidráulico en una posición específica.

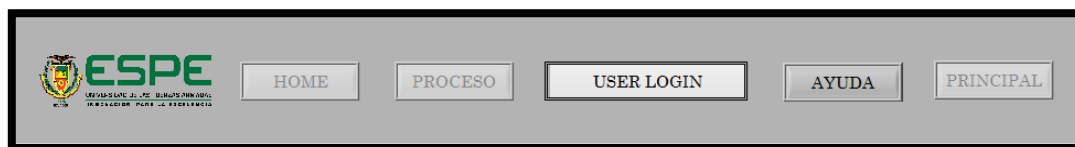


Figura 78 Barra de menú de la pantalla manual.

La pantalla modo manual dispone además de una ventana de seguridad como se muestra en la figura 79. Esta ventana permite el ingreso del usuario y contraseña, con el propósito de manejar niveles de seguridad para diferentes operarios del sistema.



**POR FAVOR
INGRESE EL USUARIO Y CONTRASEÑA**

Usuario
Admin

Contraseña

Log In

Número de ingresos 0 of 0

The image shows a login interface on a grid background. At the top, it says 'POR FAVOR INGRESE EL USUARIO Y CONTRASEÑA'. Below this are two input fields: 'Usuario' with 'Admin' selected and 'Contraseña'. A 'Log In' button is at the bottom left. At the bottom, it says 'Número de ingresos 0 of 0'. On the right side, there is a large red prohibition sign (a red circle with a diagonal slash) over a white padlock icon on a green background.

Figura 79 Pantalla de ingreso de usuario y contraseña.

El ingreso incorrecto de usuario o contraseña puede ser únicamente permitido hasta un número de cuatro intentos, ya que al cumplirlos la aplicación mostrará un mensaje de error (Figura 80) y procederá a cerrarse.



Figura 80 Mensaje de error por ingreso incorrecto de usuario o contraseña.

4.1.6.3 Pantalla Monitoreo y Control Voz



Figura 81 Pantalla Monitoreo y Control por Voz.

La principal funcionalidad de esta pantalla es poder monitorear a través de una cámara IP y controlar el movimiento de cada una de las partes del manipulador hidráulico por medio de la voz. A continuación se detallan cuatro partes fundamentales con las que cuenta esta pantalla y su funcionalidad:

1. La primera sección denominada frases de mando (figura 82), contiene cada una de las frases permitidas para realizar el movimiento de cada parte del manipulador hidráulico como son: subir, bajar, rotar, extender y contraer articulaciones, además de abrir y cerrar el gripper.

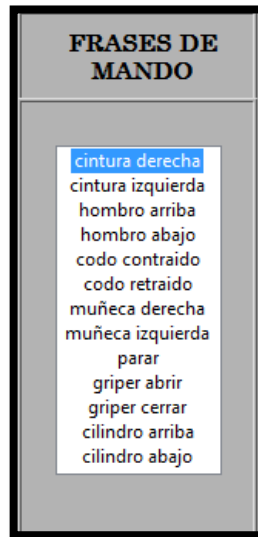


Figura 82 Frases de mando de la pantalla monitoreo y control por voz.

2. La siguiente sección corresponde a los indicadores de activación de cada una de las electroválvulas (Figura 83) presentes en la estación hidráulica HYD-2800.

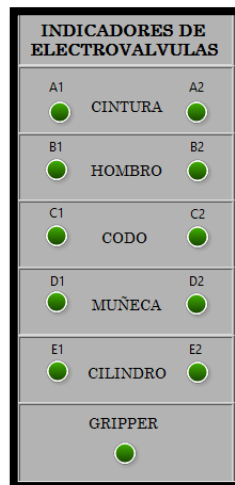


Figura 83 Indicadores de electroválvulas.

3. Esta pantalla presenta en la parte inferior dos partes importantes: una barra menú que permite desplazarnos por cada una de las interfaces

disponibles, y un recuadro que permite conocer la información en forma de texto del comando en ejecución activado por voz (Figura 84

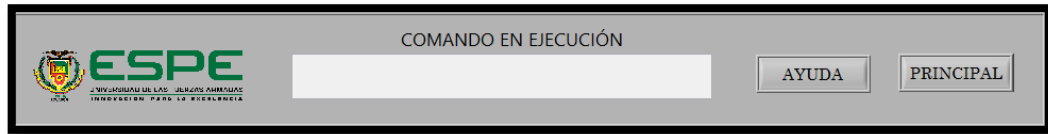


Figura 84 Comando en ejecución y botones de desplazamiento de la pantalla monitoreo y control por voz.

4. La siguiente sección con la que dispone la pantalla, corresponde a la supervisión de la estación hidráulica HYD-2800 por medio de una cámara IP, aquí el operador tendrá una imagen en directo de la estación (Figura 85) y así poder observar la realización de la labor, supervisar que cumpla con parámetros configurados, detectar fallas, anomalías o novedades que pudieran presentarse.

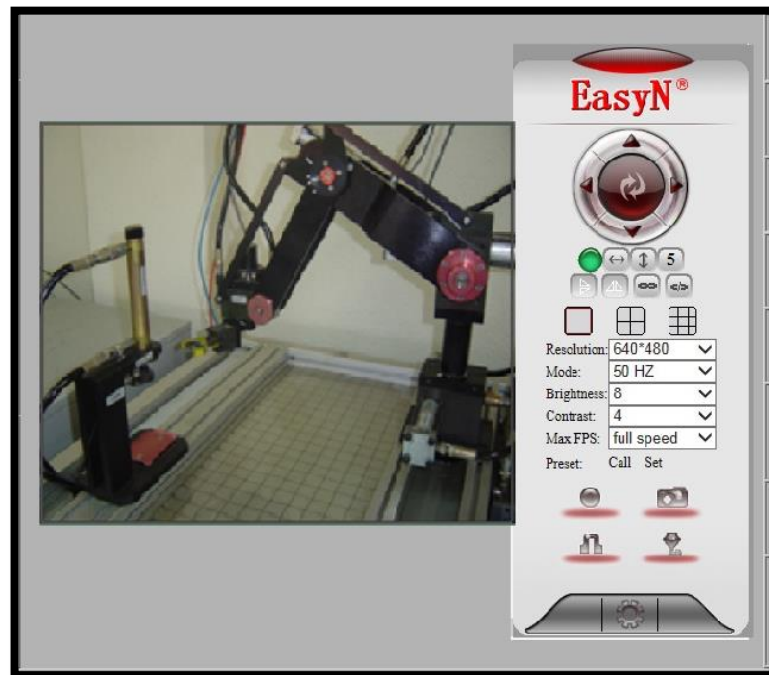


Figura 85 Sistema de supervisión.

Esta sección además permite controlar el movimiento de la cámara y muchas mas opciones, como: tomar fotos, grabar, hablar a través de la cámara y escuchar por medio del ordenador. Es por esto que la cámara se vuelve un elemento primordial para el monitoreo y supervisión de forma remota de las operaciones llevadas a cabo en la estación.

4.1.7 Validación

El sistema automatizado permitió llevar a cabo el control, adquisición de datos, supervisión y monitoreo del funcionamiento de la estación hidráulica HYD-2800, desde un ordenador que será utilizado fácilmente por los estudiantes.

Una vez realizadas una serie de pruebas de funcionamiento en la estación, se obtuvieron las siguientes observaciones:

- El software LabVIEW, utilizado como la base de programación en la tarjeta de adquisición de datos, permitió el desarrollo de una interfaz humano-maquina (HMI) amigable para el usuario y un control de la estación de manera sencilla intuitiva y eficaz.
- El paquete SoftMotion de LabVIEW utilizado para la integración de SolidWorks y LabVIEW no presentó problemas una vez establecida la comunicación, dando como resultado la simulación de la estación de forma continua.
- La NI-DAQ USB-6008 permitió diseñar, registrar, analizar datos interactivos y generar prototipos para aplicaciones de medidas y automatización. Es accesible para el uso de estudiantes, pero además lo suficientemente poderosa para realizar aplicaciones de medida más sofisticadas.

- Los elementos como botones e indicadores utilizados en las pantallas desarrolladas, ofrecen un mayor atractivo a la interfaz, debido a que LabVIEW cuenta con una librería gráfica para la elaboración de la interfaz HMI.
- La adquisición de datos de la tarjeta NI-DAQ USB-6008 juega un papel importante en la simulación de movimientos de las articulaciones de la estación, debido a que la velocidad con la que se lleve a cabo dicho proceso, permitirá a la simulación asemejarse a los movimientos reales de la estación.

4.2 ESTACIÓN NEUMÁTICA PN-2800

4.2.1 Software de Programación

El software utilizado para la programación del controlador Modicon Compact 984-A-130 es el programa “ProWORX Nxt” que es una herramienta perteneciente a Schneider Electric, que permite configurar, programar, realizar transferencias de datos y documentar una aplicación.

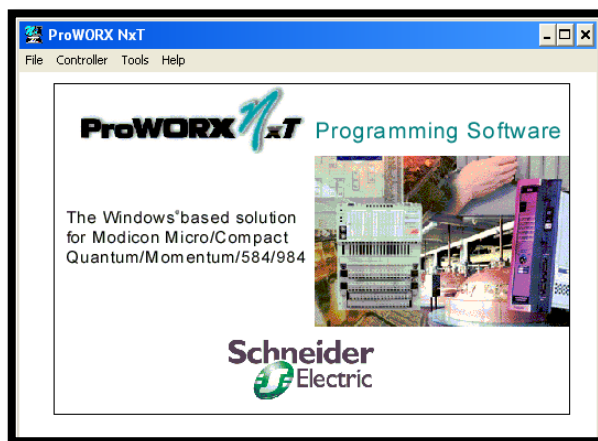


Figura 86 Software de programación ProWORX Nxt

Una de las principales ventajas de este software es que permite programar gran variedad de familias de controladores comercializados por Modicon, siendo estos los siguientes: Quantum, 984, Compact 984 y Micro, brindando así la posibilidad de traspasar fácilmente el programa generado en un controlador a cualquier otro controlador de la familia.

4.2.1.1 Modos de Programación

Modo de Programación Offline (Fuera de línea)

Este modo permite configurar y programar el PLC generando archivos en la PC sin necesidad de haber establecido comunicación con el PLC, una vez que el programador ha terminado el programa base, se procede a la transferencia de información desde la PC al PLC.

Modo de Programación Online (En línea)

Este modo permite configurar y programar el PLC “dentro” del mismo, para lo cual realiza modificaciones que solo quedan registradas en el interior del mismo (en la memoria RAM). Es importante recalcar que para poder realizar modificaciones en el PLC, el mismo debe estar en modo detenido “STOP”. En caso de que se requiera una copia de la aplicación que se está generando es necesario realizar una transferencia de información desde el PLC hacia la PC. (MR Ávila Vásquez - 2008)

4.2.1.2 Características de la programación

En el software ProWORX la programación se la realiza en lenguaje escalera (ladder), para ello se utiliza un conjunto de instrucciones que reconoce el controlador.

El PLC Modicon Compact 984-A-130 cuenta con un conjunto de 43 instrucciones de programación. En la figura 87 se puede apreciar la lista de instrucciones del controlador antes mencionado, en dicha lista, por medio de la simbología se pueden identificar las distintas funciones de los elementos disponibles.

- ()-	-(L)-	MBIT	MSTR
-I [-	-]I[-	MULT	OR
-JN[-	-]P[-	PID2	R->T
OPEN	SHRT	RET	SENS
ADD	AND	-SHRT	SKP
BLKM	BLKT	SRCH	STAT
BROT	CMPR	SUB	T.01
COMP	DCTR	T->R	T->T
DIV	EMTH	T0.1	T1.0
FIN	FOUT	TBLK	UCTR
JSR	LAB		

Figura 87 Conjunto de instrucciones

4.2.1.3 Configuración del hardware del PLC

Lo primero que se debe realizar antes de comenzar a programar es la configuración y definición de los elementos que se utilizarán, es decir, tipo de controlador, número de entradas y salidas, etc). En la figura 88 se muestra como se seleccionó el controlador indicado.

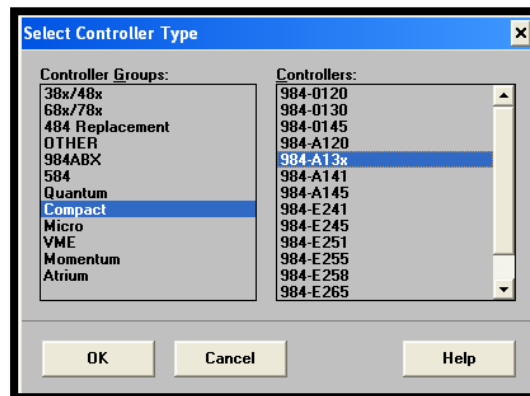


Figura 88 Selección del controlador

Otra de las configuraciones importantes que se debe realizar antes de comenzar a programar es la definición de los módulos del PLC que se utilizarán, para ello es necesario ingresar a la pestaña “Traffic Cop” y posteriormente se debe agregar cada módulo que se utilizará, en este caso se tuvo q agregar un módulo de dieciséis entradas discretas (DEP 216) y un módulo de dieciséis salidas discretas (DAP-216), en la figura 89 se muestra la configuración del Traffic Cop.

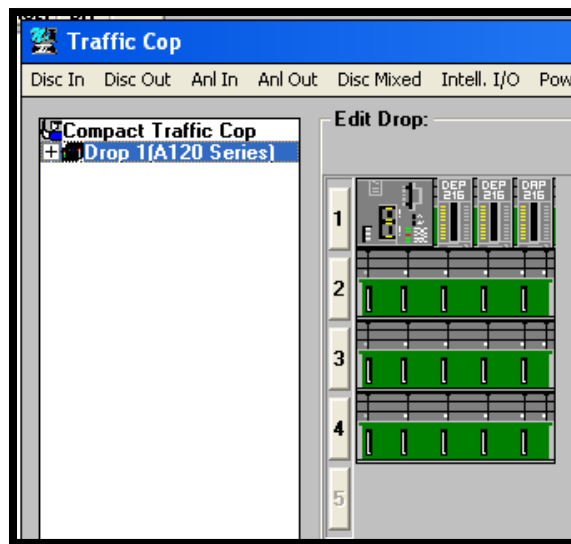


Figura 89 Selección del controlador

4.2.3 Modos de Operación

La estación PN-2800 cuenta con dos modos de operación que se explican a continuación:

- **Modo Manual:** En este modo el operador de la estación puede manipular libremente cada uno de los actuadores, de esta manera se puede efectuar operaciones de comprobación del estado de cada actuador y de la estación en general.

- **Modo Automático:** En este modo el operador tiene la posibilidad de iniciar una secuencia programada previamente, en dicha secuencia se realiza el proceso de despacho de materia prima procesada.

4.2.4 Diagramas de Flujo

A continuación se exponen los diferentes procesos que realiza la estación de forma ordenada para poder llevar acabo la tarea programada en conjunto, los procesos se han dividido en cinco acciones principales:

1. **Entrega de pallet.-** Es el primer proceso que realiza la estación en el cual se verifica la existencia de pallets en el almacén, y posteriormente el actuador CY-15 expulsa un pallet. (Figura 90).
2. **Entrega del cilindro.-** Se verifica la existencia de cilindros en la rampa, y posteriormente se deja caer el cilindro que luego será llevado mediante el actuador CY-13 hasta activar el sensor LS-CH que indica que el cilindro está listo para ser tomado por el manipulador de cilindros. (Figura 91)
3. **Traslado de cilindro al pallet.-** EL manipulador de cilindros desciende para sujetar el cilindro, luego sube y gira a la derecha para posteriormente descender y liberar el cilindro en el pallet. (Figura 92)
4. **Proceso de perforado.-** El taladro comienza el descenso y luego se activa durante un tiempo en el cual realiza el proceso de perforado, luego sube a su posición inicial. (Figura 93)
5. **Entrega del pallet al puerto de salida de la estación.-** El manipulador de pallets gira a la izquierda y desciente para sujetar el pallet, luego sube y gira a la derecha para finalmente descender y liberar el pallet. (Figura 94).

Diagrama de flujo de la entrega de Pallet

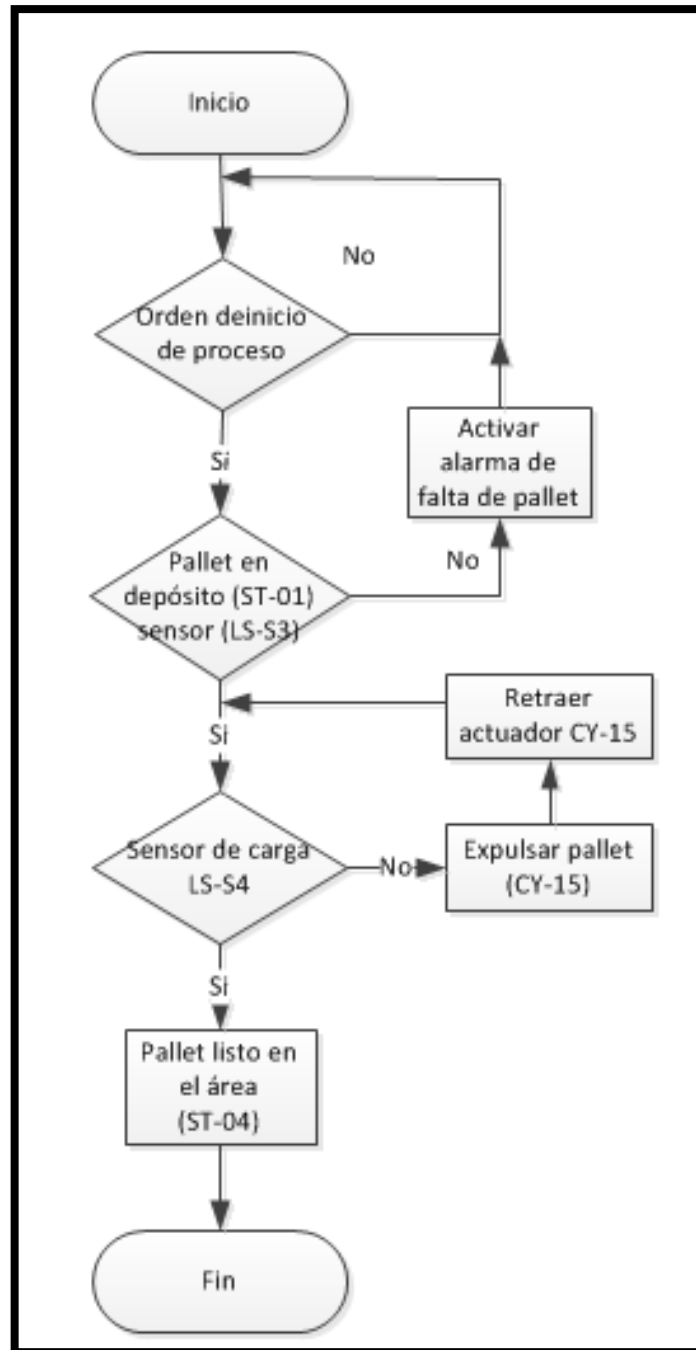


Figura 90 Entrega de pallet

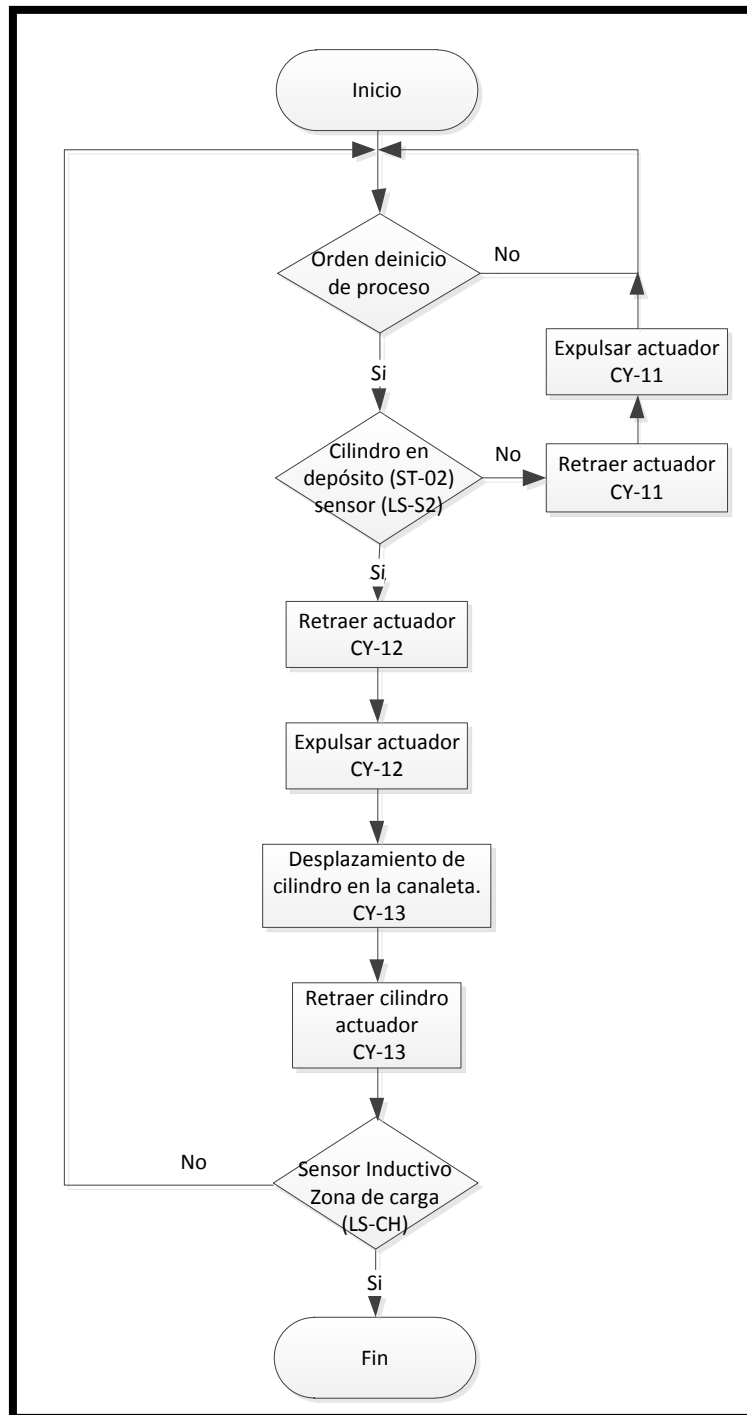
Diagrama de flujo de la entrega de cilindro

Figura 91 Entrega de cilindro

Diagrama de flujo del traslado del cilindro al pallet

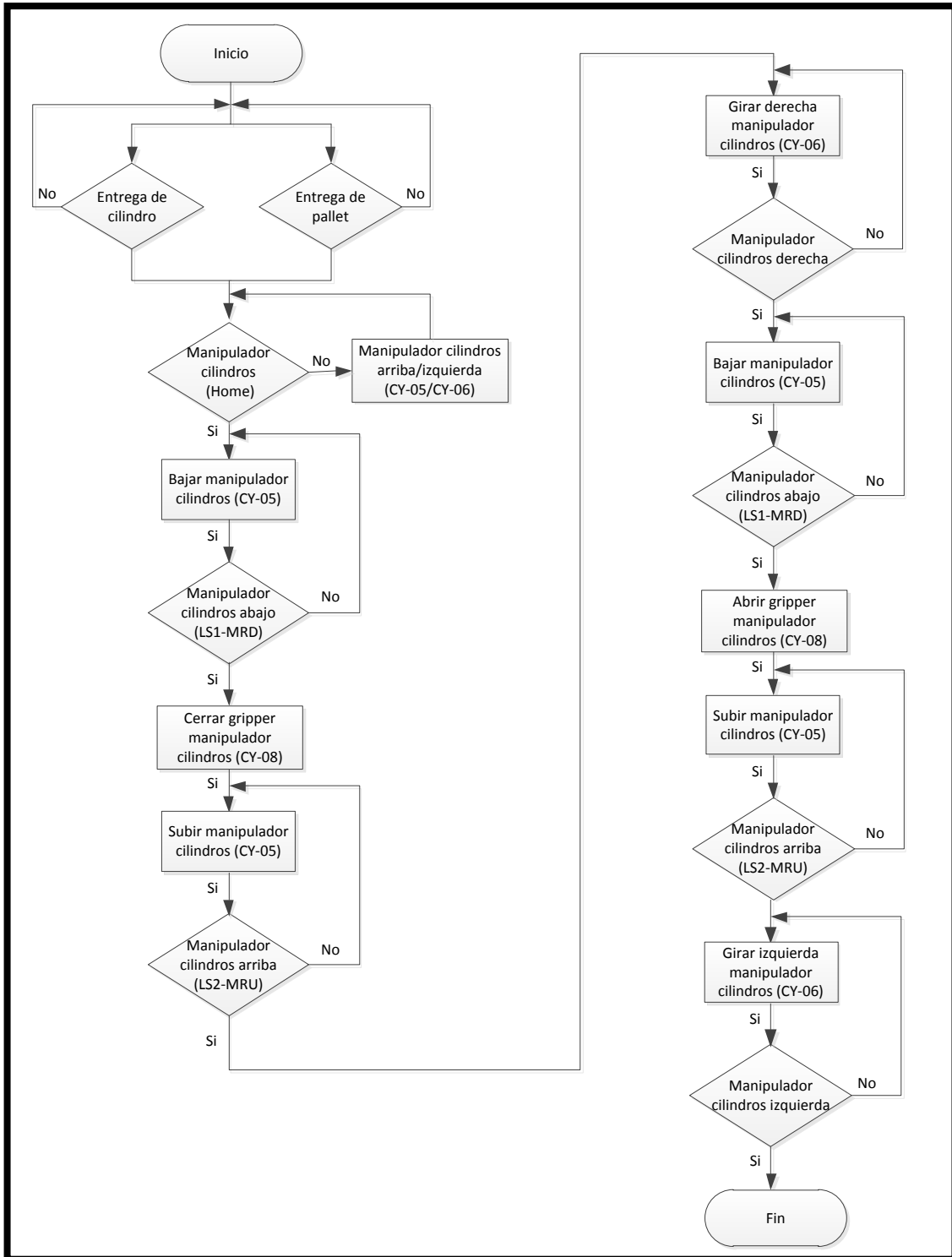


Figura 92 Traslado del cilindro al pallet

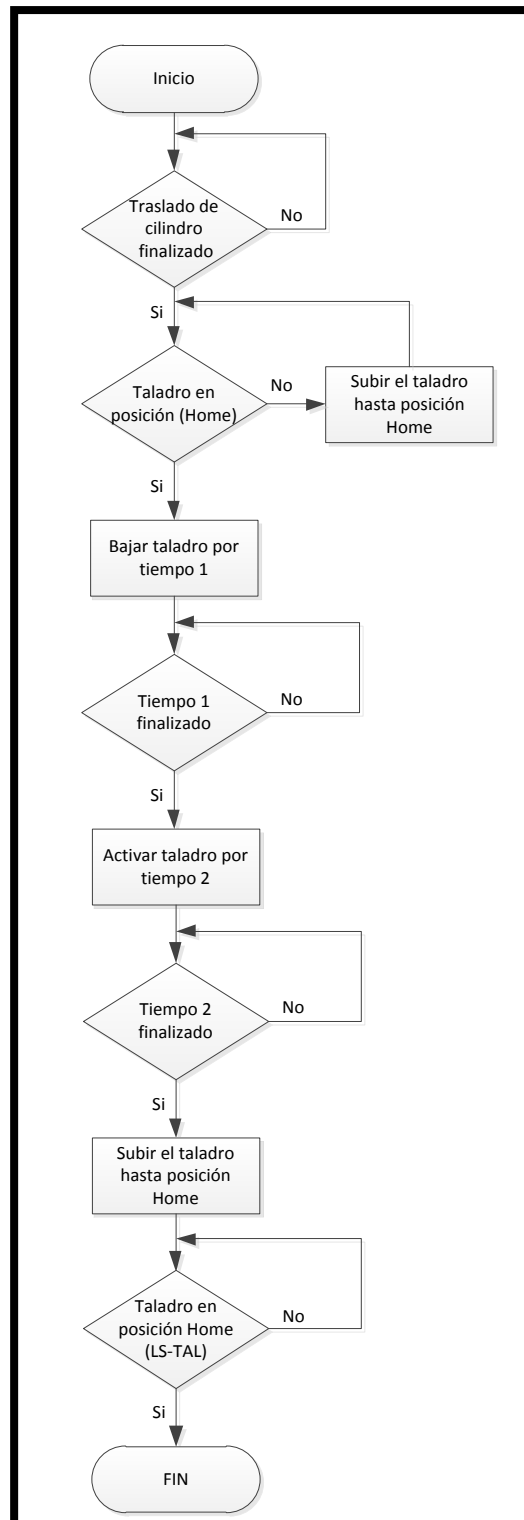
Proceso de perforado

Figura 93 Proceso de perforado

Entrega del pallet al puerto de salida de la estación

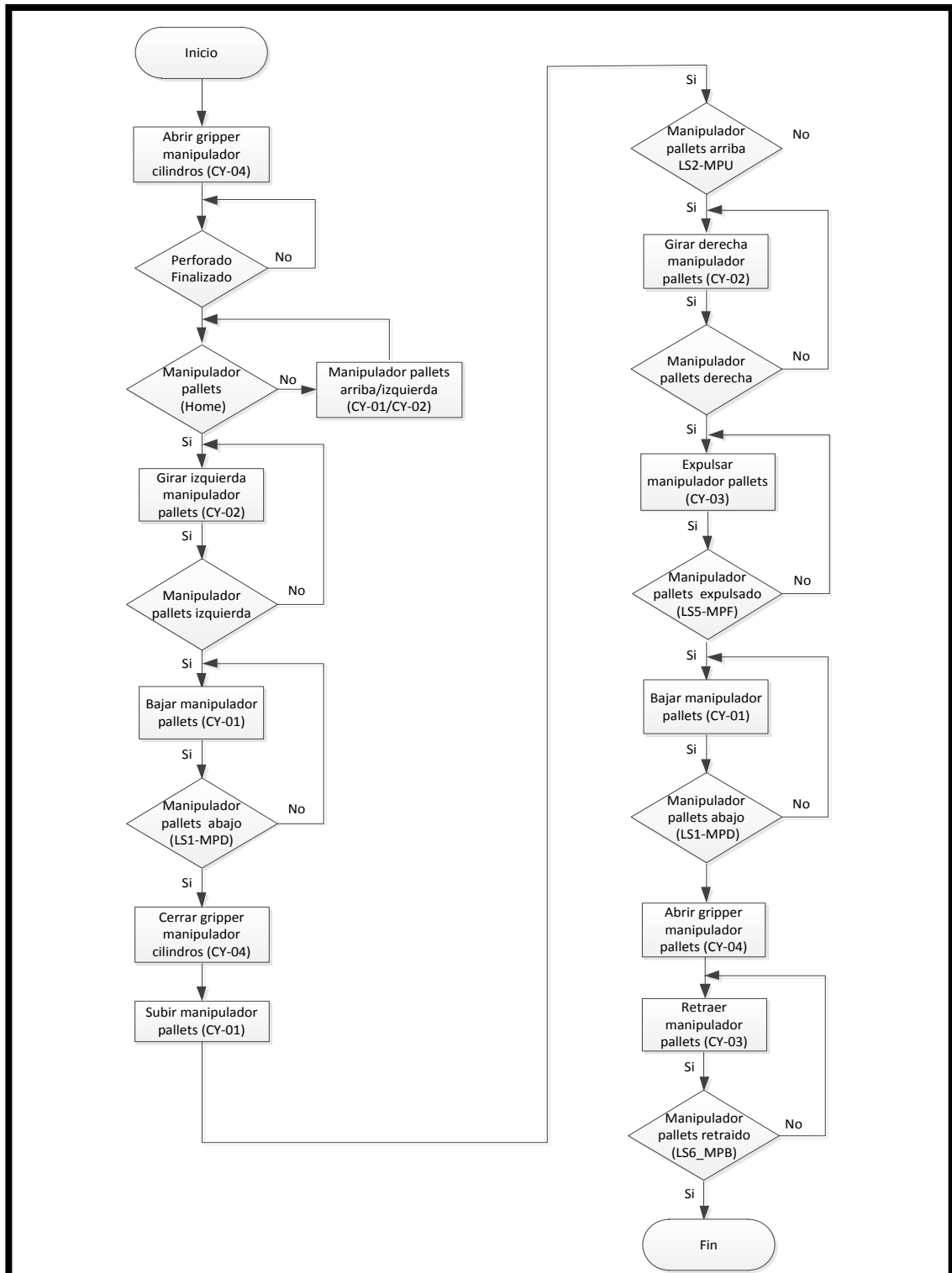


Figura 94 Entrega del pallet al puerto de salida

4.2.5 Tabla de Variables

Tabla 21

Variables del PLC

ENTRADAS DISCRETAS		
Etiqueta	Dirección	Descripción
LS_CH	1002	Presencia de cilindro en la zona de carga de cilindro
LS_S2	1004	Presencia de cilindro en la rampa.
LS_S3	1005	Presencia de pallets en almacén
LS_S4	1006	Presencia de pallet en el área de carga
LS2_MRD	1009	Manipulador de cilindros abajo
LS1_MRU	1010	Manipulador de cilindros arriba
LS1_MPU	1011	Manipulador de pallets abajo
LS2_MPD	1012	Manipulador de pallets arriba
LS5_MPF	1014	Manipulador de pallets expulsado
LS6_MPB	1015	Manipulador de pallets retraído
LS_TAL	1016	Fin de carrera del taladro
SALIDAS DISCRETAS		
subir_MP	00001	Sube el manipulador de pallets
der_MP	00002	Gira a la derecha el manipulador de pallets
exp_MP	00003	Expulsa el manipulador de pallets
elec_sup	00004	Retrae el electroimán superior en la rampa de cilindros
baja_MC	00005	Baja el manipulador de cilindros
izq_MC	00006	Gira a la izquierda el manipulador de cilindros
exp_MC	00007	Expulsa el manipulador de cilindros
grip_cil	00008	Cierral el gripper del manipulador de pallets
baja_taladro	00009	Baja el taladro
sube_taladro	00010	Sube el taladro
elec_inf	00011	Retrae el electroimán inferior en la rampa de cilindros
taladro	00012	Activa el taladro
cilindro_cil	00013	Expulsa el actuador que desplaza los cilindros en la canaleta (CY-13)
grip_pallet	00014	Cierra el gripper del manipulador de pallets.
cil_pal	00015	Expulsa el actuador (CY-15) que extrae los pallets del depósito

4.2.6 Diseño del HMI

4.2.6.1 Software Empleado

Intouch

Intouch es un producto desarrollado por Wonderware que es una marca de software hoy en día comercializado por Schneider Electric, fue elaborado con el fin de ofrecer un entorno de visualización gráfica del más alto nivel, siendo su principal aplicación en procesos industriales; las capacidades de gestión de operaciones, control y optimización hacen de Intouch una de las aplicaciones más utilizadas en el ámbito industrial.

Es ampliamente utilizado para desarrollar interfaces humano-máquina (HMI) con importantes características en cuanto a innovación, conectividad, integración de dispositivos y facilidad de uso.

En otras palabras, una aplicación desarrollada en Intouch es una aplicación que cumple estándares que permiten incrementar la productividad y efectividad del usuario, además reduce costos de todo tipo, desde los operacionales hasta los de mantenimiento.



Figura 95 Software Intouch

Beneficios:

- Aplicación de fácil uso y modificación para el usuario.
- Gran capacidad de comunicación y conectividad con todo tipo de equipos y sistemas independientemente del fabricante
- Fácil actualización de una aplicación desarrollada en versiones anteriores del software.

Capacidades:

- Cuenta con una gran biblioteca gráfica que mediante los muy estilizados símbolos permite diseñar una planta industrial muy completa.
- Sofisticado sistema de scripting para extender y personalizar aplicaciones en función de sus necesidades específicas
- Cuenta con un sofisticado sistema de scripting para poder realizar aplicaciones personalizadas, respondiendo a las necesidades específicas del usuario.
- Alarmas distribuidas en tiempo real con visualización histórica para su análisis
- Graficación de tendencias históricas integradas y en tiempo real
- Integración con controles Microsoft ActiveX y controles .NET (Wonderware, Intouch HMI, 2002)

Archestra

Archestra es una arquitectura de software de información y automatización diseñada para integrar y extender la vida de los sistemas heredados, aprovechando las tecnologías de software y los estándares abiertos más avanzados de la industria. Orchestra ha 'industrializado' a Microsoft .NET y otras tecnologías de Microsoft con el fin de suministrar un conjunto de herramientas

aún más productivas para construir soluciones de software de gestión de operaciones críticas para las operaciones industriales, de producción y de instalaciones.



Figura 96 Logo Archestra

Beneficios:

- Menores costos de implementación y de ciclo de vida
- Configuración y mantenimiento simplificados
- Amplia escalabilidad y altamente segura

Capacidades:

- Entorno de desarrollo único y altamente extensible
- Fácil de mantener usando estructuras orientadas a objetos y a base de plantillas
- Gestión de cambios y desarrollo remoto de aplicaciones
- Seguridad a nivel datos y comunicación de datos integradas al sistema
(Wonderware, Tecnología Archestra, 2002)

Modbus I/O Server

Es una aplicación de Microsoft Windows desarrollada por Wonderware que se comporta como un protocolo de comunicación Server, con el fin de permitir la

comunicación entre diferentes aplicaciones, es decir mediante este servidor otra aplicación de basada en Microsoft Windows puede tener acceso a datos de PLC's Modicon. Para poder establecer la comunicación con el controlador, este I/O Server utiliza una interface de comunicación serial RS-232 o RS-422.

A pesar de que el servidor es fue diseñado para ser utilizado principalmente con Intouch, también puede ser utilizado por cualquier programa de Microsoft Windows que sea capaz de actuar como un cliente DDE, FastDDE, o SuiteLink.

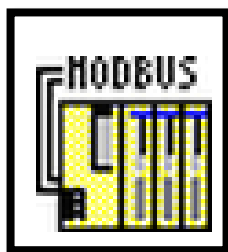


Figura 97 MODBUS I/O Server

DDE (Dynamic Data Exchange) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por Microsoft que permite el intercambio de información e instrucciones entre aplicaciones en el ambiente de Windows.

DDE es un sistema estándar en Windows de uso muy sencillo, en el que la comunicación se establece automáticamente entre programas que contemplan la estructura DDE (cliente-servidor). La aplicación servidor provee la información y acepta pedidos de cualquier otra aplicación interesada en esta información. (Wonderware, Modicon MODBUS Plus I/O Server Users Guide, s.f).

Configuración del Servidor Modicon Modbus

Esta sección está diseñada para explicar la configuración del "COM Port Settings" y el "Topic Definition" requeridos para el uso del servidor Modicon

MODBUS. Para la configuración correcta de este I/O Server se deben seguir los siguientes pasos.

1. Ejecutar el servidor Modicon MODBUS. En la barra de menú seleccionar “Configure” y luego elegir “Com Port Settings”. La ventana de “Communication Port Settings” debe mostrarse como se muestra en la figura 98.

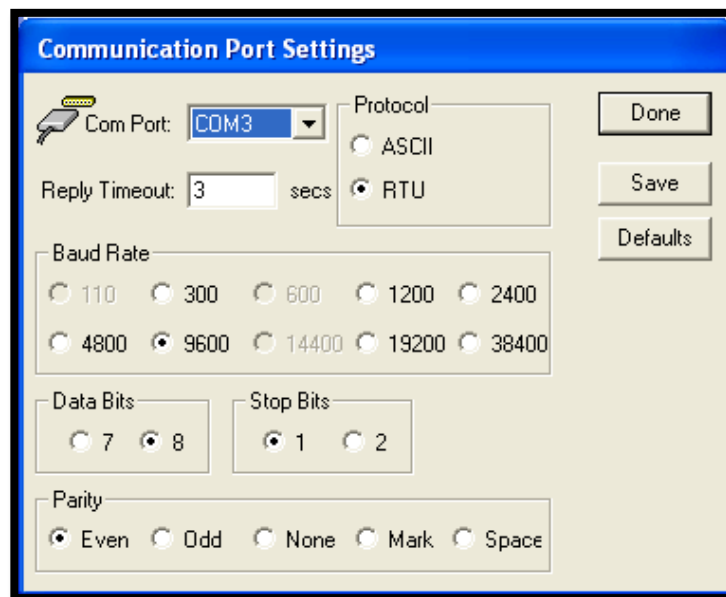


Figura 98 Ventana de configuración del puerto de comunicación

2. En la ventana de “Communication Port Settings” se debe configurar el puerto de comunicación por el cual se realizará la transferencia de datos, la velocidad de transmisión (baud rate), los bits de información y de parada, y finalmente la paridad como se muestra en la figura 2. Una vez realizado esto se presiona el botón “Done”.
3. En la barra de menú seleccionar “Configure” y luego elegir “Topic Name”, aparece la ventana que se muestra en la figura 99.

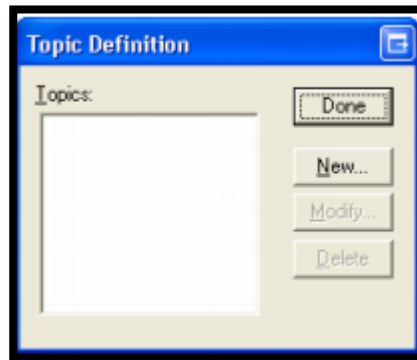


Figura 99 Ventana Topic Definition

4. Hacer click en New para crear un nuevo t3pico. La ventana de configuraci3n del Topic definition se muestra en la figura 100.

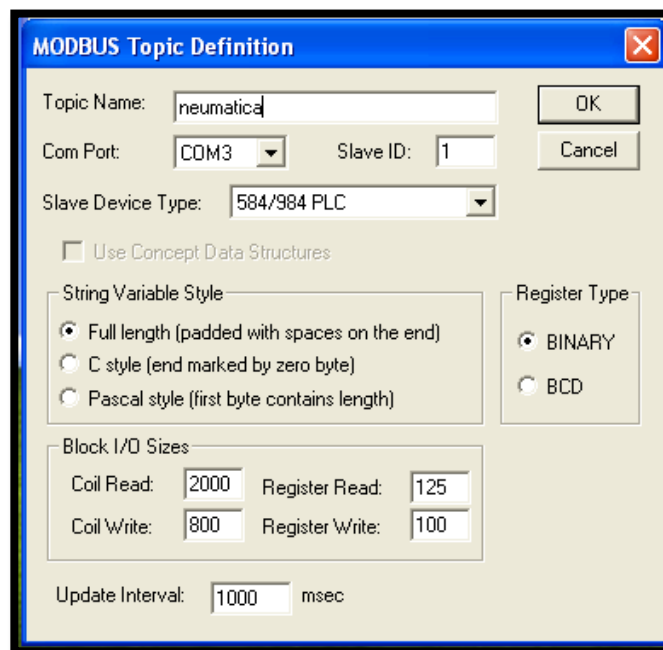


Figura 100 Configuraci3n del t3pico

5. En la ventaNA de configuraci3n del t3pico se debe ingresar el nombre del t3pico (por ejemplo neumatica), adem3s se debe elegir el puerto de comunicaci3n apropiado y el dispositivo esclavo (Slave Device Type) que

es el controlador, una vez terminada la configuración hacer click en OK. El t pico que recién fue creado debe aparecer en la lista en el lado izquierdo de la ventana “Topic Definition”.

6. Hacer click en Done para cerrar la pantalla, el servidor Modicon MODBUS está ahora configurado.

Configuración del software cliente

Para poder realizar la comunicación efectiva entre el PLC y el software Intouch es necesario configurar la comunicación en este último, para ello se debe definir y configurar un “Acces Name”, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Definir la variable que se requiere comunicar como Entrada/Salida, aparece la ventana de la figura 101.

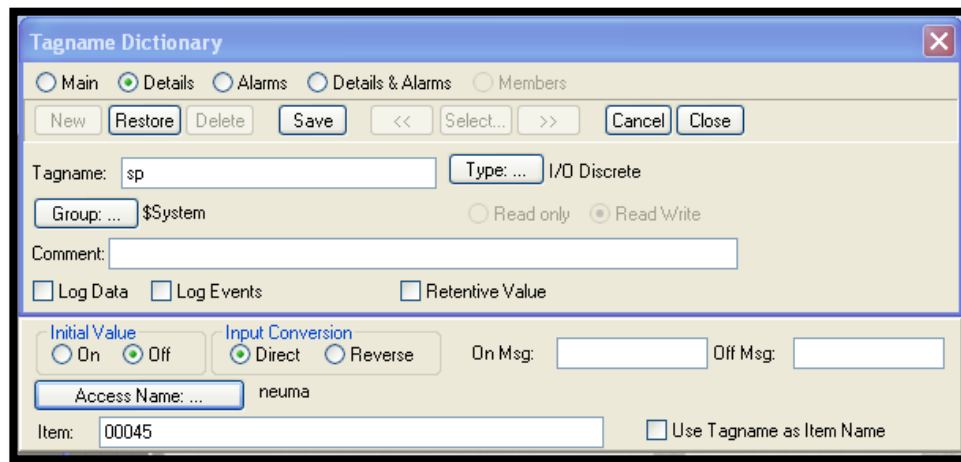


Figura 101 Ventana del Tagname Directory

2. Hacer click en “Acces name” y a continuación aparecerá la ventana de Acces Name como se muestra en la figura 102.

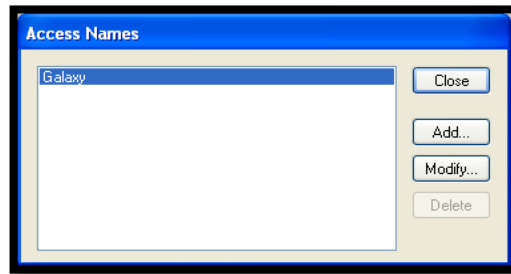


Figura 102 Ventana de Access Name

3. Hacer click en “Add” aparecerá la ventana que se muestra en la figura 103, en ella se debe configurar lo siguiente:

Access: Nombre del Access Name, en este caso “neuma”.

Application Name: Nombre de la aplicación, en este caso es “Modbus”

Topic Name: Debe coincidir con el nombre del tópicos definido en el I/O Server, en este caso “neumatica”

Protocolo a utilizarse: SuiteLink

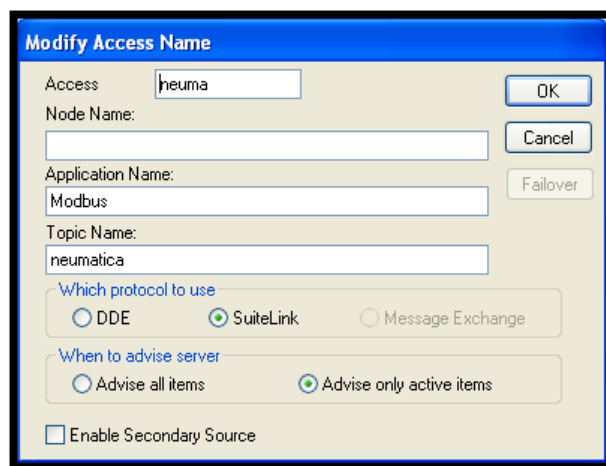


Figura 103 Configuración del Acces Name

4. Hacer click en OK, el nuevo Access Name debe aparecer en la lista de Access Name, hacer click en “Close”.

4.2.7 Normas de Diseño

4.2.7.1 Guía GEDIS (Guía Ergonómica de Diseño de Interfaz de Supervisión)

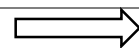
Se utilizó los criterios de la Guía GEDIS debido a que ofrece un método de diseño especializado en sistemas de control y supervisión industrial, además la guía GEDIS es un complemento para aquellos ingenieros técnicos que desarrollan interfaces de supervisión mediante los sistemas comerciales denominados de adquisición de datos y control supervisor SCADA, por esa razón esta guía es una gran referencia para elaborar los HMIs para este proyecto.

La guía GEDIS por medio de diez indicadores pretende abarcar todos los aspectos de una interfaz gráfica, establece lineamientos que deben ser puestos en práctica para un buen diseño de una HMI, en la tabla 22 se pueden apreciar los indicadores

Tabla 22

Indicadores de la guía GEDIS

Indicador	Definición
Arquitectura	Organización jerárquica de las pantallas
Distribución de Pantallas	Plantillas de los diferentes tipos de pantallas
Navegación	Modos de navegación entre pantallas
Uso del color	Asociación de funcionalidades en el ámbito de control de procesos
Uso de fuentes e información textual	Abanico de fuentes y asociación de funcionalidades



Continúa

Estatus de los equipos y eventos de los procesos	Símbolos e iconos gráficos para representar el estado de la planta y los cambios de estado
Información y valores de proceso	Presentación de los datos analógicos o digitales en los gráficos
Gráficos de tendencias y tablas	Presentación y agrupación de valores en históricos y tablas
Comandos y entradas de datos	Modo de entrada de datos a la interfaz
Alarmas	Características principales del subsistema de alarmas

(Ponsa&Díaz, s.f)

A continuación se exponen en detalle los aspectos más importantes de la guía Gedis, los mismos que han sido tomados en cuenta para el desarrollo de la interfaz gráfica del presente proyecto.

Uso de Color:

El color es uno de los factores más importantes cuando se trata de una interfaz humano máquina, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos para un óptimo diseño que:

- Limitar el número de colores a cuatro para principiantes y no utilizar más de siete colores para los expertos en una pantalla y asegurarse que estos sean perfectamente diferenciables entre ellos.
- Se debe maximizar el contraste de los colores que se utilizan.
- No utilizar combinaciones con contrastes incompatibles como Rojo-Azul, Rojo-Verde, Azul-Amarillo, Amarillo-Blanco, Verde-Azul.
- Usar el color blanco para la información periférica.

- Evitar el uso de intermitencia (blink) de colores salvo en casos especiales y aislados.
- Cuando se llegue a usar la intermitencia, se debe proporcionar un medio al operador para detenerla una vez que ha reconocido el evento. (Granollers&Ponsa, s.f)

Tablas de colores Utilizados:

Tabla 23

Colores de Fondo




Fondos			
Elemento	Color		Rojo/Verde/Azul (RGB)
Fondo de Pantalla		Arena	31/37/188
Sub-Secciones		Gris Plata	238/238/238
Sinópticos y Menús		Gris Plata	238/238/238

Tabla 24

Colores del Estado de las alarmas







Alarmas			
Elemento	Color		Rojo/Verde/Azul (RGB)
Críticas		Rojo	255/0/0
Leves		Amarillo	255/255/0
No Alarma		Gris Plata	238/238/238

Tabla 25

Colores para el texto

Texto			
Elemento	Color		Rojo/Verde/Azul (RGB)
Títulos de Pantallas		Negro	0/0/0
Subtítulos, Sub Secciones		Negro	0/0/0
Texto Normal		Negro	0/0/0

Uso de fuentes e información textual:

Las características del texto que se deben definir para este fin son las siguientes:

- No utilizar más de tres fuentes (tipos de letra).
- No usar más de tres tamaños de la misma fuente.
- Utilizar un tamaño de fuente adecuado.
- No utilizar únicamente letras mayúsculas en la interfaz.
- El color del texto debe contrastar con el fondo de la pantalla y debe respetar el código de colores previamente definido.
- Alinear el texto en pantalla: etiquetas a la izquierda, números a la derecha.
- Fuente a utilizar – Texto normal.
- Fuente de Letra: Arial.
- Tamaño de letra: 11pt.
- Fuente a utilizar – Títulos y Subtítulos.
- Fuente de Letra: Arial.
- Tamaño de letra: 12pt.
- Todo el texto de la interfaz debe estar en un solo idioma.

Alarmas:

Dependiendo de la gravedad de la alarma, estas se clasifican de la siguiente manera:

- Críticas: son aquellas alarmas que se activan cuando existe una amenaza a la seguridad de la planta a tal punto que pueden llegar a un paro de emergencia..
- Leves: son las alarmas que en caso de no ser atendidas a tiempo pueden llegar a convertirse en alarmas graves.

- Mensaje: eventos que conviene transmitir al operador pero no representan una amenaza a la conducción del equipo, a la producción o a la seguridad de la planta. (Granollers&Ponsa, s.f)

Norma NTP 659

Se refiere explícitamente a las exigencias de tratamiento de información, las cualidades de ésta (complejidad, claridad, cantidad, exactitud) y en qué condiciones de espacio, de tiempo y de organización se producen (sistemas de soporte de la información, de ayuda en la toma de decisiones y de retroalimentación, procedimientos de trabajo, medios y ayudas disponibles, mecanismos de intercomunicación, coordinación y control, distribución temporal de exigencias de atención y tratamiento de información, pausas, etc.).

Además, esta norma aborda temas relacionados a la carga mental de trabajo y las exigencias de la tarea, haciendo énfasis en cuestiones de diseño de las mismas, para evitar situaciones perjudiciales para las personas descritas a los puestos. (Arquer, 2008)

4.2.7 Sistema de Monitoreo

En el Laboratorio de Robótica de la Escuela Politécnica de las Fuerzas Armadas-ESPE se instaló una cámara IP con el fin de poder realizar una tarea de monitoreo en las estaciones rehabilitadas.

Además de poderse realizar el monitoreo via web, en la HMI diseñada para operar la estación PN-2800 se ha incluido en una pantalla, un espacio destinado para visualizar en tiempo real lo que está sucediendo en la estación, logrando de esta manera un control apropiado y oportuno de la estación.

Para lograr que esto sea posible, fue necesario configurar el software Intouch de tal manera que se pueda acceder a internet, desde la aplicación, es aquí donde se hizo uso de los controles activex para cumplir con dicho objetivo.

A continuación se detalla paso a paso la configuración necesaria en Intouch para acceder a la imagen de la cámara IP:

1. Lo primero que se debe hacer es instalar el Control Activex (Explorador Web de Microsoft), para ello se sigue los pasos de la figura 104.

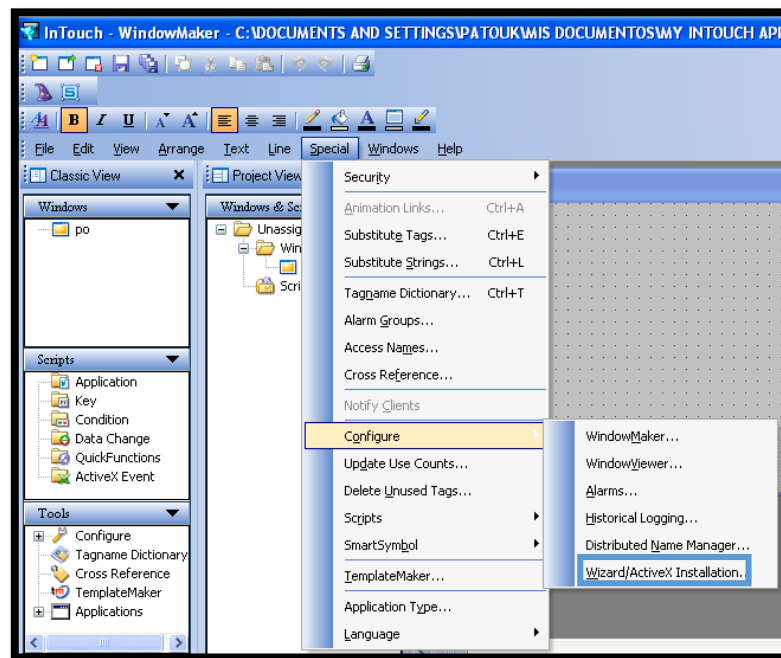


Figura 104 Configurar Control Activex

Aparece la siguiente ventana, en la cual se debe cambiar a la pestaña “Activex Control Installation”, de los controles disponibles en la lista de abajo se debe elegir el control “Explorador del Web de Windows” como se muestra en la figura 105.

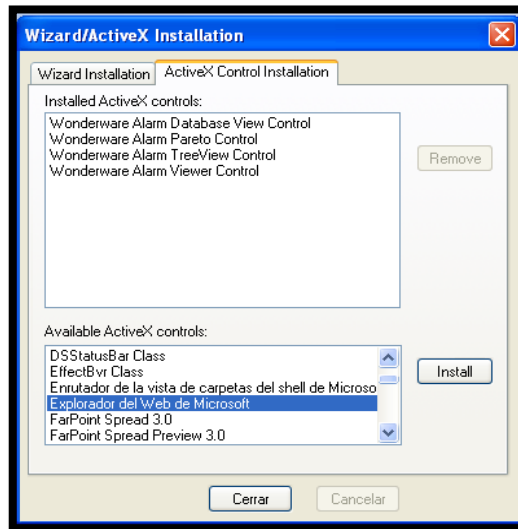


Figura 105 Selección del Control Activex

Una vez que se ha elegido el control activex hacer click en instalar y posteriormente en cerrar, ahora se procede a ingresar al Wizzard y en la categoría de controles activex se puede apreciar el control Explorer como se muestra en la figura 106.

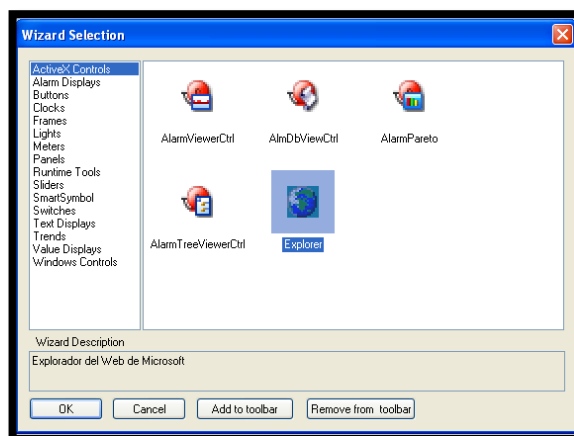


Figura 106 Controles Activex

Una vez seleccionado el control activex explorer, se procede a dibujar sobre la pantalla el área sobre el cual se requiere que este control se encuentre,

haciendo doble click sobre el mismo se accede a la pantalla de propiedades (figura 107) donde se podrán configurar diversos parámetros.

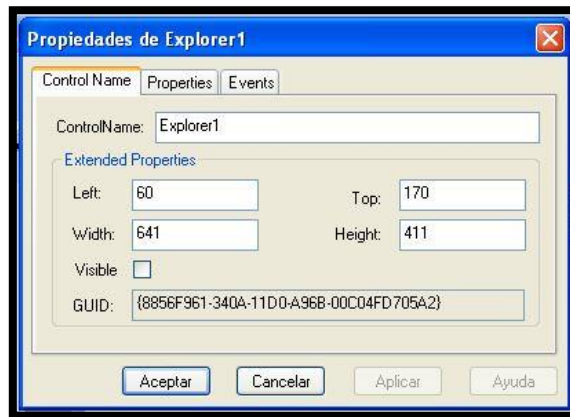


Figura 107 Ventana de propiedades del control activex

Para poder tener acceso a la web se deben utilizar las funciones que nos proporciona el control activex Explorer, para ello se deben asignar a un objeto la función apropiada, el primer paso es crear un action script en el objeto seleccionado, ver figura 108.

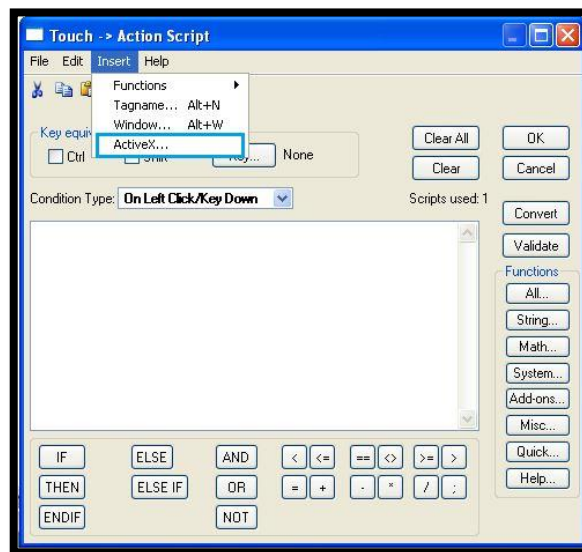


Figura 108 Creación del script para el control activex

Después de realizar los pasos indicados en la figura 104, se accede a la pantalla de las funciones del control activex, aquí se debe elegir la función de "navigate" como se muestra en la figura 109.

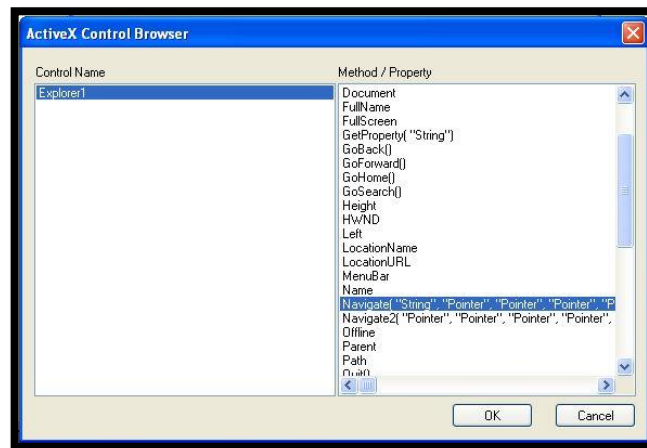


Figura 109 Elección de la función del control activex

Una vez seleccionada la función de navegación se coloca automáticamente una línea de código en el window script, aquí se deberán llenar los parámetros requeridos entre los paréntesis, ver figura 110.

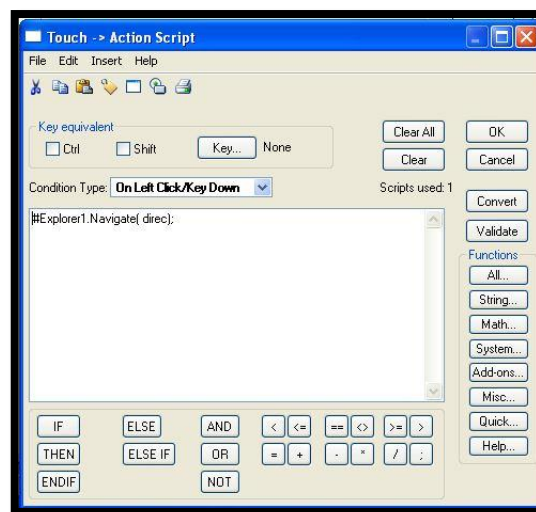


Figura 110 Script creado por la función del control activex

4.2.8 Diseño de Pantallas

La interfaz gráfica desarrollada para la estación neumática PN-2800 cuenta con siete pantallas, a través de las cuales se puede navegar de una forma amigable para el operador, permitiéndole interactuar de forma total con la estación, es decir mediante la HMI diseñada se puede controlar y monitorear completamente la estación.

Las pantallas que se desarrollaron cumplen principalmente las funciones de control de la estación en todos sus modos de operación, también fue necesario desarrollar pantallas de ayuda que permitan al usuario conocer un poco más acerca de cada pantalla, las pantallas que se desarrollaron son:

- Principal
- Ayuda Principal
- Modo Manual
- Cilindros
- Ayuda Modo Manual
- Modo Automático
- Ayuda Modo Automático

A continuación se detalla cada una de las pantallas diseñadas.

Pantalla Principal

La pantalla principal (figura 111) representa la pantalla de bienvenida para el usuario, en la misma se pueden distinguir tres partes principales, el mímico de la estación, la barra de navegación, y el acceso del operador, el sistema cuenta con dos niveles de seguridad, por lo cual es necesario que el usuario se registre.



Figura 111 Pantalla Principal

Para poder ingresar el usuario de la interfaz es necesario hacer click en el botón “Ingresar”, una vez realizado esto aparecerá la ventana que se muestra en la figura 112. Para mayor detalles acerca de los usuarios y privilegios de cada uno, ver el Manual de Usuario.

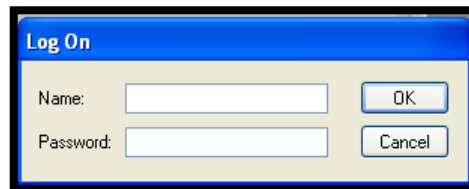


Figura 112 Ventana de ingreso de usuario

La barra de navegación (figura 113) de la ventana principal es muy similar a la barra de navegación de las demás pantallas, por medio de ella se pueden acceder a las diferentes pantallas, y explorar la HMI en su totalidad.



Figura 113 Barra de navegación

Ayuda Principal

La pantalla de Ayuda Principal es la pantalla que provee información general acerca de la estación PN-2800, es útil para que el operador tenga un conocimiento completo acerca de la operación de la estación. En la figura 114 se puede apreciar la pantalla de Ayuda Principal.

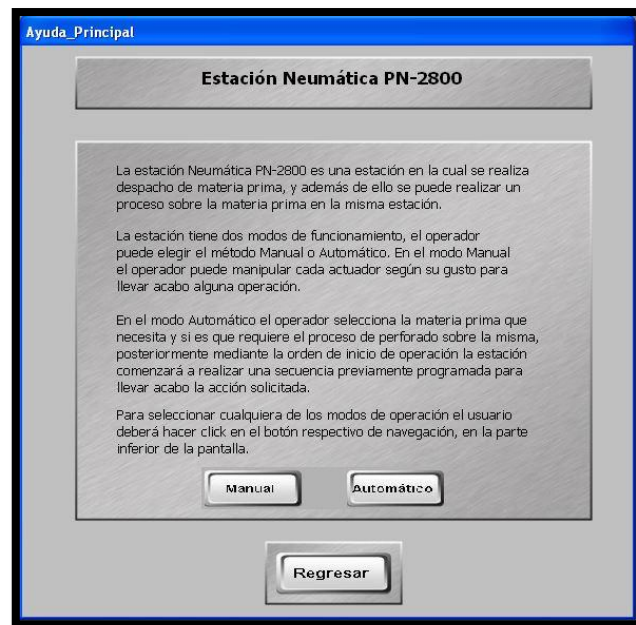


Figura 114 Pantalla Ayuda Principal

En la pantalla de Ayuda Principal no se cuenta con una barra de navegación ya que por su naturaleza únicamente debe permitir el regreso a la ventana de la cual fue llamada es decir en este caso de la pantalla Ayuda Principal.

Modo Manual

Como se mencionó anteriormente, el modo de operación manual de la estación PN-2800 permite al operador manipular libremente todos los actuadores de la estación, de esta manera se puede realizar el proceso de forma manual, o

simplemente se puede comprobar el estado de los actuadores por medio de la activación individual de cada uno de ellos.

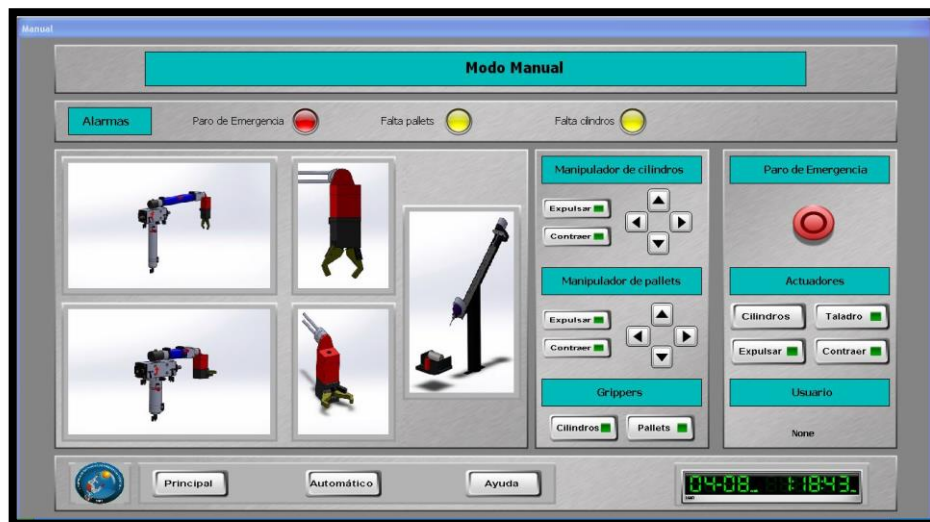


Figura 115 Pantalla Modo Manual

En la pantalla de Modo Manual (figura 115) al igual que en el Modo Automático, aparece en la parte superior las alarmas de la estación, esta es información muy importante que HMI provee al operador ya que en caso de que exista un error en la ejecución de la operación el usuario será alertado y se podrá corregir el problema sucedido.



Figura 116 Barra de alarmas

En la figura 116 se puede distinguir tres alarmas, siendo dos de ellas de tipo leve, y una crítica, la falta de materia prima y de pallets son consideradas como alarmas leves, mientras que el paro de emergencia es indiscutiblemente una alarma crítica.

En la parte media derecha de la pantalla se encuentran los controles, es decir botones que permiten activar los actuadores de la estación, en la figura 117 se puede apreciar como el usuario puede controlar la estación en el modo manual.



Figura 117 Controles de la pantalla Modo Manual

Como se puede apreciar en la figura 117, mediante los controles de la pantalla Modo Manual se pueden controlar los dos manipuladores de la estación para lo cual se han utilizado botones que facilitan la operación para el usuario, además de los manipuladores también se puede controlar el taladro de la estación y además se encuentra el botón para realizar un paro de emergencia. Para completar la manipulación del resto de actuadores de la estación fue necesario crear otra pantalla a la cual se accede mediante el botón “Cilindros”.

En la parte media izquierda de la pantalla del Modo Manual como se muestra en la figura 118 se encuentran las animaciones gráficas correspondientes a cada actuador, de este modo el operario podrá darse cuenta en la HMI el movimiento que está realizando con los actuadores.

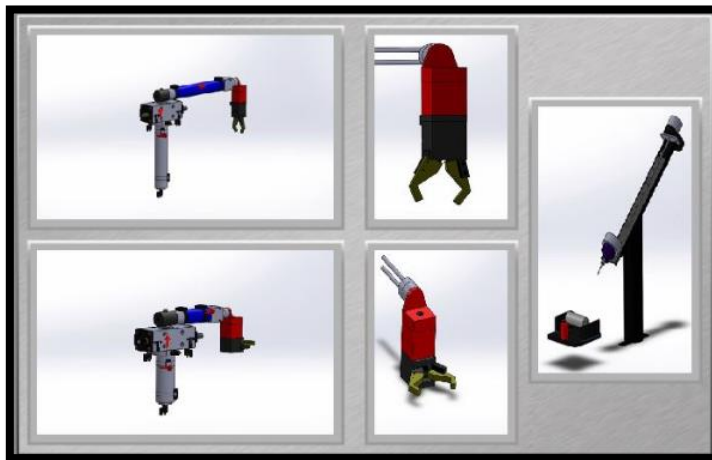


Figura 118 Animación de los actuadores de la estación

Finalmente en la parte inferior de la pantalla se encuentra la barra de navegación que le permitirá al usuario saltar a otras pantallas.

Cilindros

La pantalla Cilindros fue creada con el fin de controlar manualmente cuatro actuadores que no se encuentran en la pantalla “Modo Manual”, en la figura 119 se puede observar la pantalla Cilindros y los actuadores que esta permite controlar mediante los botones existentes en la parte derecha de la pantalla.

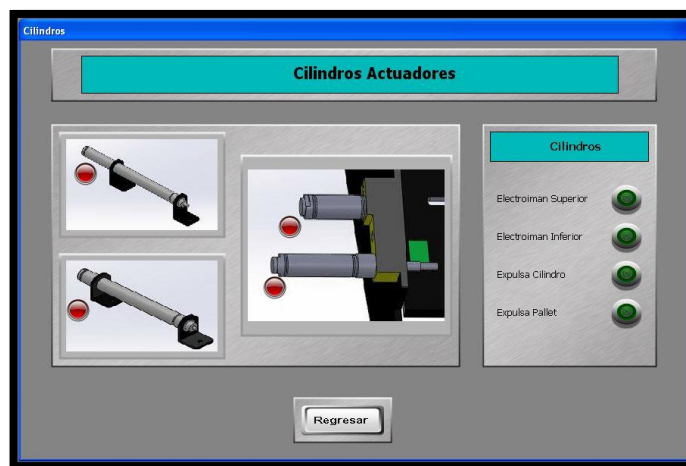


Figura 119 Pantalla Cilindros

En la parte izquierda de la pantalla Cilindros se puede observar los gráficos de los actuadores acompañados de indicadores luminosos que indicarán al operador el momento en el cual se ha activado el actuador. Mediante el botón “Regresar” ubicado en la parte inferior de la pantalla se regresa a la pantalla “Modo Manual”.

Ayuda Manual

La pantalla de Ayuda Manual, tiene por objetivo explicar al operador como manipular los actuadores cuando la estación se encuentra en modo de operación manual, teniendo en cuenta que la pantalla de Modo Manual es bastante intuitiva y amigable al operador, una pantalla de ayuda es siempre necesaria, en la figura 120 se muestra la pantalla de Ayuda Manual.

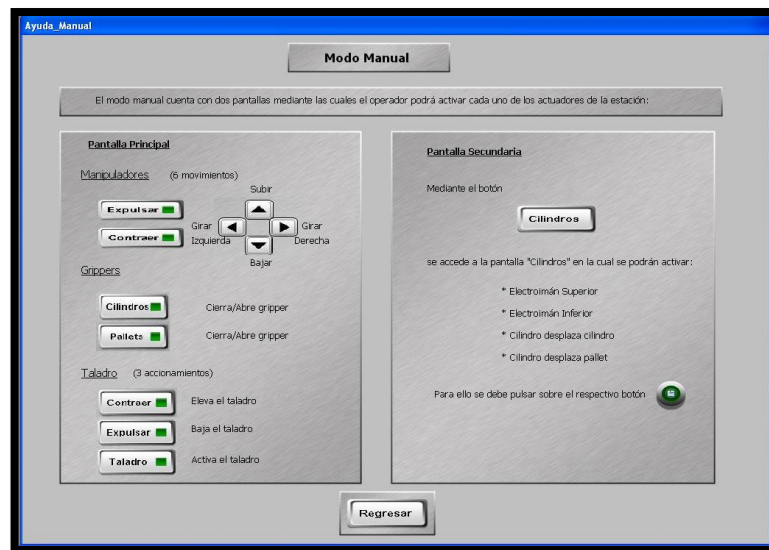


Figura 120 Pantalla de Ayuda Modo Manual

Modo Automático

En el modo automático la interacción del operador con la HMI se reduce simplemente a iniciar el proceso en la estación y a monitorear la misma mediante

la imagen que entrega la cámara IP instalada en el laboratorio. La disposición de esta ventana (figura 121) es similar a las anteriores, con la diferencia de que los controles de mando se ven reducidos únicamente a tres botones, que permiten el inicio de proceso, paro de emergencia, y un reset de la estación, por medio de esta último botón los actuadores regresan a su posición inicial.

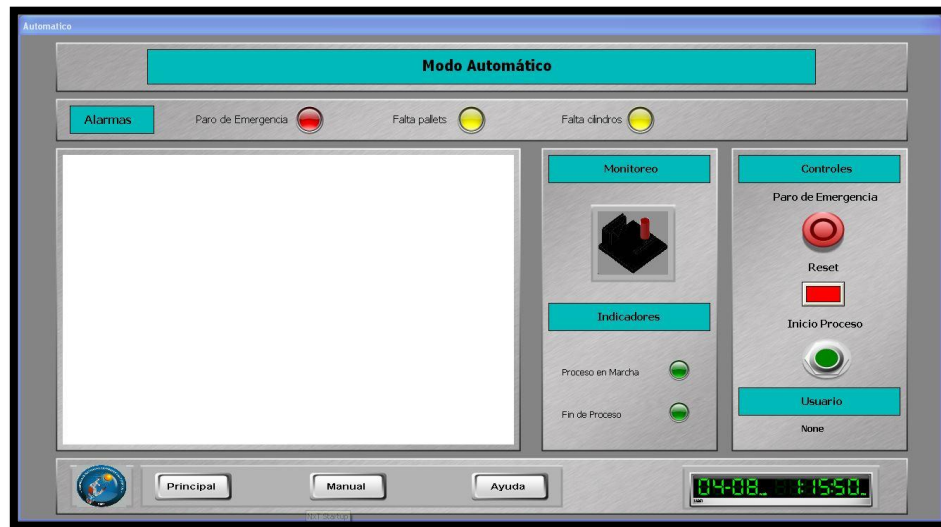


Figura 121 Pantalla Modo Automático

Esta pantalla, en lugar de tener un gráfico como la pantalla principal y del modo manual, tiene una imagen de video en la cual se permite monitorear en tiempo real el funcionamiento de la estación, mediante esta pantalla también se puede manipular la cámara IP, es decir se la puede hacer girar cambiando el ángulo de visión del operador.

Ayuda Automático

La pantalla de Ayuda Automático que se muestra en la figura 122 al igual que las otras pantallas de ayuda tiene la finalidad de ofrecer toda la información

necesaria para que el operador pueda hacer uso de la pantalla respectiva, en esta pantalla se incluye como se debe manejar la cámara IP.

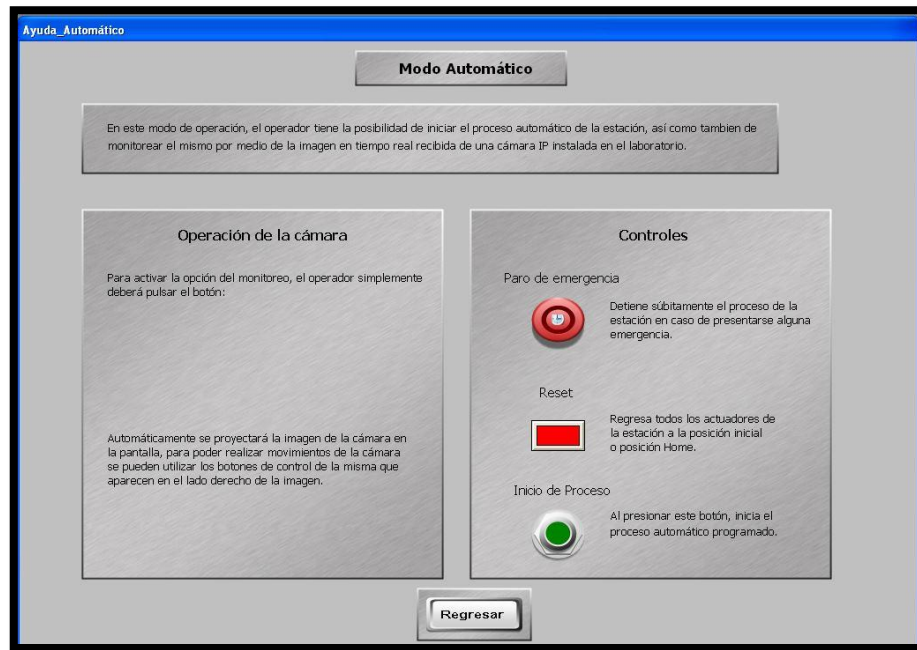


Figura 122 Pantalla Ayuda Automático

4.2.9 Validación

Una vez que se realizó las pruebas de funcionamiento de la estación, las observaciones que se obtuvieron con respecto al software implementado son las siguientes:

- El software Proworx, utilizado para la programación del controlador permitió cumplir a cabalidad la rehabilitación de la estación PN-2800, permitiendo la programación de un proceso automático.
- El I/O server utilizado (Modbus) para realizar la comunicación entre el controlador y el software donde se desarrolló la interfaz (Intouch) es muy

eficiente, fácil de configurar y no presenta problemas una vez que se estableció la comunicación.

- La interfaz gráfica desarrollada en el software Intouch permite al operador realizar el manejo de la estación de una manera sencilla, intuitiva y eficaz, incluso operadores que no tengan un conocimiento profundo de la estación, son capaces de manejarla, gracias a las pantallas de ayuda.
- La simulación de los movimientos de los actuadores permiten que el operador tenga una clara idea de las acciones que se llevan a cabo en la estación sin necesidad de observar la estación.
- Los elementos como botones e indicadores utilizados en las pantallas desarrolladas, ofrecen un mayor atractivo a la interfaz, esto fue posible gracias a la librería gráfica de Archetra.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se han cumplido los objetivos propuestos en el presente proyecto, habiéndose conseguido la rehabilitación de las estaciones hidráulica HYD-2800 y neumática PN-2800 del Laboratorio de Robótica del Departamento de Eléctrica y Electrónica.
2. Se encontraron las estaciones disfuncionales en un porcentaje considerable. La falla más importante, fue la carencia de un controlador funcional, que permitiera gobernar el sistema para cada una de las estaciones.
3. Después de identificar y solventar las fallas en las conexiones, se realizaron planos que permitieron documentar las conexiones eléctricas, neumáticas e hidráulicas definitivas, ofreciendo al usuario la posibilidad de manipular fácilmente las conexiones en caso de ser necesario.
4. Tomando en cuenta las características de cada una de las estaciones se resolvió utilizar, como dispositivos de adquisición y procesamiento de información, una tarjeta NI-DAQ USB-6008 y un controlador lógico programable Modicon Compact 984-A130 para la estación hidráulica HYD-2800 y la estación neumática PN-2800 respectivamente.
5. Las nuevas interfaces HMI (Humano-Máquina) implementadas en las estaciones del Laboratorio de Robótica del Departamento de Eléctrica

y Electrónica, han sido diseñadas cumpliendo normas de la guía GEDIS, permitiendo así un entorno amigable para que el usuario pueda realizar una operación eficiente del sistema.

6. Para llevar a cabo la rehabilitación de las estaciones fue necesario poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, permitiendo así identificar la importancia de los mismos en una aplicación real.

Recomendaciones

1. En caso de realizarse un mantenimiento a las estaciones hidráulica HYD-2800 y neumática PN-2800, se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas de los elementos a manipular con el fin de no deteriorar los mismos.
2. Se debe tener en cuenta que el PLC Modicon Compact presente en la estación neumática PN-2800 no posee batería de respaldo, por lo cual todo programa que se encuentre cargado en el PLC se perderá el momento en el que éste se desenergice. Se recomienda crear un respaldo del programa cada vez que se decida apagar el ordenador.
3. Si bien es cierto que el regulador de la unidad de potencia neumática presente en la estación PN-2800 puede regular la presión de trabajo en un rango de 1 a 6 bares, se recomienda fijar la misma en 6 bares, de esta manera se asegura un mejor desempeño de los actuadores neumáticos.
4. En caso de realizar una nueva aplicación de la estación neumática PN-2800, se recomienda la actualización del software de programación con el fin de tener un mayor número de líneas de programación.

5. Se recomienda realizar prácticas de laboratorio en la estación hidráulica HYD-2800 con el fin de analizar la influencia de cada articulación en el desenvolvimiento global de la estación.
6. En la actualidad la estación neumática PN-2800 cuenta con cinco electroválvulas funcionales y disponibles, por lo cual se puede realizar la instalación de nuevos actuadores neumáticos con el fin de realizar un proceso más complejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arquer. (2008). *NTP 659: Carga mental de trabajo: diseño de tareas*. Recuperado el 16 de marzo de 2015, de http://www.prevencionlaboral.org/pdf/NTP/ntp_659.pdf
- Ávila&Rodas. (2008). Reconstrucción del sistema de control y modernización de los equipos de la máquina de rayos x para el análisis de neumáticos radiales 4x4. Cuenca.
- Escalera&Rodriguez. (s.f.). Recuperado el 8 de 12 de 2014, de Actuadores Neumáticos: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>
- Granollers&Ponsa. (s.f). *Diseño Industrial*. Recuperado el 16 de marzo de 2015, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/pantalla.pdf>
- NATIONAL INSTRUMENTS. (2004-2005). NI USB-6008/6009. *USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI USB-6008/6009*, 24.
- NATIONAL INSTRUMENTS. (27 de Julio de 2011). *NI LabVIEW 2011 Silver Controls*. Obtenido de NI LabVIEW 2011 Silver Controls: <http://www.ni.com/white-paper/12892/es/>
- Ponsa&Díaz. (s.f). *Creación de guía ergonómica para el diseño de interfaz*. Recuperado el 16 de marzo de 2015, de <http://aipo.es/articulos/4/4.pdf>
- Wonderware. (2002). *Intouch HMI*. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de Wonderware Spain: <http://www.wonderware.es/contents/WonderwareInTouchHMI.asp>
- Wonderware. (2002). *Tecnología Orchestra*. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de Wondwerware Spain: <http://www.wonderware.es/contents/WonderwareArchestrATechnology.asp>
- Wonderware. (s.f). *Modicon MODBUS Plus I/O Server Users Guide*. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de <http://plataforma.astor.com.pl/files/getfile/id/1625>

