



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MODULAR
DIDÁCTICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROCESO DE
TAPADO DE CAFÉ PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA DE LA ESPOCH”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

FRANKLIN VINICIO GALLARDO VELASCO

EDISON JAVIER HIDALGO GUACHO

Riobamba – Ecuador

2011

El desarrollo del presente proyecto lleva la inmensa gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica, por abrirnos las puertas hacia el conocimiento científico y facilitar todo el equipo tecnológico necesario para la realización de nuestra tesis.

A nuestros Maestros Ing. Pablo Guevara, Ing. Marco Viteri, quienes con humildad, sinceridad y responsabilidad, supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos.

AGRADECIMIENTO

A los Ingenieros Pablo Guevara, Paul Romero, por ser excelentes docentes y gran amigos.

Al Ing. Marco Viteri por apoyarme en la implementación de mi tesis y compartir sus conocimientos.

A mi Madrecita querida, que siempre estuvo a mi lado, en mis alegrías y en mis tristezas, en mis fracasos y en mis triunfos, gracias a su apoyo económico y moral, logré cumplir mi Sueño esperando que se sienta orgullosa de mi Triunfo.

A mi confidente, amiga, consejera, hija, y hermana que siempre estuvo incondicionalmente a mi lado apoyándome, gracias Mary por haber cuidado siempre de la persona que más quiero, mi madre.

A mis Tíos que han sido como mi segundo hogar, que con su apoyo moral y económico siempre contribuyeron para que este castillo se haya hecho realidad.

Franklin

DEDICATORIA

A mi Dios, por ser mi principio y mi final, por ser mi magnífico instructor quien me dio sentido a mi vida, El que nunca me dejó desmayar frente a las adversidades que se me presentaron.

A mi Madrecita, a mi preciosa hermanita que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente, pase lo que pase con nuestras vidas, siempre seremos un trípode.

A mi familia, por sus consejos sabios y oportunos, por haber sido el refugio de mis alegrías y tristezas, gracias por formar parte de mi vida.

A mi Tíos Carmen y Washington que no tan solo se conformaron con mirar mi carrera hacia el éxito, sino que fueron parte de esta carrera, si yo caminaba ellos corrían, y si yo corría ellos volaban, simplemente nunca me dejaron solo.

A todos mis amigos, muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes.

Franklin

A DIOS

Por regalarme una oportunidad de vida, brindarme una familia maravillosa, y ser mi guía en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Patricio y Byron, por brindarme su apoyo incondicional y sus lecciones de vida, que sin importar las adversidades y retos que la vida nos ha propuesto, han sabido conllevarlas y superarlas como lo que son “los mejores”.

Y de manera infinita a los seres que más quiero, respeto y que nunca olvidare, mis padres quienes no sólo me otorgaron la vida, sino que me regalaron su amor y cariño, gracias por sus esfuerzos e ímpetus por brindarme lo mejor de este mundo, por creer en mí y enseñarme a vivir.

“Nada es igual sin ustedes, los amo”.

EDISON

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes.

**DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Paúl Romero

**DIRECTOR DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CONTROL
REDES INDUSTRIALES**

.....

.....

Ing. Pablo Guevara

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. José Guerra.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“Nosotros, **Franklin Vinicio Gallardo Velasco** y **Edison Javier Hidalgo Guacho** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

.....

.....

Franklin Vinicio Gallardo Velasco

Edison Javier Hidalgo Huacho

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
API	autómata programable industrial Comité Consultative International de Telegraphie
CCITT	Telephonie
CPU	Unidad central de procesamiento.
DC	Corriente Directa
DCE	Data Communication Equipment
DIN	Instituto Alemán de Normalización
DTE	Data Terminal Equipments
E/S	Entrada/Salida
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory
EMI	ElectroMagnetic Interference
fcem	Fuerza Contraelectromotriz
FIP	Factory Instrumentation Bus
GPIBs	Buses de Intercambio de Propósito General.
GRAFCET	GRAphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions
HMI	Interfaz Hombre Máquina
IEEE	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos
IEC	International Electrotechnical Commission
IP	Internet Protocol

ISO	international organization for standardization
Kbps	kilo bytes porSegundo
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
LAN	network area local
LRC	Chequeo de Redundancia Longitudinal
MTU	Unidad terminal maestro
MMI	Metal Manufacturing Industries
NI	National Instruments
NTC	coeficientenegativo de temperatura
OPC	OLE forProcess Control
OSI	Open System Interconnection
PC	Computadora Personal
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Programmable Logic Controller
PROFIBUS	PROcess Field BUS
PSTN	red telefónica pública
PTC	coeficiente positivo de temperatura
PVC	Policloruro de vinilo
RAM	random access memory
RTD	Resistencias Detectoras de Temperatura
RFI	Radio Frequency Interference
rpm	Revoluciones por minute
RTU	Unidad Terminal Remota
ROM	read-only memory

RXD	Received eXchange Data
SCADA	Supervisory Control And Data Adquisition
STP	Shielded Twisted Pair
TCP	Transmission Control Protocol
TIA	Telecommunications Industry Association
TP	twisted pair
TXD	transeivereXchange Data
UPS	uninterruptible power supply
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
VCC	VoltajeCorriente Continua
VI	Instrumento Virtual
WAN	wide area network

INDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Comparación de modo ASCII / RTU.....	56
Tabla II.II. Rangos de direcciones Modbus.	58
Tabla II.III. La familia PROFIBUS.....	62
Tabla. IV.IV Tipos de válvulas de regulación.....	93
Tabla. IV.V. Válvulas de control.	94
Tabla VI.VI Posiciones del cilindro	119
Tabla. VI.VII Especificaciones técnicas de un cilindro neumático.	123
Tabla. VI.VIII. Especificaciones técnicas, cilindro neumático Norgen.....	125
Tabla. VI.IX Especificaciones técnicas del cilindro simple efecto NORGEN. ...	126
Tabla. VI.X Especificaciones técnicas del cilindro compacto de doble efecto.	128
Tabla VI.XI Especificaciones técnicas de electroválvula 5/2.	129
Tabla. VII.XII. Factores de selección del sensor fotoeléctrico.	135
Tabla. VII.XIII. Requisitos de Hardware	148
Tabla. VII.XIV Requerimientos Software	148
Tabla VII.XV Tipos de datos en LabVIEW®.....	151
Tabla. VII.XVI. Características de un cable preequipado.	155
Tabla. VII.XVII Identificación de las entradas al PLC.....	158
Tabla. VII.XVIII Identificación de las salidas del PLC.	159
Tabla VII.IXX Asignación de entradas al PLC.	167
Tabla VII.XX Asignación de salidas del PLC.	168
Tabla VII.XXI Bits de memoria (%M).....	169
Tabla VII.XXII Configuración del temporizador (%TM).....	170
Tabla VII.XXIII Rango de direcciones utilizables para lectura y escritura.	174

INDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Sistema SCADA.	31
Figura II.2. Interfaz de operario.	34
Figura II.3. Esquema de los elementos de un sistema SCADA.....	35
Figura II.4: Esquema del conexionado para el MTU y el RTU.	35
Figura II.5 Esquema de conexiones de los elementos de un sistema SCADA..	37
Figura II.6 Cables UTP Industriales.	39
Figura II.7. Cable ITP.	39
Figura.II.8. Cable de bus triaxial.....	40
Figura II.9.Fibra óptica de vidrio estándar para aplicaciones industriales.....	41
Figura II.10: Esquema de conexión de equipos e interfaces de comunicación.	42
Figura II.11. Configuración de un sistema SCADA.	43
Figura II.12. Interfaz gráfica de un sistema SCADA.....	43
Figura II.13 Configuración de hardwar de comunicaciones para sistemas SCADA.	44
Figura II.14.Trama TTL.....	46
Figura II.15. Conexión integrada entre un PLC, una red LAN y un BUS I/O....	47
Figura II.16. Diagrama de la clasificación tipos de bus I/O en redes.	48
Figura II.17. Red Interbus S típica.	49
Figura II.18. Trama de protocolo CAN.	50
Figura II.19. Campo Petición modbus.	53
Figura. II.20. Trama Modbus.....	53
Figura II.21.Marco de mensaje ASCII.	55
Figura II.22. Marco de mensaje RTU.	56
Figura II.23. Ejemplo de una aplicación real con Modbus.	59
Figura II.24. Red administrativa y redes de campo.	60
Figura II.25. Protocolo Fieldbus y su comparación con el modelo OSI	61
Figura II.26. Interfaz de comunica red industrial.	62
Figura II.27. Drivers OPC de cada fabricante de software SCADA.....	63
Figura II.28. Arquitectura OPC.	64
Figura II.29. Niveles de una red Industrial.	65

Figura II.30. Esquema general de un HMI.	66
Figura II.31. Estructura de un objeto Lookout.	70
Figura III.32. Ejemplos de activadores manuales.	73
Figura. III.33. Luces pilotos utilizados en la industria	73
Figura. III.34. Botonera industrial.	73
Figura. III.35. Cajas Plásticas industriales.	74
Figura III.36 Sensores de final de carrera.	75
Figura III.37. Sensor Inductivo.	75
Figura III.38. Sensor Magnético.	76
Figura III.39. Sensor Capacitivo	77
Figura II.40 Sensor Óptico	78
Figura III.41 RTD.	79
Figura III.42 Motores eléctricos.	80
Figura. III.43. Relés.	81
Figura. IV.44. Desarrollo constructivo de un cilindro.	84
Figura. IV.45. Cilindro de simple efecto.	85
Figura. IV.46. Funcionamiento de un cilindro de embolo.	86
Figura. IV.47. Funcionamiento de un cilindro de membrana.	86
Figura. IV.48. cilindros de membrana enrollable.	87
Figura. IV.49. Cilindro doble efecto	87
Figura. IV.50. Cilindro de doble efecto.	88
Figura. IV.51. Funcionamiento de un cilindro de diferentes posiciones.	88
Figura. IV.52. Funcionamiento de un cilindro de percusión.	89
Figura. IV.53. Componentes de un circuito neumático.	91
Figura. IV.54. Nomenclatura utilizada en los elementos motrices	92
Figura. IV.55. Simbología de los cilindros neumáticos.	92
Figura IV.56 Grupos secuenciales.	96
Figura IV.57 Generación de líneas de alimentación.	97
Figura. IV.58. Niveles de diseño de circuitos neumáticos.	98
Figura V.59 Diagrama de un PLC en un control de procesos	100
Figura. V.60. Arquitectura de un PLC.	101
Figura. V.61. Unidades funcionales del PLC	101

Figura. V.62. representación de una etapa.....	107
Figura V.63. Etapa Activa.	107
Figura V.64. Reagrupación de etapas.	108
Figura V.65. Transición que une la etapa 1 con la etapa 2.....	108
Figura. V.66. Divergencia en O.	109
Figura. V.67. Divergencia en Y.	109
Figura. V.68. Secuencia única.	110
Figura. V.69. Secuencias simultáneas.....	111
Figura VI.70 perfil de aluminio.....	113
Figura VI.71 bancada.	113
Figura VI.72 Deslizadores de envases y tapas (mm)	114
Figura VI.73 Banda transportadora	115
Figura VI.74 Sujeción y roscado	116
Figura VI.75 Modulo completo	117
Figura VI.76 Diagrama de bloques del proceso de tapado de envases.....	118
Figura. VI.77. partes principales de un cilindro Airtac.	124
Figura VI.78. Cilindro neumático de simple efecto NORGEN.....	126
Figura. VI.79. Radio de la tapa de café.	127
Figura. VI.80. Cilindro de tipo compacto.	128
Figura. VI.81 Electroválvulas 5/2 monoestable, mando electroneumático....	128
Figura VI.82 Montaje de una electroválvula en un manifold.....	129
Figura VI.83. Control de flujo y su símbolo.....	130
Figura VI.84 Racores instantáneos.	130
Figura VI.85. Unidad de mantenimiento.....	131
Figura VI.86 Circuito de potencia.	132
Figura. VII.87. Etapas principales del tapado de un envase de café.....	134
Figura VII.88. Ubicación del sensor fotoeléctrico en el dispensador.	136
Figura. VII.89. Resistencia a perturbaciones electromagnéticas.	137
Figura. VII.90. diámetro de luz del Sensor fotoeléctrico	138
Figura. VII.91. Sujeción y ajuste del envase de café.	139
Figura. V.92. Sensor Final de carrera.	140
Figura. VII.93. Presencia de la botella en el área de tapado	141

Figura. VII.94. sensor magnético CS1-E	142
Figura. V.95. Ubicación de un sensor magnético en los cilindros.	142
Figura. VII.96. Ubicación de los sensores en cada cilindro	143
Figura. VII.97. Asignaciones utilizadas en el PLC Twido.	144
Figura. VII.98. Partes de un controlador modular.....	145
Figura. VII.99. Interfaz de usuario del TwidoSuite v2.2	146
Figura. VII.100 Ejemplo de un programa de Lista	147
Figura. VII.101. Ejemplo de Diagramas de Contactos o Ladder.....	147
Figura VII.102 Panel Frontal.....	149
Figura VII.103 Controles.....	150
Figura VII.104. Indicadores.....	150
Figura VII.105. Panel de Programación o diagrama de bloques	150
Figura VII.106 Paleta de controles	152
Figura. VII.107. Ubicación de los sensores fotoeléctricos.	153
Figura. VII.108. Ubicación de los sensores magnéticos en los cilindros neumáticos.	154
Figura. VII.109. Módulo de conexiones E/S AB7.....	155
Figura. VII.110. conexiones entre el PLC y el módulo AB7.....	156
Figura. VII.111. Etapas del sistema eléctrico del módulo envasador de café.156	
Figura VII.112. Estructura graficet del proceso de envasado de café.	161
Figura. VII.113. Puertos de comunicación del PLC Twido TWDLCAE40DRF ...	164
Figura. VII.114. Configuración de la comunicación Ethernet.	165
Figura VII.115. Configuración del puerto Modbus.....	166
Figura VII.116. Panel frontal del subVI MENÚ PRINCIPAL.....	171
Figura VII.117. Diagrama de Bloques del subVI MENÚ PRINCIPAL.....	171
Figura. VII.118. Editor de variables OPC Servers.	173
Figura VII.119 Configuración de un indicador booleano para asignar una dirección OPC.....	175
Figura VII.120. Panel de monitoreo Automático.	175
Figura VII.120. Diagrama de bloques del panel de monitoreo Automático. ..	176
Figura VII.121. Panel de Control Manual.....	177
Figura VII.122. Diagrama de bloques del panel de control manual.	177

Figura VII.123. Panel de registros de envases.	178
Figura VII.124. Diagrama de bloques del panel de registros de envases.	179

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INTRODUCCION

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1	JUSTIFICACIÓN	24
1.2	ANTECEDENTES	25
1.3	OBJETIVOS	27
1.3.1	GENERAL.....	27
1.3.2	ESPECIFICOS	27

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEORICO

2.1	Sistemas SCADA	29
2.1.1	ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS SCADA Y DCS	29
2.1.1.1	PRESTACIONES DE UN SISTEMA SCADA.....	31
2.1.2	FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA SCADA.....	32
2.1.3	ELEMENTOS DEL SISTEMA Un sistema SCADA está conformado por:	33
2.1.3.1	LA RTU	35
2.1.3.2	LA MTU.	36
2.1.4	PRESTACIONES	37
2.1.5	REQUISITOS DE UN SISTEMA SCADA.....	37
2.1.6	TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	38
2.1.6.1	MEDIOS DE COMUNICACIÓN PARA SISTEMAS SCADA	38
2.1.6.1.1	Por Cable.....	38
2.1.6.1.2	Por Radio	41
2.1.7	COMUNICACIONES	41
2.1.8	MÓDULOS DE SOFTWARE	42
2.1.8.1	CONFIGURACIÓN.....	42
2.1.8.2	Interfaz gráfico del operador	43
2.1.8.3	Módulo de proceso.....	43
2.1.8.4	Gestión y archivo de datos.....	43

2.1.8.5 Comunicaciones	44
2.2 PROCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	44
2.2.1 LA INTERFAZ SERIAL RS-232	44
2.2.1.1 SERIALES SÍNCRONAS	44
2.2.1.2 SERIALES ASÍNCRONAS	45
2.2.2 BUSES DE CAMPO.....	46
2.2.2.1 PROCOLOS DE LOS BUSES Y REDES DE CAMPO INDUSTRIALES. ...	47
2.2.2.1.1PROCOLOS DE BUSES DE DISPOSITIVOS.....	48
2.2.2.1.2PROCOLOS DE REDES CON BUSES DE PROCESO	51
2.3 Interface de Comunicación.....	62
2.3.1 Drivers OPC	62
2.3.1.1 Interface OPC.....	63
2.3.1.2 Arquitectura OPC	64
2.4 Redes Industriales	64
2.4.1 Niveles de las Redes Industriales	64
2.5 INTERFACES HMI (Interfaz Hombre Máquina)	65
2.5.1 TIPOS DE HMI.....	66
2.5.2 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI	66
2.5.3 Tareas de un Software de Supervisión y Control	67
2.5.4 Tipos de Software de Supervisión y Control para PC.....	67
2.6 SOFTWARE SCADA	69
2.6.1 COMPARACIONES DE SOFTWARE	69
CAPITULO III COMPONENTES ELECTRICOS	
3.1 SENSORES.....	72
3.1.1 Los activadores manuales.....	72
3.1.2 Sensores	74
3.1.2.1 Sensores discretos.....	74
3.1.2.2 Los sensores analógicos.	78
3.1.3 Normas de los sensores industriales.....	79
3.2 ACTUADORES.....	79
3.2.1 Actuadores Eléctricos	80
3.2.2 Actuadores Electromagnéticos.....	80

3.3	Motores de DC.	81
3.3.1	Características.	81
3.3.2	Partes principales de un motor.	81

CAPÍTULO IV COMPONENTES NEUMATICOS

4.1	ACTUADORES NEUMÁTICOS DE TIPO LINEAL	83
4.1.1	CILINDROS	83
4.1.1.1	TIPOS DE CILINDROS NEUMATICOS	85
4.1.1.2	Normalización ISO	90
4.2	Circuitos neumáticos.	90
4.2.1	Elementos o Componentes:	91
4.2.2	Métodos de diseño	95
4.2.3	Elaboración del circuito.....	97

CAPÍTULO V CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

5.1	Los Autómatas Programables	99
5.1.1	Arquitectura externa	100
5.1.2	Arquitectura interna	101
5.1.3	Secuencia de operación.	103
5.1.4	Interfaces de Entrada/Salida	103
5.1.5	Programación	104
5.1.6	Aplicaciones	105
5.2	Herramientas de automatización: GRAFCET	106
5.2.1	Metodología Grafcet	106
5.2.2	Etapas.....	107
5.2.3	Transición.....	108
5.2.4	Reglas de estructuras de uso frecuente	109
5.2.5	Estructuras Principales	110
5.2.5.1	Secuencia Única	110
5.2.5.2	Secuencias Simultáneas o paralelismo estructural.....	110
5.2.6	Implementación Del Grafcet.....	111

CAPÍTULO VI DESARROLLO DEL MODULO DIDACTICO

6.1	Bancada del módulo envasador.	112
6.3	Canal deslizador de envases y tapas.	114

6.4	Banda transportadora.	115
6.5	SUJECION Y ROSCADO.....	115
6.6	DESCRIPCION DEL PROCESO DE TAPADO DE ENVASES.....	117
6.7	CIRCUITOS NEUMATICOS	121
6.7.1	Selección de cilindros neumáticos	122
6.7.2	Selección de las electroválvulas	128
	Montaje de válvulas	129
6.7.3	Elementos adicionales en el circuito neumático.....	130
6.7.4	Circuito neumático.....	131

CAPITULO VII DESARROLLO DEL SISTEMA SCADA

7.1	Selección de los elementos eléctricos de la máquina.	133
7.1.1	Diseño Selección del sistema de generación y adquisición de datos del módulo.....	133
7.1.1.1	Selección de los elementos de generación de datos.....	133
7.1.1.2	Selección de los elementos de adquisición de datos	143
	Elementos de programación	151
7.2	Implementación del sistema electrónico.	152
7.2.1	Ubicación del sensor fotoeléctrico WT150-P162	152
7.2.2	Ubicación del sensor magnético.....	153
7.2.3	Diagrama eléctrico del sistema de adquisición de datos	154
7.2.4	Diagrama de conexiones eléctricas	156
7.3	Programación e interfaz HMI.	156
7.3.1	Programación del controlador lógico programable.	157
7.3.2	Programación del software HMI.	170
7.3.2.1	Pantalla de menú principal	170
7.3.2.2	Monitoreo automático.....	172
7.3.2.3	Panel de control Manual.....	176
7.3.2.4	Registro de envases.....	177

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

SUMARY
ANEXOS

INTRODUCCION

Un automatismo es un dispositivo que realiza una labor de manera automática de acuerdo a los parámetros con los cuales ha sido diseñado. Con un sistema automático se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la calidad y la precisión, y disminuyendo los riesgos que normalmente se tendrían en la tarea si fuese realizada en forma manual.

Con el avance de la tecnología, los procesos industriales han sufrido grandes cambios y quienes están involucrados de una o de otra forma con el tema, deben estar permanentemente informados acerca de los nuevos productos, métodos de proceso, solución de fallas, sistemas de control, etc.

Prácticamente todas las industrias alrededor del mundo poseen al menos un pequeño sistema automático, lo cual significa que la automatización es un área que está permanentemente en contacto con el hombre.

Los automatismos están compuestos de tres partes principales, como son la obtención de señales por parte de los sensores, el procesamiento de dichas señales hecho por los procesadores inteligentes y la ejecución de respuestas efectuadas por los actuadores.

LabVIEW® como herramienta desarrolladora de software dio lugar a la obtención de una interfaz gráfica manejadora del sistema de control y monitoreo, el cual permite la toma de decisiones en tiempo real, es decir el tiempo de respuesta ante situaciones de alerta es el mínimo requerido.

El sistema autómatas (PLC), cumple un rol muy importante, cada entrada y salida tanto analógica como digital son manipuladas y ajustadas para el proceso de recolección de datos, los mismos son procesados por el software desarrollado en LabVIEW® localizado en el ordenador central. Dependiendo de la toma de decisión en el programa se obtendrá señales

enviadas al autómatas (PLC) y posteriormente tanto actuadores como alarmas serán activadas, obedeciendo la sentencia indicada.

Todo el proceso se desarrolla en un ambiente de acceso remoto, desde diferentes estaciones de monitoreo, ya que el presente módulo es didáctico los estudiantes podrán aplicar de forma práctica, los conocimientos adquiridos en las aulas, realizando diversos talleres prácticos de laboratorio de automatización industrial, dependiendo del uso que del tutor de cátedra.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista pedagógico, las prácticas son una parte muy importante para la educación de los estudiantes en todas las carreras de ingeniería. Con la aplicación de los conocimientos teóricos los estudiantes aprenden a solucionar problemas técnicos de sistemas complejos. Por eso es importante aplicar los métodos enseñados en clase, por medio de prácticas o proyectos. Además, permiten que el estudiante innove en la aplicación de técnicas avanzadas de control, de adquisición de datos, de optimización de los procesos, etc.

En la actualidad la Escuela de Ingeniería Electrónica, tiene un déficit de módulos didácticos en sus laboratorios de las aéreas técnicas para la aplicación de conocimientos teóricos como de automatización industrial, neumática, instrumentación y sensores.

En vista de la necesidad, de no contar con un equipamiento óptimo para la aplicación de los conocimientos teóricos, se toma como iniciativa construir un módulo didáctico, el cual puede ser usado para simular un verdadero equipo de producción industrial de complejidad variable, ya que el sistema puede ser adaptado para satisfacer el grado de conocimiento de cada estudiante.

Además ayudará a conocer el funcionamiento y comportamiento de dispositivos como actuadores, sensores, sistemas electrónicos y computacionales asociados para desarrollar plantas típicas donde se puedan mostrar efectos físicos, eléctricos y mecánicos mediante diversas prácticas. Para lo cual el sistema modular contará con un canal deslizador donde se almacenaran los envases llenos de café a ser tapados, los cuales se los trasladara a la banda transportadora con un actuador neumático, siempre y cuando el sensor de luz detecte si existen envases en el canal deslizador, mientras que la banda transportadora movida por un motor de DC, se encargará de trasladar los envases hacia el brazo de sujeción donde lo estabilizará mientras el brazo electro neumático efectúa su respectivo tapado, seguidamente los envases tapados se trasladarán a un contenedor donde podrán ser revisados por el personal de control de calidad, y además por medio de la interfaz (software y hardware) poder controlar y monitorear los procesos industriales de manera educativa y didáctica dentro del laboratorio de instrumentación y sensores de la Escuela de Ingeniería Electrónica.

1.2 ANTECEDENTES

La ESPOCH es una institución con personería jurídica de derecho público totalmente autónoma, se rige por la Constitución Política del Estado ecuatoriano, la ley de educación superior y por su propio estatuto y reglamentos internos y tiene su domicilio principal en la ciudad de Riobamba.

Tiene su origen en el Instituto tecnológico Superior de Chimborazo, creado mediante Ley No.6090, expedida por el Congreso Nacional, el 18 de abril de 1969. Inicia sus actividades académicas el 2 de mayo de 1972 con las Escuelas de Ingeniería Zootécnica, Nutrición y Dietética e Ingeniería Mecánica. Se inaugura el 3 de abril de 1972.

Es una Institución pública que fundamenta su acción en los principios de: autonomía, democracia, cogobierno, libertad de cátedra e inviolabilidad de sus predios. Estimula el respeto de los valores inherentes de la persona, que garantiza la libertad de pensamiento, expresión, culto, igualdad, pluralismo, tolerancia, espíritu crítico y cumplimiento de las Leyes y normas vigentes.

La Escuela de Ingeniería Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, tiene un reconocido prestigio en la formación integral de profesionales líderes, honestos y preparados con vocación para contribuir al desarrollo científico, técnico, social, económico e industrial del país.

Esta área de la Ingeniería, por su visión y conocimiento de la Electrónica, las telecomunicaciones y la informática, puede optimizar la calidad de vida de la comunidad y reducir el impacto ambiental que actualmente la industria concibe por sus operaciones, permitiendo así el desarrollo de la organización.

La Escuela de Ingeniería Electrónica goza de dos especialidades, Ingeniería en control y redes industriales e Ingeniería en Telecomunicaciones Y Redes, tomando en cuenta que las especialidades ya mencionadas son nuevas, y pese al gran esfuerzo que se hace por parte del personal docente por impartir los conocimientos necesarios para iniciarse en el campo profesional, sus laboratorios no brindan las facilidades suficientes para complementar el aprendizaje teórico con la parte práctica.

La especialidad de control y redes industriales tiene la necesidad de equipar el laboratorio de instrumentación y sensores, con sistemas didácticos que permitan introducir en el área de la automatización Industrial. A través de la familiarización y manipulación de componentes fundamentales que se manejan hoy día en la industria y que muy seguramente todo ingeniero que haga parte de este sector la encontrara, con dispositivos de campo y Software para la Supervisión y control de procesos Industriales.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Realizar el diseño e implementación de un sistema modular didáctico para el control y monitoreo de un proceso de tapado de café, para la Escuela de Ingeniería Electrónica de la ESPOCH.

1.3.2 ESPECIFICOS

- Diseñar los circuitos eléctricos, electrónicos y neumáticos para el funcionamiento adecuado del módulo didáctico para el tapado del envase de café.
- Diseñar un sistema SCADA utilizando un computador a través de LabVIEW®, para tomar la lectura de los parámetros de los diferentes sensores y actuadores del módulo.
- Diseñar y construir la bancada para la sujeción de los diferentes sensores, actuadores, elementos mecánicos, y cableado electrónico y neumático del módulo envasador.
- Diseñar y construir el dispositivo electro mecánico de traslado, locomoción, sujeción, y de tapado.
- Implementar el panel frontal para control del módulo de modo manual.
- Programar el PLC Telemecanique para el control de sensores y actuadores de acuerdo a las condiciones que el modulo requiera para el proceso de tapado de envases de café.

- Integrar y poner en funcionamiento el módulo didáctico, con sus respectivas pruebas de funcionamiento.
- Desarrollar un manual técnico del sistema modular didáctico, junto con un manual de prácticas para el estudiante.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

Se trata de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

2.1.1 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS SCADA Y DCS

Cada uno de los ítems de SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado,

otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio enlace, y luego vía puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, donde el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real.

La comunicación a nivel de campo se realiza mediante redes de campo que funcionan bajo protocolos de campo tales como: HART o MODBUS. Protocolos más sofisticados como PROFIBUS, FIELDBUS, constituyen las redes industriales.

Los programas y el hardware que se necesita para lograr esta arquitectura de trabajo es lo que constituyen el sistema SCADA. (*Figura II.1*)

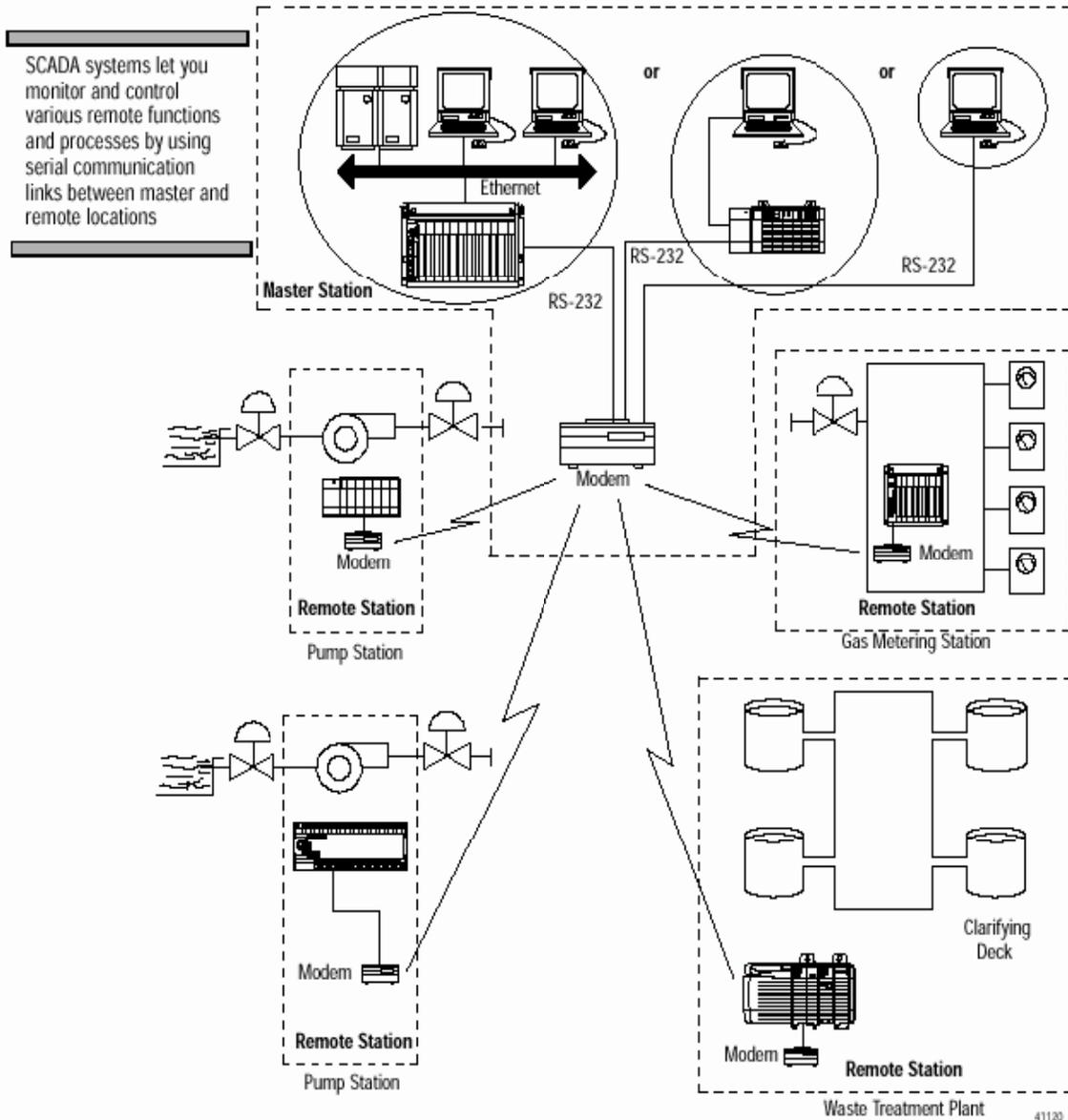


Figura II.1 Sistema SCADA.

2.1.1.1 PRESTACIONES DE UN SISTEMA SCADA

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.

- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del diseño y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.
- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).
Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

2.1.1.2 FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMASCADA

- *Supervisión remota de instalaciones y equipos:* Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- *Control remoto de instalaciones y equipos:* Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- *Procesamiento de datos:* El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros

puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

- *Visualización gráfica dinámica:* El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- *Generación de reportes:* El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- *Representación de señales de alarma:* A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- *Almacenamiento de información histórica:* Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- *Programación de eventos:* Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

2.1.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA

Un sistema SCADA está conformado por:

Interfaz Operador - Máquina:

Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

Ejemplo de Interfaz de Operario (Figura II.2):

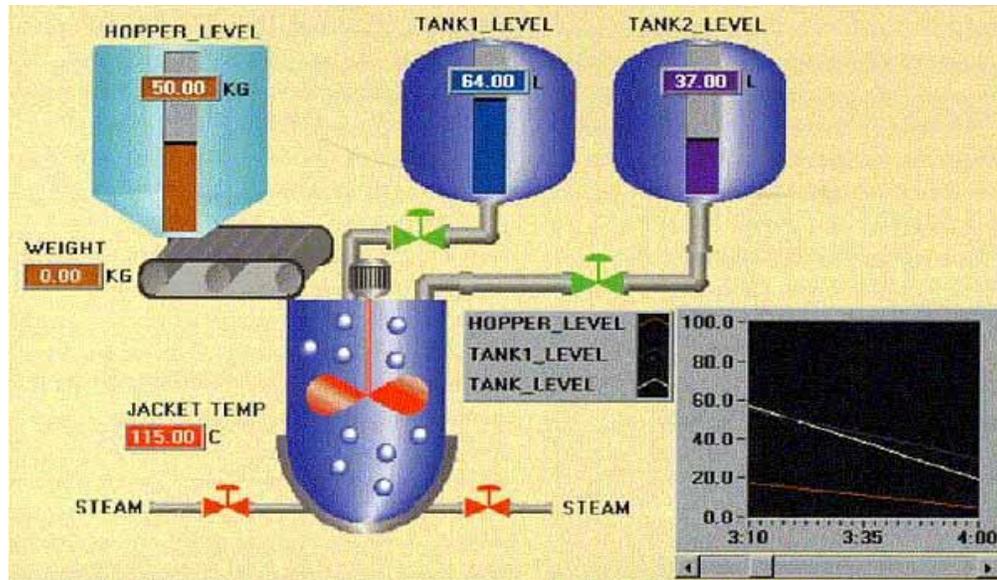


Figura II.2. Interfaz de operario.

Unidad Central (MTU): Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Unidad Remota (RTU): Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.

Sistema de Comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

Transductores: Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos, la siguiente Figura II.3 muestra los principales elementos de un

sistemaSCADA.

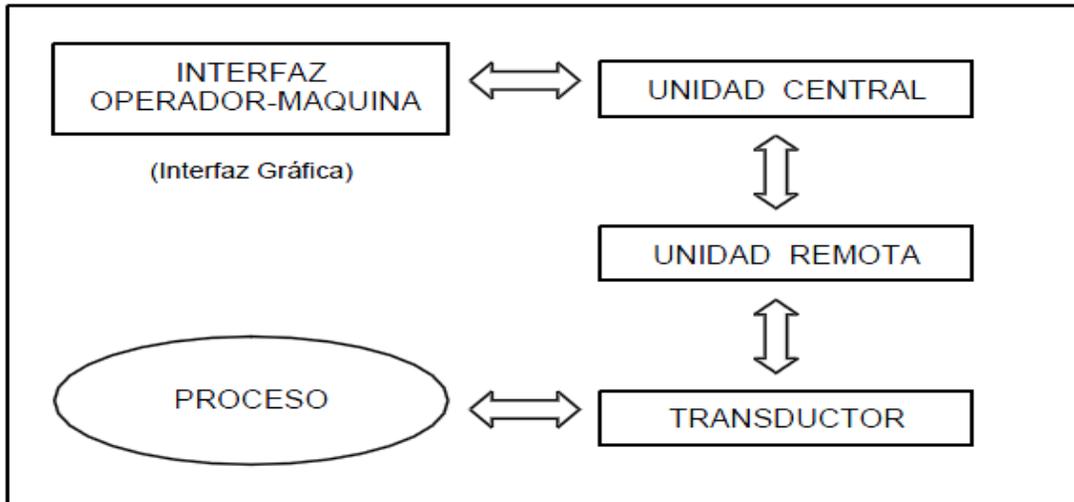


Figura II.3. Esquema de los elementos de un sistema SCADA.

En la siguiente figura II.4 se observa un esquema referente a las conexiones del MTU y el operador, y del RTU con los dispositivos de campo (sensores, actuadores).

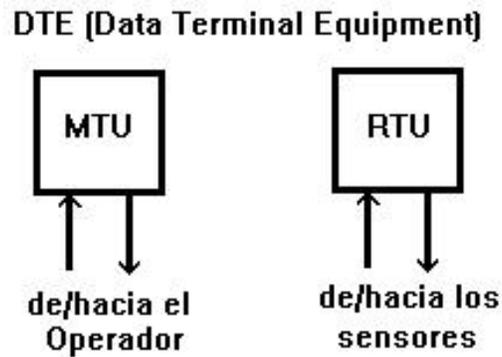


Figura II.4: Esquema del conexionado para el MTU y el RTU.

2.1.3.1 LA RTU

La RTU es un sistema que cuenta con un microprocesador e interfaces de entrada y salida tanto analógicas como digitales que permiten tomar la información del proceso provista por los dispositivos de instrumentación y control en una localidad remota y, utilizando técnicas de transmisión de datos, enviarla al sistema central.

Un sistema puede contener varios RTU, siendo capaz de captar un mensaje direccionado hacia él, decodificando lo actuando, respondiendo si es necesario, y esperar por un nuevo mensaje.

La conexión entre el RTU y los dispositivos de Campo es muchas veces realizados vía conductor eléctrico. Usualmente, el RTU provee la potencia para los actuadores y sensores, y algunas veces éstos vienen con un equipo de soporte ante falla en la alimentación de energía (UPS).

2.1.3.2 LA MTU.

La MTU, bajo un software de control, permite la adquisición de la data a través de todas las RTU ubicadas remotamente y brinda la capacidad de ejecutar comandos de control remoto cuando es requerido por el operador.

Normalmente el MTU cuenta con equipos auxiliares como impresoras y memorias de almacenamiento, las cuales son también parte del conjunto MTU.

En muchos casos el MTU debe enviar información a otros sistemas o computadoras. Estas conexiones pueden ser directas y dedicadas o en la forma de una red LAN.

La data adquirida por la MTU se presenta a través de una interfaz gráfica en forma comprensible y utilizable, y más aún esta información puede ser impresa en un reporte (Figura II.5.).

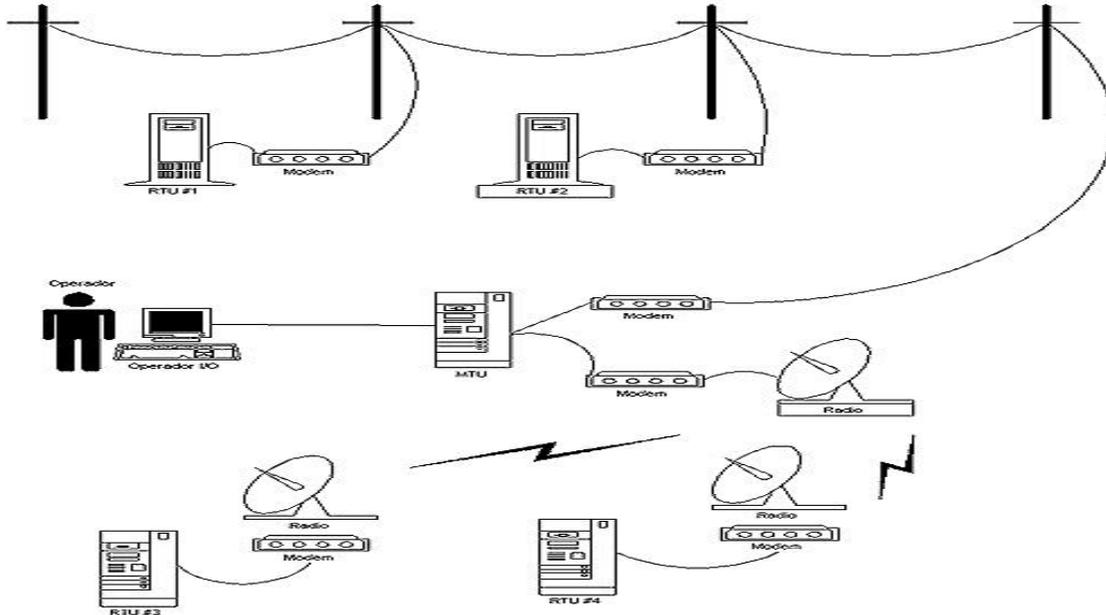


Figura II.5 Esquema de conexiones de los elementos de un sistema SCADA.

2.1.4 PRESTACIONES

Un paquete SCADA debe de ofrecer las siguientes prestaciones:

- *Posibilidad de crear paneles de alarma*, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- *Generación de históricos de señal de planta*, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- *Ejecución de programas*, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómatas, bajo ciertas condiciones.
- *Posibilidad de programación numérica*, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómatas, menos especializado, etc.
- Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

2.1.5 REQUISITOS DE UN SISTEMA SCADA

Un SCADA debe cumplir varios objetivos:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

2.1.6 TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, puertos GPIB, telefónica o satélite, radioenlaces, es necesario contar con computadoras remotas que realicen el envío de datos hacia una computadora central, esta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información.

Para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos de campo y la estación central de control y gestión, se requiere un medio de comunicación, existen diversos medios que pueden ser cableados (cable coaxial, fibra óptica, cable telefónico, UTP Cat 6) o no cableados (microondas, ondas de radio, comunicación satelital).

2.1.6.1 MEDIOS DE COMUNICACIÓN PARA SISTEMAS SCADA

La comunicación en los sistemas SCADA puede lograrse mediante los métodos siguientes:

2.1.6.1.1 POR CABLE.

Cables propietarios, cables (líneas) rentadas y fibra óptica pertenecen a esta categoría. Con las líneas propietarias se tiene la ventaja de que se puede emplearlas a voluntad y sin tener que compartirlas.

UTP

Para conectar el cableado horizontal se especifica el uso de cable UTP(Figura II.6)

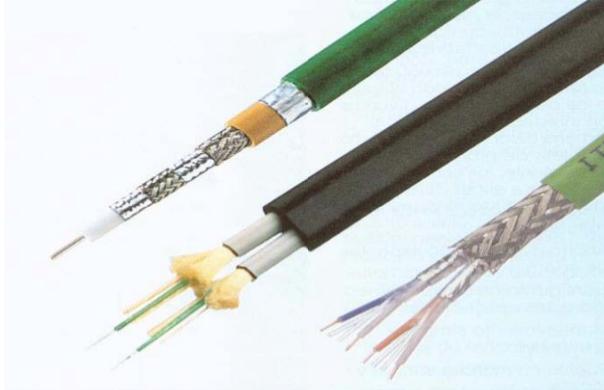


Figura II.6 Cables UTP Industriales.

La corrida del cable debe ser máximo de 90 m y los cables de empalme, tanto en el área de trabajo como en el cuarto de equipos, debe ser tal que den una longitud total de 10 m. Los cables que se emplean en la industria son variantes más resistentes que los cables UTP o Fibra óptica que se usan en las redes LAN tradicionales.

EL CABLE ITP

El medio de transmisión más antiguo es el par trenzado cuyo uso se difundió con la telefonía. Este consiste en dos alambres de cobre aislados, en general de 1 mm de espesor, que se entrelazan en forma helicoidal. La forma trenzada del cable se utiliza para reducir la interferencia eléctrica que puede venir desde otros cables o pares cercanos, o bien desde una fuente de interferencia EMI/RFI. Los pares rechazan mejor las interferencias estando trenzados. En las redes industriales el cable que se emplea es el ITP que se muestra en la Figura II.7.



Figura II.7. Cable ITP.

Se caracterizan por tener doble blindaje de muy alta estanqueidad para uso industrial donde se tiene bastante interferencia EMI/RFI y superan la categoría cinco del cable UTP de las LAN; lo que implica que se los puede emplear en aplicaciones de 100 Mbps. Se los puede utilizar, por ejemplo, para conexión entre armarios eléctricos.

CABLE TRIAXIAL

El cable triaxial, es otro medio típico de transmisión. Hay dos tipos de cable coaxial que se utilizan con frecuencia, uno de ellos es el cable de 50 ohmios, que se utiliza en la transmisión digital y es precisamente el coaxial de banda base; a diferencia del otro tipo, el cable de 75 ohmios, que se emplea en transmisión analógica.

El cable coaxial que se utiliza a nivel industrial (Figura.II.8) posee, a más de las características típicas de un cable coaxial, un blindaje adicional, de allí el nombre de cable triaxial para darle más solidez.



Figura.II.8. Cable de bus triaxial.

La mejor característica del cable triaxial es su elevada resistencia a la interferencia, gracias a la capa de blindaje extra que al conectarse a tierra lo vuelve "hermético" a altas frecuencias. Cumple con la norma IEEE 802.3 lo que indica que se le puede emplear para construir segmentos de bus industrial Ethernet 10Base 5. Gracias a la pantalla de aluminio exterior este cable es idóneo para tendido subterráneo. Las longitudes de este cable, cuando se usa un segmento completo, puede variar desde 2,5 m hasta 500m.

FIBRAS OPTICAS

Un pulso de luz puede utilizarse para indicar un bit de valor 1; la ausencia de un pulso indicará la existencia de un bit de valor 0. La luz visible tiene una frecuencia de alrededor de 108 MHz, por lo que el ancho de banda de un sistema de transmisión de fibra óptica presenta un potencial enorme.

Para aplicaciones industriales se emplea una fibra óptica diferente a la que generalmente se emplea en las redes de oficinas. Para la industria se emplean diferentes tipos de cable de fibra, todos con fibra de vidrio, dependiendo de la aplicación. Para tendido convencional o en edificios se emplea la fibra óptica estándar como la que se muestra en la figura II.9.



Figura II.9. Fibra óptica de vidrio estándar para aplicaciones industriales.

Su construcción es robusta lo que le permite ser empleada en aplicaciones industriales tanto interiores como exteriores.

2.1.6.1.2 POR RADIO

Se refiere a enlaces de comunicaciones por medio de transmisiones inalámbricas, empleando desde RF hasta Microondas. También se puede recurrir a enlaces satelitales.

Son convenientes cuando las comunicaciones vía cable o radio no son posibles debido a la distancia, terreno, etc. En este caso se recurre a la PSTN (red telefónica pública) que en nuestro caso sería LA CNT.

2.1.7 COMUNICACIONES

En una comunicación deben existir tres elementos necesariamente:

- Un medio de transmisión, sobre el cual se envían los mensajes
- Un equipo emisor que puede ser el MTU.
- Un equipo receptor que se puede asociar a los RTU.

El DCE son capaces de recibir la información de los DTE, hacer los cambios necesarios en la forma de la información, y enviarla por el medio de comunicación hacia el otro DCE, el cual recibe la información y la vuelve a transformar para que pueda ser leído por el DTE (Figura II.10).

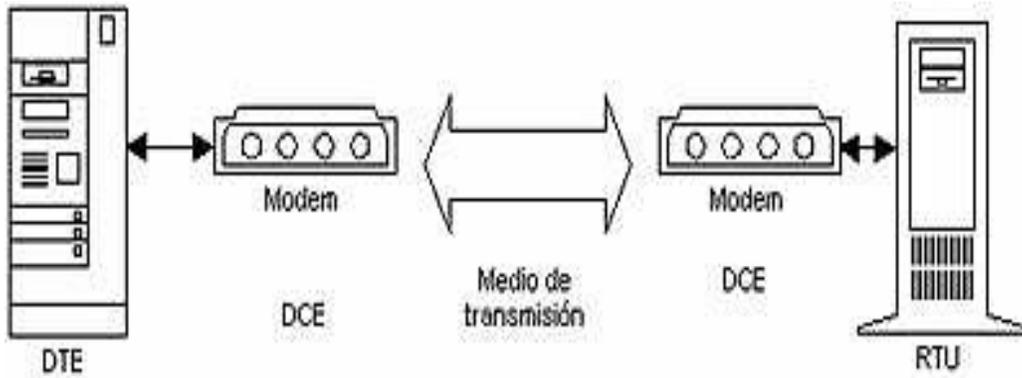


Figura II.10: Esquema de conexión de equipos e interfaces de comunicación.

2.1.8 MÓDULOS DE SOFTWARE

Los módulos o bloques software son los siguientes:

- Configuración.
- Interfaz Gráfico del Operador.
- Módulo de Proceso.
- Gestión de Archivo de Datos.
- Comunicación.

2.1.8.1 CONFIGURACIÓN

Permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar (Figura II.11.).



Figura II.11. Configuración de un sistema SCADA.

2.1.8.2 INTERFAZ GRÁFICO DEL OPERADOR

Proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos (Figura II.12.).

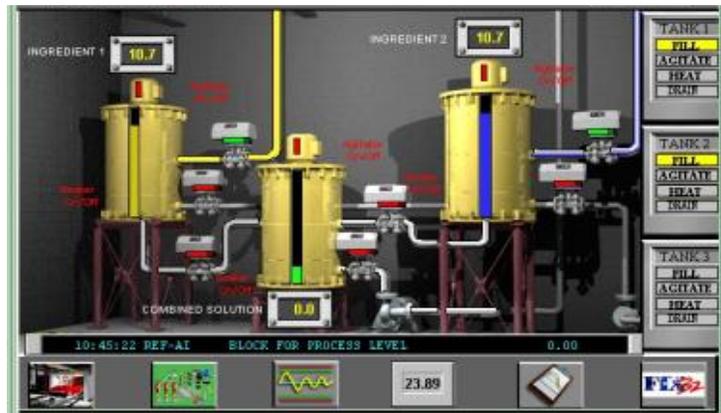


Figura II.12. Interfaz gráfica de un sistema SCADA.

2.1.8.3 MÓDULO DE PROCESO

Ejecuta las acciones de mandopreprogramadas a partir de los valores actuales de variablesleídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel(C, Basic, etc.).

2.1.8.4 GESTIÓN Y ARCHIVO DE DATOS

Se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación dispositivo pueda tener acceso a ellos.

2.1.8.5 COMUNICACIONES

Se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión (Figura II.13).

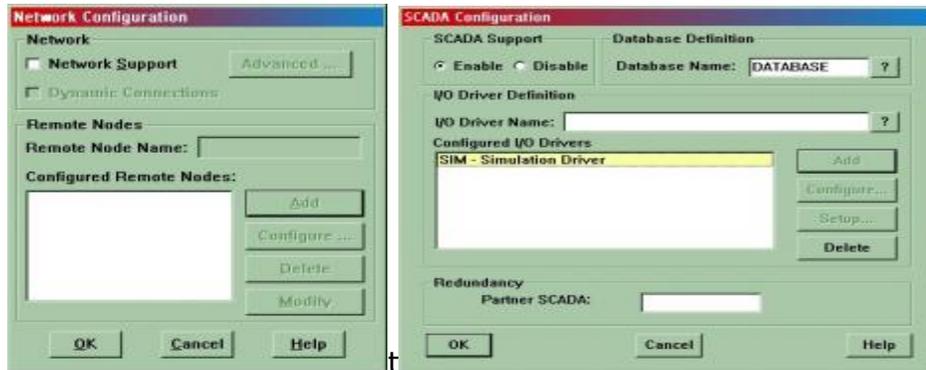


Figura II.13 Configuración de hardware de comunicaciones para sistemas SCADA.

2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas y procedimientos que permite a las unidades remotas y central, el intercambio de información. Los sistemas SCADA hacen uso de los protocolos de las redes industriales.

La comunicación entre los dispositivos generalmente se realiza utilizando dos medios físicos: cable tendido, en la forma de fibra óptica o cable eléctrico, o radio.

2.2.1 LA INTERFAZ SERIAL RS-232

Esta fue una de las primeras técnicas para transmitir datos digitales sobre un medio físico. Hay dos tipos de comunicaciones digitales seriales: síncronas y asíncronas.

2.2.1.1 SERIALES SÍNCRONAS

En una transmisión síncrona los datos son enviados un bit a continuación de otro por una línea que une la salida del transmisor, TXD, del un lado con la línea de recepción, RXD del otro lado). El transmisor y el receptor son sincronizados con una línea extra que trasmite pulsos de reloj que indican cuando un pulso es válido. La duración del bit está determinada por la duración de los pulsos de sincronismo. Como se puede entender, el uso de esta técnica

implica la existencia de un cable extra para llevar la señal de reloj, lo cual resulta en un costo extra. Esta técnica no se usa para las aplicaciones que aquí se analizan.

2.2.1.2 SERIALES ASÍNCRONAS

En la transmisión asíncrona no se emplea una señal de reloj, más bien se utiliza una técnica que recurre a "encapsular" los datos con un bit de inicio y uno o dos bits de parada, y así no es necesaria la línea extra de sincronismo.

Para encapsular con un bit de inicio y otro de parada los datos no es suficiente, hay otras reglas de transmisión sobre las que se deben poner de acuerdo el transmisor y receptor. Por ejemplo, mientras el estado de la línea está en alto, el receptor deberá interpretar como que no existe transmisión y, por lo mismo, el canal está en modo de espera. Cuando la línea de comunicación cambia de estado, el receptor debe interpretar ese cambio como el comienzo de la transmisión.

Cuando este cambia de estado por un transitorio, el algoritmo de comunicación debe instruir al receptor esperar cierto tiempo para volver a leer la línea y así asegurarse que el cambio de estado corresponde efectivamente al bit de inicio. Es aconsejable antes de iniciar cualquier comunicación con el puerto RS-232 se debe determinar el protocolo a seguir. Esto debe ser hecho por el usuario quien debe decidir la configuración de transmisión como:

- El numero bits de datos
- La paridad.
- El número de bits de parada.
- La velocidad de transmisión.
- El protocolo de control de flujo (RTS/CTS o XON/XOFF).

Con RS232C se puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7, u 8 bits aunque los más usados son 7 y 8 bits.

La velocidad de transmisión normalmente es de 9600 bits por segundo para aplicaciones industriales debe ser constante durante la transmisión de una trama para garantizar que los bits lleguen uno tras de otro en el momento correcto. Los bits de datos son enviados al receptor después del bit de inicio, el

bit menos significativo es transmitido primero. Dependiendo de la configuración de la transmisión, un bit de paridad es enviado después de los bits de datos. El propósito de cada uno de estos bits especiales se indica a continuación:

- i. Bit de inicio.- cuando el receptor detecta el bit de inicio sabe que la transmisión ha comenzado y es a partir de entonces que debe leer las señales de la línea a intervalos concretos de tiempo, en función de la velocidad de transmisión.
- ii. Bit de paridad.- con este bit se pueden descubrir errores en la transmisión. Se puede dar paridad par o impar. En la paridad par, por ejemplo, la palabra de datos a transmitir se completa con el bit de paridad de manera que el número de bits 1 enviados sea par.
- iii. Bit de parada.- indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada.

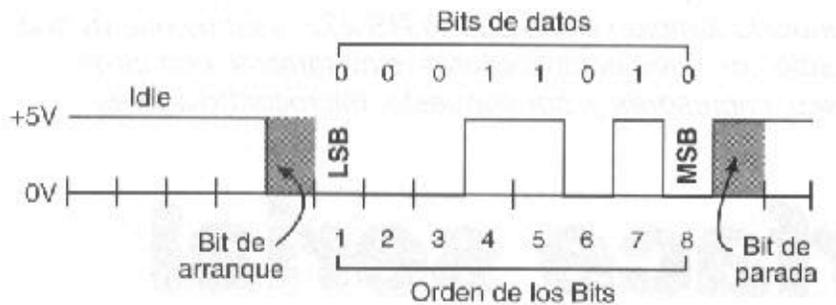


Figura II.14. Trama TTL.

En la Figura II.15 se muestra la trama con los voltajes correspondientes a la lógica TTL, la cual no se emplea en la norma RS-232.

El estándar RS-232 establece que un 1 lógico se represente con un voltaje entre -3V y -15V, mientras que un 0 lógico se represente con un voltaje entre +3V y +15V.

2.2.2 BUSES DE CAMPO

Las redes de campo industriales o, como también se las denomina, el Bus I/O (Entrada / Salida). Existen dos tipos de buses I/O; el bus de dispositivos y el bus de procesos. Las redes industriales o buses I/O permite a un PLC comunicarse con dispositivos de entrada y salida de manera similar a como en

una red de área local, PCs o PLCs supervisores se comunican con PLCs individuales.

La topología o arquitectura física de un bus I/O sigue la configuración de un bus o bus extendido, esto permite que dispositivos inteligentes como interruptores de fin de carrera, fotoeléctricos, magnéticos y de proximidad, se conecten directamente sea a otro PLC o a una LAN. La Figura II.15 ilustra una conexión típica entre un PLC, una red de área local y un bus I/O.

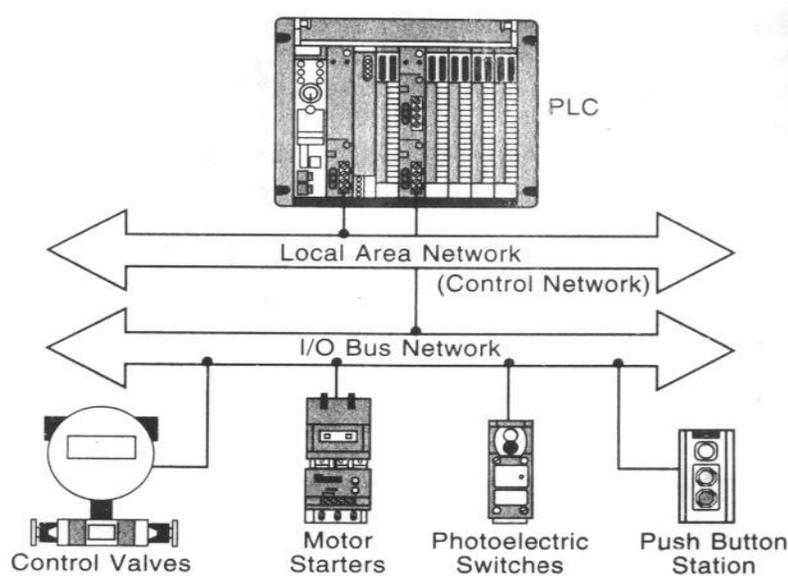


Figura II.15. Conexión integrada entre un PLC, una red LAN y un BUS I/O.

A un bus I/O se debe conectar dispositivos inteligentes (Figura II.18) donde lo de inteligente se puede traducir como un dispositivo que tiene los circuitos y la lógica para compartir el medio físico con otros dispositivos.

2.2.2.1 PROTOCOLOS DE LOS BUSES Y REDES DE CAMPO INDUSTRIALES.

TIPOS DE BUS I/O EN REDES.

Los buses I/O de redes pueden dividirse en dos diferentes categorías:

- Buses de dispositivos.
- Buses de proceso.

BUS DE DISPOSITIVOS

Es la interfaz con los dispositivos de campo de bajo nivel (pulsadores, interruptores de fin de carrera, etc), cuyo fin es proporcionar información respecto al estado de los dispositivos (ON/OFF) o al estado de operación (operación correcta / incorrecta). Estas redes generalmente transmiten solo desde unos pocos bits hasta varios bytes de datos en un determinado tiempo.

BUS DE PROCESO

El bus de procesos maneja grandes lotes de datos dando información acerca del proceso, así como de los mismos dispositivos de campo tales como, marca del equipo, fecha de último mantenimiento, etc.). La Figura II.16 ilustra la clasificación de los dos tipos de buses I/O

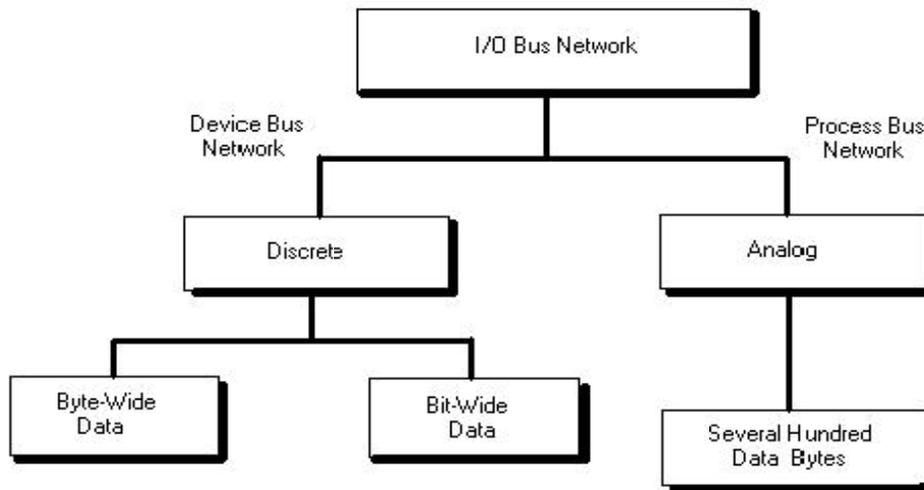


Figura II.16. Diagrama de la clasificación tipos de bus I/O en redes.

2.2.2.1.1 PROTOCOLOS DE BUSES DE DISPOSITIVOS

Tanto los buses de dispositivos como los de proceso transmiten su información de la misma manera, esto es digitalmente.

Los buses de dispositivos byte-wide más comunes están basados en las redes InterBus S y CANbus.

RED INTERBUS-S

sin la necesidad de hacer ningún cambio en el hardware ni en el software existente.

Las tramas de los mensajes son los elementos básicos de transmisión y van de un nodo emisor a uno o varios nodos receptores. Hay dos protocolos de comunicación:

El estándar.

Soporta mensajes con identificadores de 11 bits, y el expandido, que soporta de 11 y de 29 bits.

El mensaje está dividido en siete campos diferentes, cada uno de ellos con una función específica (Figura II.18).

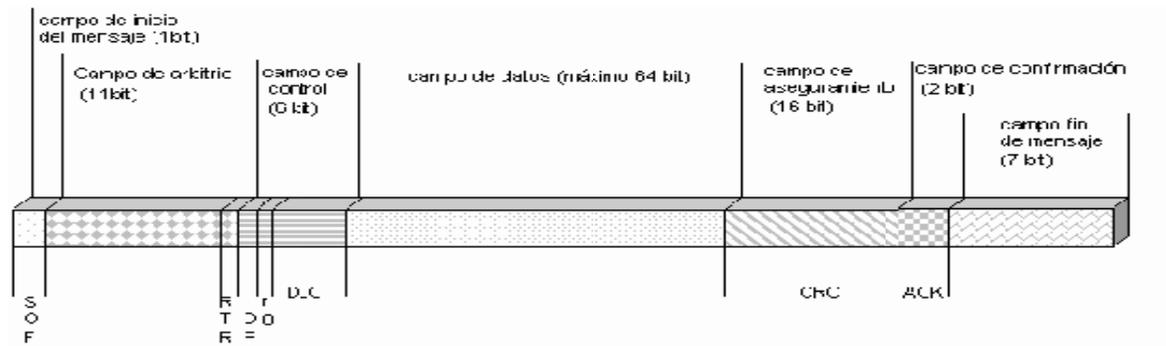


Figura II.18. Trama de protocolo CAN.

Multipuerto

Tiene un chip CAN esclavo que provee la información del estado de los dispositivos. Puede transmitir varios bytes de información en la forma de mensajes de longitud variable. Por esta razón puede conectarse a dispositivos inteligentes que pueden traducir uno, dos o más bytes de información desde la red a 16 o 32 bits de información tipo ON/OFF.

La velocidad de transmisión es de 1 Mbps hasta 40m y 100 Kbps hasta 800m. La red CANbus emplea 3 de las capas del modelo OSI y define tanto el método

de acceso al medio como la señalización a emplearse en la capa física. Provee CRC para el chequeo de errores.

2.2.2.1.2 PROTOCOLOS DE REDES CON BUSES DE PROCESO

Una red con buses de proceso es una red digital de comunicaciones, abierta y de alto nivel que se emplea para conectar dispositivos de campo análogos a un sistema de control. El tamaño de los paquetes de información de campo análogos es grande, debido a la naturaleza de la información que se recoge.

Los protocolos que se emplean en estas redes de proceso transmiten a velocidades de 1 a 2 Mbps, esta velocidad es adecuada debido a que los dispositivos análogos no responden instantáneamente como los discretos.

Un PLC o computadora se comunica con una red de proceso por medio de un módulo o tarjeta interfaz controladora que pueden emplear sea el formato del protocolo MODBUS, Fieldbus o Profibus. El procesador del bus de proceso generalmente se inserta dentro del gabinete del PLC.

Hay diversos buses según fabricantes y agrupaciones defabricantes, siendo los más extendidos los siguientes:

BITBUS.

Marca registrada por Intel. De bajo coste y altasprestaciones. Intel cedió a dominio público el estándar, por lo que se considera un estándar abierto. Está reconocido por la normativaIEEE 1118. Se trata de un bus síncrono, cuyo *protocolo se gestiona completamente mediante el microcontrolador 8044.*

S-BUS

No es un bus de campo propiamente dicho, sino un sistemamultiplexor/demultiplexor que permite la conexión de E/S remota a través de dos pares trenzados.

FIP (Factory Instrumentation Bus)

Impulsado por fabricantes y organismos oficiales franceses.

MIL-STD-1553B

Adoptado por algunos fabricantes en Estados Unidos.

MODBUSMODICON.

Marca registrada de GOULD INC. Define un *protocolo de comunicación de topología maestro-esclavo*.

El protocolo Modbus es un estándar interno que los controladores Modicon usan para el intercambio de mensajes. Con este protocolo, los controladores Modicon pueden comunicarse entre sí y con otros dispositivos sobre una variedad de redes, dentro de las que se incluyen las redes industriales Modicon, Modbus y ModbusPlus, y las redes Ethernet.

El protocolo define la estructura del mensaje que los controladores reconocen y usan. Describe también el protocolo de control de acceso al medio (MAC) y cómo se detectarán y reportarán los errores.

- **EL CICLO PREGUNTA - RESPUESTA**

Los dispositivos en una red Modbus se comunican usando la técnica maestro – esclavo, en la cual sólo un dispositivo (el maestro) puede iniciar transacciones. Los otros dispositivos (los esclavos) responden suministrando al maestro el dato solicitado, o realizando la acción solicitada en la petición. A esta forma de comunicación se conoce como el ciclo Pregunta – Respuesta.

- *LA PREGUNTA* Se refiere al mensaje de petición que envía el maestro a un esclavo. El código de la función en la pregunta dice qué tipo de acción debe realizar el dispositivo esclavo direccionado. Los bytes de datos contienen información adicional que el esclavo necesitará para realizar la función. Por ejemplo, la función código 03 solicitará al esclavo leer los registros y responder con el contenido de los mismos. El campo de PETICION (Figura II.19.):

NOMBRE DEL CAMPO	CÓDIGO HEX
Dirección del esclavo	01
Código de la función	05
Dirección de la salida Hi	08
Dirección de la salida Lo	02
Dato forzado Hi	FF
Dato forzado Lo	00

Chequeo de error	2 Bytes
------------------	---------

Figura II.19. Campo Petición modbus.

- **LA RESPUESTA** Si el esclavo realiza una respuesta normal, el código de función en la respuesta es un eco del código de función en la pregunta. Los bytes de datos contienen los datos recolectados por el esclavo, tales como valores de registros o estados. Es un eco si no hay error, como se muestra en la figura II.19.

El maestro puede direccionar esclavos individualmente o puede generar un mensaje en modo difusión (broadcast) a todos los esclavos. Los esclavos solo devuelven un mensaje de 'respuesta' a aquellas peticiones que les son direccionadas individualmente (Figura II.20).

Formato de la trama:

Dirección del dispositivo	Código de función	Datos	Chequeo de error
----------------------------------	--------------------------	--------------	-------------------------

Figura. II.20. Trama Modbus.

- El "Campo de Dirección" de una trama contiene dos caracteres (ASCII) u ocho bits (RTU). Contiene la dirección del dispositivo de esclavo. La dirección 0 se usa para broadcast.
- Las direcciones válidas de un dispositivo esclavo están en el rango de 0 a 247 decimales.
- Un maestro se dirige a un esclavo poniendo la dirección del esclavo en el campo de dirección del mensaje.
- Cuando el esclavo envía su respuesta, pone su propia dirección en el campo de dirección de la respuesta para permitir al maestro saber qué esclavo está respondiendo.
- La dirección 0 se usa como dirección broadcast. Cuando el protocolo Modbus se usa en redes de nivel más alto, puede que no se permitan transmisiones broadcast, o puede que sean reemplazadas por otros métodos.
- Se usan dos tipos de chequeo de errores para las redes Modbus estándar. El contenido del campo de chequeo de errores depende del

modo de transmisión serial que se esté usando: ASCII o RTU. Si es ASCII se usa LRC y si es RTU se emplea CRC.

- Los Controladores pueden configurarse para comunicarse en redes Modbus estándar empleando uno de dos modos de transmisión: ASCII o RTU.
- El modo y los parámetros seriales deben ser el mismo para todos los dispositivos en una red Modbus.

MODO ASCII

Cuando se configuran los controladores para comunicarse en una red de Modbus usando modo ASCII (Código Estándar Americano para el Intercambio de Información), cada byte de ocho-bits de un mensaje se envía como dos caracteres ASCII.

1.- SISTEMA DE CODIFICACION

- Hexadecimal, ASCII caracteres 0... 9, A... F
- Un carácter hexadecimal es contenido en cada carácter ASCII del mensaje

2.- BITS POR BYTE

- 1 bit de inicio.
- 7 bits de los datos, el bit más significativo se envía primero
- 1 bit para paridad par / impar, no bit para ninguna paridad
- 1 bit de parada si se usa paridad, 2 bits si no se usa paridad

3.- CAMPO DE CHEQUEO DE ERRORES

- Chequeo de Redundancia Longitudinal (LRC).

Ventaja Principal: Permite intervalos de tiempo entre caracteres hasta de un segundo antes de que ocurra un error por timeout.

TRAMA ASCII

- En modo ASCII, los mensajes comienzan con un carácter (:) "dos puntos" (ASCII 3A hex) y terminan con un par de caracteres (CRLF) "Retorno de Carro + Avance de Línea" (ASCII 0D hex y 0A hex).
- Los caracteres a transmitir permitidos para todos los demás campos son 0-A, A-F hexadecimal.

- Los dispositivos conectados en red monitorizan el bus de red continuamente para detectar un carácter “dos puntos”.
- Cuando se recibe, cada dispositivo decodifica el próximo campo (el campo de dirección) para enterarse si es el dispositivo direccionado.
- Pueden haber intervalos de hasta un segundo entre caracteres dentro del mensaje.
- Si transcurre más tiempo entre caracteres, el dispositivo receptor asume que ha ocurrido un error.

En la figura II.21 muestra una trama de mensaje típica.

;	Dirección	Función	Datos	Chequeo	CR	LF
ARRANQUE	DIRECCION	FUNCION	DATOS	COMPROB. LRC	FINAL	
1 carácter :	2 caracteres	2 caracteres	N caracteres	2 caracteres	2 caracteres CRLF	

Figura II.21. Marco de mensaje ASCII.

MODO DE RTU

Cuando los controladores se configuran para comunicarse en una red Modbus en modo RTU (Remote Terminal Unit), cada byte de ocho bits en un mensaje contiene dos caracteres hexadecimales de cuatro bits. La ventaja principal de este modo es que su gran densidad de caracteres permite un mejor rendimiento que el modo ASCII para la misma velocidad de transmisión. Cada mensaje debe transmitirse en un flujo continuo.

1.- SISTEMA DE CODIFICACIÓN

- Binario de ocho bits, hexadecimal 0... 9, A... F
- Dos caracteres hexadecimales se contienen en cada campo de ocho bits del mensaje.

2.- BITS POR BYTE

- 1 bit de inicio
- 8 bits de datos, el bit menos significativo se envía primero
- 1 bit de paridad par / impar, no bit para no paridad

- 1 bit de parada si se usa paridad, 2 bits si no se usa paridad

3.- EL CAMPO DE CHEQUEO DE ERROR

- Chequeo de Redundancia Cíclico (CRC)

Ventaja Principal: Permite transmitir una densidad mayor de caracteres con la misma tasa de baudios que en el modo ASCII.

En la Figura II.22 se muestra una trama de mensaje típica.

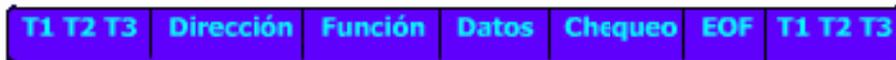


Figura II.22. Marco de mensaje RTU.

COMPARACIÓN ENTRE LOS DOS MODOS:

En cualquiera de los dos modos de transmisión serial (ASCII o RTU), un mensaje Modbus es empaquetado por el dispositivo que transmite en una trama que tiene un comienzo y un final conocidos. Esto permite a los dispositivos receptores detectar el comienzo de la trama, leer la dirección y determinar qué dispositivo está siendo direccionado y conociendo se ha completado el mensaje. Se pueden detectar mensajes parciales y generar mensajes de error como resultado (Tabla II.1).

CARACTERÍSTICAS	ASCII (7 Bits)	RTU (8 Bits)
Sistema de codificación Binario	HEX usa caracteres ASCII imprimibles (0-9, A-F)	8 Bits
Bits de inicio	1	1
Bits de Datos	7	8
Paridad (Opcional)	1 ó 0	1 ó 0
Bits de paridad	1 ó 2	1 ó 2
Chequeo de error	LRC	CRC

Tabla II.1. Comparación de modo ASCII / RTU.

Debe entenderse que en otras redes, como MAP y Modbus Plus, los mensajes Modbus se ponen en tramas que no están relacionadas con la transmisión serial.

DIRECCIONAMIENTO DE MODBUS

La primera información en cada mensaje de Modbus es la dirección del receptor. Este parámetro contiene un byte de información. En Modbus / ASCII se codifica con dos caracteres hexadecimales, en Modbus / RTU un byte se utiliza. Las direcciones válidas están en el rango 0 ... 247. Los valores de 1 ... 247 están asignados a los distintos dispositivos Modbus y 0 se usa como una dirección de difusión. Los mensajes enviados a la dirección de este último será aceptado por todos los esclavos. Un esclavo siempre responde a un mensaje Modbus. Al responder que utiliza la misma dirección que el maestro en la solicitud, el maestro puede ver que el dispositivo es realmente la respuesta a su solicitud.

Dentro de un dispositivo Modbus, los registros de las explotaciones, las entradas y salidas se les asigna un número entre 1 y 10000. Uno esperaría que las mismas direcciones se utilicen en los mensajes Modbus para leer y establecer valores. Desafortunadamente este no es el caso. En los mensajes Modbus electrónico se utilizan con un valor entre 0 y 9999.

Si quiere leer el valor de la producción (bobina) 18, por ejemplo, tiene que especificar el valor 17 en el mensaje de consulta Modbus. Para la entrada y registros de las explotaciones se debe ser restado de la dirección del dispositivo para obtener la dirección adecuada para poner en la estructura del mensaje Modbus. Esto conduce a errores comunes y deben ser atendidos en el diseño de aplicaciones con Modbus.

La tabla II.II se muestra los intervalos de direcciones para las bobinas, las entradas y registros de las explotaciones y la forma en la dirección en el mensaje de Modbus se calcula dado la dirección real del artículo en el dispositivo esclavo.

Dispositivo y los rangos de direcciones Modbus		
Deviceaddress Dirección del dispositivo	Modbusaddress Dirección Modbus	Description Descripción
1 ... 10000 * 1 ... 10000 *	address - 1 dirección - 1	Coils (outputs) Bobinas (salidas)
10001 ... 20000 * 10001 ... 20000 *	address - 10001 dirección - 10001	Inputs Entradas
40001 ... 50000 * 40001 ... 50000 *	address - 40001 dirección - 40001	Holding registers Registros de las explotaciones

* El valor máximo depende del dispositivo

Tabla II.II. Rangos de direcciones Modbus.

El segundo parámetro en cada mensaje de Modbus es el código de la función. Esto define el tipo de mensaje y el tipo de medidas requeridas por el esclavo. El parámetro contiene un byte de información. En Modbus / ASCII este se codifica con dos caracteres hexadecimales, en Modbus / RTU se utiliza un byte. Los códigos válidos están en el rango 1 ... 255.

En el lenguaje Modbus, una bobina es un valor de salida discreta.

Modbus función 01 se puede utilizar para leer el estado de dicha salida. Sólo es posible consultar un dispositivo a la vez. La función se puede utilizar para solicitar el estado de las bobinas de varios a la vez. Esto se hace mediante la definición de un rango de salida en el campo de datos del mensaje.

Función 02: sirve para leer estado de entrada. Esta lectura de valores de entrada con Modbus se hace en la misma forma que la lectura de la situación de las bobinas. La única diferencia es que para las entradas de función, se utiliza Modbus 02. Sólo se puede consultar el valor de los insumos de un dispositivo a la vez. Las entradas en los dispositivos deben iniciar en la

numeración 10001. Este valor de la dirección es equivalente a la dirección 0 en el mensaje de Modbus.

MODBUS PLUS

Modbus Plus es un sistema de red de área local diseñado para aplicaciones de mando industriales. Cada red soporta 64 dispositivos de nodo direccionables, a una tasa de transferencia de datos de 1 Mbps. Las aplicaciones incluyen supervisión de mando de un proceso y los mensajes de supervisión.

Modbus Plus mantiene el protocolo de comunicación par-a-par en los diferentes niveles de la red. La red también permite módulos de comunicación I/O distribuidos (DIO) en los que los controladores Modicon se comunican directamente con los subsistemas I/O. A continuación en la Figura II.23 se muestra un ejemplo de una aplicación real de empleo del protocolo Modbus.

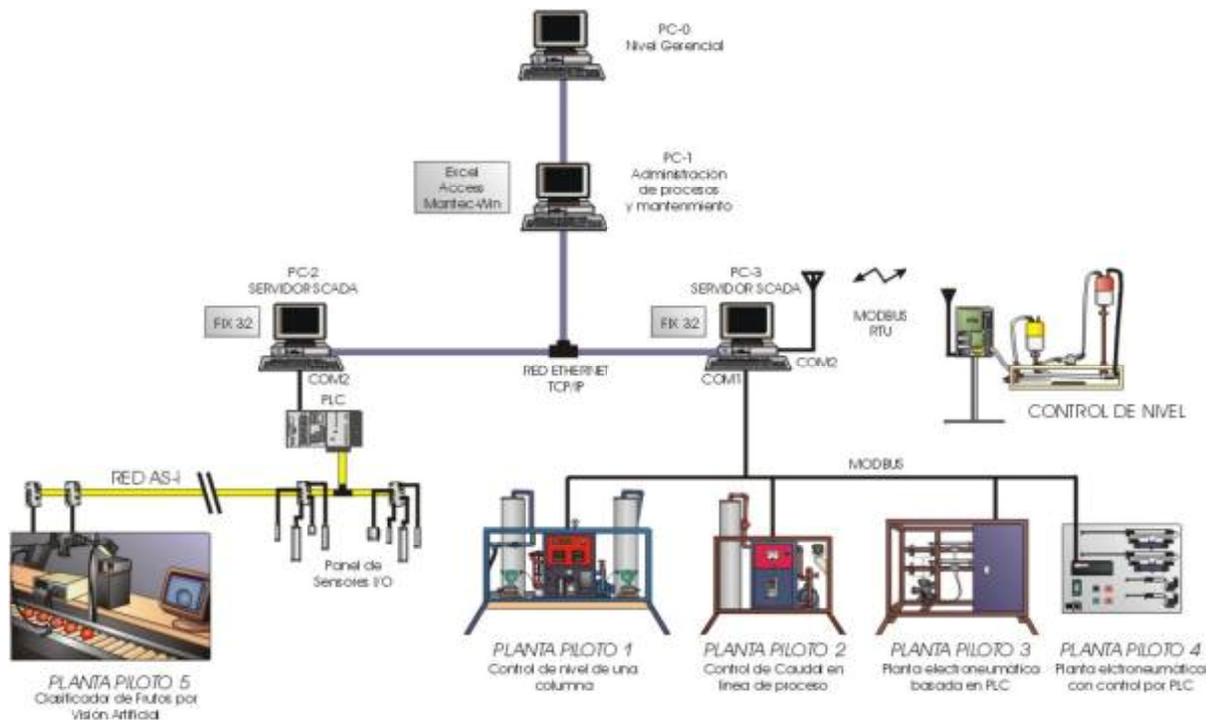


Figura II.23. Ejemplo de una aplicación real con Modbus.

En el mundo industrial se tiende a considerar al Modbus como un protocolo que no tiene muchas oportunidades de competir con Fieldbus o Profibus, los cuales tienen organizaciones muy grandes de apoyo; sin embargo, Modbus es

un estándar que ha estado mucho tiempo en el mercado y su difusión ha sido muy extendida.

FIELDBUS

Al igual que Modbus y Profibus, Fieldbus busca conectar las redes de campo lo administrativo y financieras de una forma jerárquica, tal como se ilustra en la Figura II.24.

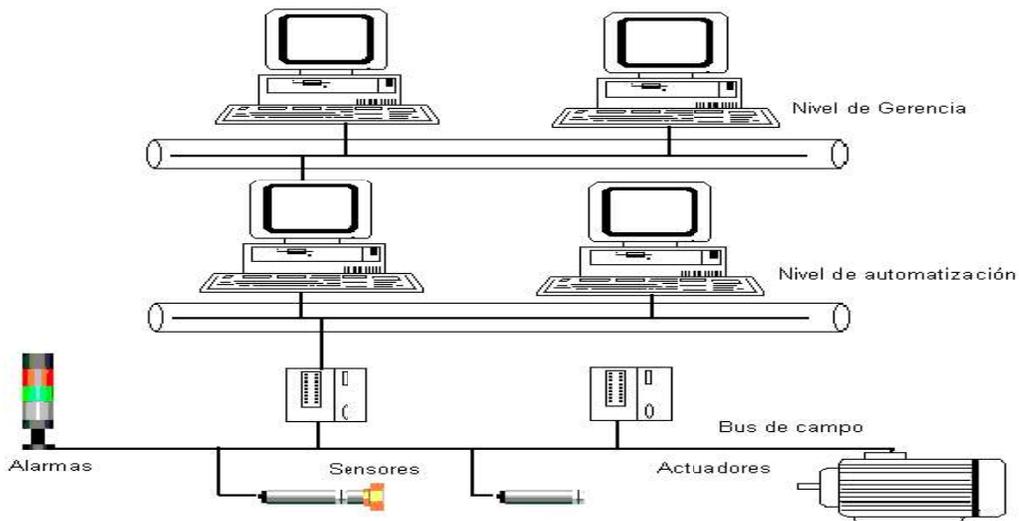


Figura II.24. Red administrativa y redes de campo.

- La red de bus de proceso Fieldbus es un sistema de comunicación de dos vías, serial, digital y multipuerto que conecta equipo de campo, como sensores y actuadores inteligentes, con controladores, como PLCs.
- Con Fieldbus no se trata simplemente de reemplazar las redes análogas de corriente de 4-20 mA por una red digital.
- Siendo la comunicación bi-direccional se facilitan las labores de configuración y calibración.
- El protocolo está desarrollado a partir del modelo de comunicaciones OSI.
- Es un protocolo para redes industriales pensado específicamente para aplicaciones de control distribuido.

- Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos para control de procesos y automatización de una fábrica. La longitud máxima por mensaje es de 256 bytes, lo que permite transferir funciones de control con el concepto de objetos (figura II.25).

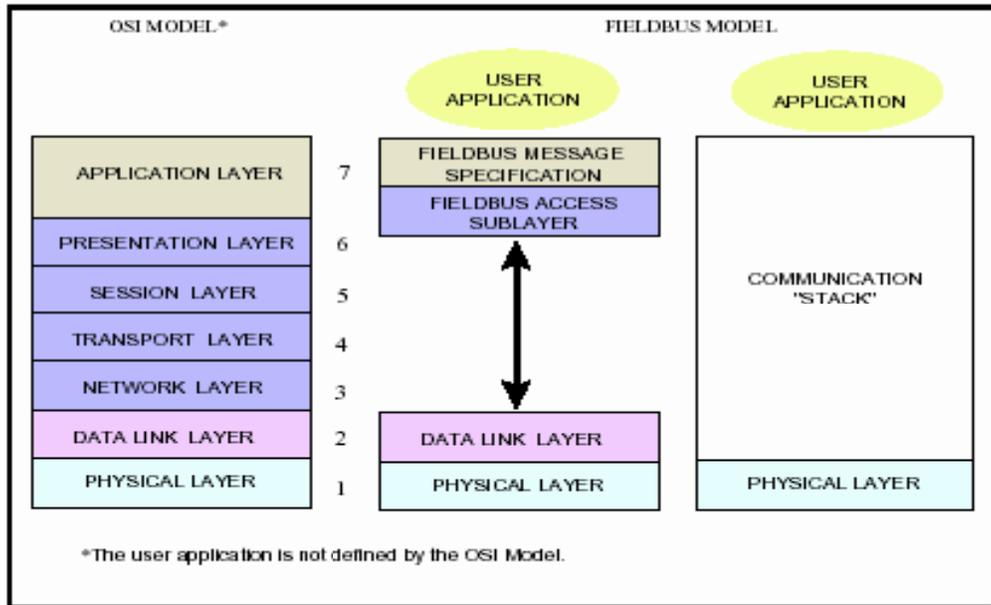


Figura II.25. Protocolo Fieldbus y su comparación con el modelo OSI

Fundamentalmente consta de tres niveles:

- a) Capa física,
- b) Capa de comunicaciones, y
- c) Capa de usuario.

PROFIBUS

La base de la especificación del estándar PROFIBUS (PROcess Field BUS) fue un proyecto de investigación llevado a cabo por los siguientes participantes: ABB, AEG, Bosch, Honeywell, Moeller, Landis&Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus, Schleicher, Siemens y cinco institutos alemanes de investigación. Hubo además un pequeño apoyo por parte del gobierno alemán. El resultado de este proyecto fue el primer borrador de la norma DIN 19245, el estándar Profibus, partes 1 y 2. La parte 3, Profibus-DP, se definió en 1993.

Existen tres variantes principales de PROFIBUS de acuerdo a las características de la aplicación como se muestra en la Tabla II.III:

Automatización de fábricas PROFIBUS DP	Automatización para propósitos generales PROFIBUS FMS	Automatización de procesos PROFIBUS PA
(DIN 19245 T1 + T3) pr EN 50170 Alta velocidad de transferencia de datos para periféricos descentralizados	(DIN 19245 T1 + T2) EN 50170 Perfiles de aplicación específicos: Maquinas textiles Automatización de edificios Drivers, sensores y actuadores, PLCs, Switch de bajo voltaje	(DIN 19245 T4) En preparación Técnicas de transmisión con seguridad intrínseca de acuerdo a IEC 1158-2

Tabla II.III. La familia PROFIBUS

2.3 INTERFACE DE COMUNICACIÓN

- Permite al PC acceder a los dispositivos de campo.
- Drivers Específicos. Utilizar el driver específico al busde campo (Figura II.26).

SCADA



Figura II.26. Interfaz de comunicación de una red industrial.

2.3.1 DRIVERS OPC

Utilizar un driver genérico OPC que cada fabricante proporciona (Figura II.27).



Figura II.27. Drivers OPC de cada fabricante de software SCADA.

2.3.1.1 INTERFACE OPC

- OPC (OLE forProcess Control) de Microsoft es un interfaz concomponentes de automatización, proporcionando un acceso simple a los datos. La Fundación OPC está formada por: Siemens, Fisher,Intuitive, OPTO 22, Intellution, Rockwell, etc.
- La idea básica del OPC está en normalizar el interface entre el servidor OPC y el cliente OPCindependientemente de cualquier fabricante particular.
- Los servicios prestados por los servidores OPC para clientes OPC por medio del interface OPC típicamente implican la lectura, cambio yverificación de variables de proceso. Mediante estos servicios es posible operar y controlar un proceso. Los servidores OPC apoyan elnexo de tales aplicaciones a cualquier componente de automatizaciónque esté en red por medio de un bus de campo o Ethernet Industrial (Figura II.28).

2.3.1.2 ARQUITECTURA OPC

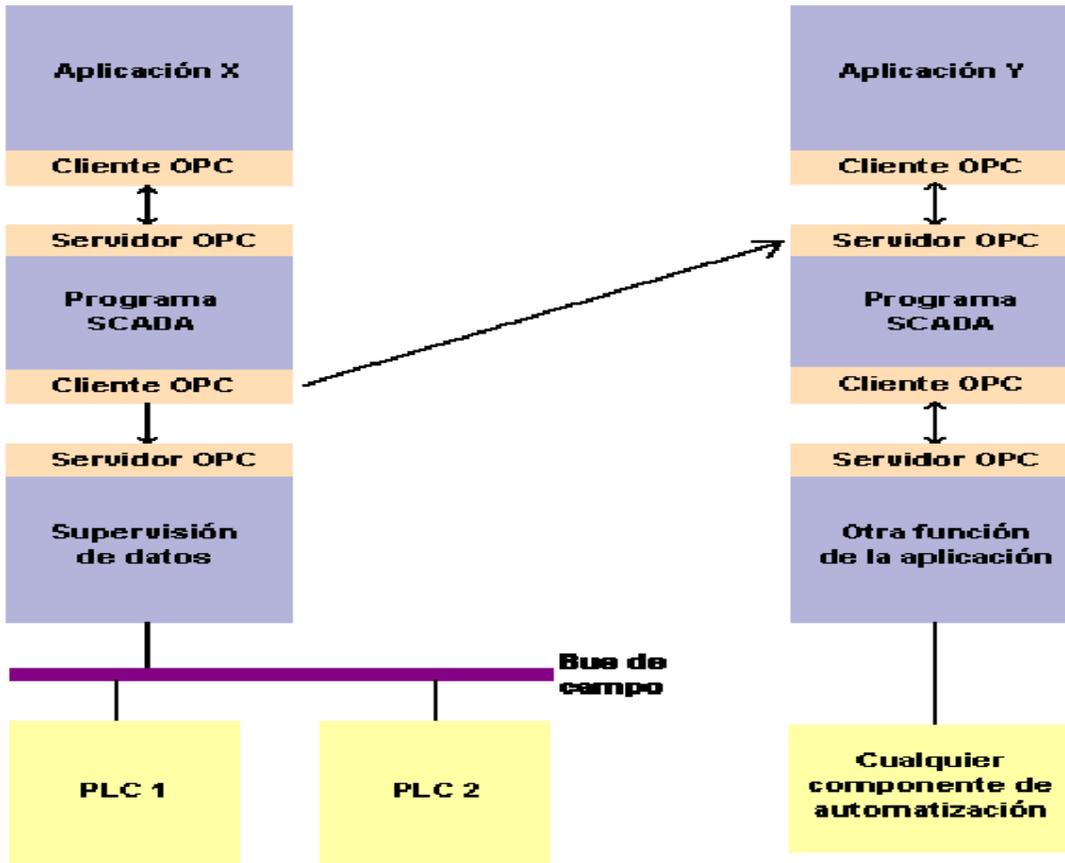


Figura II.28. Arquitectura OPC.

2.4 REDES INDUSTRIALES

La automatización industrial inicialmente diolugar a islas automatizadas que eran equipos (autómatas, controles numéricos, robots, ordenadores, etc.) aislados entre sí.

La integración de las islas automatizadas dio lugar a las redes industriales.

2.4.1 NIVELES DE LAS REDES INDUSTRIALES

- Nivel bus de campo.
- Nivel LAN.
- Nivel LAN/WAN.

Nivel de bus de campo

Nivel de red más próximo al proceso y se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, equipos de medida, etc.). Suelen formar células de fabricación.

Nivel de LAN

Nivel superior al anterior que enlaza las células de fabricación. Está formado por autómatas de gama alta y ordenadores para control de calidad.

Nivel de LAN/WAN

Nivel más próximo al área de gestión, que integra los niveles anteriores en una estructura de fábrica o múltiples factorías. Está formado por ordenadores y redes de ordenadores (Figura II.29).

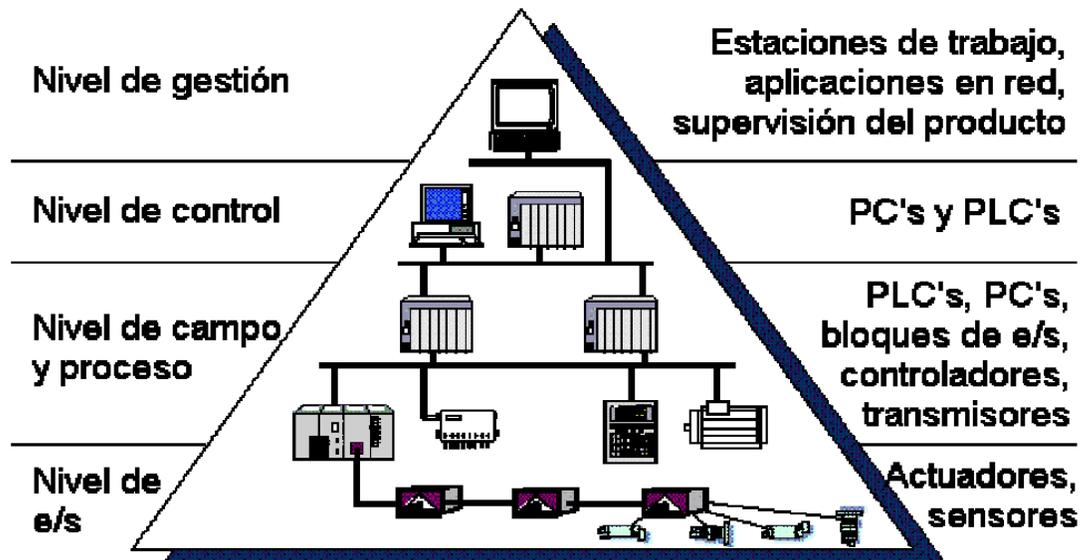


Figura II.29. Niveles de una red Industrial.

2.5 INTERFACES HMI (Interfaz Hombre Máquina)

La sigla HMI es la abreviación en inglés de Interfaces Hombre Máquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana" de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's, RTU, variadores de velocidad de

motores. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI como se indica en la Figura II.30.

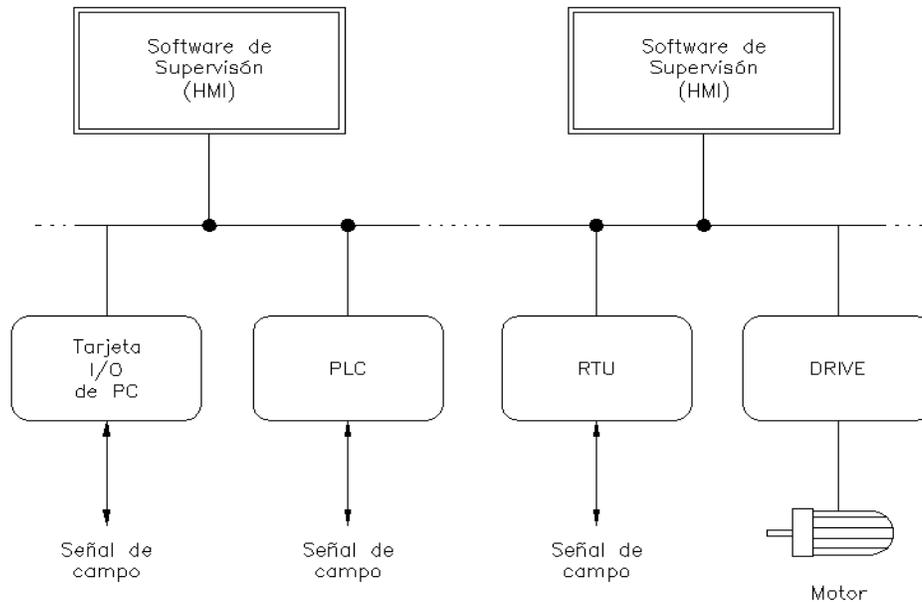


Figura II.30. Esquema general de un HMI.

2.5.1 TIPOS DE HMI

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como C++, Visual Basic, Delphi, InTouch, Lookout, LabVIEW® etc.
- Paquetes enlatados HMI. Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

2.5.2 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI

- Monitoreo. Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real.
- Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

- Alarmas. Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.
- Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. El control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función va desde un software ejecutándose en una PC, puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- Históricos. Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

2.5.3 TAREAS DE UN SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos "dinámica" con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados.
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

2.5.4 TIPOS DE SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA PC

- Lenguajes de programación visual como Visual C++ o Visual Basic, Delphi, InTouch, Lookout, LabVIEW® etc. Se utilizan para desarrollar software HMI a medida del usuario. Una vez generado el software el usuario no tiene posibilidad de re-programarlo.

- Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas HMI. Pueden ser utilizados para desarrollar un HMI a medida que requiera el usuario. El usuario podrá re-programarlo si tiene la llave del software.
- Ejemplos son FIX Dynamics, Wonderware, PCIM, Factory Link, WinCC, National Instruments, facilitan las tareas de diseño los paquetes orientados HMI/SCADA
- Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos. Drivers, OPC.
- Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas.
- Permiten crear y animar pantallas en forma sencilla,
- Incluyen gran cantidad de librería de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc.

PARTES DE UN HMI.

Interfaz Hombre: Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse

Base de datos: Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del procesos, por esta razón se denomina "base de datos dinámica".

Driver: La conexión entre los bloques de la base de datos y las señales de procesos se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

Bloques (tags): Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques.

Las funciones principales de los bloques son:

- Recibir datos de otros bloques o al driver.
- Enviar datos a otros bloques o al driver.
- Establecer enlaces (links) a la pantalla

- Realizar cálculos de acuerdo a instrucciones del bloque.
- Comparar los valores con umbrales de alarmas
- Escalar los datos del driver a unidades de ingeniería.

Los bloques pueden estructurarse en cadenas para procesar una señal.

2.6 SOFTWARE SCADA

A continuación se muestra una lista de algunos software SCADA y su fabricante:

- AimaxDesin Instruments S. A.
- CUBE Orsi España S. A.
- FIX Intellution.
- LookoutNational Instruments.
- Monitor Pro Schneider Electric.
- SCADAInTouch LOGITEK.
- SYSMAC SCS Omron.
- ScattGraph 5000ABB.
- WinCC Siemens.
- Coros LS-B/Win Siemens.
- CIRNET CIRCUTOR S.A.
- FIXDMACS Omron-Intellution.
- RS-VIEW32 Rockwell
- GENESIS32 Iconics
- LabVIEW® National Instruments.

2.6.1 COMPARACIONES DE SOFTWARE

Lookout de National Instruments

Lookout es una poderosa herramienta de software (MMI y SCADA) de fácil uso para la automatización industrial. Se ejecuta bajo Windows y se comunica con E/S ubicadas en campo mediante PLCs, RTU y otros dispositivos. Proyectos típicos de Lookout incluyen control monitoreo y supervisión continua de procesos, fabricación discreta, aplicaciones batch, y sistemas de telemetría remota.

Con Lookout, se puede crear representaciones gráficas sobre la pantalla de una computadora de dispositivos reales tales como interruptores (switchs), escalas gráficas, registradores de eventos, botones pulsadores (pushbuttons), perillas (knobs), etc. y después enlazar sus imágenes a los actuales instrumentos de campo usando PLCs, RTU, tarjetas DAQ, u otros dispositivos de E/S.

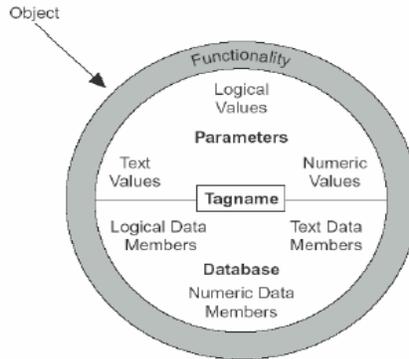


Figura II.31. Estructura de un objeto Lookout.

En la Figura II.31 se puede ver la estructura de un objeto en Lookout, un objeto encapsula datos, parámetros y funcionalidad en un solo paquete. Un objeto es una unidad de programa que se auto contiene, y que tiene una base de datos predefinida, un grupo de parámetros, y funcionalidad empotrada. Los parámetros definen los límites de la funcionalidad del objeto.

LabVIEW® de National Instruments

LabVIEW® es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General).

Es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo SCADA.

Incluye librerías para la adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos, GPIB y puertos serie. Además de otras prestaciones, como la conectividad con otros programas, por ejemplo de cálculo, y en especial Matlab.

Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa.

CAPITULO III

COMPONENTES ELÉCTRICOS

3.1 SENSORES

Los sensores los podemos definir como dispositivos electrónicos que convierten una variable física a un correspondiente valor eléctrico, este valor eléctrico puede estar en términos de la corriente, voltaje ó resistencia. Los sensores a su vez pertenecen a los elementos de entrada de datos de un sistema de control automático, por lo que la clasificación de los elementos de entrada queda como sigue:

- Activadores Manuales
- Sensores

3.1.1 LOS ACTIVADORES MANUALES.

Son elementos que se emplean para iniciar las actividades de un proceso de producción, o para detenerlo. Los activadores manuales son botones que pueden poseer contactos normalmente abiertos (N/A) o normalmente cerrados (N/C) o inclusive uno de cada uno. Estos botones pueden ser pulsadores o con interruptor que una vez que fueron activados requieren de una llave especial para poder desactivarlos (Figura III.32).

Los activadores manuales son elementos de entrada que generan una señal de tipo discreto, esto es se encuentra pulsado ("1 lógico") o se encuentra en reposo ("0 lógico").



Figura III.32. Ejemplos de activadores manuales.

Los activadores manuales son elementos indispensables que no pueden omitirse de los procesos industriales automatizados, porque siempre hace falta la intervención humana en por ejemplo al accionar por medio de un botón los mecanismos al inicio de la jornada laboral, o detener el proceso cuando algún suceso inesperado ocurra, o simplemente para detener los procesos porque se terminó la jornada laboral.

LUCES PILOTOS.

Estos dispositivos son muy utilizados para determinar la señalización de los diferentes actuadores, utilizados en la industria. Dependiendo de su utilización se clasifican por sus colores y voltajes, los más utilizados en la industria tenemos los de 24 AC/DC, 120V/220V (Figura III.33).



Figura. III.33. Luces pilotos utilizados en la industria

PULSADORES

Los pulsadores se usan en mandos generales de arranque y de parada, también en mandos de circuito de seguridad (paro de emergencia). Pueden ser metálicos cromados para ambientes de servicio intensivo (Figura. III.34.).



Figura. III.34. Botonera industrial.

CAJAS DE PULSADORES DE PLÁSTICO

Estas cajas están diseñadas para trabajar en ambientes industriales facilitando la sujeción de los elementos de control y de señalización, son totalmente de plástico, para ambientes agresivos (Figura III.35).



Figura. III.35. Cajas Plásticas industriales.

3.1.2 SENSORES

Estos dispositivos se clasifican en dos categorías que son:

- Discretos
- Analógicos

3.1.2.1 SENSORES DISCRETOS.

- Estos indican si se encuentran detectando algún objeto ó no, esto genera un "1" lógico si detectan, o un "0" lógico si no detectan, esta información es originada principalmente por presencia de voltaje o por ausencia de este, aunque en algunos casos la información nos la reportan por medio de un flujo de corriente eléctrica.
- Pueden operar tanto con señales de voltajes de corriente directa (VCD) como con señales de voltajes de corriente alterna (VCA).

Sensor fin de carrera.

Estos sensores tienen la tarea de detectar un final de carrera o límite de área, es porque se encuentran trabajando en conjunto con un actuador que produce un desplazamiento mecánico, y por lo tanto cuando esa parte

mecánica haya llegado a su límite se debe detener su recorrido, para no dañar alguna parte del proceso automático. Cuando el actuador se encuentra en su límite de desplazamiento permitido, acciona los contactos de un interruptor que bien los puede abrir o cerrar (Figura III.36).



Figura III.36 Sensores de final de carrera.

Sensor Inductivo

Este tipo de sensor por su naturaleza de operación se dedica a detectar la presencia de metales. El sensor inductivo (Figura III.37.) internamente posee un circuito electrónico que genera un campo magnético, el cual está calibrado para medir una cierta cantidad de corriente eléctrica sin la presencia de metal alguno en el campo magnético, pero cuando se le acerca un metal, el campo magnético se altera provocando que la corriente que lo genera cambie de valor, lo que a su vez el sensor responde al sistema de control indicándole la presencia del metal. Una aplicación de este sensor es por ejemplo en las bandas transportadoras en donde van viajando una serie de materiales metálicos, como pueden ser latas y en los puntos donde se deben colocar estas latas, se instalan los sensores, y sin necesidad de un contacto físico el sensor reporta cuando una lata se encuentra en su cercanía.

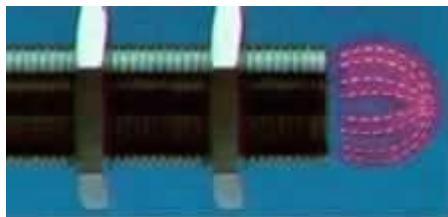


Figura III.37. Sensor Inductivo.

Sensor Magnético.

El sensor magnético (Figura III.38) se encarga de indicar cuando un campo magnético se encuentra presente cerca de él. El sensor magnético posee un circuito interno que responde cuando un campo magnético incide sobre este, este sensor puede ser desde un simple reedswitch hasta un circuito más complejo que reporte por medio de un voltaje la presencia o no del campo magnético. Una aplicación de este tipo de sensores puede encontrarse en aquellos actuadores que pueden desplazarse linealmente, y a estos colocarles imanes en sus extremos, para que cuando lleguen al sensor magnético sea detectado el campo del imán y el actuador se detenga y ya no prosiga con su movimiento.

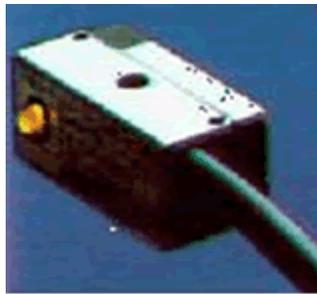


Figura III.38. Sensor Magnético.

Sensor Capacitivo.

- Este tipo de sensor tiene la misión de detectar aquellos materiales cuya constante dieléctrica sea mayor que la unidad, (Figura III.39).
- El sensor capacitivo basa su operación en el campo eléctrico que puede ser almacenado en un capacitor, el cual dependiendo del material dieléctrico la carga almacenada será muy grande o pequeña, teniendo como base la constante dieléctrica del aire que es igual que 1, cualquier otro material que puede ser plástico, vidrio, agua, cartón, etc, tienen una constante dieléctrica mayor que 1.
- Pues bien para detectar un material que no sea el aire, el sensor capacitivo tiene que ser ajustado para que sepa que material debe detectar.

- Un ejemplo para emplear este tipo de sensor es en una línea de producción en donde deben llenarse envases transparentes ya sean de vidrio o plástico, con algún líquido que inclusive puede ser transparente también.

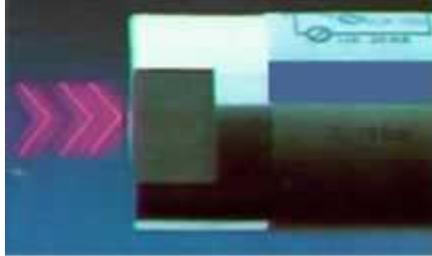


Figura III.39. Sensor Capacitivo

Sensor Óptico.

- El sensor óptico genera una barrera a base de la emisión de un haz de luz infrarrojo, motivo por el cual este sensor se dedica a la detección de interferencias físicas o incluso a identificar colores y obtener distancias. (Figura III.40).
- Este sensor se basa en el uso de un diodo emisor de luz infrarroja, que por naturaleza del ojo humano no la podemos percibir, el diodo emisor envía el haz de luz y por medio de la reflexión, este haz de luz se hace regresar para ser captado por medio de un fotodiodo o fototransistor que es el que entrega una señal como respuesta a si existe el haz de luz infrarroja o no está presente.
- Para medir distancias se puede tomar el tiempo que tarda el haz de luz en regresar y por medio de una formula muy simple se puede calcular la distancia ya que $v = d/t$, en donde el tiempo lo podemos medir, y v es la velocidad a la que viaja la luz, por lo tanto se puede calcular la distancia d .
- La aplicación de este tipo de sensores puede ser muy amplia, ya que se puede utilizar como una barrera para que detecte el momento en que un operario introduce sus manos en un área peligrosa y pueda sufrir un accidente, o para detectar cuando el haz de luz se corta que un material lo atravesó cuando viajaba por sobre una banda transportadora entre otras aplicaciones.

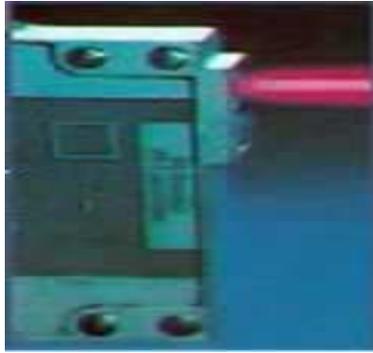


Figura II.40 Sensor Óptico

3.1.2.2 LOS SENSORES ANALÓGICOS.

- Pueden presentar como resultado un número infinito de valores, mismos que pueden representar las diferentes magnitudes que estén presentes de una variable física, por lo tanto en los sensores analógicos su trabajo se representa mediante rangos, por ejemplo, de 0V a 1.5V y dentro de este rango de posibles valores que puede adquirir la señal del sensor, está comprendido el rango de medición que le es permitido al sensor de medir una variable física.
- La señal que entrega puede representarse mediante variaciones de una señal de voltaje o mediante variaciones de un valor resistivo.

Sensor de temperatura

- Este es de los sensores más comunes que se emplean dentro de un proceso industrial, ya que por ejemplo en la industria alimenticia ó metalúrgica o inyección de plásticos, etc. Se requiere de mantener los procesos ya sean de cocción o fundición por ejemplo en sus niveles de temperatura adecuada, ahora bien, dependiendo del proceso que se está controlando, de los niveles de temperatura que se tienen que medir, y de la resolución se cuenta con un sensor adecuado a las características que posee el proceso (Figura III.41.).

Entre los más comunes están:

- *RTD.*
- *Termistores.*
- *Termopar.*



Figura III.41 RTD.

3.1.3 NORMAS DE LOS SENSORES INDUSTRIALES

Por otra parte, todos los sensores que se encuentran inmersos dentro de los procesos industriales de una empresa se encuentran normalizados, esto es, que no importa la marca ni el fabricante de estos sensores, ya que todos deben cumplir con las distintas normas que rigen a los sistemas automáticos, y como ejemplo de estas normas se tienen las siguientes:

ANSI (Normas Americanas).

DIN (Normas Europeas).

ISO (Normas Internacionales).

IEEE (Normas eléctricas y electrónicas).

NOM (Normas Mexicanas).

Todas las normas establecen medidas de seguridad, niveles de voltaje, dimensiones físicas de los sensores, etc.

3.2 ACTUADORES

Los actuadores son elementos de potencia que deben poseer la energía suficiente para vencer a las variables físicas que se están controlando, y de esta manera poder manipularlas. Los actuadores dependiendo de la fuerza que se requiere se clasifican de acuerdo a lo siguiente:

- Neumáticos
- Hidráulicos
- Eléctricos
- Electromagnéticos

3.2.1 ACTUADORES ELÉCTRICOS

Estos dispositivos de potencia principalmente generan desplazamientos giratorios, y son empleados con mucha frecuencia dentro de los procesos industriales, ya sea para llenar un tanque con algún líquido, ó atornillar las piezas de un producto, ó proporcionarle movimiento a una banda transportadora, etc. Los actuadores eléctricos generan una fuerza fija que se encuentra por debajo del rango de 25000 N, pero como ventaja principal se tiene la de poder controlar sus r.p.m. (revoluciones por minuto).

Los actuadores eléctricos requieren de elementos para que abran ó cierren la conexión de la energía eléctrica a sus terminales de alimentación. Se debe de tener en cuenta que estos actuadores son de naturaleza electromagnética, por lo que se deben de contemplar los respectivos dispositivos que filtren y eliminen la f.c.e.m que generan los motores (Figura III.42) cuando se desenergizan.



Figura III.42 Motores eléctricos.

3.2.2 ACTUADORES ELECTROMAGNÉTICOS.

Aquí nos referimos principalmente a los relevadores y no a los motores eléctricos. Ahora bien, los relés también se pueden considerar como dispositivos que hacen las funciones de interface entre la etapa de control y la etapa de potencia, pero aunque así fuera, existen relés (Figura III.43.) que llegan a demandar una cantidad importante de corriente eléctrica, motivo por el cual tienen que considerarse por sí solos como elementos de potencia. Por lo que para energizar su bobina es necesario contemplar lo relacionado a cargas electromagnéticas para que su influencia no afecte el desempeño de todo el equipo de control automático.

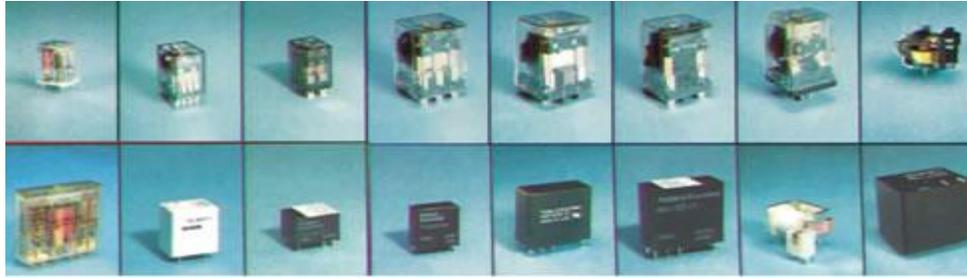


Figura. III.43. Relés.

3.3 MOTORES DE DC.

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

3.3.1 Características.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia o de precisión.

Ventaja:

- La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Desventaja:

- Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso.

3.3.2 Partes principales de un motor.

Una máquina de corriente continua se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica.

- En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.
- El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.
- También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

CAPÍTULO IV

COMPONENTES NEUMÁTICOS

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El aire al ser de fácil captación y abunda en la tierra posee propiedades explosivas y no existen riesgos de chispas. Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables, no ocasiona daños a los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete, es por eso que a este fluido se le ha dado buena utilidad en el campo industrial.

4.1 ACTUADORES NEUMÁTICOS DE TIPO LINEAL

Los actuadores neumáticos son mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico por medio de un movimiento lineal de vaivén, o de motores. Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grandes grupos:

- Cilindros
- Motores

4.1.1 CILINDROS

Los cilindros neumáticos producen un trabajo: transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según el modo en que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en tres grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto
- Cilindro de rotación

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón:

$$F = P.A$$

Dónde:

F: Fuerza

P: Presión Manométrica.

A: Área del embolo o pistón.

Fuerza en cilindros

La fuerza disponible de un cilindro crece con mayor presión y con mayor diámetro. La determinación de la fuerza estática en los cilindros está sustentada por la siguiente fórmula:

$$F = 10.p.\pi(d^2/4)$$

$$F = 7.85.p.d^2$$

Dónde:

P: Presión (bar).

d: Diámetro de la camisa del cilindro (cm).

ELEMENTOS DE UN CILINDRO

Los elementos que componen un cilindro se muestran en la figura. IV.44.

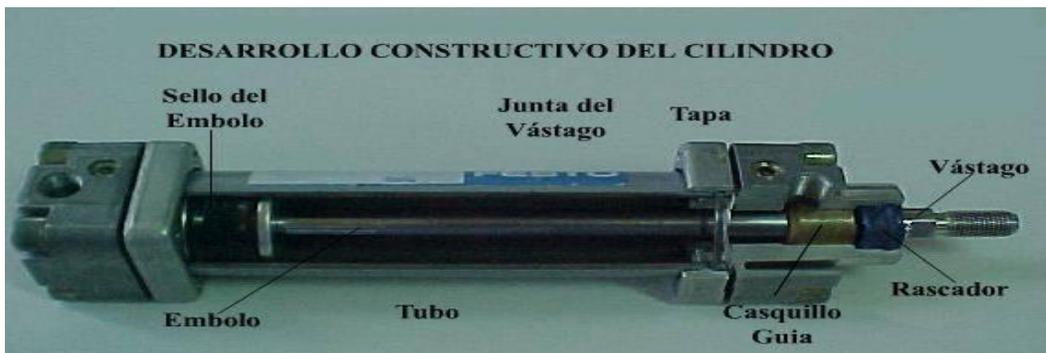


Figura. IV.44. Desarrollo constructivo de un cilindro.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un

émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que saliendo a través de ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro, gracias a la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.

4.1.1.1 TIPOS DE CILINDROS NEUMATICOS

a. Cilindros de simple efecto

El cilindro de doble efecto realiza el trabajo en un solo sentido:

- El émbolo se desplaza por la presión del aire comprimido.
- Después retorna a su posición inicial por medio de un muelle recuperador o mediante fuerzas exteriores.

Como por regla general la longitud de la carrera no supera los 10 cm, que el diámetro de los cilindros es pequeño y el consumo aire es muy poco entonces se suelen aplicar, como elementos auxiliares en las automatizaciones (Figura IV.45.).

Cilindro de simple efecto

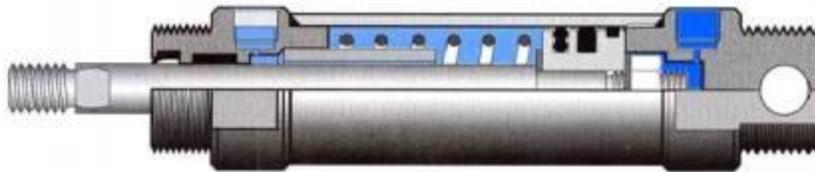


Figura. IV.45. Cilindro de simple efecto.

Podemos encontrar hasta 3 tipos de cilindros de simple efecto:

- Embolo
- Membrana
- Membrana enrollable

a) Cilindro de émbolo

Funcionamiento:

El perbunan es un material flexible recubre el pistón para así conseguir que esté cerrado completamente.

En la acción que efectúa de 1 a 2 de la Figura IV.46 el aire comprimido entra empujando el vástago, y comprimiendo el muelle. Los bordes de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro (2).

Después el muelle hace volver el vástago a su estado inicial (3).

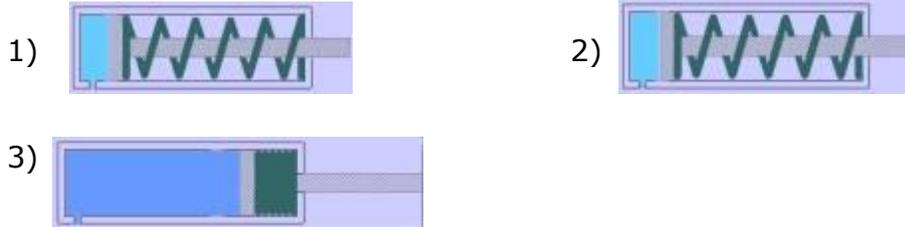


Figura. IV.46. Funcionamiento de un cilindro de embolo.

Aplicación:

Este cilindro tan simple se usa para frenar objetos rotativos con mucha velocidad, se aplica sobretodo en los frenos de camiones y trenes, ya que se usa de frenado instantáneo de emergencia.

b) Cilindros de membrana

Funcionamiento:

Funciona igual que el cilindro de embolo pero esta vez no es un embolo sino una membrana que lo sustituye. El vástago se fija al centro de la membrana. El aire comprimido entra con fuerza, empujando la membrana y por consiguiente se empuja el vástago (1) – (2). La flexibilidad de la membrana la hace volver a su estado inicial, (2) – (3), Figura. IV.47.

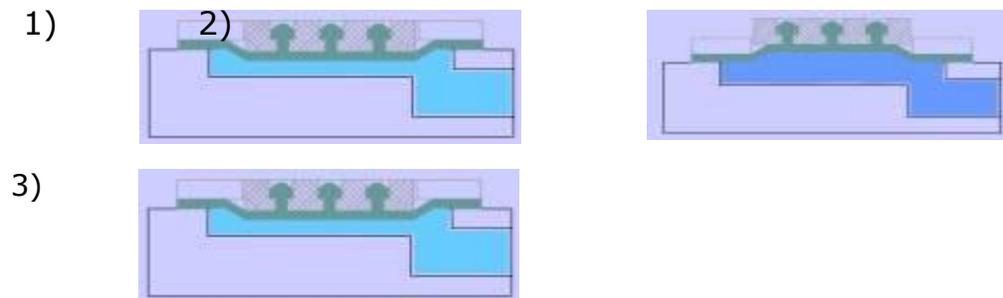


Figura. IV.47. Funcionamiento de un cilindro de membrana.

Aplicación:

Sus aplicaciones son extensas, sobretodo en la fabricas de automatización. Se podría usar para estampar, remachar o fijar.

c) *Cilindros de membrana enrollable*

Este cilindro es muy parecido al cilindro de membrana, pero el vástago puede salir mucho más, unos 5 o 8 cm. A parte el rozamiento es mucho menor.

El aire comprimido entra con fuerza, empujando la membrana, comprimiendo el muelle y por consiguiente empujar el vástago (1)-(2). La flexibilidad de la membrana y el efecto del muelle hacen volver la membrana a su estado inicial (2)-(3) Figura IV.48.

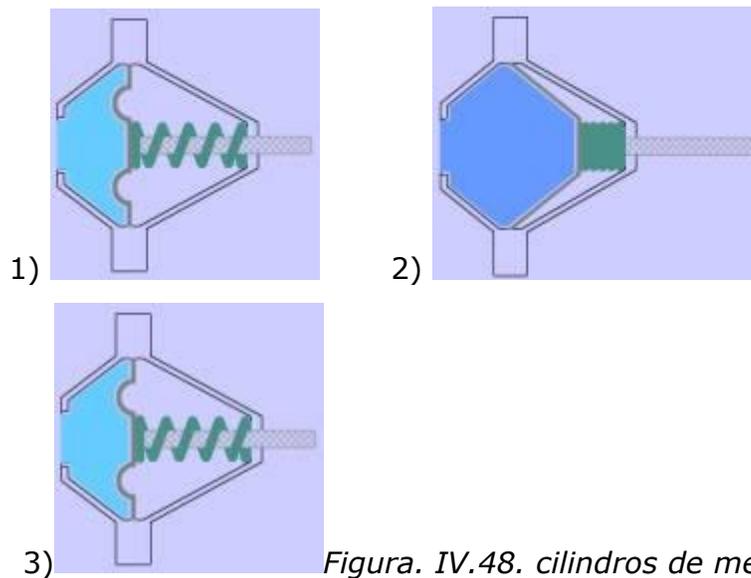


Figura. IV.48. cilindros de membrana enrollable.

b. Cilindros de doble efecto.

Los cilindros de doble efecto (figura IV.49) se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial, ya que hay un esfuerzo neumático en ambos sentidos. Se dispone de una fuerza útil en ambas direcciones.

El aire comprimido empuja el émbolo hacia fuera (1)-(2) Figura. IV.56.

El aire comprimido empuja el émbolo hacia dentro (2)-(1).



Figura. IV.49. Cilindro doble efecto

Podemos encontrar hasta 4 tipos de cilindros de doble efecto:

- a) Con amortiguación interna
- b) De vástago pasante.
- c) Posicionadores
- d) De percusión

Para entender bien el cilindro de doble efecto se explicará cómo funciona y como se aplica cada tipo de este actuador (Figura IV.50).

Cilindro de doble efecto



Figura. IV.50. Cilindro de doble efecto

a) Cilindros con amortiguación interna.

Si el cilindro tiene que trasladar masas grandes, para evitar choques bruscos y daños: se usa un amortiguador que funciona antes de acabar "la carrera" del émbolo

b) Cilindros de doble vástago.

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. Dando la posibilidad de dar trabajo por cada lado. Solo dispone de dos cojinetes facilitando el movimiento del vástago.

c) Cilindros de diferentes posiciones

Funcionamiento:

Este cilindro está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Dependiendo en que cámara se introduce actúa un cilindro u otro. En el esquema os mostramos como están acoplados dos cilindros de carreras distintas, se obtienen cuatro posiciones (Figura IV.51):

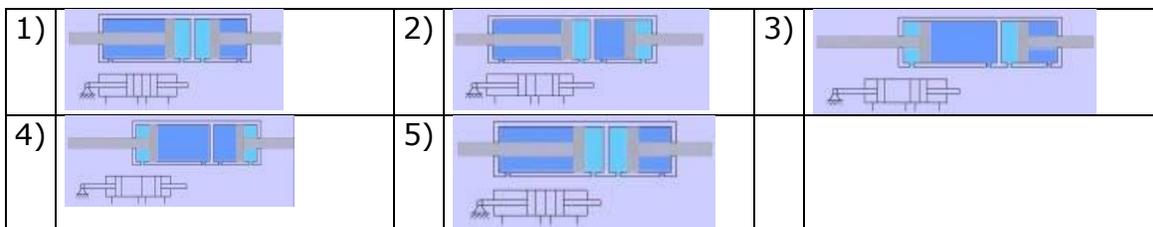


Figura. IV.51. Funcionamiento de un cilindro de diferentes posiciones.

Aplicación:

Su ampliación es muy amplia, sobre todo en los autómatas industriales:

- Colocación de piezas en estantes.
- Accionamiento de compuertas
- Cambio de palanca en parada.
- Diferenciar las piezas malas con las buenas, clasificadoras.

d) *Cilindros de percusión:*

Funcionamiento:

En este cilindro se aprovecha la energía del aire a presión y a más la energía de movimiento. Obteniendo así una gran fuerza ya que sale a una velocidad de 7,5 y 10 m/s. La fuerza varía en función de la velocidad y por el diámetro del cilindro (Figura IV.52).

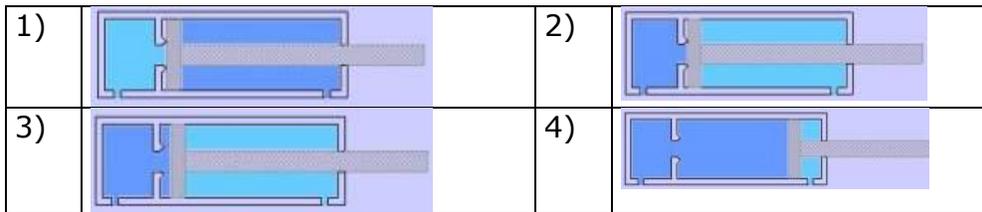


Figura. IV.52. Funcionamiento de un cilindro de percusión.

Aplicación:

Como la fuerza de impacto es muy grande en relación con el tamaño del cilindro entonces se usa para:

- Prensar
- Remachar
- Estampar

c. Cilindro de rotación

Estos cilindros por método de la presión introducida podemos obtener un movimiento rotativo.

De este tipo de actuador podemos encontrar de 2 tipos:

- a) Los cilindros de giro
- b) Los cilindros de cable

Aplicación:

Esos cilindros son muy útiles para:

- Abrir y cerrar puertas.
- Mover cargas no muy pesadas, tanto horizontal como vertical.
- Obtener carreras.

d. Pistón con imán incorporado

Ciertos cilindros incorporan un imán en el pistón, a efectos de actuar un interruptor magnético del tipo Reed-Switch o similar, montado en el exterior del cilindro, durante o al final de su carrera. Esta señal eléctrica es utilizada para gobernar a otros órganos componentes del sistema, actuadores, contadores, emitir señales luminosas, actuar contactores, relés, PLC, o bien para controlar su propio movimiento. A los efectos de la incorporación del elemento señalizador, éste puede ser de funcionamiento magnético e ir colocado en los cilindros en ranuras específicas para tal fin.

4.1.1.2 Normalización ISO

La ISO ha establecido una serie de normas de carácter internacional que regulan el aspecto dimensional de los cilindros neumáticos.

En ella básicamente se establecen las dimensiones tendientes a garantizar al usuario la intercambiabilidad de cilindros de diversas procedencias. Según esta entidad, quedan fijados los diámetros constructivos de los cilindros, los extremos de vástago, roscas de conexionado, materiales a emplear, sus tolerancias y los distintos dispositivos de montaje.

Para los diámetros establece la siguiente serie:

8 – 10 – 12 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 320 – etc.

4.2 CIRCUITOS NEUMÁTICOS.

Los fluidos permiten transmitir fuerzas a lo largo de un circuito neumático. Si bien la distancia que lo pueden transportar es mucho menor que en el caso de los circuitos electrónicos simplifican mucho los actuadores en el caso en que se

necesite movimientos lineales. Además también permiten transportar y controlar fuerzas muy grandes que con motores eléctricos requerirían una gran cantidad de energía eléctrica.

4.2.1 Elementos o Componentes:

Al igual que con los circuitos eléctricos los circuitos neumáticos e hidráulicos poseen una serie de componentes que están presentes en todos los circuitos como se detalla en la figura IV.53:

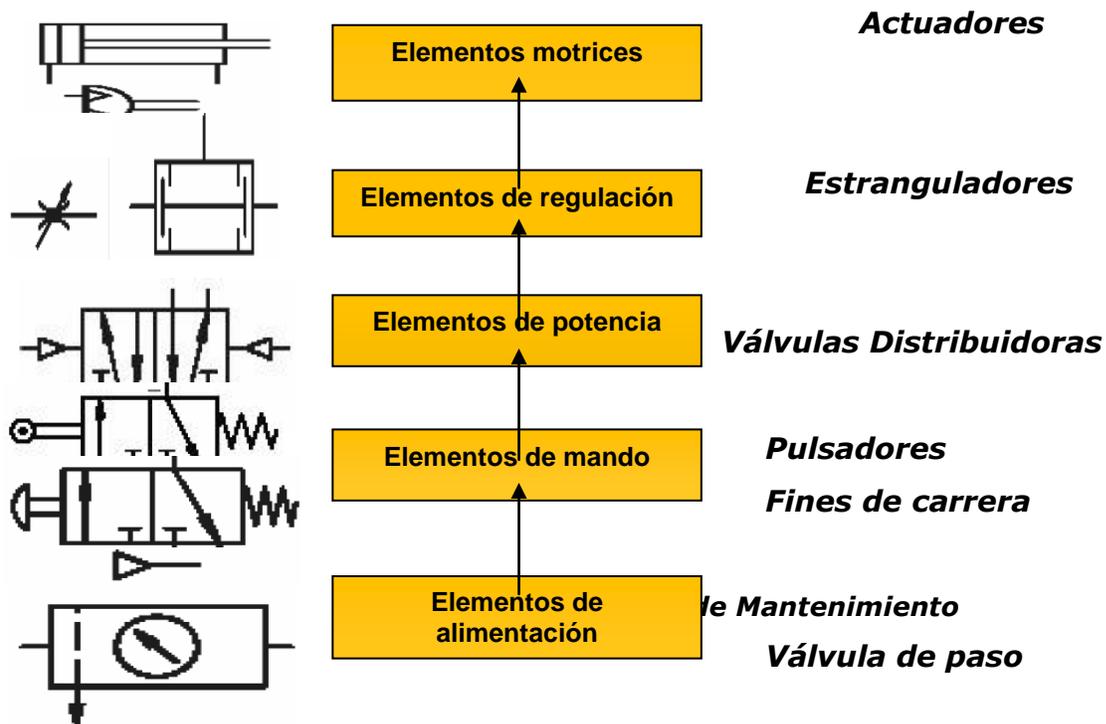


Figura.IV.53.Componentes de un circuito neumático.

a. Elementos motrices o Actuadores.

- Generalmente utiliza dos dígitos: 1.0, 2.0, 3.0....
- Se les asigna una letra mayúscula utilizada en los diagramas(A, B, C,...) (Figura IV.54).
- A veces utiliza sólo un dígito: 1, 2, 3,...
- Para detectar la posición del vástago del cilindro se utiliza la misma letra del cilindro en minúscula (a, b,...) seguida del

subíndice 0 (a_0, b_0, \dots) y del 1 (a_1, b_1, \dots) para el cilindro desplegado o bien con el nombre de la válvula (1.2, 1.3, ...).

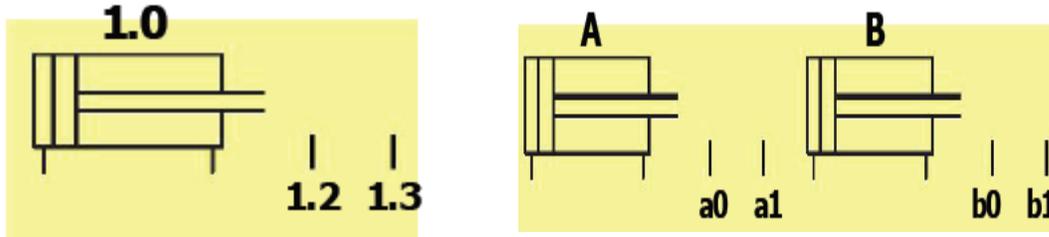


Figura. IV.54. Nomenclatura utilizada en los elementos motrices

Los símbolos de los cilindros más utilizados en los circuitos neumáticos se detallan en la siguiente figura IV.55.

De simple efecto	
De doble efecto	

Figura. IV.55. Simbología de los cilindros neumáticos.

b. Elementos de regulación

Regulan el caudal de fluido a pasar por el circuito.

- Generalmente siguen la numeración consecutiva a los elementos de señal (1.6, 1.7, ...)
- Se pueden utilizar tres dígitos, siendo el segundo un 0 (1.01, 1.02, 2.01, ...).

Entre las principales válvulas de regulación de flujo están en la siguiente tabla.

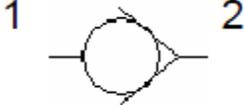
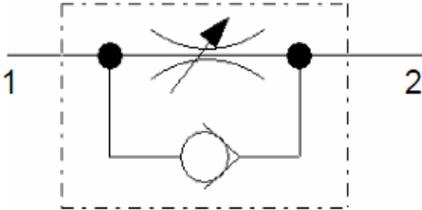
Válvula	Detalle	Símbolo
<i>Válvula anti-retorno</i>	Impide el paso de fluido de 1 a 2 y lo permite en sentido contrario	
<i>Válvula estranguladora</i>	<ul style="list-style-type: none"> • De 1 a 2: el fluido pasa por un regulador de caudal. • De 2 a 1: el fluido pasa sin dificultades 	

Tabla. IV.IV Tipos de válvulas de regulación.

c. Elementos de potencia

Interrumpen o permiten el paso del fluido en una determinada dirección o sentido.

El símbolo de las válvulas incluye información de:

1. N° de vías.
2. N° de posiciones.
3. Forma de accionamiento.
4. N° de posiciones estables.

La válvula más simple que se conoce es la llave de paso, que tenemos en los grifos del agua.

Llave de paso

Denominación

Válvula 2/2 (N° de vías/N° de posiciones) biestable de accionamiento manual.

En la siguiente tabla IV.V se detallan las principales válvulas de control:

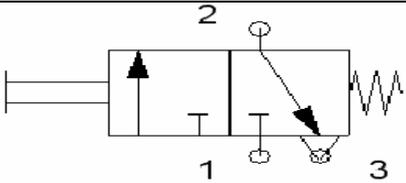
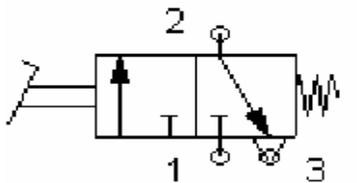
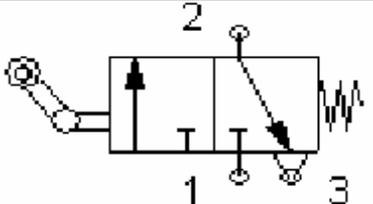
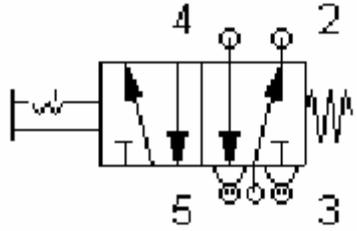
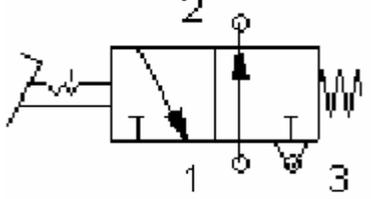
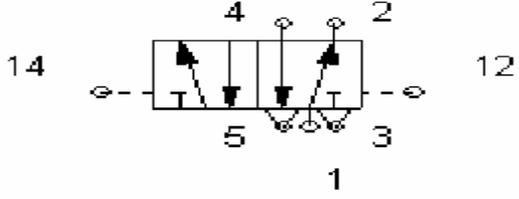
Denominación	Símbolo
<i>Válvula 3/2 monoestable de accionamiento manual</i>	
<i>3/2 Monoestable Acc. por pedal</i>	
<i>3/2 Monoestable Acc. fin de carrera</i>	
<i>5/2 Monoestable Acc. Manual con enclavamiento</i>	
<i>3/2 Monoestable Acc. por pedal enclavado</i>	
<i>5/2 biestable Acc. neumático</i>	

Tabla. IV.V. Válvulas de control.

d. Elementos de señal u órdenes

- El 1er dígito es del elemento que gobiernan (1.x, 2.x,...)
- El 2º dígito: Números pares para el avance del cilindro (1.2, 1.4,..)

- Números impares para el retroceso del cilindro (1.3,1.5,..)

e. Elementos de alimentación

Se utiliza como primer dígito el 0 (0.1, 0.2,...)

f. Tuberías

Para tuberías de potencia se utiliza línea continua.

Para tuberías de pilotaje se utiliza línea discontinua.

4.2.2 Métodos de diseño

- Neumática clásica:
- Método intuitivo
- Método en cascada
- Electroneumática
- Mediante relés (método cascada)
- Mediante programación (PLCs y autómatas)

Método en cascada

- Determinación de la secuencia, esto se da aplicando el método de programación grafcet.

PM= A +, A-,B+, B n

Formación de grupos.

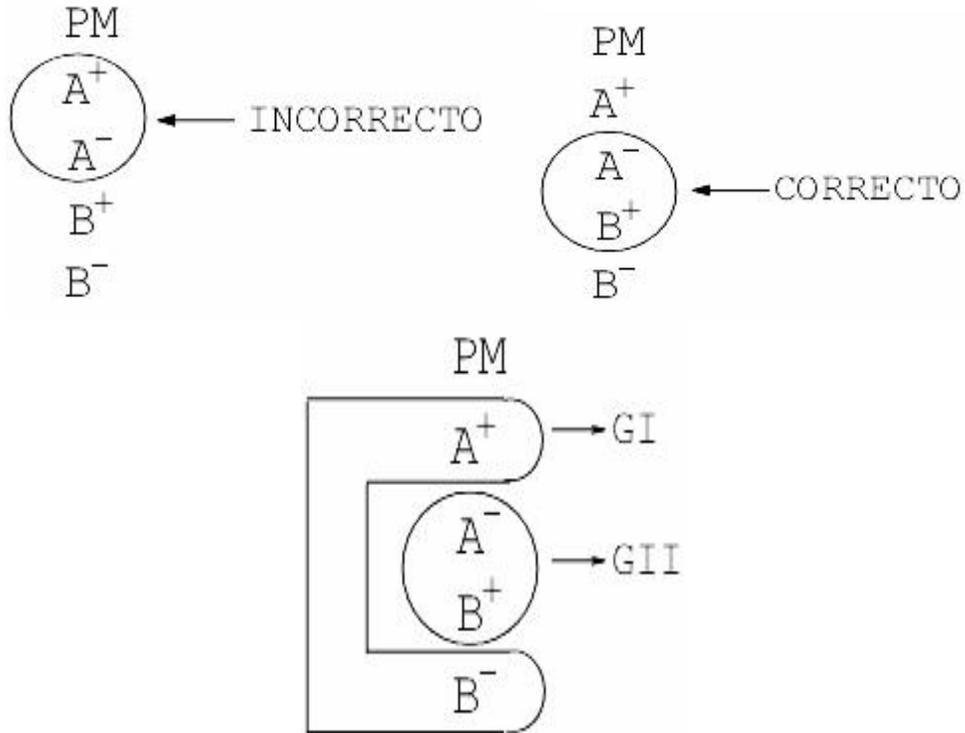


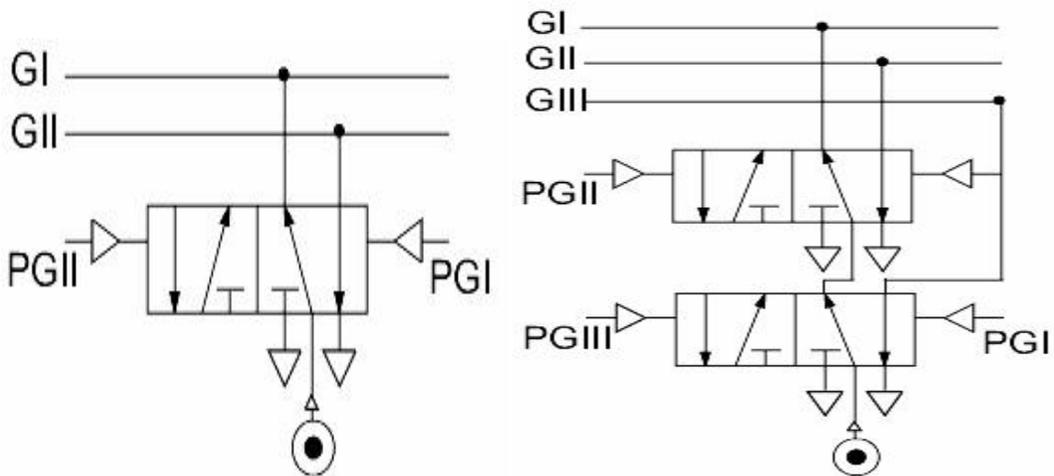
Figura IV.56 Grupos secuenciales.

Generación de líneas de alimentación

Se dividen en tres grupos principales:

a) Dos Grupos

b) 3 Grupos



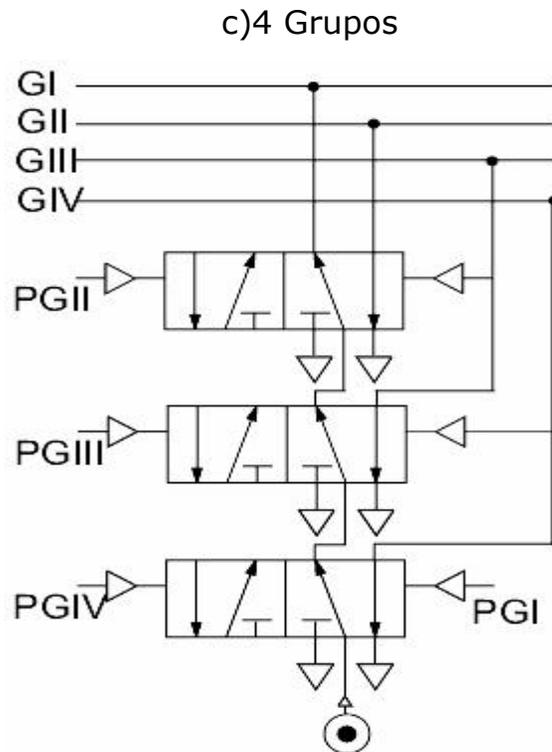


Figura IV.57. a), b), c) Generación de líneas de alimentación.

4.2.3 Elaboración del circuito

Para la elaboración de un circuito hay que tomar en cuenta los niveles de diseño (Figura IV.58).

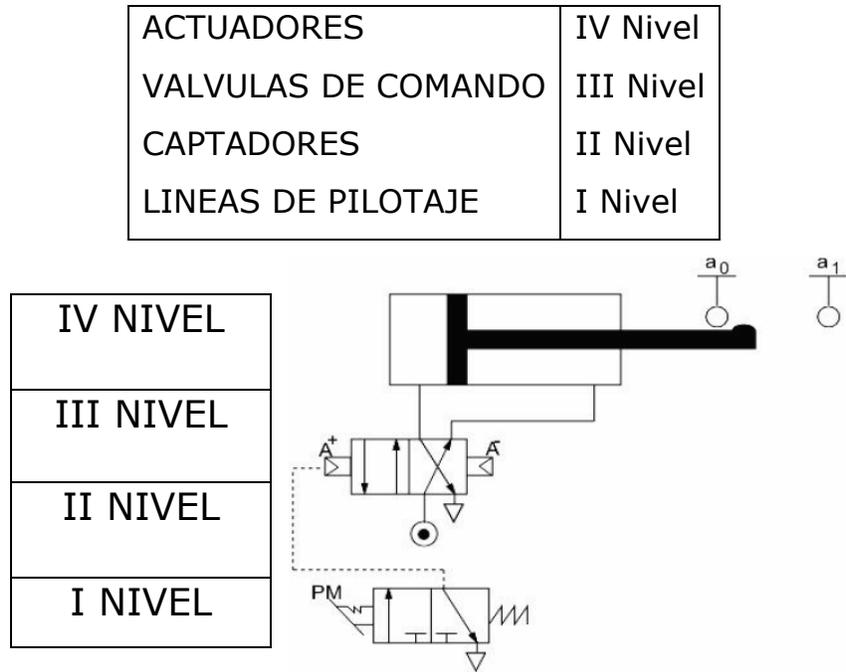


Figura. IV.58. Niveles de diseño de circuitos neumáticos.

CAPÍTULO V

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

5.1 LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Un autómata es una máquina industrial (API) susceptible de ser programada, al estar basada en un sistema de microprocesador dotado de un hardware estándar independiente del proceso a controlar. Se adapta a tal proceso mediante un programa de usuario específico, escrito en algún lenguaje de programación y que contiene la secuencia de operaciones a realizar.

El programa, realizado y depurado en una unidad de programación propia o ajena al autómata, se incorpora a la memoria de programa del mismo, para su ejecución por la Unidad Central de Proceso (CPU) del autómata.

La secuencia de operaciones del programa se realiza sobre señales de entrada y salida del proceso, llevadas al bus interno del autómata a través de las correspondientes interfaces de entrada y salida (E/S). El autómata gobierna las señales de salida según el programa de control previamente almacenado en su memoria de programa, a partir de estado de las señales de entrada. Los tipos de interfaces de E/S son muy variados, según las características de las señales procedentes del proceso o las que se van a aplicar al mismo (Figura V.59).

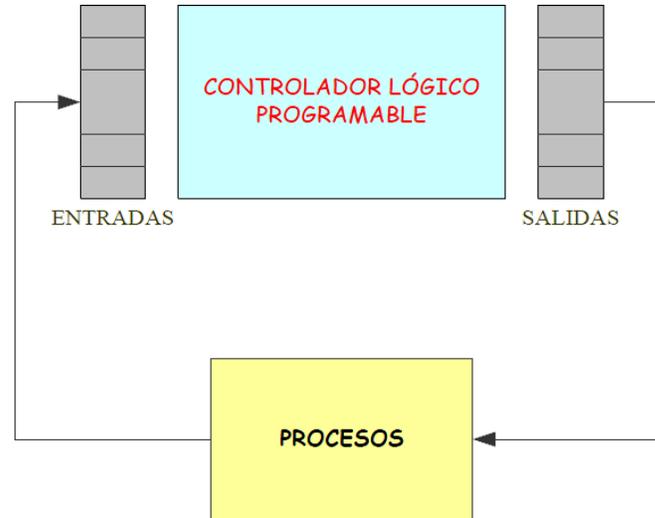


Figura V.59 Diagrama de un PLC en un control de procesos

5.1.1 ARQUITECTURA EXTERNA

Su arquitectura externa se describe en la figura V.60, permitiendo comunicarse con los sensores y actuadores que se encuentran en la planta. Se identifican entre las principales partes tales como:

- Terminales de alimentación
- Terminales de conexión de salidas.
- Led's indicadores del estado del PLC.
- Batería.
- Puerto de extensión (Modbus ASCII).
- Panel de led's indicadores del estado de E/S.
- Terminales de conexión de entradas.
- Memoria de EEPROM.
- Puerto de comunicación
- Tierra.

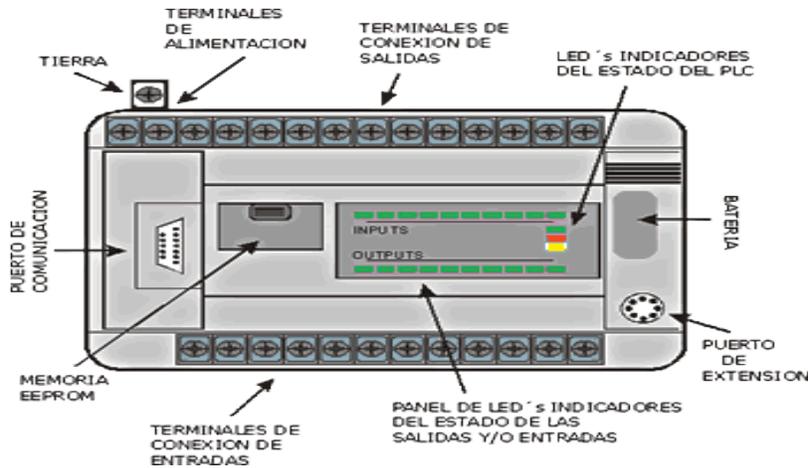


Figura. V.60. Arquitectura de un PLC.

5.1.2 ARQUITECTURA INTERNA

El PLC permite utilizar programas de programación para crear la lógica que controla un sistema. Las funciones de un PLC se repiten ordenadamente, para responder a cualquier cambio en las condiciones del sistema. El PLC ejecuta continuamente un ciclo automático, llamado "Tiempo de Barrido".

La *Unidad de Procesamiento Central* (CPU) del PLC se compone de cuatro unidades funcionales:

- Unidad de Entradas.
- Unidad de Salidas.
- Unidad Lógica.
- Unidad de Memoria.

Las cuatro unidades funcionales mencionadas anteriormente se comunican entre sí como se muestra en la figura V.61.

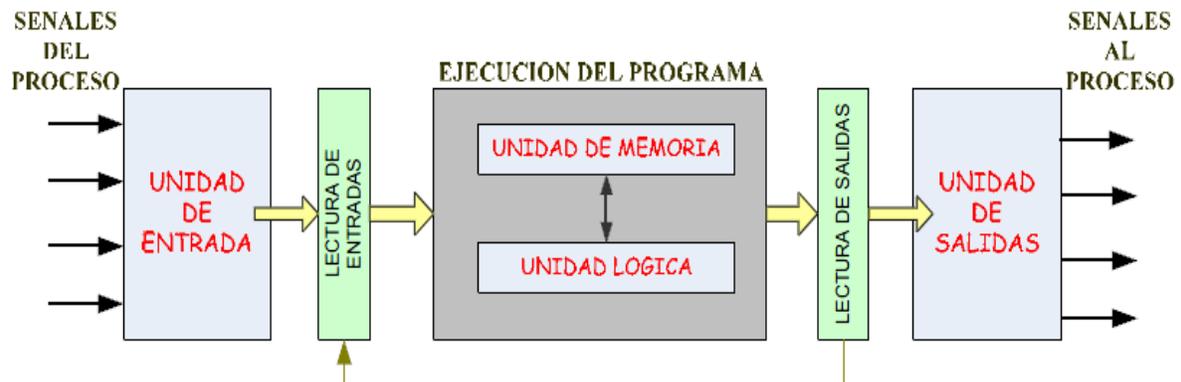


Figura. V.61. Unidades funcionales del PLC

Las entradas y salidas son los elementos que conectan al procesador central (CPU) del PLC con el proceso que se va a controlar.

La Unidad de Entrada

Proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, proveniente de los switches de contactos ON – OFF del campo o de convertidores analógicos digitales. Las señales se adecuan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.

La Unidad de Salida

Acepta las señales lógicas provenientes de la Unidad Lógica, en los rangos de voltaje que le son propios y proporciona el aislamiento eléctrico de los switches de contactos, tiristores en señales digitales y por transistores en señales analógicas que se comandan hacia el campo.

Las unidades de entradas y salidas

Son funcionalmente iguales a los bancos de relés, que se empleaban en los antiguos controladores lógicos de tipo tambor. La diferencia radica en que las unidades de entrada de los PLC son de estado sólido mientras que las salidas pueden ser de tipo relé como de tiristores dependiendo la acción que se necesita ejecutar en el campo si son salidas digitales y por transistores si son salidas analógicas.

La Unidad Lógica

Está basada en un microprocesador, es el corazón del PLC. Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los esquemas de control lógico que se especifican.

Dentro de la unidad lógica se encuentra la memoria que almacena los códigos de mensajes o instrucciones que ejecuta la unidad lógica. La memoria se divide en (PROM o ROM) que es solo de lectura y RAM que es de acceso aleatorio.

Por medio de estas memorias, se puede utilizar un PLC en procesos diferentes sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; solo se debe modificar el programa. Para el control de un proceso BATCH, se pueden almacenar varias recetas en la memoria y acceder aquellas que interesa.

5.1.3 SECUENCIA DE OPERACIÓN.

Además de ejecutar las instrucciones del programa, el autómata realiza un conjunto de acciones que aseguran su funcionamiento correcto:

- Test de CPU y memoria,
- Comprobación del reloj de guarda, etc.

La secuencia o ciclo de operación consta básicamente de las siguientes etapas:

1. Test del sistema.
2. Lectura de señales desde la interface de entrada.
3. Escritura de señales en la interface de salida.
4. Procesado del programa a fin de obtener las señales de control.

Para reducir los tiempos de acceso a las interfaces de E/S, la lectura y escritura de las entradas y salidas involucradas se realiza a la vez, guardando las entradas leídas en una memoria temporal o imagen de entradas a la que accede la CPU mientras ejecuta el programa, en tanto que los resultados o señales de control se van guardando en otra memoria temporal o imagen de salidas a medida que se van obteniendo. Al terminar la ejecución del programa los resultados se colocan de una sola vez en la interface de salida.

5.1.4 INTERFACES DE ENTRADA/SALIDA

En el control de cualquier proceso ha de existir un diálogo entre el operador y la máquina a controlar, y una comunicación entre el sistema de control y la máquina a controlar.

Traducido lo anterior a un autómata, supone que a éste le lleguen un conjunto de señales, de mando y de realimentación que se denominan entradas.

Por otra parte, el operador ha de conocer ciertos datos sobre la evolución del proceso y los accionamientos han de recibir las órdenes precisas para controlarlo, a todo lo cual se denominan salidas.

A todo el conjunto de entradas-salidas (E/S), es a lo se le denomina comúnmente "medios de diálogo operador-máquina y máquina-controlador". Además de las interfaces estándar digitales y analógicas, disponibles para todas las gamas de autómatas, existen otros tipos de interfaces llamadas específicas que, de modo opcional, pueden ser

incorporadas al autómata base como tarjetas o módulos en las máquinas de las gamas media y alta.

Tales interfaces específicas hacen posible la conexión con elementos o procesos particulares de la planta, pudiendo realizar funciones muy variadas: manejo de señales particulares regulación, presentación de sinópticos y control (SCADA), posicionamiento de ejes, contadores rápidos, etc. Por la función que realizan, las interfaces específicas pueden clasificarse como: de E/S especiales, de E/S inteligentes, y procesadores periféricos inteligentes.

5.1.5 PROGRAMACIÓN

Por su condición de programable, es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómata.

El lenguaje de programación puede definirse como "el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómata las leyes de control que desea". Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como "el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, puede enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable".

En la tarea de programación del autómata, han de seguirse los siguientes pasos:

1. Establecer mediante un diagrama de flujo, una descripción literal o gráfica (GRAFCET, RdP, etc.) que indique qué es lo que se quiere que haga el sistema y en qué orden.
2. Identificar las señales de E/S del autómata.
3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Asignar a cada uno de los elementos que figuran en el modelo direcciones de E/S o internas.

5. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación (lenguaje de programación). Cada instrucción del programa consta de dos partes: el código de operación, que dice qué se ha de hacer y el código de los operandos (identificados por su dirección) que dicen sobre qué variables, o constantes, se ha de operar.
6. Transferir el conjunto de instrucciones escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
7. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad.

En cuanto a los lenguajes de programación a utilizar: literales o gráficos ha de decirse que depende de la aplicación a que se destina e incluso de la costumbre o hábito del programador. No obstante seguidamente se comentan las características fundamentales de ambos:

- a. Lenguajes literales.- Formados por instrucciones elementales del programa, cada una de las cuales es una secuencia de textos. Las instrucciones disponibles dependen de la complejidad del lenguaje y van desde muy sencillas funciones lógicas (AND, OR, NOR) hasta las estructuras complejas de programación de alto nivel (FOR ... NEXT, DO, WHILE, etc.), o instrucciones de manipulación de textos y valores numéricos, o instrucciones de acceso a bloques secuenciales (TIM, CNT, etc.).
- b. Lenguajes gráficos.- Tienen su origen en los esquemas eléctricos de relés y utilizan símbolos de contactos y bobinas para las instrucciones básicas y símbolos de bloques lógicos para las extensiones al lenguaje, con una potencia similar a la de los lenguajes literales de alto nivel y con la ventaja de visión de conjunto que proporciona la representación gráfica.

5.1.6 APLICACIONES

La finalidad primordial de la automatización industrial es la de gobernar la evolución de un proceso sin la intervención, salvo esporádica, de un operador.

Las funciones asociadas a los niveles de control de producción y supervisión de planta en un modelo jerárquico de automatización requieren el conocimiento de la realidad de la planta y la capacidad de interacción sobre ella. Apoyándose en la estructura de dispositivos locales, el ordenador u ordenadores se conectan a ellos mediante líneas de interconexión digital, tales como buses de campo o redes locales por las que reciben información sobre la evolución del proceso (obtención de datos) y envía comandos u órdenes del tipo arranque, parada, cambios de producción, etc. para su control.

A los programas requeridos y, en su caso el hardware adicional necesario, se les denomina genéricamente como sistemas SCADA.

Es posible desarrollar aplicaciones basadas en el PC que recoja los datos, analice las señales, haga presentaciones en pantalla, envíe datos a impresora o disco, controle actuadores, etc.

En general, un paquete SCADA incluye dos programas: Editor y Ejecutor ("Run-Time").

- *El Editor.*-Se generan las aplicaciones antes descritas haciendo uso de los editores, macros, lenguajes y ayudas de que dispone.
- *El Ejecutor.*- Se compila a fin de obtener el fichero .EXE de ejecución.

5.2 HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACIÓN: GRAFCET

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

5.2.1 METODOLOGÍA GRAFCET

El Grafcet se compone de un conjunto de:

- Etapas o Estados a las que van asociadas acciones.
- Transiciones a las que van asociadas receptividades.

- Uniones Orientadas que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

5.2.2 ETAPAS

Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando.

- En un momento determinado, y según sea la evolución del sistema:
- Una etapa puede estar activa o inactiva.
- El conjunto de las etapas activas definen la situación de la parte de mando.
- Las etapas se representan por un cuadrado con un número en su parte superior como identificación. La entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo.

El conjunto formado por el cuadrado y la extensión de las entradas y salidas constituye el símbolo completo de la etapa (Figura V.62):

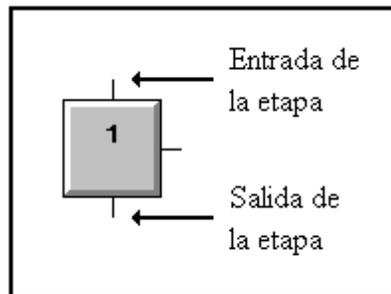


Figura. V.62. representación de una etapa.

Cuando es necesario determinar la situación del Grafcet en un momento determinado, es muy cómodo identificar todas las etapas activas en ese momento, mediante un punto en la parte inferior de los símbolos de las etapas activas (Figura V.63):

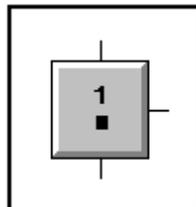


Figura V.63. Etapa Activa.

Cuando varias transiciones van unidas a una misma etapa, las uniones orientadas correspondientes se reagrupan antes o después de la etapa (Figura V.64):

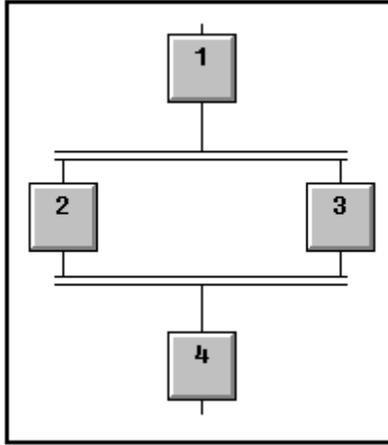


Figura V.64. Reagrupación de etapas.

5.2.3 TRANSICIÓN

Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se presenta al producirse el franqueo de la transición. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación.

Una transición puede estar validada o no validada.

- Validada.- Es cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.
- Una transición entre dos etapas se representa mediante una línea perpendicular a las uniones orientadas, también puede llevar una línea paralela a las uniones orientadas. Para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea perpendicular (Figura V.65).

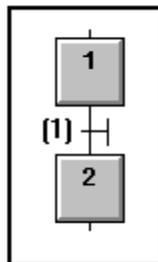


Figura V.65. Transición que une la etapa 1 con la etapa 2

5.2.4 REGLAS DE ESTRUCTURAS DE USO FRECUENTE

Divergencia en O. Se representa mediante el esquema de la Figura V.66.

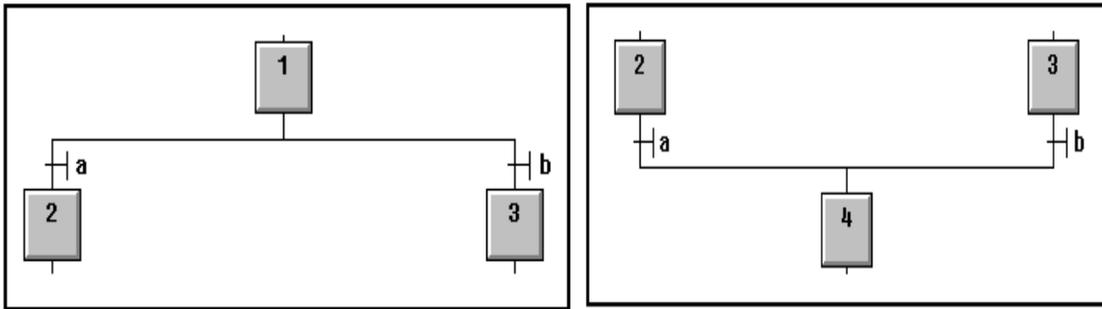


Figura. V.66. Divergencia en O.

Cuando la etapa 1 está activa, según se cumpla la receptividad asociada a la transición a o la receptividad asociada a la transición b, pasará a ser activa la etapa 2 o bien la etapa 3 respectivamente.

Si la etapa activa es la 2 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición a para pasar a la etapa 4 a activa. Si la etapa activa es la 3 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición b, para que la etapa 4 pase a estar activa

Divergencia en Y. Viene dada por el esquema que se representa en la Figura V.67.

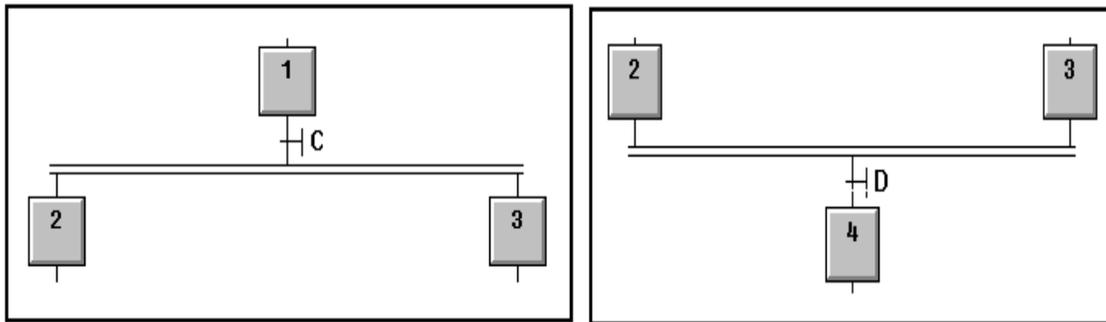


Figura. V.67. Divergencia en Y.

Estando activa la etapa 1 y si se cumple la receptividad asociada a la transición C, pasan a estar activas las etapas 2 y 3.

Y ara que se activa la etapa 4 deben estar activas las etapas 2 y 3 y cumplirse la receptividad asociada a la transición D.

5.2.5 ESTRUCTURAS PRINCIPALES

Las estructuras de base más utilizadas se describen a continuación. Pueden combinarse entre ellas, siendo esta enumeración no limitativa.

5.2.5.1 SECUENCIA ÚNICA

Una secuencia única se compone de una sucesión de etapas que son activadas una a continuación de otra. A cada Etapa le sigue solamente una transición y cada transición es validada por una sola etapa (Figura V.68).

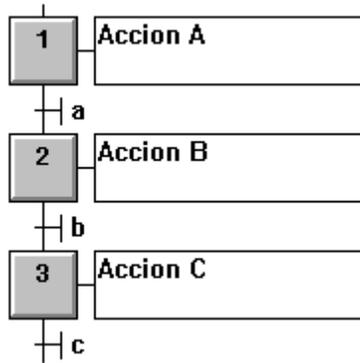


Figura. V.68. Secuencia única.

Se dice que la secuencia está activa si al menos lo está una etapa. Por el contrario se dice que está inactiva si todas las etapas están inactivas.

5.2.5.2 SECUENCIAS SIMULTÁNEAS O PARALELISMO ESTRUCTURAL

Cuando el franqueo de una transición conduce a la activación de varias secuencias al mismo tiempo, se dice que son secuencias simultáneas. Después de la activación de estas secuencias, las evoluciones de las etapas activas en cada una de las secuencias son independientes. Para asegurar la sincronización de la desactivación de varias secuencias al mismo tiempo, generalmente se ponen etapas de espera recíproca (Figura V.69).

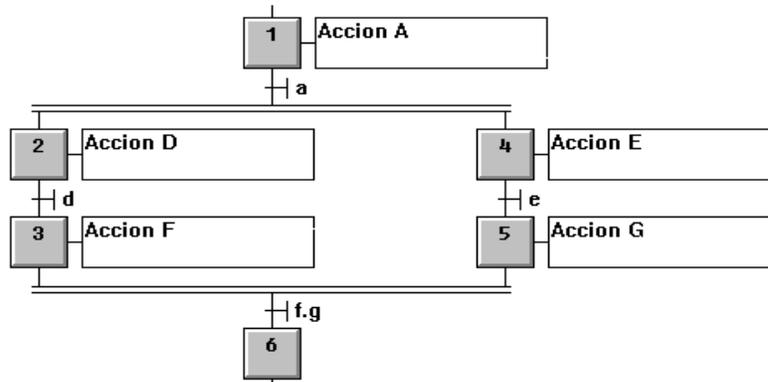


Figura. V.69. Secuencias simultáneas.

Las activaciones o desactivaciones simultáneas de estas secuencias pueden efectuarse en una o varias veces.

5.2.6 IMPLEMENTACIÓN DEL GRAFCET

Una vez realizado el Grafcet del proceso que deseamos controlar, el paso siguiente es la obtención de las condiciones de activación de las etapas, así como de las acciones asociadas a las mismas. Para ello se utilizará un proceso de normalización en el cual, y partiendo del Grafcet realizado, se va obteniendo las condiciones de activación para cada una de las etapas y acciones. La obtención de estas condiciones booleanas se basará en la utilización de dos hechos:

- Una etapa se activará cuando estando activa la etapa inmediatamente anterior a ella, se evalúe a cierto la receptividad existente entre estas dos etapas, desactivándose la etapa anterior y activándose la nueva etapa.
- Una acción se deberá ejecutar, si la etapa a la que está asociada está activa.

Una vez obtenidas estas condiciones booleanas, el paso siguiente es la implementación en el lenguaje apropiado para el controlador que se haya escogido como unidad de control del proceso.

CAPÍTULO VI

DESARROLLO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

En este capítulo se determina las partes necesarias para la construcción del módulo, así como también las dimensiones y capacidades de los elementos, a continuación se describe la selección de materiales y la construcción de las partes correspondientes, para cumplir con los requerimientos de facilidad en manipulación, buena didáctica al momento de trabajar en el mismo, y correcto funcionamiento a lo largo de todo el proceso.

6.1 BANCADA DEL MÓDULO ENVASADOR.

Para la construcción de la bancada del módulo, hay que considerar las dimensiones finales de la estructura, dimensiones horizontales y verticales, ya que sobre esta base se colocan sensores, actuadores, la banda y dispensadores, que dado su trabajo a realizar, necesitan tener una base fija y con suficiente robustez, capaz de soportar las fuerzas de reacción que los actuadores realizan.

Considerando que la bancada soportara bajos esfuerzos, de los actuadores mencionados y al mismo tiempo debe ser de un material de fácil adaptabilidad y mecanizabilidad, además de q sea de bajo costo, por estas razones se elige el perfil de aluminio (divisiones de oficina figura VI.70) que tiene un espesor de 3,2mm, este perfil está disponible en el mercado y a un bajo costo.

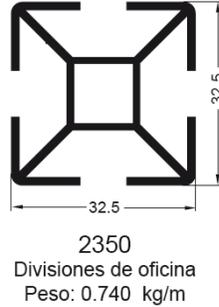


Figura VI.70 perfil de aluminio

6.2 FORMA DE LA BANCADA

Debido a que el modulo consta de varios sensores, actuadores y diversos elementos q forman parte de la mecánica del proceso de tapado de envases, además de la necesidad en prestar facilidad de ubicación y montaje tanto de los elementos propios del módulo, como de la los envases y su libre movimiento para su correcta funcionalidad.

Se ha desarrollado el diseño de la Figura VI.71 el cual está debidamente planificado para permitir al operario la identificación de cada uno de los elementos que conforman este módulo y su fácil manipulación, para poder ayudar con la didáctica al momento de trabajar en este sistema.



Figura VI.71 bancada.

Gracias al perfil de aluminio seleccionado se puede colocar los elementos de manera rápida sencilla y en las ubicaciones adecuadas, para poder optimizar el espacio y materiales la bancada esta implementada de acuerdo a las dimensiones del diseño en el anexo 1.

Para el ensamblaje del perfil se utilizó sujetadores con pernos hexagonales que prestan alta sujeción y firmeza.

6.3 CANAL DESLIZADOR DE ENVASES Y TAPAS.

Para poder proporcionar los envases y las tapas al módulo, se ha incorporado al mismo dos canales deslizadores, por medio de los cuales se mantendrá una cantidad adecuada de tapas y envases, para que el proceso no se detenga, gracias a la gravedad y el bajo nivel de fricción entre los canales y los elementos.

Estos canales deslizadores están sujetos a la bancada por medio de placas de metal formando un ángulo adecuado para que los elementos no caigan de una manera abrupta.

Los canales están dimensionados de acuerdo a la Figura VI.72y son de aluminio debido a las cualidades antes mencionadas.

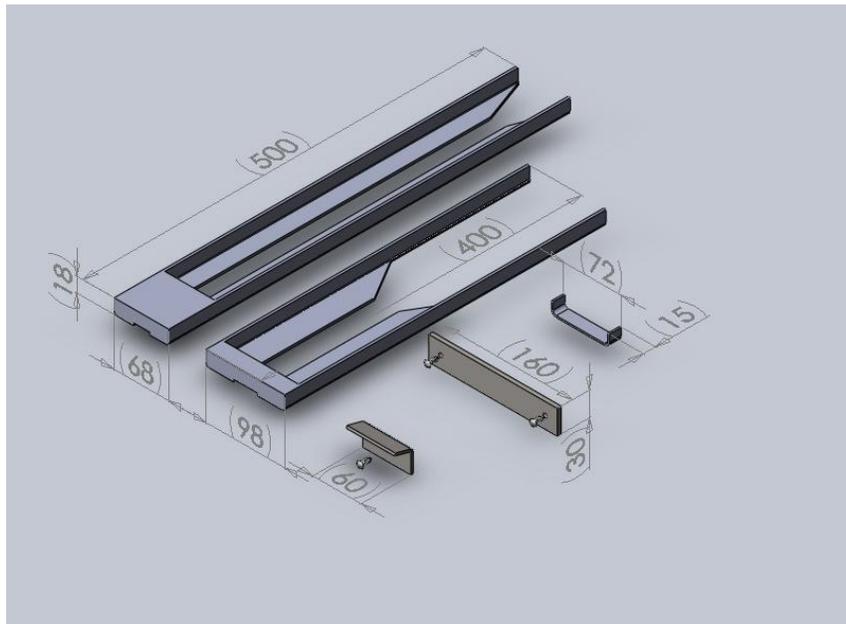


Figura VI.72 Deslizadores de envases y tapas (mm).

6.4 BANDA TRANSPORTADORA.

Sirve de transporte para los envases de café a lo largo de todo el proceso, es por eso que esta es un pilar fundamental para nuestro propósito.

Tiene una distancia entre ejes de 78 cm, ancho de 6 cm y espesor de 2cm, es de plástico polipropileno para evitar su desgaste con el movimiento continuo, para su colocación adecuada en la bancada, se implementó un eje de rotación en cada extremo de la banda proporcionando así tensión suficiente y soporte suficiente para que la banda no presente arqueamientos en su parte central.

La banda está impulsada por un motor de 24 VDC a través de engranes, poleas y una banda de caucho para la transmisión del movimiento las dimensiones y detalles de los elementos se proporcionan en el anexo 2.

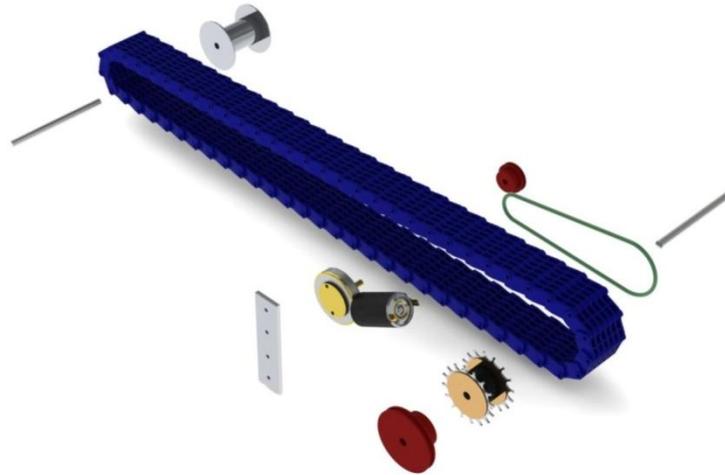


Figura VI.73 Banda transportadora

La banda proporciona una velocidad por ciclo ininterrumpido de doce segundos, óptima para el transporte de envases de vidrio sin provocar perturbaciones bruscas que podrían ocasionar derrames de café.

Esta banda transportadora (Figura VI.73) está controlada por un relé de 24VDC debido a que el motor de la misma consume una corriente de 2.4 A el mismo nos sirve para control del motor y como protección de la salida del PLC.

6.5 SUJECION Y ROSCADO.

Para poder realizar el tapado y roscado de las tapas en su respectivo envase, se utiliza un cilindro neumático que sujetara a el envase contra una parte de la

bancada la cual está debidamente acolchonada para evitar deslizamientos del envase de vidrio.

Además existe un cilindro neumático para poder realizar presión sobre la tapa del envase, además este permite la movilización del motor que realizara el proceso de roscado.

Para poder realizar el roscado se cuenta con un acople de caucho, el cual permitirá tener mayor sujeción en la tapa y al momento de giro del motor no habrá deslizamientos. Este acople está adaptado a el motor por medio de un acople del motor este es de aluminio.

Los detalles y dimensiones de los elementos se encuentran especificados en el anexo 3.



Figura VI.74 Sujeción y roscado

En la Figura VI.74 se puede visualizar cada uno de los elementos que conforman la etapa de sujeción y roscado.

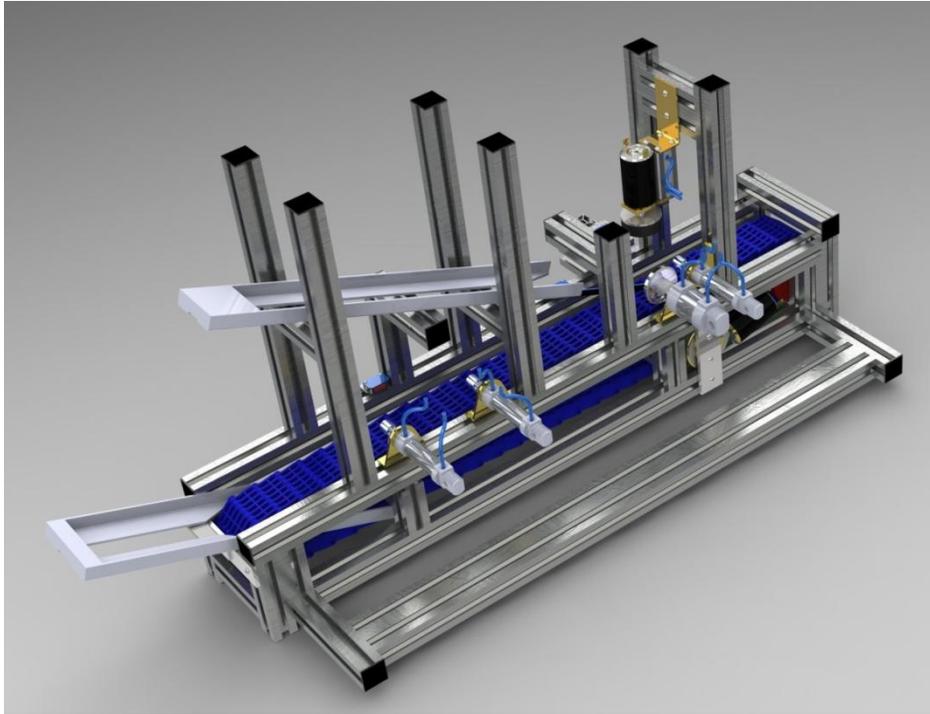


Figura VI.75 Modulo completo

Luego de explicadas cada uno de los principales elementos, en la Figura VI.75 se muestra el modulo completo ensamblado, con la ubicación correcta de cada una de sus partes, para un mayor detalle de los mismos y su posición véase en el anexo 4.

6.6 DESCRIPCION DEL PROCESO DE TAPADO DE ENVASES.

El proceso de tapado de envases de café se desarrolla en razón del diagrama de bloques de la Figura VI.76, de la siguiente manera:

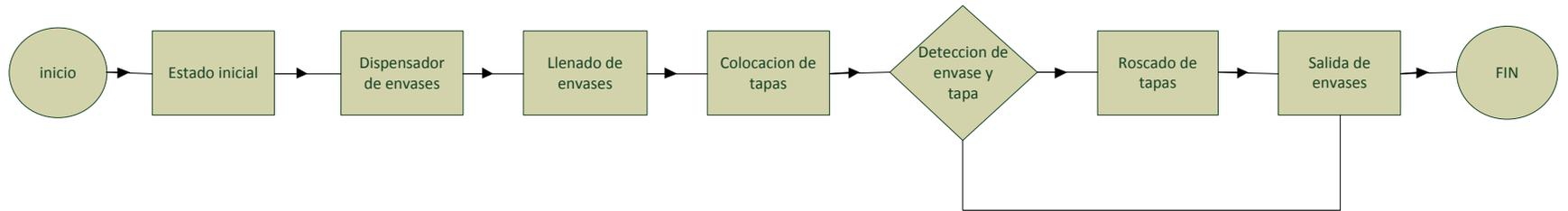


Figura VI.76 Diagrama de bloques del proceso de tapado de envases.

El proceso de tapado de envases de café consta de siete etapas las cuales describimos a continuación:

6.6.1 ESTADO INICIAL:

En este estado el operador o encargado proporciona tanto los envases y tapas necesarias tomando en cuenta la posición en la que deben de estar dichos elementos (las tapas hacia abajo, los envases con el orificio hacia arriba y de costado), en una cantidad adecuada y con la ayuda de los deslizadores de envases y tapas.

En este estado la banda transportadora está encendida, el motor de roscado está apagado, y todos los cilindros se encuentran desactivados (cilindros A, C y E en posición menos y los cilindros B y D en posición mas), ver Tabla VI.VI Cuando exista un envase en la banda transportadora el estado inicial concluirá.

Posición del cilindro	Descripción
Mas (+)	El cilindro en posición más indica que su vástago se encuentra extendido,
Menos(-)	El cilindro en posición menos indica que su vástago se encuentra recogido

Tabla VI.VI Posiciones del cilindro

6.6.2 DISPENSADOR DE ENVASES:

La etapa, Dispensador de envases, consta de dos actuadores (cilindros neumáticos A y B) y un sensor óptico (SO1), los cuales controlaran el correcto flujo de envases hacia la siguiente etapa del proceso, proporcionando un solo envase por ciclo.

Al entrar en funcionamiento el proceso de tapado de envases de café, Se enciende la banda permitiendo el avance del envase hacia la posición del cilindro B el cual se encuentra en posición más, deteniendo el envase hasta que este sea detectado por el SO1, el cual activa el cilindro A, para detener los demás envases y así controlar el flujo de los mismos, y no exista aglomeración.

Una vez que el cilindro A se encuentra activado se procede con la siguiente etapa.

6.6.3 LLENADO DE ENVASES

Etapa de llenado de envases (Esta etapa dado los límites de la tesis se la representara de modo simulado), En este momento se desactiva la banda, para proceder al llenado, esperando un tiempo de transición 1 (TM1), En el cual se procederá a simular la etapa de llenado, luego de transcurrido el tiempo asignado a TM1, se enciende la banda transportadora, y se desactiva el cilindro B luego de una transición 2 TM2, para que el envase llenado prosiga a instancia de colocación de tapa.

6.6.4 COLOCACION DE TAPA:

En la instancia, colocación de tapa gracias a la gravedad, al diseño y al ángulo proporcionado en la inclinación del deslizador de tapas, las tapas quedan en una posición adecuada para cumplir con su acometida en el momento en que el envase cruza esta instancia.

El envase lleno al transportarse pasa por debajo de la instancia de tapado, arrastra su correspondiente tapa en una ubicación correcta, trasladándose hacia la siguiente etapa.

6.6.5 DETECCION DE ENVASE Y TAPA:

Etapa de detección de envase y tapa, esta etapa cuenta con dos sensores un sensor óptico (SO2) y un sensor fin de carrera, además de un cilindro neumático D, el cual se encuentra activado para controlar el flujo de envases.

Luego de la instancia de tapado el envase prosigue hasta llegar al sensor fin de carrera, el cual detecta la presencia del envase, activando un tiempo de transición (TM6) dentro del cual el SO2 verifica si el envase que se encuentra detenido por el cilindro D, consta de su correspondiente tapa.

6.6.6 ROSCADO DE TAPA:

Si el envase tiene tapa se procede a la etapa de roscado de tapa, el cual consta de dos cilindros neumáticos (C y E) y un motor de 24 V Cd (Motor B).

Dentro de esta etapa al detectar la presencia de envase y tapa, se procede a la activación del cilindro C, el cual proporciona la sujeción del envase para poder

realizar el respectivo roscado sin que exista desequilibrio del envase para su correcto sellado, luego de la sujeción del envase se procede a la desactivación de la banda transportadora, para evitar movimiento, e ingresar a la instancia del roscado de tapa.

Se procede a la activación del cilindro E el cual permite bajar al motor para la colocación adecuada de la tapa en el envase, se desactiva el cilindro E y se activa el motor B, que sirve para roscar la tapa, Entonces se activa el cilindro E que lleva al motor B encendido hasta la tapa, y permitir un roscado adecuado de la misma con el envase.

6.6.7 SALIDA DE ENVASES:

Luego se procede a la salida de envases aquí se desactivan los cilindros C, D y E y se activa la banda transportadora para permitir que el envase sellado termine su proceso de tapado.

En el caso de que el envase no conste de su respectiva tapa se obviarán las activaciones de los cilindros C y E además del motor B, y se procede con la desactivación del cilindro D para permitir el paso del envase sin tapa.

Se lleva un registro de los envases que fueron tapados correctamente, para información estadística de la producción del proceso.

Para la operación de los cilindros se utiliza electroválvulas neumáticas. Y para el control de los motores se utiliza relés de 24 voltios.

Todos los elementos antes mencionados se encuentran conectados a una interfaz de comunicación ABE-7, el cual proporciona la información al PLC ubicado en tablero de control.

Para proporcionar la alimentación neumática a los actuadores el módulo consta de una unidad de mantenimiento y filtrado de aire, para el correcto funcionamiento del mismo.

6.7 CIRCUITOS NEUMATICOS

Para realizar el respectivo circuito neumático se tuvo que analizar diferentes aspectos físicos, para la selección de los cilindros y de las electroválvulas, y

para determinar la tubería con la que va a estar interconectado los diferentes elementos neumáticos.

6.7.1 SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS

La fuerza que pueden desarrollar los cilindros neumáticos es la característica más importante por la cual comienza la etapa de selección. El valor de la fuerza depende exclusivamente del diámetro del pistón y de la presión del aire comprimido con que se alimenta el cilindro.

Los cilindros realizan su acción en posiciones determinadas como por ejemplo el cilindro del brazo de ajuste, su posición es vertical y a la vez su desplazamiento.

La elección de cilindros puede ser resuelta con ayuda de gráficos, los cuales muestran los valores teóricos de fuerza según las diferentes presiones y diámetros de cilindros.

La ecuación que lo sustenta es:

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

Donde:

F: fuerza

P: Presión de trabajo (bar)

D: Diámetro del pistón.

N: fuerza de rozamiento (0,9)

La fuerza de rozamiento va a ser mínima, estimando en un 90%.

SELECCIÓN DE LOS CILINDROS A Y B

Utilizando la anterior ecuación hacemos la selección de los cilindros A y B

Puesto que estos dos cilindros nos sirven solo para seleccionar los envases la presión con la que reaccionan los dos cilindros tiene que ser rápida, es por eso que no nos interesaría mucho la fuerza pero si nos interesa la presión y la longitud de carrera del vástago y su diámetro.

Utilizando la formula mencionada anteriormente tenemos:

F: ?

P: 6 bar (experimentalmente)

D: 20 mm. (Experimentalmente)

Fuerza de rozamiento: 90%

$$F = P.A = 10.(6[bar]).\pi.\left(\frac{(2[cm])^2}{4}\right).0.9$$

$$F = 169,64 [N] \approx F = 170[N]$$

Esta es la fuerza teórica que desarrollara el cilindro, suficiente como para detener los envases de café.

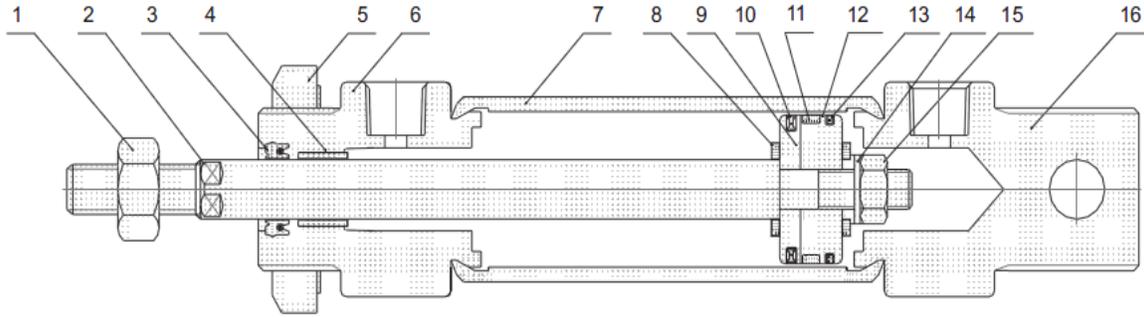
Si ingresamos estos datos en el grafico del ANEXO 9 con $F=170[N]$ y una presión de $p=6[Bar]$ obtendremos un cilindro de 20 mm.

Es por esto que se ha utilizado un cilindro neumático de doble efecto de marca Aitac, con soporte de anillo magnético para conocer su posición y presenta las siguientes características (Tabla VI.VII):

Especificaciones técnicas	
Presión de operación	1 – 10 [bar]
Temperatura	0 – 70°C
Rango de velocidad	50 – 80 mm/seg
Anillo magnético	Standart
Diámetro Ø	20 mm
Material	Acero inoxidable
Carrera	<-→ 12 mm

Tabla. VI.VII Especificaciones técnicas de un cilindro neumático.

Su estructura física se describe en la figura VI.77:



No.	Item	No.	Item
1	Tuerca del vástago	2	Vástago
3	Sello del vástago	4	Buje
5	Tuerca de montaje	6	Cabeza delantera
7	Camisa	8	Amortiguación
9	Pistón	10	Sello del pistón
11	Anillo magnético	12	Soporte del anillo magnético
13	Anillo raspador	14	Arandela trasera de ajuste
15	Tuerca del pistón	16	Cabeza trasera

Figura. VI.77. partes principales de un cilindro Airtac.

SELECCIÓN DEL CILINDRO

Este cilindro nos servirá para la sujeción del envase a ser tapado, en este cilindro es necesario analizar la fuerza con la que se va a sujetar a la botella. el envase de vidrio del café soporta hasta 220 [N] de fuerza, considerando este punto se ha considerado utilizar una fuerza de 180[N] para no causar danos en el envase de vidrio, utilizando la misma fórmula antes ya mencionada procedemos a calcular el tipo de cilindro a utilizar:

F: 200[N]

P: 5 bar (experimentalmente)

D: ?

Fuerza de rozamiento: 90%

$$200[N] = P \cdot A = 10 \cdot (5[bar]) \cdot \pi \cdot \left(\frac{d^2}{4}\right) \cdot 0.9$$

Despejando d nos queda:

$$D = 800/141,4 = 2,4 \text{ [cm]}$$

Este es el diámetro del cilindro, teóricamente obtenido, Si ingresamos estos datos en el grafico del ANEXO 9 con $F=200[N]$ y una presión de $p= 5[Bar]$ obtendremos un cilindro de 24 mm.

En el medio industrial no localizamos este tipo de cilindro pero si tenemos un cilindro de 25 mm. Es por esto que se ha decidido utilizar un cilindro neumático de doble efecto de marca NORGEN, ya que necesitamos tener dos posiciones y depende su posición de otras etapas del proceso, y además de necesita que su soporte de anillo sea magnético para saber su posición exacta y saber decidir sobre otras etapas, y por su baja fricción aumenta el tiempo de reacción, sus especificaciones se detallan en la tabla VI.VIII.

Especificaciones técnicas	
Tipo:	RT/57225/M/10
Presión de operación	1 – 10 [bar]
Temperatura	0 – 80°C
Rango de velocidad	50 – 80 mm/seg
Anillo magnético	Standart
Diámetro Ø	25 mm
Material	Acero inoxidable
Carrera	<-→ 10 mm

Tabla. VI.VIII. Especificaciones técnicas, cilindro neumático Norgen.

SELECCIÓN DEL CILINDRO

Este cilindro tiene la misión de detener al envase de café mientras los sensores determinen una decisión, caso contrario deja pasar a finalizar el proceso.

Como no se necesita de mucha fuerza pero si velocidad en tiempo de reacción, se ha visto conveniente utilizar un cilindro neumático de simple efecto de marca NORGEN (Figura VI.78) ya que su trabajo es solo de una posición y no depende de otras acciones secuenciales.



Figura VI.78. Cilindro neumático de simple efecto NORGEN.

Sus características principales se detallan en la tabla VI.IX:

Especificaciones técnicas	
Tipo:	RT/57116/M/25
Presión de operación	1 – 10 [bar]
Temperatura	0 – 80°C
Rango de velocidad	50 – 80 mm/seg
Anillo magnético	Standart
Diámetro Ø	16 mm
Material	Acero inoxidable
Carrera	<-→ 12 mm

Tabla. VI.IX Especificaciones técnicas del cilindro simple efecto NORGEN.

SELECCIÓN DEL CILINDROE

Este cilindro tiene como objetivo bajar y levantar un motor de VCD de 24 V el mismo que se accionara para realizar el ajuste de la tapa. En este caso se necesita de una fuerza ejercida sobre el Área de la tapa es por eso que en la figura VI.79 se observa el diámetro de la tapa y del caucho de ajuste.

Utilizando la fórmula de la fuerza obtenemos la fuerza requerida para ajustar la tapa, y además la presión con la que debe tener el cilindro para que pueda levantar el motor.

$$F=P.A$$

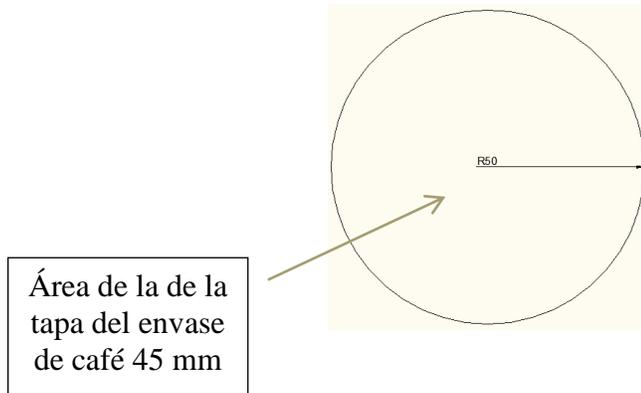


Figura. VI.79. Radio de la tapa de café.

Donde el Área de la circunferencia es:

$$A = \pi \cdot r^2$$

Donde: $A = \pi \cdot 45[\text{mm}]^2$

$$A = 63.61 [\text{cm}^2]$$

Y reemplazando el F , tenemos:

$$F = 3[\text{bar}] * 63.61[\text{cm}^2]$$

$$F = 188[\text{N}]$$

Se necesita de 188 [N] para poder ejercer una buena presión sobre la tapa, pero como se necesita más fuerza para levantar al motor, se ha aumentado un 10% proporcional a la fuerza que se necesita para su tapado.

Teniendo como resultado:

$$F = 188[\text{N}] * 110\% = 206[\text{N}]$$

La fuerza que se necesita es de 206[N] con una presión de 3 [bar], y si ingresamos estos datos al gráfico del ANEXO 9, obtenemos que se necesita un cilindro de 30 mm de diámetro.

Es por esta razón que se seleccionó un cilindro de 30 mm, de diámetro y de tipo compacto de doble efecto, que se utilizan para espacios reducidos. Y tiene mayor fuerza que los otros (figura VI.80).



Figura. VI.80. Cilindro de tipo compacto.

Sus principales características son:

Especificaciones técnicas	
Tipo:	ACPS 16X30
Presión de operación	1 – 10 [bar]
Temperatura	0 – 80°C
Rango de velocidad	30 – 500 mm/seg
Anillo magnético	Standart
Diámetro Ø	16 mm
Carrera	<-> 12 mm

Tabla. VI.X Especificaciones técnicas del cilindro compacto de doble efecto.

6.7.2 SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS

En el módulo es conveniente utilizar los mandos electroneumáticos, en los que una pequeña electroválvula 5/2 de mando directo comanda la señal neumática que desplaza al distribuidor principal (Figura VI.81). En su conjunto el mando resulta indirecto. Resultan así distribuidores más livianos, solenoides más pequeños y de menor potencia, y más alta velocidad de respuesta.

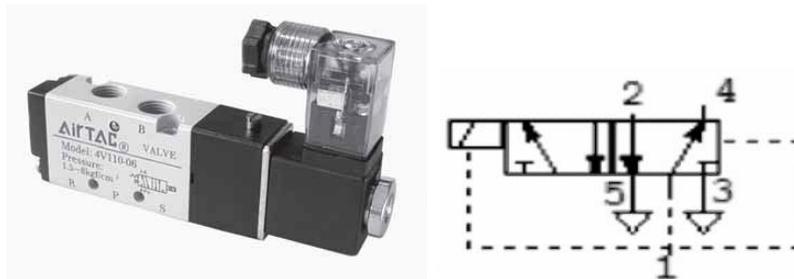


Figura. VI.81 Electroválvulas 5/2 monoestable, mando electroneumático.

El modelo a utilizar es de marca AIRTAC, y además como necesitamos menos de 8 [bar], esta electroválvula es la apropiada porque goza de esta característica y además, porque los cilindros son de dos posiciones y se necesita de 5 vías, para poder controlar sus posiciones sus características principales se describen en la tabla VI.XI.

Especificaciones técnicas	
Modelo	Selenoidevalve 4V110-06
Presión de operación	1,5 – 8 [bar]
Relé	24VDC, 2,5W
Rango de voltaje	21VDC - 26.4VDC
IP (protección)	65

Tabla VI.XI Especificaciones técnicas de electroválvula 5/2.

Montaje de válvulas

Para esto se necesitan de los Manifold o montajes múltiples, son modulares y componibles a necesidad, de acuerdo al número de válvulas a instalar.

Las conexiones de utilización son generalmente posteriores, lo que posibilita el montaje frontal en tableros con sus salidas por la parte posterior del mismo (Figura VI.82).

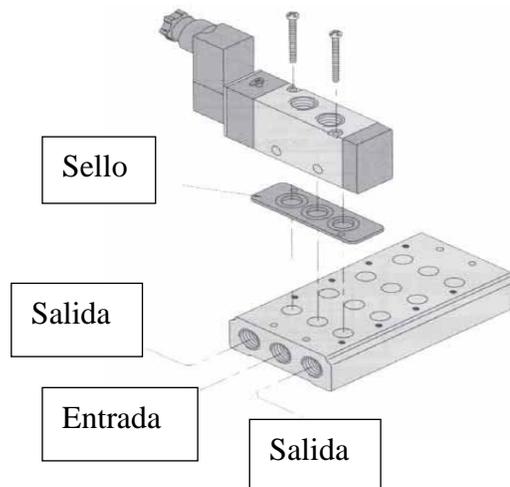


Figura VI.82 Montaje de una electroválvula en un manifold.

6.7.3 ELEMENTOS ADICIONALES EN EL CIRCUITO NEUMÁTICO.

Controladores de flujo.

Se utilizó estas válvulas para regular la presión directamente sobre un cilindro. Este control de flujo está diseñado para montar directamente sobre las cabezas del cilindro (Figura VI.83).

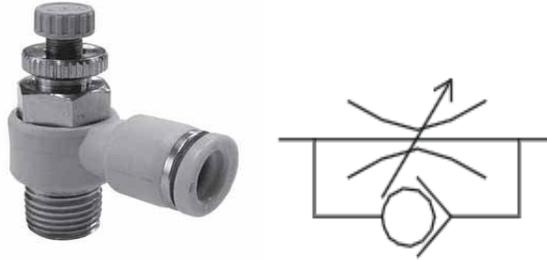


Figura VI.83. Control de flujo y su símbolo.

Racores Instantáneos.

Utilizados para la distribución del fluido (aire) a través de los elementos incluidos en el circuito neumático, tanto como codos, acoples, T como se muestra en la figura VI.84.



Figura VI.84 Racores instantáneos.

Unidad de mantenimiento.

Esta es la que nos permite regular el flujo o caudal del fluido hacia el circuito neumático, ya que posee un manómetro en unidades de presión [psi] y a la vez viene incorporado un filtro ante la humedad y otros elementos en el fluido, así asegurando que el aire este bien tratado antes de ingresar al circuito (Figura VI.85).

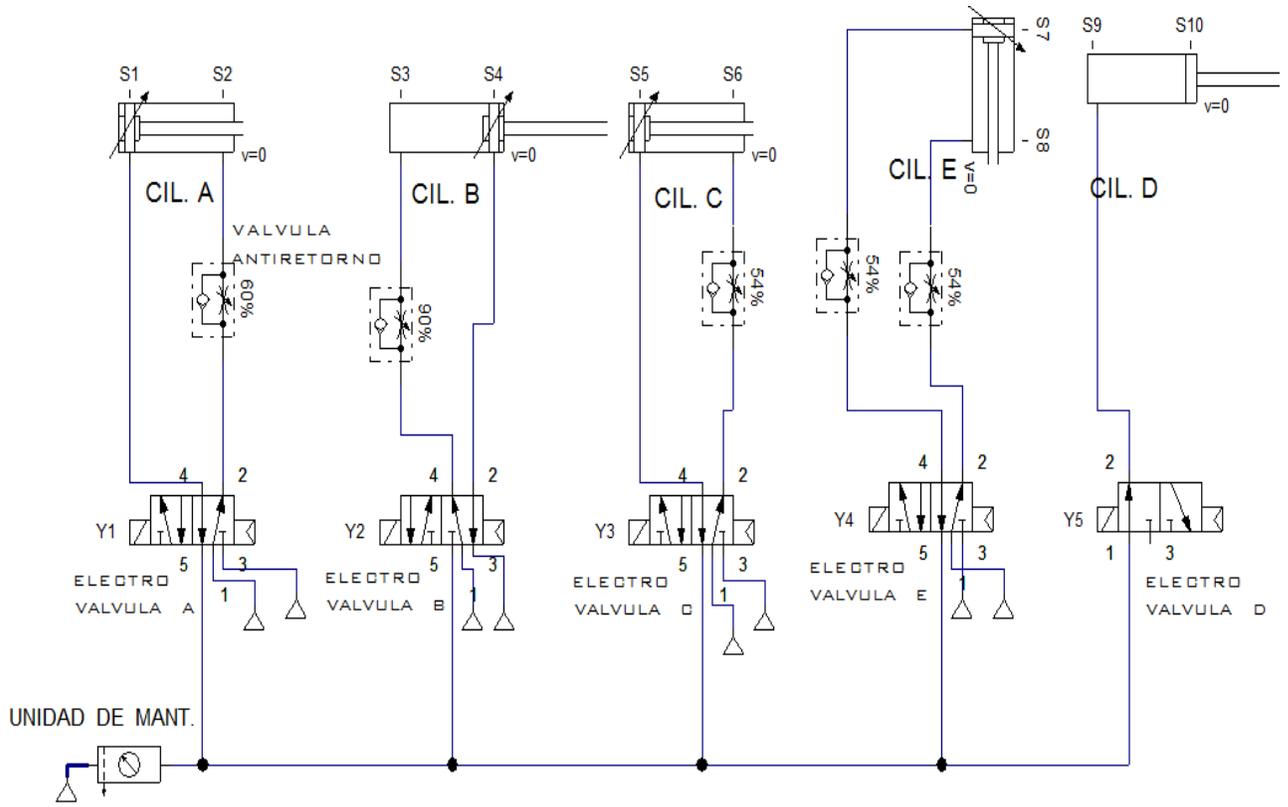


Figura VI.85. Unidad de mantenimiento.

6.7.4 CIRCUITO NEUMÁTICO.

En el módulo se ha utilizado varios elementos de los ya mencionados, primeramente el fluido (Aire) obtenemos de un Compresor que tiene almacenado una cierta cantidad de aire comprimida, se está trabajando con 70 psi, equivalente a 5 [bar] el cual necesitamos para nuestro circuito, con un mínimo de 3 [bar] que se necesita para la sujeción y ajuste de la tapa del envase de café.

Valiéndonos de diagrama de bloques del proceso de tapado de envases de la Figura VI.86 se ha diseñado el circuito neumático y electroneumático, para el modulo como se indica en la figura VI. a. y el circuito completo en el ANEXO 5.



a) Circuito neumático del proceso de tapado de café.

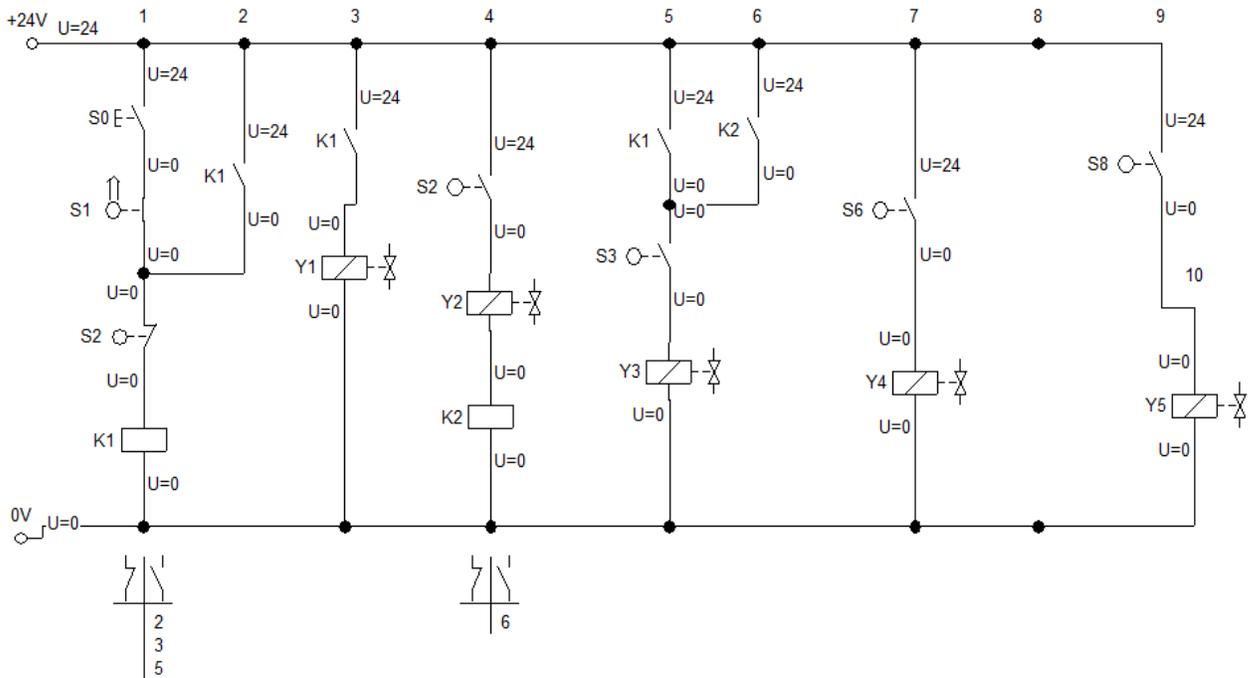


Figura VI.86 b) Circuito de potencia.

CAPITULO VII

DESARROLLO DEL SISTEMA SCADA

7.1 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA.

En general, este capítulo resume y caracteriza a todos los tipos de sensores, actuadores y elementos de control eléctricos que se utilizan en el módulo didáctico.

Tomando en cuenta que el modulo está diseñado para que tape los envases de café, consta de cuatro partes principales:

- Mecánico
- Neumático
- Eléctrico / electrónico y
- Programación e interfaz HMI.

Este capítulo se centrara en el diseño eléctrico y lógico.

7.1.1 Diseño Selección del sistema de generación y adquisición de datos del módulo.

7.1.1.1 Selección de los elementos de generación de datos

El proceso de tapado donde depende específicamente de sensores consta de 5 etapas principales como muestra la figura VII.87:

- A. Dispensador de botellas.

- B. Simulación de llenado.
- C. Dispensador de tapas.
- D. Sujeción de la botella.
- E. Tapado de la botella.

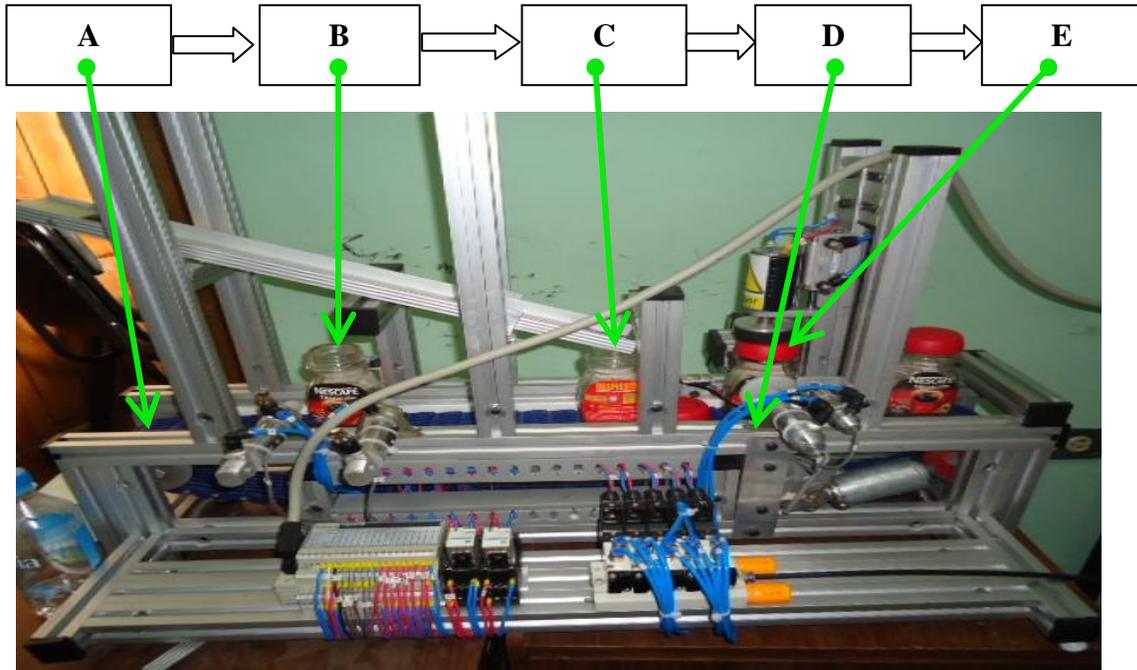


Figura. VII.87. Etapas principales del tapado de un envase de café.

a. Sensor fotoeléctrico de proximidad para el dispensador de botellas.

Existen una gran variedad de sensores fotoeléctricos, que difieren uno de otro por su forma constitutiva y de trabajo que se los analizará a continuación en la tabla VII.XII:

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Emisor – Receptor separados	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilidad a gran distancia. • Alta seguridad operacional. • Detección de objetos muy pequeños. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado coste de instalación, debido a tener que montar dos aparatos, cableados y ajustados.
Retro-reflectante	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de instalación del sensor y del reflector. • El reflector puede montarse en objetos móviles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia sensible, inferior al sistema de emisor-receptor separado. • Los objetos brillantes pueden ocasionar reflexiones y con ello errores.
De reflexión difusa	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación muy fácil • Reflexión no necesaria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son necesarias distintas distancias y ajustes de sensibilidad.
Fibras ópticas	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización en áreas limitadas. • No afectadas por campos eléctricos o magnéticos. • Gama de altas temperaturas. 	

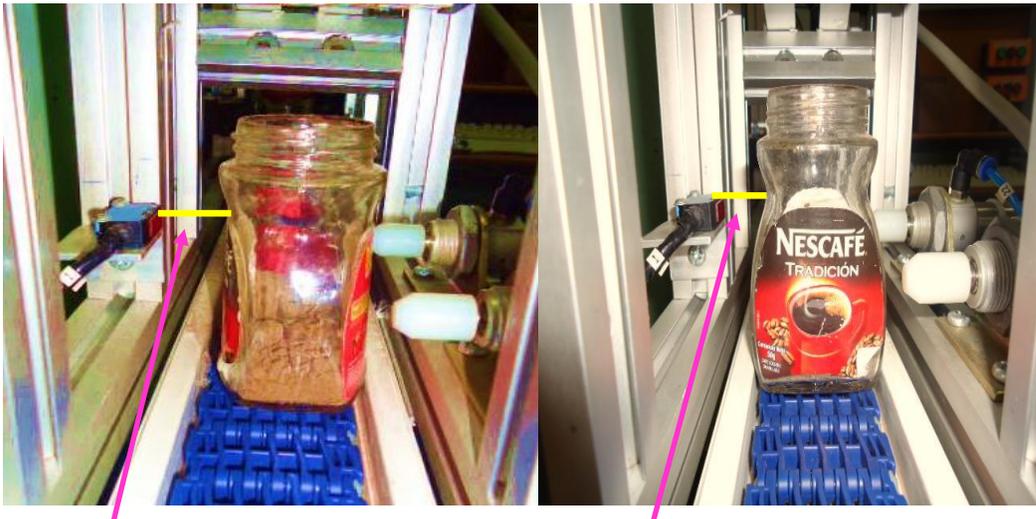
Tabla. VII.XII. Factores de selección del sensor fotoeléctrico.

Como se observa en la tabla VII.6, para que el modulo funciones bien utilizará el sensor fotoeléctrico.

En cada etapa descrita anteriormente se necesita supervisar la presencia y la ausencia de la botella y de la tapa, es por eso que se ha seleccionado un sensor fotoeléctrico que nos permite detectar la proximidad del objeto.

Consideraciones físicas:

- La botella es de vidrio.- el sensor deberá detectar la botella no importa la posición en que se encuentre, ya sea que este de lado donde se ubica la etiqueta, o del lado donde solo este el vidrio (figura VII.88).
- La distancia entre la ubicación del sensor y el la botella sobre la banda transportadora es de 30 mm de lado de la etiqueta y de lado del vidrio es de 28 mm.
- La iluminación en el que trabajara el modulo didáctico por lo general será a la luz natural, y también a la luz artificial.



Distancia entre el sensor fotoeléctrico y la botella del lado de la etiqueta es de 30 mm

Distancia entre el sensor fotoeléctrico y la botella del lado de vidrio es de 28 mm

Figura VII.88. Ubicación del sensor fotoeléctrico en el dispensador.

Descripción del sensor fotoeléctrico de proximidad

Para efectuar este trabajo se ha elegido un sensor fotoeléctrico (marca SICK modelo WT150-P162) de proximidad de tipo PNP normalmente abierto que brinda una sensibilidad de 2 – 100 mm de distancia, con una detección de materiales como el vidrio dependiendo del ajuste de su sensibilidad, Sus datos técnicos para el desarrollo se especifican en el ANEXO 6.

Sus características principales por la que se eligió este sensor son las siguientes:

- Sistema de proximidad con borrado de plano posterior: no necesita de ningún accesorio externo para trabajar.
- Sistema de proximidad (reflexión directa): no necesita de ningún accesorio externo para trabajar, basta con situar la fotocélula en el lugar de trabajo.
- Cuanto mayor sea el reflector mayor alcance tendrá la fotocélula.
- Resistencia a la luz ambiente ya que los detectores fotoeléctricos utilizan el principio de la luz por pulsos, lo cual les confiere, conforme a la norma IEC 60947-5-2, una gran inmunidad a las luces parásitas.
- Resistencia a las perturbaciones electromagnéticas, trabajan según las recomendaciones de la norma IEC 60947-5-2, por ejemplo los transitorios rápidos en ráfagas (parásitos de marcha/parada) según la norma IEC/EN 61000-4-4 soporta 2 kV, a nivel 4 (figura VII.89)

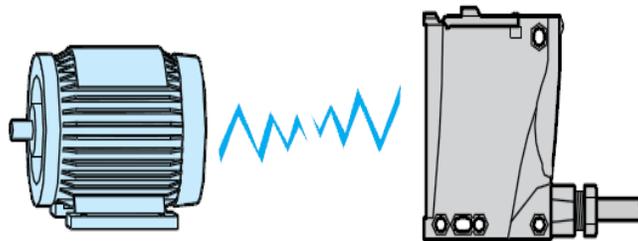


Figura. VII.89. Resistencia a perturbaciones electromagnéticas.

- Su rango de diámetro de luz va aproximadamente desde los 4 mm hasta los 40 mm como muestra la figura VII.90.

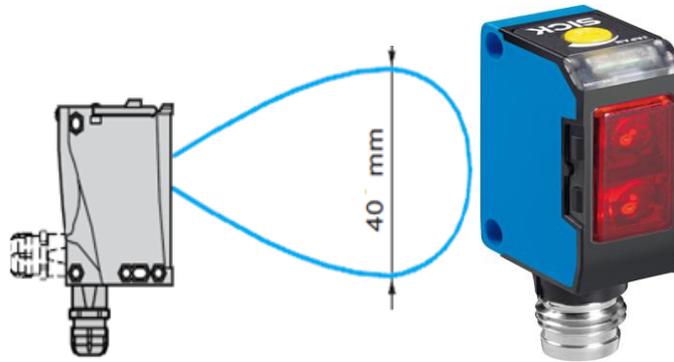


Figura. VII.90. diámetro de luz del Sensor fotoeléctrico

Funcionamiento

Dentro del módulo en la etapa del dispensador de botellas hacia la simulación de llenado de botellas hay una primera transición, en la cual el sensor fotoeléctrico detecta la presencia de la botella envía esta señal de True al PLC, toma una decisión y en un instante de tiempo activa el cilindro A de doble efecto y su estado pasa a A+, para detener a las próximas botellas a ser tapadas, mientras que la banda transportadora también se detiene, y el cilindro B también cambia de su estado inicial, de B+ a B- para luego dejar pasar la botella, mientras se detiene por unos segundos para simular el llenado por tiempo, transcurrido el tiempo de retardo, la banda transportadora se activa para pasar a la siguiente etapa.

b. Sensor fotoeléctrico de proximidad para el tapado del envase.

El sensor utilizado en esta sección cumple los mismos parámetros del sensor utilizado en la etapa del dispensador de botellas. Se consideró los siguientes aspectos físicos para la selección del sensor:

- La botella ya consta de una tapa color roja.- el sensor deberá detectar si la botella consta o no de su tapa, y si no consta deberá dejar pasar la botella sin utilizar el brazo de sujeción ni el brazo de ajuste. (figura VII.88).
- La distancia entre la ubicación del sensor y el la botella con su respectiva tapa sobre la banda transportadora es de 32 mm. (Figura VII.91)

- La iluminación en el que trabajara el modulo didáctico por lo general será a la luz natural, y también a la luz artificial.

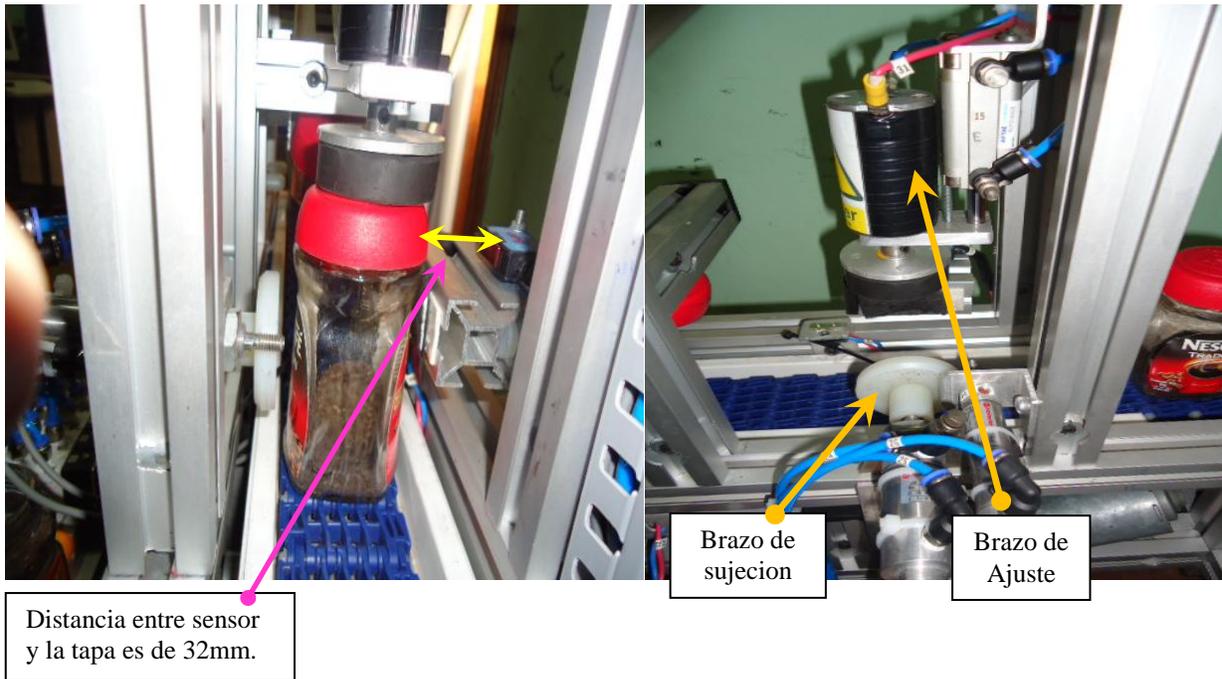


Figura. VII.91. Sujeción y ajuste del envase de café.

Funcionamiento:

Una vez detectado la botella, y sensado la presencia de la tapa color roja sobre la botella de café envía una señal al PLC para tomar una decisión basado en un código de programación ladder, una vez sensado, se detiene la banda transportadora para dar paso al cilindro C, el cual se encargara de sujetar la botella, cambiando de su estado inicial de C- a C+, sujetado la botella, el cilindro E se encargara del ajuste de la tapa con la botella, ya que en este cilindro esta acoplado un motor DC el cual da un giro para enroscar la tapa con la botella, una vez terminado el proceso de tapado el cilindro D cambiara de estado de D+ a D-, permitiendo el paso de la botella al final del proceso, y al mismo instante se encenderá el motor de la banda transportadora.

c. Sensor final de carrera para la detección de presencia de la botella en la etapa de tapado.

Estos sensores se basan en el uso de interruptores que pueden abrir o cerrar contactos, , cuando se utilizan como detectores de presencia, se encargan de indicar en qué momento es colocado un objeto en este caso la presencia de la botella en el área del tapado, y por medio de la presión que ejerce se presiona su interruptor, lo que permite que se haga llegar una cierta magnitud de voltaje al sistema de control en este caso al PLC, y obviamente cuando el objeto no se encuentra el voltaje que se reporta será de una magnitud igual a cero (Figura. VII.92).

Se ha ubicado un sensor de este tipo ya que la botella llena de café ejerce una buena presión en el área del tapado del envase, y a más de aquello está cerca de la banda de transportación asegurándonos que necesariamente exista la presencia de la botella en aquella área (Figura VII.93.), cuando exista presencia del objeto enviara un voltaje de 24 V, el cual emitirá una señal de ON a la entrada del PLC y en su ausencia enviara un voltaje de 0V a la entrada del PLC y emitirá un OFF, así tomando una decisión en el código de programación, y en el programa de aplicación.



Figura. V.92. Sensor Final de carrera.

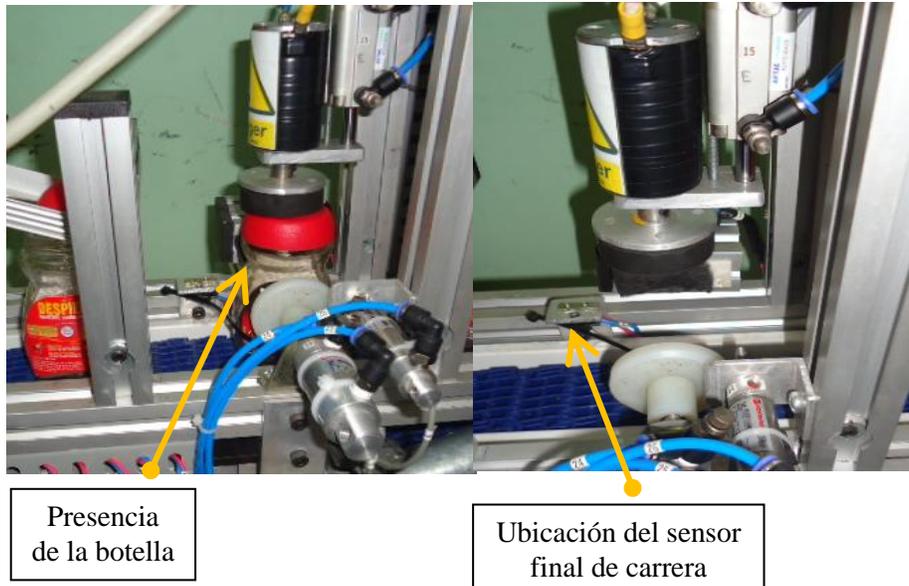


Figura. VII.93. Presencia de la botella en el área de tapado

d. Sensor magnético para posicionamiento de cilindros.

El sensor magnético posee un circuito interno que responde cuando un campo magnético incide sobre este, este sensor puede ser desde un simpleswitch hasta un circuito más complejo que reporte por medio de un voltaje la presencia o no del campo magnético. La respuesta tiene que ser guiada hacia el sistema de control para su posterior procesamiento.

En el módulo este sensor es muy utilizado en el posicionamiento de las de los actuadores neumáticos (cilindros), ya que la secuencia de los mismos depende uno del otro, ya que su ubicación en + o - (activo / desactivo), va a decidir el código de programación de la secuencia del proceso.

Consideraciones físicas:

- Los cinco cilindros neumáticos instalados en el módulo (figura VII.96) son de características similares ya que constan de un pistón con imán incorporado, de esta manera actúa el sensor magnético del tipo Reed-Switch, su hoja de datos se detalla en el ANEXO 7, el cual está montado en el exterior del cilindro (Figura VII.95), al final de su carrera. Esta señal eléctrica es utilizada para gobernar a otros órganos componentes del sistema, actuadores como el relé del motor de la banda transportadora o al relé del motor de ajuste, también emite emitir

señales para el monitoreo en el HMI, su ubicación depende mucho la exactitud con la que actúen los ya mencionados actuadores.

Tomando en cuenta la consideración anterior se ha elegido el sensor magnético CS1-E (figura VII.94) el cual goza de las siguientes especificaciones más relevantes:

Tipo	Reed Switch
Tipo de contacto	Normalmente abierto
Rango de voltaje DC	5V ~ 24V
Rango de voltaje AC	5V ~ 380V
Tiempo de respuesta	1 ms
Rango de Corriente	DC: 5-60mA; AC: 5-50mA
Indicador	con Led
Protección	IP - 67

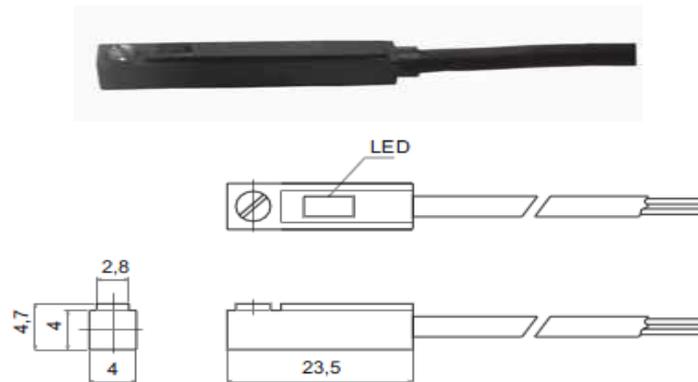


Figura. VII.94. sensor magnético CS1-E

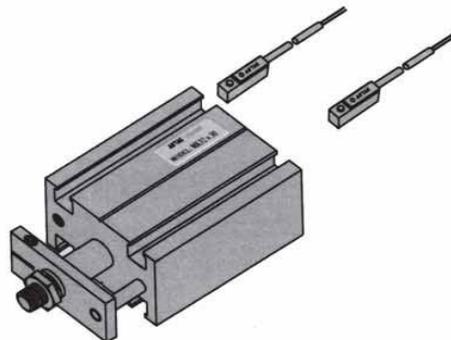


Figura. V.95. ubicación de un sensor magnético en los cilindros.

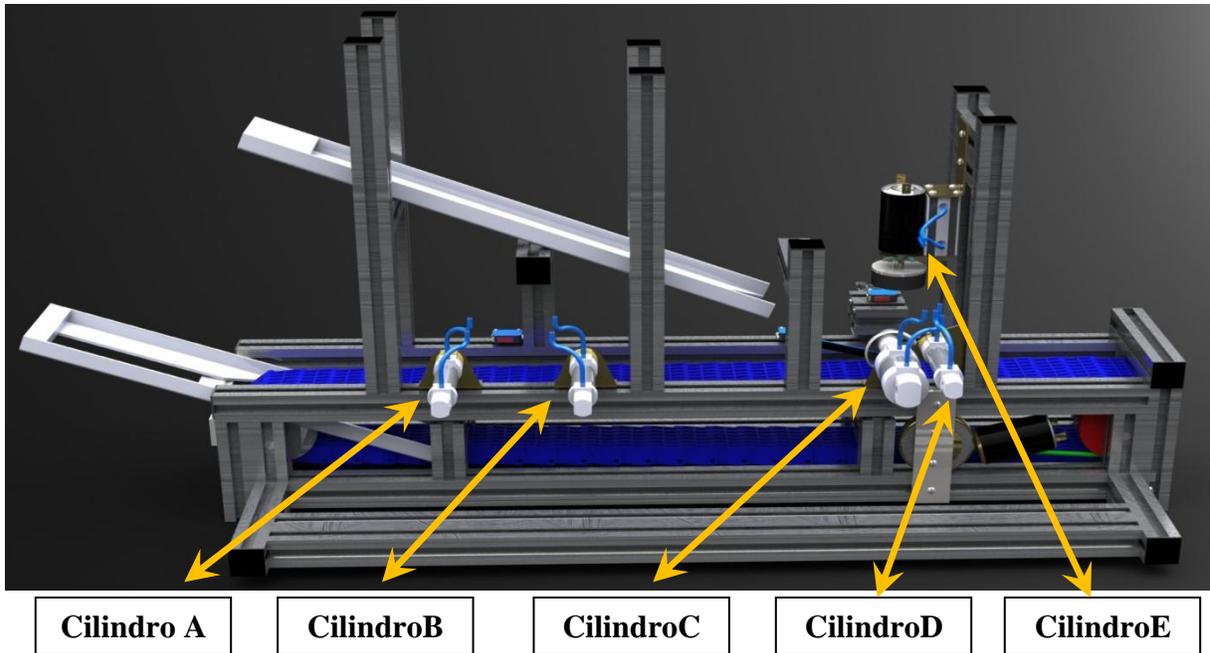


Figura. VII.96. Ubicación de los sensores en cada cilindro

7.1.1.2 Selección de los elementos de adquisición de datos

Existen algunas formas de realizar la adquisición de datos, para el proyecto en construcción se necesita un sistema que sea seguro y confiable.

a. Selección del hardware (PLC)

Para la selección de un PLC se ha tomado en consideración algunos criterios importantes que debe incluir en el módulo:

- Número de E/S a controlar
- Capacidad de la memoria de programa.
- Potencia de las instrucciones.
- Posibilidad de conexiones de periféricos, módulos especiales y comunicaciones.

En el proyecto se necesita utilizar entradas y salidas digitales, tomando en cuenta la velocidad de procesamiento para poder monitorear a través de un HMI, y tener una comunicación MODBUS ASCII, como se describe en la figura VII.97:

- 12 entradas digitales utilizadas.
- 10 salidas digitales utilizadas.

- Comunicación MODBUS ASCII, con la computadora.
- Comunicación a través de TCP/IP.

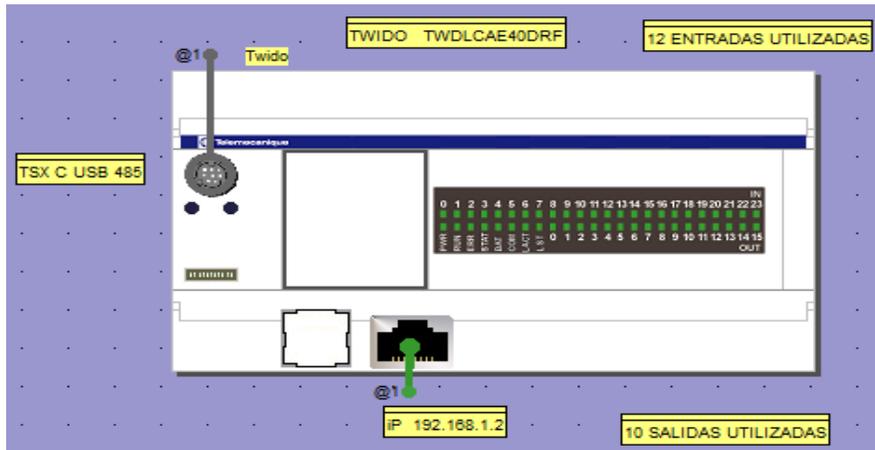


Figura. VII.97. Asignaciones utilizadas en el PLC Twido.

Considerando estos parámetros descritos anteriormente, se ha elegido utilizar un PLC TWIDO TWDLCAE40DRF ya que es un autómata ideal para este proyecto brindando los siguientes beneficios:

- Controlador de 40 E/S que soporta hasta 7 módulos
- Se puede controlar a través del software TwidoSuite.
- Se puede llegar a tener hasta 264 E/S como máximo.
- Tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan una alimentación de corriente alterna comprendida entre 120 y 240 Vca, que garantiza la alimentación 24 Vcc de los captadores.
- Además disponen de un puerto de comunicación RS 485 o RS 232C suplementario, que permiten ajustarse a las necesidades de la aplicación.

Descripción de los componentes de un controlador modular.

Los controladores Twido modulares están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, los componentes siempre serán los mismos (figura VII.98):

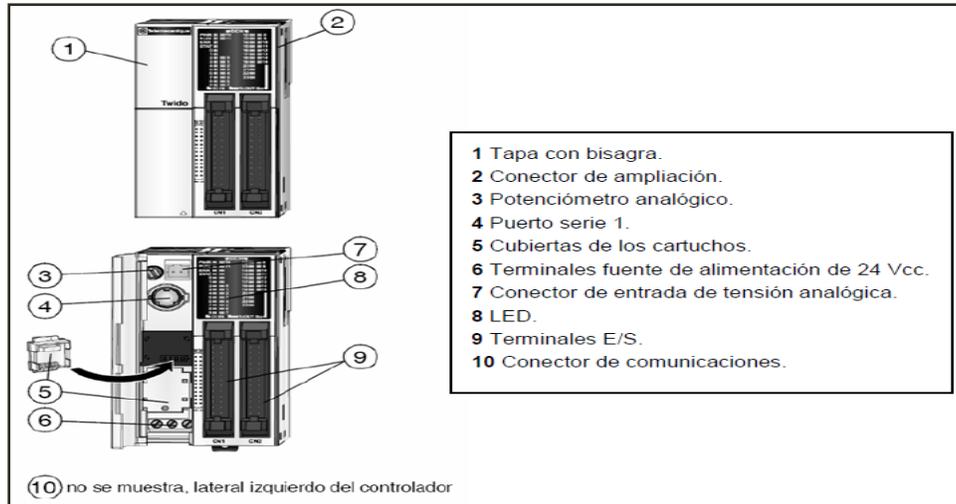


Figura. VII.98. Partes de un controlador modular

b. Selección del software

Software de control

En esta parte del proyecto se necesita de un lenguaje de programación que me permita desarrollar un programa de control del módulo de tapado de envases de café, donde se ha elegido a un programa robusto y fácil manejo y compatible con el PLC TWDLCAE40DRF, para esta tarea se ha elegido el programa de desarrollo TWIDOSUITE versión 2.2, su interfaz de usuario se mira en la figura VII.99.

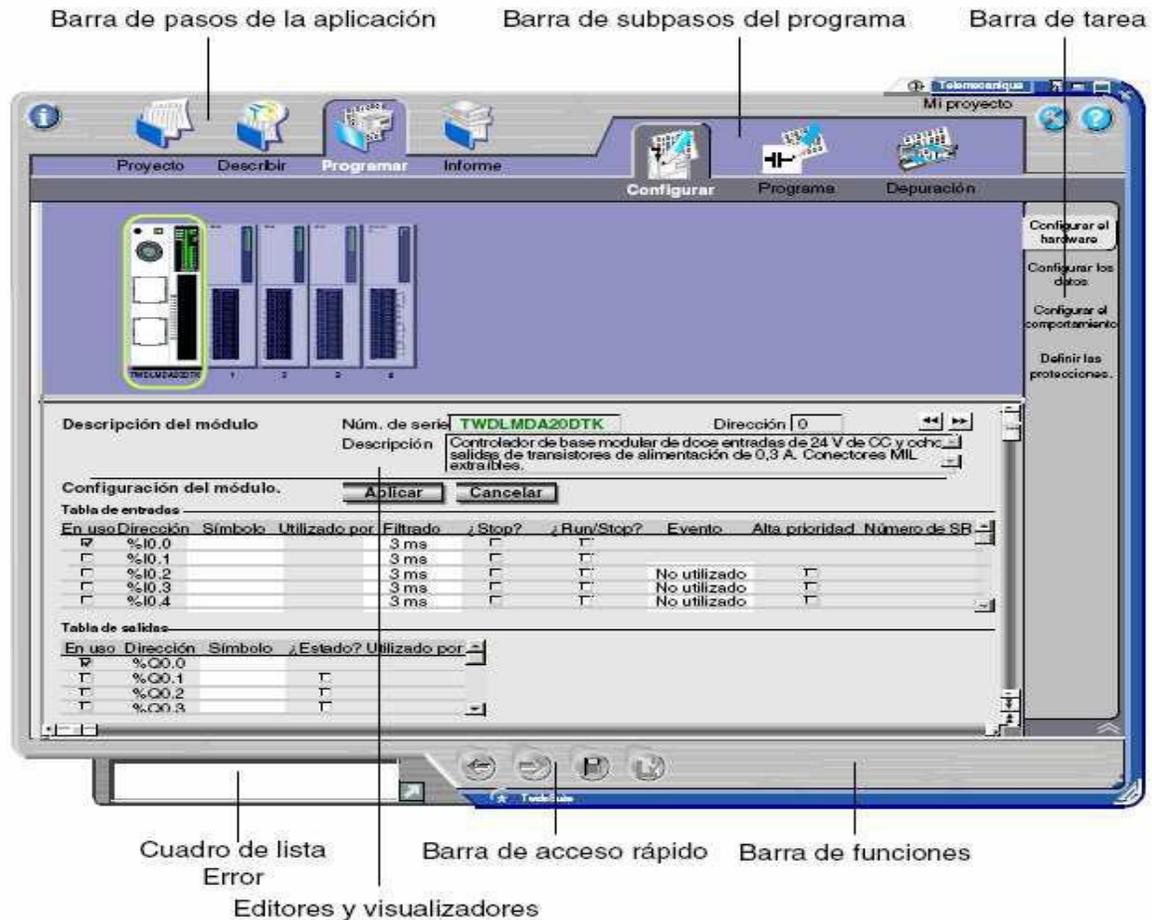


Figura. VII.99. Interfaz de usuario del TwidoSuite v2.2

Para crear programas de control Twido pueden utilizarse los siguientes lenguajes de programación:

Lenguaje InstructionList o Lista de instrucciones

Un programa Lista de instrucciones o IL se compone de una serie de expresiones lógicas escritas como una secuencia de instrucciones booleanas. El programa consiste de una serie de instrucciones ejecutadas de forma secuencial por el autómata. A continuación se muestra un ejemplo de un programa de Lista (Figura VII.100).

0	BLK	%C8
1	LDF	%I0.1
2	R	
3	LD	%I0.2
4	AND	%M0
5	CU	
6	OUT_BLK	
7	LD	D
8	AND	%M1
9	ST	%Q0.4
10	END_BLK	

Figura. VII.100 Ejemplo de un programa de Lista

LadderDiagrams o Diagramas de contactos

Un diagrama Ladder es una forma gráfica de mostrar una expresión lógica. Los diagramas de contactos son similares a los diagramas lógicos de relé que representan circuitos de control de relé. En dichos esquemas, los elementos gráficos, como las bobinas, los contactos y los bloques, representan las instrucciones del programa. A continuación se muestra un ejemplo de un diagrama de contactos (Figura VII.101).

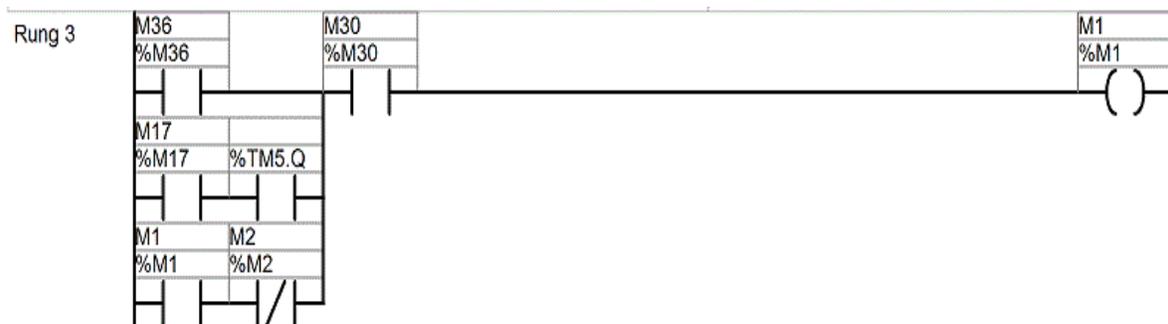


Figura. VII.101. Ejemplo de Diagramas de Contactos o Ladder.

Requisitos del Sistema

Requisitos de hardware

El PC debe cumplir estos requisitos de hardware mínimos para ejecutar el software de programación TwidoSuite:

REQUISITOS	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS
Ordenador	Procesador Pentium 466 MHz
Memoria RAM	128 MB
Espacio en disco duro	100 MB

Tabla. VII.XIII. Requisitos de Hardware

Requisitos de software

El software de programación TwidoSuite requiere uno de estos sistemas operativos de software:

SISTEMA OPERATIVO	EDICIÓN / SERVICE PACK	CONSIDERACIONES ESPECIALES
Windows 2000	Service Pack 2 o superior	Para todos los Sistemas Operativos, se requiere permisos de Administración.
Windows XP	Service Pack 2 o superior	
Windows Vista	Service Pack 1 o superior	

Tabla. VII.XIV Requerimientos Software

Software de monitoreo

Dentro de esta área de la supervisión de las diferentes etapas de proceso se necesita un programa de desarrollo potente y que trabaje en tiempo real para supervisar los diferentes estados de los sensores y actuadores del sistema, es por eso que se ha elegido un programa gráfico y potente que desarrolla interfaces HMI.

Se ha considerado utilizar LabVIEW® 2009, ya que nos brinda los siguientes beneficios de programación HMI:

- LabVIEW® (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control.
- LabVIEW® permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software.

- Puede diseñar el software especificando el sistema funcional, el diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería.
- LabVIEW® es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación.
- Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

Cuando se diseñan programas con LabVIEW® está trabajando siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual, se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que se diseñe.

Interfaz de usuario

En el ambiente de trabajo de LabVIEW® existen dos paneles:

Panel Frontal

El panel frontal (Figura V.102) de un VI es una combinación de controles e indicadores. Los controles son aquellos elementos que entregan datos al diagrama en bloques desde el panel frontal por entrada desde teclado o con el mouse, simulan los dispositivos de entrada de datos del VI y pasan los datos al diagrama en bloque del VI. Los indicadores son aquellos elementos que entregan datos al panel frontal desde el diagrama en bloques para ser visualizados en el display, simulan los dispositivos de salida de datos del VI que toman los datos desde el diagrama en bloque del VI.

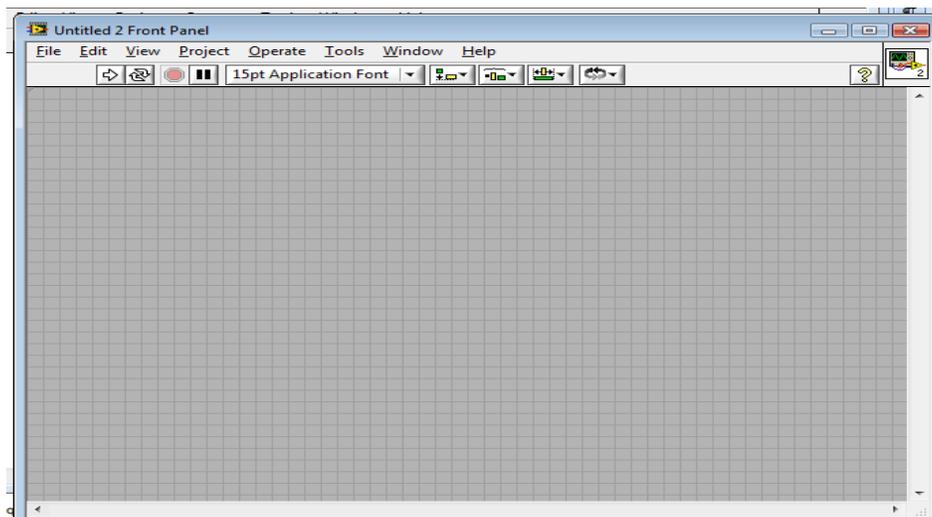


Figura VII.102 Panel Frontal

Controles

- Entregan datos al diagrama en bloques por mediación del teclado o el ratón
- Simulan dispositivos de entrada de datos del VI



Figura VII.103 Controles

Indicadores

- Muestran datos en el panel frontal desde el diagrama en bloques para ser visualizados
- Simulan los dispositivos de salida de datos del VI.



Figura VII.104. Indicadores

Panel de programación

- La ventana Diagrama (Figura VII.89.) almacena el diagrama en bloques del VI, el código fuente gráfico (**Lenguaje G**) del Instrumento Virtual.
- Se construye este diagrama con bloques funcionales denominados nodos, conectándose o uniéndose entre sí según sea el objetivo.
- Estos nodos realizan todas las funciones necesarias para el VI y controlan el flujo de la ejecución del VI.

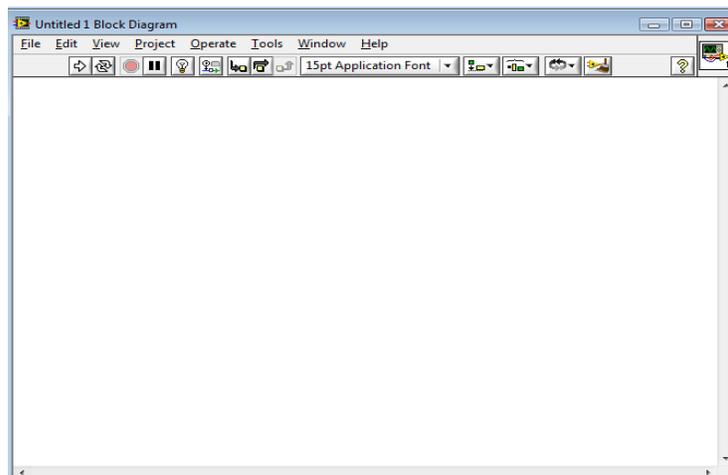


Figura VII.105. Panel de Programación o diagrama de bloques

Elementos de programación

Declaración de variables numéricas

- Cuando se pone un control o indicador en el panel frontal, LabVIEW® pone un terminal correspondiente a este control o indicador en el diagrama en bloque.
- Este terminal desaparece solo cuando se borra el control o indicador.
- Los enlaces o alambres son los caminos de los datos entre los terminales fuente y los terminales destino.
- Algunos de los tipos de datos más utilizados se muestran en la Tabla VII.XV.

Long	I32	32 (4 bytes)	-2147483648 hasta 2147483647
Word	I16	16 (2 bytes)	-32768 hasta 32767
Byte	I8	8 (1 bytes)	-128 hasta 127
Long Unsigned	U32	32 (4 bytes)	0 hasta 4294967295
Word Unsigned	U16	16 (2 bytes)	0 hasta 65535
Byte Unsigned	U8	8 (1 bytes)	0 hasta 255
Extended	EXT	96 (12 bytes)	-1.00E-507 hasta 9.00E+515
Double	DBL	64 (8 bytes)	-5.00E-324 hasta 1.70E+308
Single	SGL	32 (4 bytes)	-1.40E-45 hasta 3.40E+38
Complex Extended	CXT	192 (24 bytes)	-1.00E-507 hasta 9.00E+515
Complex Double	CDB	128 (16 bytes)	-5.00E-324 hasta 1.70E+308
Complex Single	CSG	64 (8 bytes)	-1.40E-45 hasta 3.40E+38
Cadena(String)	abc	1 byte/caracter	Conjunto de Caracteres ascii.
Arreglos(Array)	[...]	Según el tipo de los elementos del arreglo	
Grupos (Cluster)			
Path			
Device			

Tabla VII.XV Tipos de datos en LabVIEW®

Variables locales

Las variables locales permiten hacer lecturas y escrituras sobre el control o indicador al cual está asociado.

Paleta de controles

Para generar el panel frontal se colocan controles e indicadores de la paleta de controles (Figura VII.106). Cada icono representa una subpaleta, la cual contiene controles para colocar en el panel frontal.

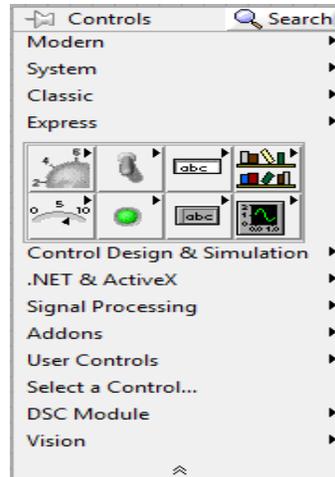


Figura VII.106 Paleta de controles

7.2 Implementación del sistema electrónico.

7.2.1 Ubicación del sensor fotoeléctrico WT150-P162

El sensor fotoeléctrico va ubicado en dos partes del módulo:

- Posición A.- Este va ubicado en el lado lateral de la banda transportadora, casi al inicio del proceso, su ubicación es horizontal, esto ayudara para la detección correcta de los vasos de vidrio en el área de llenado (Figura VII.107).
- Posición B.- en esta sección el sensor va ubicado en el área de tapado, cumplirá una función esencial en el tapado de los envases, ya que deberá detectar la presencia de la tapa sobre el envase de vidrio, si cumple con este objetivo procederá al respectivo tapado, sino caso contrario dejara pasar la botella sin ejecutar el tapado respectivo (Figura VII.107).

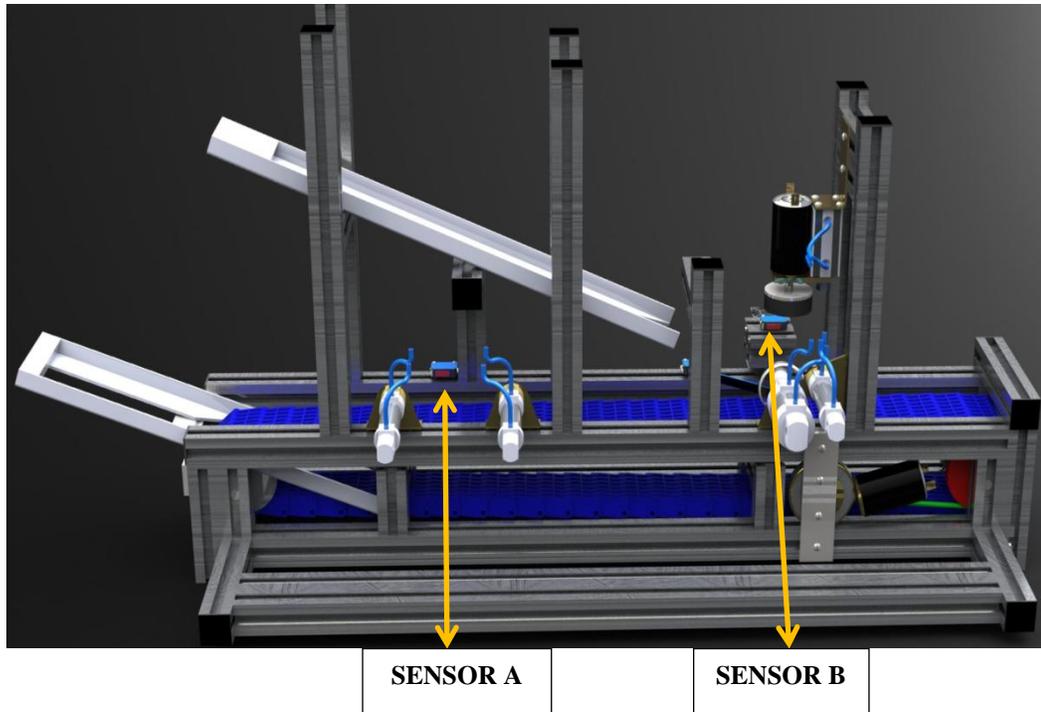


Figura. VII.107. Ubicación de los sensores fotoeléctricos.

Al instalar los sensores se sugieren dos opciones:

Configurar el rango.

Ubicar el sensor en una posición donde no afecte físicamente ni lógicamente al sensor

Es importante mantener la misma ubicación del sensor B. Un cambio de posición podría hacer cambios desfavorables para su sensamiento.

7.2.2 Ubicación del sensor magnético.

Este sensor debe ir ubicado en cada cilindro respectivamente como se muestra en la figura VII.108:

- Cilindro A, B, C, D.- El sensor magnético va ubicado en la parte lateral de cada cilindro al final de la carrera y sus terminales van conectados al ABE7 (BASE CONEXION 16 VIAS PARA PLC M340), el cual estará ubicado en el mismo modulo, y por medio de un cable de conexión preequipados para módulos de E / S, el mismo que estará conectado a las entradas y salidas, del PLC.

- Cilindro E.- Este cilindro difiere de los demás ya que sus características físicas, cumplen condiciones para realizar el enroscado de la tapa con la botella, y este accionamiento tiene que ser preciso y muy rápido.

Esta tarea de ajustar la tapa tiene que ser precisa tanto al bajar el cilindro como al subir y necesariamente se necesita conocer sus dos estados, abajo o arriba, por esta condición se necesita de dos sensores magnéticos los cuales están ubicados en los 2 extremos del cilindro E.

Al instalar estos sensores se sugiere:

- Revisar bien el sensado del cilindro, y colocar en un extremo y lado del cilindro, para no causar molestias y proteger al sensor.
- Sujetar bien al cilindro ya sea con correas plásticas u otro tipo de sujeción.

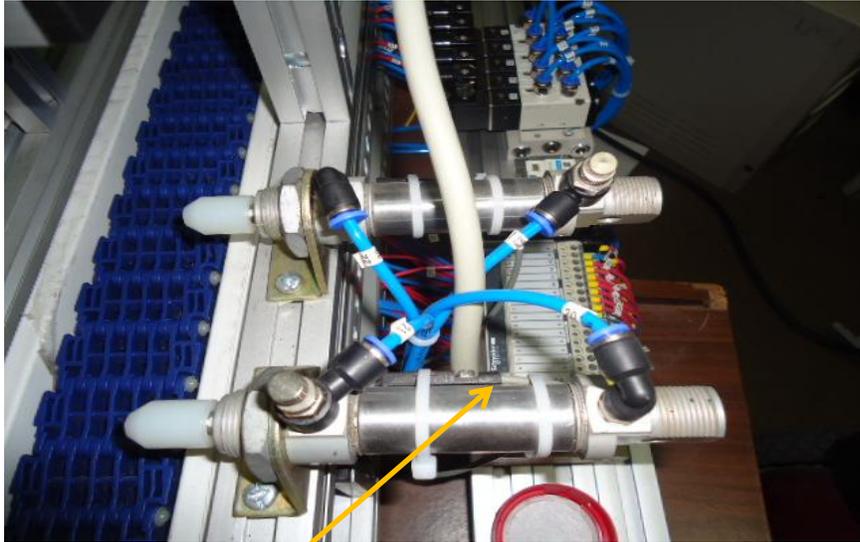


Figura. VII.108. Ubicación de los sensores magnéticos en los cilindros neumáticos.

7.2.3 Diagrama eléctrico del sistema de adquisición de datos

Como ya se mencionó anteriormente las señales que obtenemos de los sensores ópticos, magnéticos, fin de carrera, son digitales es por eso que no se necesita de un acondicionador de señales, pero en el proyecto se ha incorporado un módulo de conexiones de entradas y salidas E/S, (ABE7 Figura VII.93), que permite acoplar todas las señales de entrada y salida en un solo modulo, permitiéndonos así tener un fácil manejo de todas las señales que utiliza la planta.

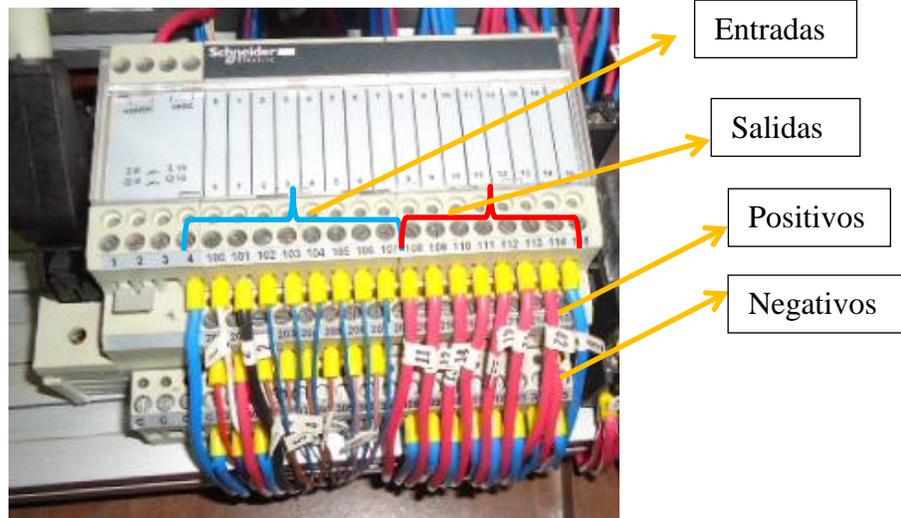


Figura. VII.109. Módulo de conexiones E/S AB7.

En la Figura VII.109 se muestra que tanto las entradas de los sensores, y las salidas de los actuadores están asignadas al módulo AB7, distribuidos como se indicó en la figura VII.110, después con la utilización de un cable de conexión preequipados para bases AdvantysTelefast AB7, sus características se detallan en la tabla VII.XVI.

DESIGNACIÓN	NUMERO DE FUNDAS	COMPOSICIÓN	SECCION	LONGITUD	REFERENCIA
Cables preequipados para bases AdvantysTelefast AB7	1X20 hilos (16 vias)	1 conector de 40 contactos, 1 conector tipo HE 10	3 m.		BMX FCC 301

Tabla. VII.XVI. Características de un cable preequipado.

Los terminales del cable preequipado van conectado a una bornera donde se encuentran los terminales de entrada y salida del PLC TELEMECANIQUE.

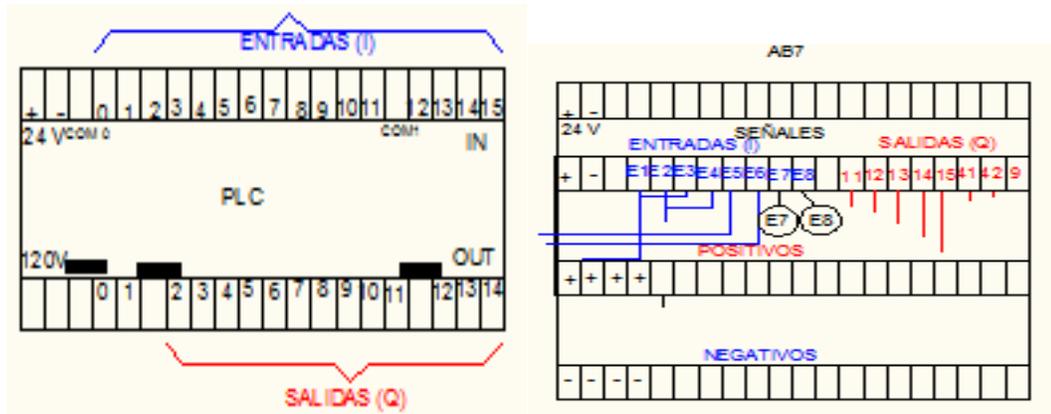


Figura. VII.110. conexiones entre el PLC y el módulo AB7.

7.2.4 Diagrama de conexiones eléctricas

El cableado de todos los componentes eléctricos y electrónicos se muestran en el ANEXO 3 "Conexiones Eléctricas"

El modulo se alimenta con 120 VAC, a continuación en la figura VII.111se detalla las diferentes fases eléctricas que consta el modulo.

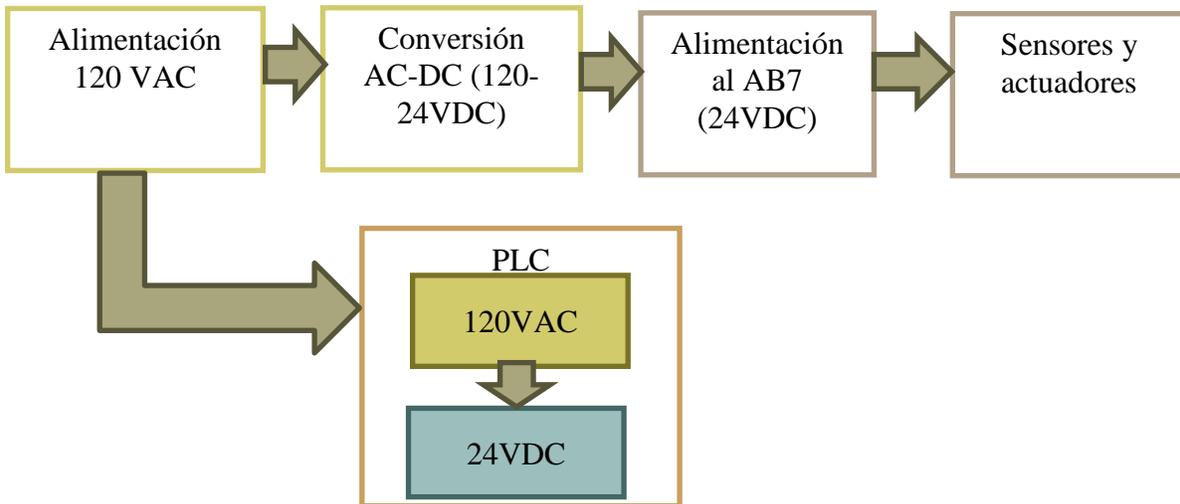


Figura. VII.111. Etapas del sistema eléctrico del módulo envasador de café.

7.3 Programación e interfaz HMI.

Esta ventana se va a encontrar en una computadora junto al módulo didáctico. Llegando a ser un software HMI o de monitoreo y control de supervisión, las señales del proceso de tapado son conducidas al HMI por medio de un

dispositivos de entrada/salida en este caso por medio de un *PLC TWIDO TELEMECANIQUE*.

La interfaz HMI se divide en 2 partes:

- Programación del PLC.
- Programación del software HMI.

7.3.1 Programación del controlador lógico programable.

Antes de programar el PLC, se necesita realizar un análisis del sistema para el diseño del programa, esto implica seguir una secuencia de pasos:

- Identificación de entradas y salidas.
- Secuencia de estados en el proceso de tapado.
- Obtención de ecuaciones secuenciales.
- Programación en el PLC

a. Identificación de entradas y salidas.

Entradas.

Las entradas al PLC son todos los sensores instalados en el módulo, que detectan el movimiento físico de los objetos que interceden en el proceso y el movimiento de los actuadores instalados, y además los contactos ON/OFF o interruptores que controlen el proceso manualmente.

Los interruptores y sensores instalados en el módulo se identifican en la tabla VII.XVII:

Núm.	Designación
1	Stop
2	Start
3	Automático
4	Manual
5	Sensor Óptico 1
6	Sensor Óptico 2
7	Sensor magnético del cilindro A
8	Sensor magnético del cilindro B
9	Sensor magnético del cilindro C
10	Sensor magnético del cilindro D
11	Sensor magnético del cilindro E
12	Sensor magnético del cilindro F
13	Fin de carrera.

Tabla. VII.XVII Identificación de las entradas al PLC.

Salidas.

Las salidas del PLC, son todos aquellos actuadores electrónicos y eléctricos instalados directamente al PLC.

En la tabla VII.XVIII se identifican las siguientes entradas:

Núm.	Designación
1	Relé de la electroválvula A
2	Relé de la electroválvula B
3	Relé de la electroválvula C
4	Relé de la electroválvula D
5	Relé de la electroválvula E
6	Relé del motor de ajuste
7	Lámpara de inicio.
8	Relé del motor de la banda transportadora.
9	Lámpara del indicador de modo automático.
10	Lámpara del indicador de modo manual.

Tabla. VII.XVIII Identificación de las salidas del PLC.

b. Secuencia de estados en el proceso de tapado.

Utilizando la herramienta de automatización Grafset, se divide al proceso en pequeñas etapas, las cuales van unidas por medio de una transición, teniendo como resultado una secuencia de estados, al cual se rige el proceso de tapado de envases de café.

Descripción de la secuencia:

El proceso empieza al pulsar el botón de START, y luego se activa la banda transportadora, detecta el sensor óptico 1 la presencia de la botella y activa el cilindro A, y a la vez se apaga la banda transportadora por un tiempo de llenado, y vuelve a activarse, luego se activa el cilindro B y da paso a que la botella recoja su respectiva tapa, detecta el envase el sensor fin de carrera y a su vez el sensor óptico presencia la tapa, se apaga la banda, y se activa el cilindro C y el cilindro B vuelve a su estado inicial, permitiendo que el cilindro E se active por un tiempo determinado y vuelve a desactivarse y enciende el motor y vuelve a caer sobre la tapa par enroscarlo y sube de nuevo pero con el

motor apagado, se desactiva el cilindro C, y vuelve a encender la banda y a la vez activa el cilindro D, para dar paso a la botella a su estado final, deteniendo por un instante de tiempo hasta que la botella sea despachada de la banda, y vuelve a repetirse la secuencia.

Para minimizar el trabajo del tapado de los envases de café se ha dividido en etapas y transiciones.

Etapas:

Se ha dividido en 17 etapas el proceso de tapado siguiendo la siguiente secuencia de estados:

1. Activar la memoria de la Banda
2. Activar el cilindro A
3. Desactivar la memoria de la banda
4. Activar la memoria de la Banda
5. Activar el cilindro B, regresa el vástago
6. Detectar el envase en el área de tapado.

Si detecta el envase con su respectiva tapa pasa al estado 8 sino pasa al estado 7:

7. Detección de envase sin tapa
8. Desactivar la memoria de la banda
9. Activa el cilindro C y vuelve a su estado inicial el cilindro B
10. Activar el cilindro E.
11. Desactivar el cilindro E
12. Activar el cilindro E y encender el motor.
13. Desactivar el cilindro E y apagar el motor.
14. Desactivar el cilindro C y activar el cilindro D.
15. Activar la memoria de la banda.
16. Desactivar el cilindro D.
17. Desactivar la memoria de la banda y desactivar el cilindro A

Transiciones:

Son todos los tiempos de una etapa a otra y a su vez el sensamiento de cada uno de los sensores, se puede apreciar la combinación de las etapas con sus transiciones en la figura VII.112.

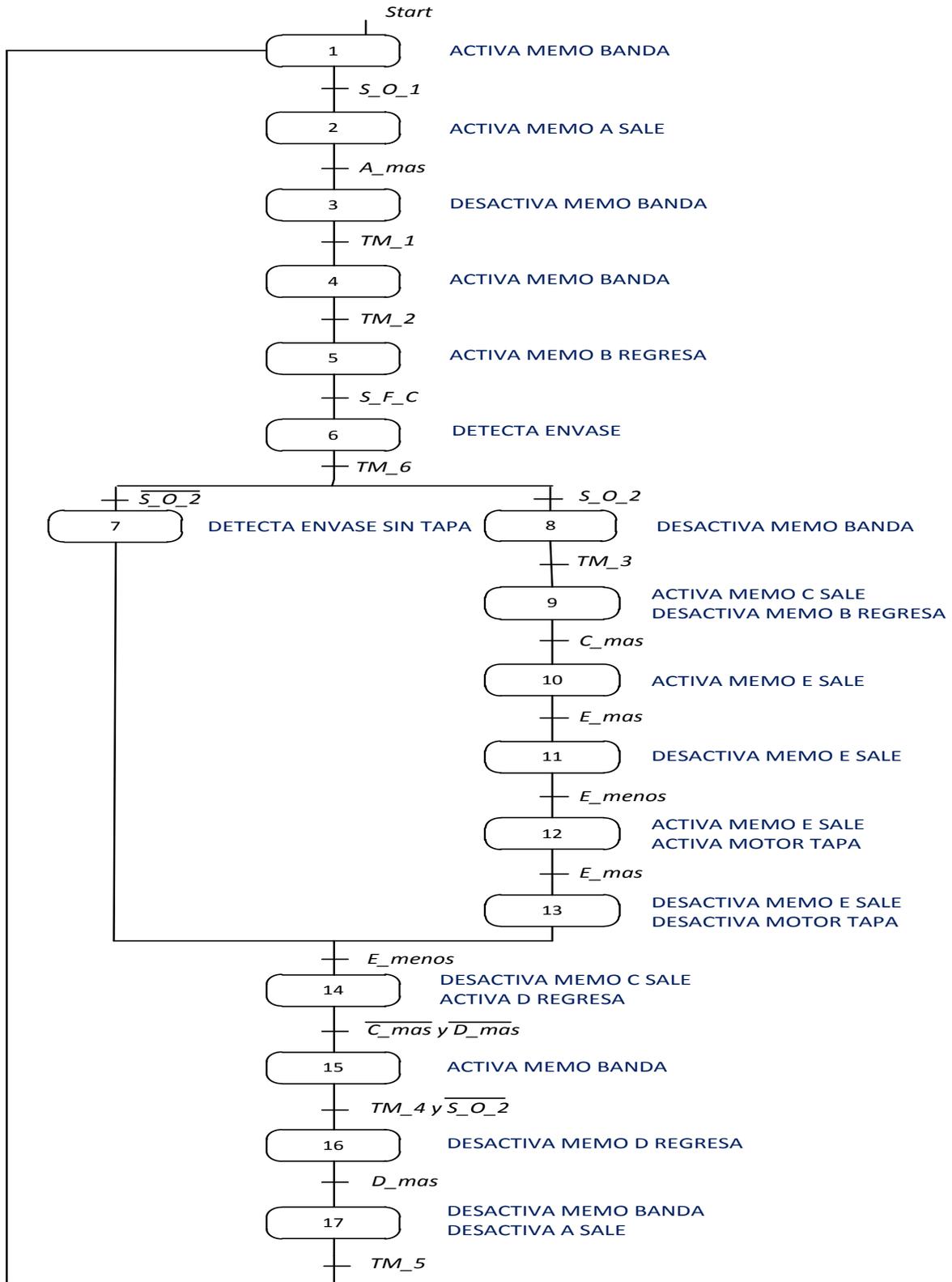


Figura VII.112. Estructura Graficet del proceso de envasado de café.

c. Obtención de ecuaciones secuenciales.

Una vez terminado de obtener la estructura del Grafset se procede a obtener las ecuaciones necesarias para pasar al lenguaje de programación Twido Suite, las ecuaciones se obtienen así:

1. Cada etapa es asignada a una memoria.
2. Cada etapa se multiplicara con su próxima transición.
3. La memoria actual se multiplicara por la memoria siguiente pero negada.
4. Se sumaran estos productos por cada memoria.

Asignación de memorias

A cada etapa se asigna una memoria referencial así:

- M1 = Activa memo banda
- M2 = Activa memo A sale
- M3 = Desactiva memo banda
- M4 = Activa memo banda
- M5 = Activa memo B regresa
- M6 = Detecta envase
- M7 = Detecta envase sin tapa
- M8 = Desactiva memo banda
- M9 = Activa memo C sale y desactiva memo B regresa
- M10 = Activa memo E sale
- M11 = Desactiva memo E sale
- M12 = Activa memo E sale y Activa motor tapa
- M13 = Desactiva memo E sale y Desactiva motor tapa
- M14 = Desactiva memo C sale y Activa D regresa
- M15 = Activa memo banda
- M16 = Desactiva memo D regresa
- M17 = Desactiva memo banda y desactiva A sale

Ecuaciones de grafset:

En esta sección se debe tomar en cuenta las sugerencias antes mencionadas.

- $M1 = \text{start} + m17 * TM_5 + M1 * \overline{M2}$

- $M2 = M1 * S01 + M2 * \overline{M3}$
- $M3 = M2 * A_mas + M3 * \overline{M4}$
- $M4 = M3 * TM_1 + M2 * \overline{M3}$
- $M5 = M4 * TM_2 + M5 * \overline{M6}$
- $M6 = M5 * S_F_C + M6 * \overline{M7} * \overline{M8}$
- $M7 = M6 * TM_6 * \overline{S02} + M7 * \overline{M14}$
- $M8 = M6 * TM_6 * S02 + M8 * \overline{M9}$
- $M9 = M8 * TM_3 + M9 * \overline{M10}$
- $M10 = M9 * C_mas + M10 * \overline{M11}$
- $M11 = M10 * E_mas + M11 * \overline{M12}$
- $M12 = M11 * E_menos + M12 * \overline{M13}$
- $M13 = M12 * E_mas + M13 * \overline{M14}$
- $M14 = (M7 + M13)E_menos + M14 * \overline{M15}$
- $M15 = M14 * \overline{C_mas} * \overline{D_mas} + M15 * \overline{M16}$
- $M16 = M15 * TM_4 * \overline{S02} + M16 * \overline{M17}$
- $M17 = M16 * D_mas + M17 * \overline{M1}$

d. Programación en el PLC

En base a las ecuaciones obtenidas anteriormente, se ha procedido a pasar las ecuaciones a un lenguaje de programación del PLC, en este caso se realizó con el TWIDO SUITE, el programa se ha dividido en varias etapas:

- Configuración de la comunicación Ethernet.
- Configuración de la comunicación Modbus Serial.
- Asignación de Entradas (Ix.x).
- Asignación de Salidas (Qx.x).
- Asignación de memorias a cada variable de entrada y salida.
- Asignación de temporizadores y sus variables a utilizar en el programa.

Configuración de la comunicación Ethernet.

Para la comunicación del PLC con la computadora se ha establecido realizarlo de dos maneras, de por el protocolo TCP/IP, a través de comunicación, Ethernet y por Modbus Serial.

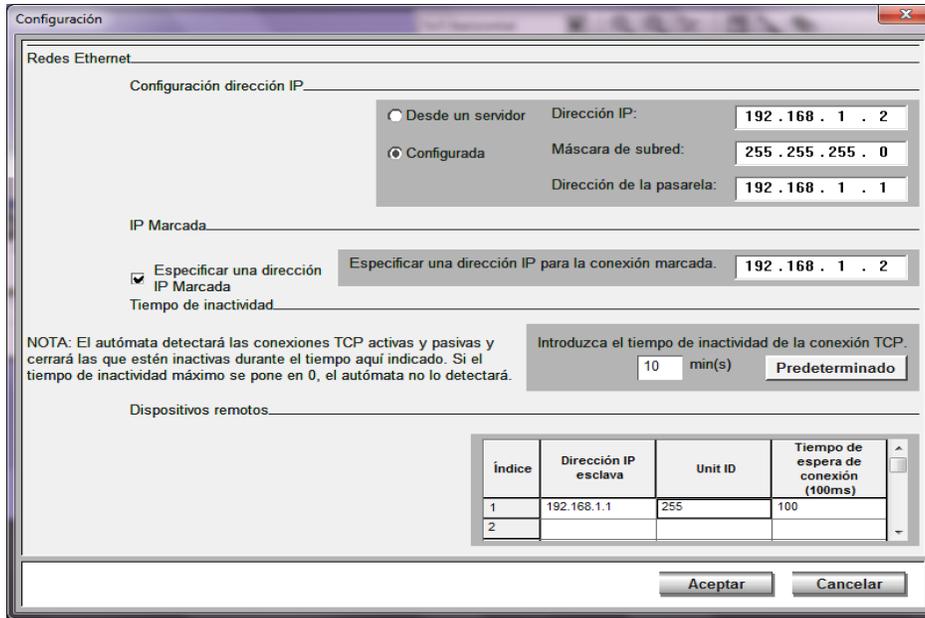


Figura. VII.114. Configuración de la comunicación Ethernet.

Configuración de la comunicación Modbus.

En esta comunicación se utiliza el cable TSX C USB 485, el cual nos permite la transmisión y recepción de datos del PLC al computador y viceversa, este cable de comunicación nos sirve para monitorear todo el proceso desde el HMI instalado en el computador donde se encontrara el operador.

El protocolo por donde se realiza la comunicación puede realizarse de tres maneras; ASCII, Modbus, y conexión remota, en este proyecto se utiliza Modbus serial, el mismo que permitirá conectarnos con el HMI desarrollado en LabVIEW®, utilizando un OPC server del mismo software de desarrollo.

La configuración del protocolo consta en elegir el tipo de protocolo y la dirección al PLC a donde se hará referencia para el monitoreo del proceso, y al ser Modbus Serial, se debe elegir el puerto COM que se esté utilizando, la velocidad de transmisión (19200), bit de paridad, bit de parada, y el tiempo de espera, como se muestra en la figura VII.115.

Configuración

Puerto 1

Protocolo _____

Tipo: Conexión remota

Dirección: 1

Aceptar Cancelar

Nombre	Tipo de conexión	IP / Teléfono	Punit / Dirección	Caudal	Paridad	Bits de parada	Tiempo espera	Tiempo espera pausa
COM16	Serie	COM16	1	19200	Ninguna	1	5000	5
COM6	Serie	COM6	1	19200	Ninguna	1	5000	5
COM7	Serie	COM7	Punit				5000	5
COM10	Serie	COM10	Punit				5000	5
COM11	Serie	COM11	Punit				5000	5
cafe	Serie	COM16	Punit				5000	5

Agregar Modificar Eliminar

Figura VII.115. Configuración del puerto Modbus.

Asignación de Entradas

Cada entrada del PLC está asignada a un determinado sensor e interruptor del módulo didáctico, en la tabla VII.IXX se detalla cada una de las entradas y sus asignaciones.

Entrada	Símbolo
%I0.0	STOP
%I0.1	START
%I0.2	SELECTOR AUTOMATICO
%I0.3	SELECTOR MANUAL
%I0.4	SENSOR ÓPTICO 1
%I0.5	SENSOR ÓPTICO 2
%I0.6	SENSOR MAGNÉTICO A
%I0.7	SENSOR MAGNÉTICO B
%I0.8	SENSOR MAGNÉTICO C
%I0.9	SENSOR MAGNÉTICO D
%I0.10	SENSOR MAGNÉTICO E_MENOS
%I0.11	SENSOR MAGNÉTICO E_MAS
%I0.12	FIN DE CARRERA

Tabla VII.IXX Asignación de entradas al PLC.

Asignación de Salidas

Cada salida del PLC está asignada a un determinado actuador eléctrico, como los relés de las electroválvulas neumáticas como a los relés de los motores de la banda y de enroscado del módulo didáctico, en la tabla VII.XX se detalla cada una de las salidas y sus asignaciones.

Salida	Símbolo
%Q0.2	CILINDRO_A
%Q0.3	CILINDRO_B
%Q0.4	CILINDRO_C
%Q0.5	CILINDRO_D
%Q0.6	CILINDRO_E
%Q0.7	MOT_AJUSTE
%Q0.8	LAMP_INICIO
%Q0.9	MOT_BANDA
%Q0.10	FOCO_AUTOMATICO
%Q0.11	FOCO_MANUAL

Tabla VII.XX Asignación de salidas del PLC.

Asignación de memorias

Una vez asignado cada salida y cada entrada del PLC a los diferentes sensores y actuadores respectivamente, en el programa se necesita de memorias que guarden los diferentes estados que se encuentre cada sensor y cada actuador, ya sea presencia o ausencia en los sensores, o encendido o apagado los actuadores, en la tabla VII.XXI se describe las diferentes memorias utilizadas en el programa ladder desarrollado en Twido Suite, su designación se inicia con un símbolo %, seguido de la letra "M", y finaliza con el número de memoria.

%M	Símbolo	%M	Símbolo
%M1	M1	%M23	M23
%M2	M2	%M24	M24
%M3	M3	%M30	M30
%M4	M4	%M36	M36
%M5	M5	%M40	M40
%M6	M6	%M41	M41
%M7	M7	%M42	M42
%M8	M8	%M43	M43
%M9	M9	%M44	M44
%M10	M10	%M45	M45
%M11	M11	%M46	M46
%M12	M12	%M50	M50
%M13	M13	%M71	MEM_A_MAS
%M14	M14	%M72	MEM_B_MAS
%M15	M15	%M73	MEM_C_MAS
%M16	M16	%M74	MEM_D_MAS
%M17	M17	%M75	MEM_E_MENOS
%M20	M20	%M76	MEM_E_MAS
%M21	M21	%M77	MEM_FIN_CARRERA
%M22	M22	%M78	MEM_S_O_1
		%M79	MEM_S_O_2

Tabla VII.XXI Bits de memoria (%M).

Asignación de temporizadores

Los temporizadores son utilizados como transiciones para pasar de un estado a otro, intercediendo con un tiempo de retardo a la conexión, su simbología se determina, con la expresión, “%TM” seguido del número del temporizador, en la tabla VII.XXII se muestra cada uno de los temporizadores utilizados y su tiempo de retardo.

%TM	Símbolo	Tipo	Base de tiempo
%TM1	T_1	TON	1 s
%TM2	T_2	TON	1 ms
%TM3	T_3	TON	1 s
%TM4	T_4	TON	1 s
%TM5	T_5	TON	1 s
%TM6	T_6	TON	1 min

Tabla VII.XXII Configuración del temporizador (%TM)

Programa principal

De acuerdo a las ecuaciones obtenidas anteriormente se ha pasado a un lenguaje de programación, utilizando expresiones lógicas se ha realizado un diagrama de contactos o ladder, se ha utilizado compuertas básicas como AND, OR, NOT entre las expresiones lógicas más básicas, la programación se detalla etapa por etapa como se muestra en el Anexo 10.

7.3.2 Programación del software HMI.

En este punto se detallará la programación del software del módulo didáctico; en primer lugar el panel frontal y después el diagrama de bloques. Este programa consta de un menú principal, tiene tres subVI, los cuales serán denominadas pantallas, ya que así es como se las visualiza en el momento de la ejecución.

7.3.2.1 Pantalla de menú principal

En esta pantalla se encuentra el acceso a todos los subVI del programa, la figura VII.116 muestra el panel frontal, y la figura VII.117 muestra el diagrama de bloques, cada subVI se ejecuta cuando el lazo

whilecorrespondiente se encuentra en estado true, el menú consta de las siguientes opciones: *Control Manual*, *Monitoreo*, y *el registro de datos*.



Figura VII.116. Panel frontal del subVI MENÚ PRINCIPAL.

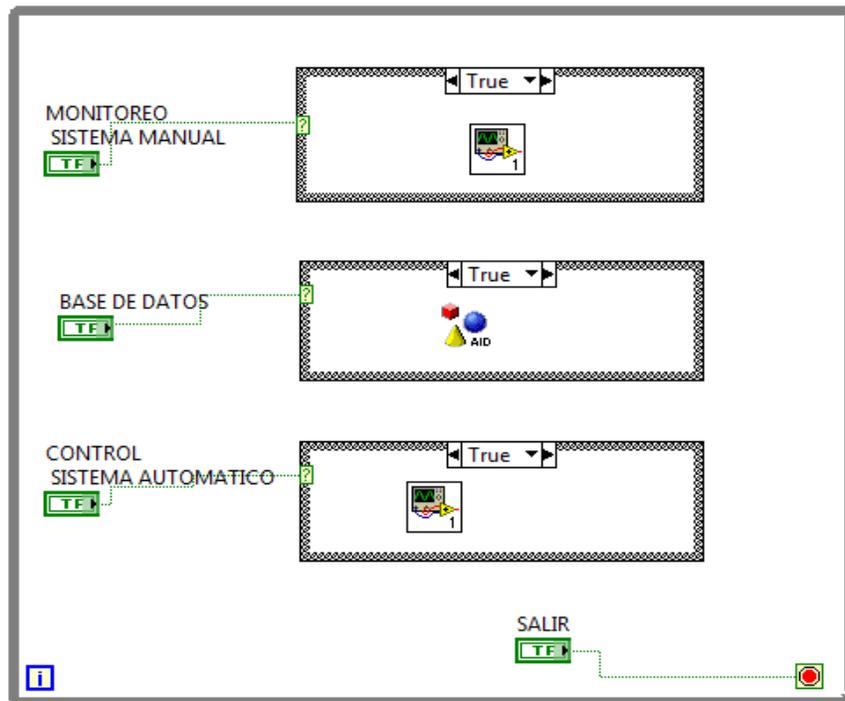


Figura VII.117. Diagrama de Bloques del subVI MENÚ PRINCIPAL.

7.3.2.2 Monitoreo automático.

En esta opción se despliega una ventana en la que se visualiza el movimiento de del proceso de tapado; desde que sale del dispensador de botellas hasta cuando finaliza el proceso de tapado.

Para conseguir que los indicadores actúen en tiempo real, y adecuadamente de acuerdo al proceso, se ha dividido en dos partes importantes esta etapa del monitoreo automático:

- La comunicación.
- La programación.

a. La comunicación

Para comunicarse con un dispositivo de campo industrial fue necesario utilizar el NI OPC Servers el cual proporciona un medio de llevar los datos y la información del PLC al computador donde está alojado el HMI. El servidor OPC permite el intercambio de datos de fabricación y producción permitiendo almacenar datos estadísticos de producción en un archivo que será guardado en el computador.

Un servidor OPC está compuesto de varios objetos: el servidor, el grupo, y el artículo. El objeto de servidor OPC mantiene información sobre el servidor y sirve como contenedor de objetos del grupo OPC. Los datos pueden ser leídos y escritos. Los grupos OPC proporcionan una forma para que los clientes organicen los datos. Los datos pueden ser leídos y escritos. Los elementos del OPC representan conexiones a fuentes de datos en el servidor.

Y el protocolo de comunicación que estamos utilizando es Modbus serial el mismo que ha sido desarrollado para soportar una amplia gama de dispositivos Modbus RTU compatibles. Las características especiales de este controlador permiten al usuario controlar la cantidad de datos solicitados desde un dispositivo en una sola solicitud.

Los parámetros que se han ajustado para el correcto funcionamiento del protocolo de comunicación es:

Velocidad de Transmisión: 19200

Paridad: Ninguno

Bits de datos: 8

Bits de parada: 1,2

El número máximo de canales es de 100 y de 255 dispositivos.

Una vez configurado la comunicación procedemos a describir las variables a utilizar en el monitoreo, es por eso que en la programación del PLC, las variables a ser monitoreadas se asignó a una memoria específica, por ejemplo %M20 corresponde a la banda transportadora la misma que indicara si esta activa o desactiva, para monitorear los diferentes sensores y actuadores, anteriormente se ha asignado a diferentes memorias, y la configuración de las variables en el NI OPC Servers se muestra en la figura VII.118.

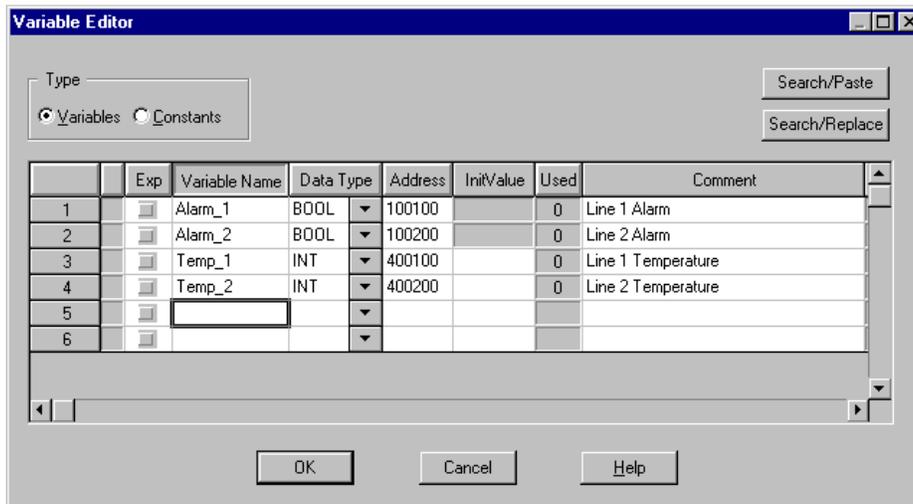


Figura. VII.118. Editor de variables OPC Servers.

Dependiendo de que si se desee monitorear o controlar el proceso se ubica, el nombre de la variable, el tipo de dato, la dirección, la misma que hay que saber si es de escritura o solo lectura o a las dos cosas a la vez, y dependiendo hay que sumar a la dirección más 1, por ejemplo en la memoria de la banda transportadora (%M20) se le asigna la dirección 1000021, y así con todas las memorias que se vaya a utilizar, para conocer el rango de direcciones, se ha detallado en la tabla VII.XXIII las direcciones utilizadas en el sistema de monitoreo.

Dirección	Rango	Tipo de datos	* Acceso
Las bobinas de salida [Códigos de Función (decimal): 01, 05, 15] 05, 15]	000001- 065536	Boolean	De lectura y escritura
Las bobinas de entrada	100001- 165536	Boolean	Solo Lectura

Tabla VII.XXIII Rango de direcciones utilizables para lectura y escritura.

b. La programación.

Establecido la comunicación mediante el OPC server, procedemos asignar indicadores de tipo booleano, los mismos que se los configura para que lean la dirección que se asignó alas diferentes memorias del PLC, mediante el NI OPC Servers, en la figura VII.103 se muestra como se configura el indicador booleano par que lea la dirección de la memoria a monitorear.

El indicador booleano tiene como misión leer el estado de la memoria ya sea TRUE o FALSE, y de ahí se pueda tomar una decisión de ejecutar o no la lista de instrucciones que está dentro de los diferentes CASE que se encuentra en el diagrama de bloques de la Figura VII.119.

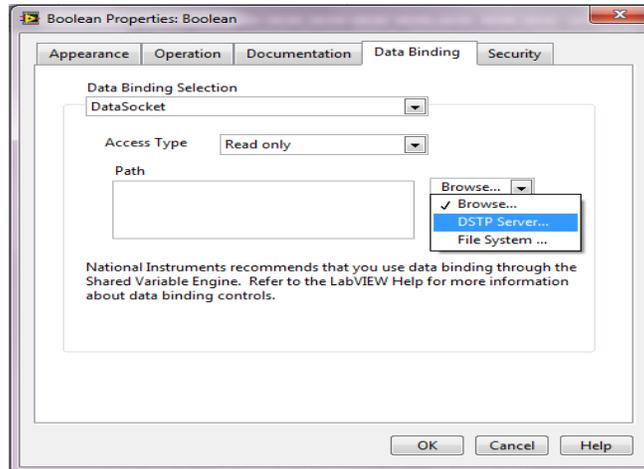


Figura VII.119 Configuración de un indicador booleano para asignar una dirección OPC.

En el HMI desarrollado en LabVIEW® se muestra en la ventana un esquema general del módulo de tapado de café, donde cada uno de los actuadores encontramos tiene un indicador lógico, el cual nos permite conocer el estado de la planta desde lugares remotos, ya que al momento de dar una señal de TRUE ejecuta una secuencia de instrucciones que generan una animación de lo que está sucediendo en la planta, también posee un icono de STOP, el cual nos permite parar el monitoreo del proceso, y otro icono de volver, que nos permite ir al menú principal, tal como se muestra en la Figura VII.120

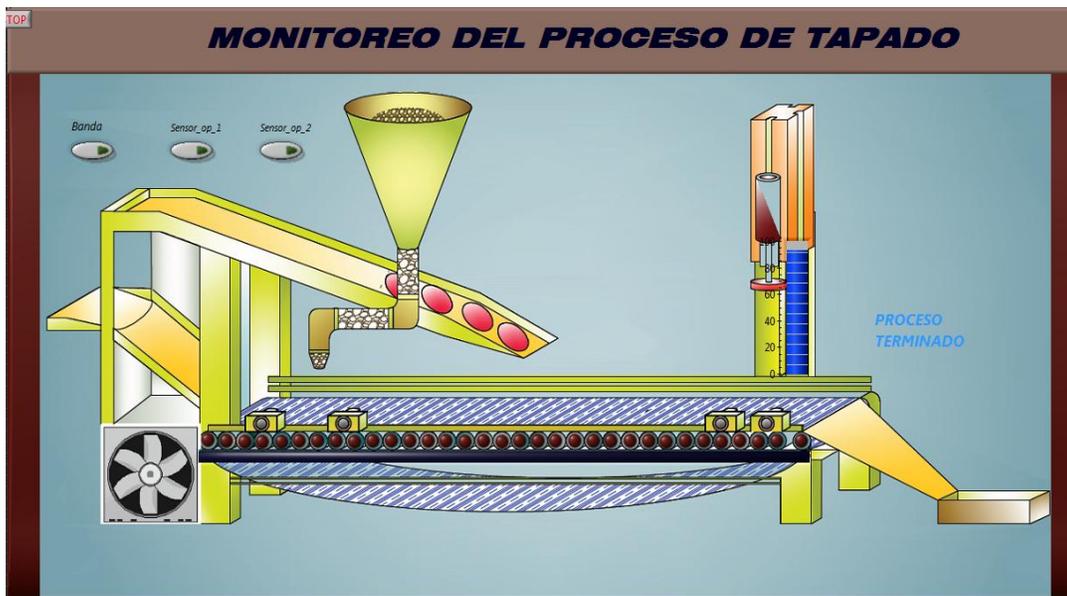


Figura VII.120. Panel de monitoreo Automático.

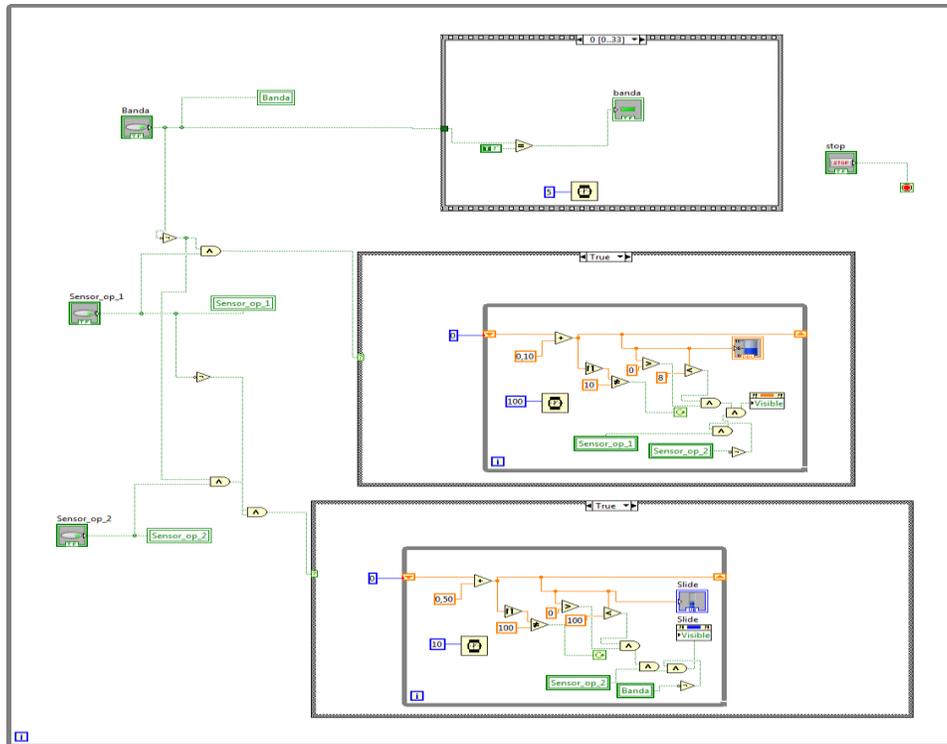


Figura VII.120. Diagrama de bloques del panel de monitoreo Automático.

7.3.2.3 Panel de control Manual

Este panel está diseñado con el propósito de maniobrar los diversos actuadores que presenta el modulo, para poder envasar una unidad de café de manera manual sin que intercedan los sensores, se ha dividido el panel de control manual en tres partes, el dispensador de botellas, motores, y la sección de ajuste de tapas, se ha diseñado de esta manera para que el usuario trabaje de manera adecuada y ordenada, de izquierda a derecha (Figura VII.121).

Cada botón tiene asignado una dirección de NI OPC Servers de escritura, el cual recoge la instrucción de TRUE o FALSE y este dato lo envía a escribir en la memoria asignada en el PLC, por ejemplo la BANDA tiene la dirección de salida OPC 000021, la cual indica que el dato a escribirse lo hará sobre la memoria del PLC, el cual se escribirá en la memoria %M21, y así realizara sobre las demás entradas del PLC, para su control manual.

En el diagrama de bloques de la Figura VII.122, muestra el recogimiento de la instrucción del botón lógico, y dependiendo si es TRUE o FALSE, envía una lista de instrucción para que indique su acción gráficamente.

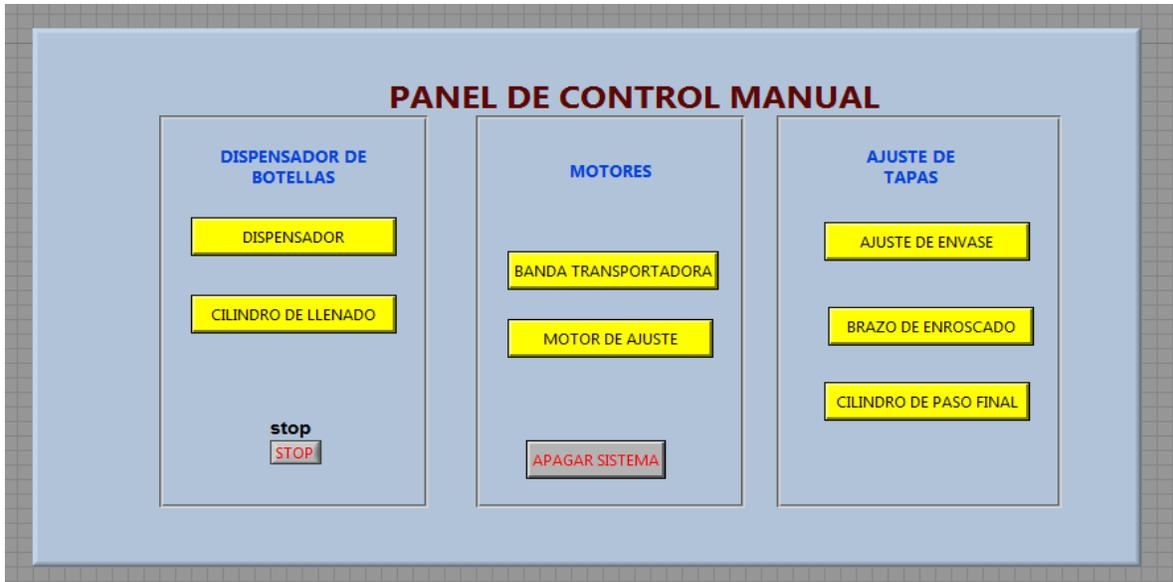


Figura VII.121. Panel de Control Manual.

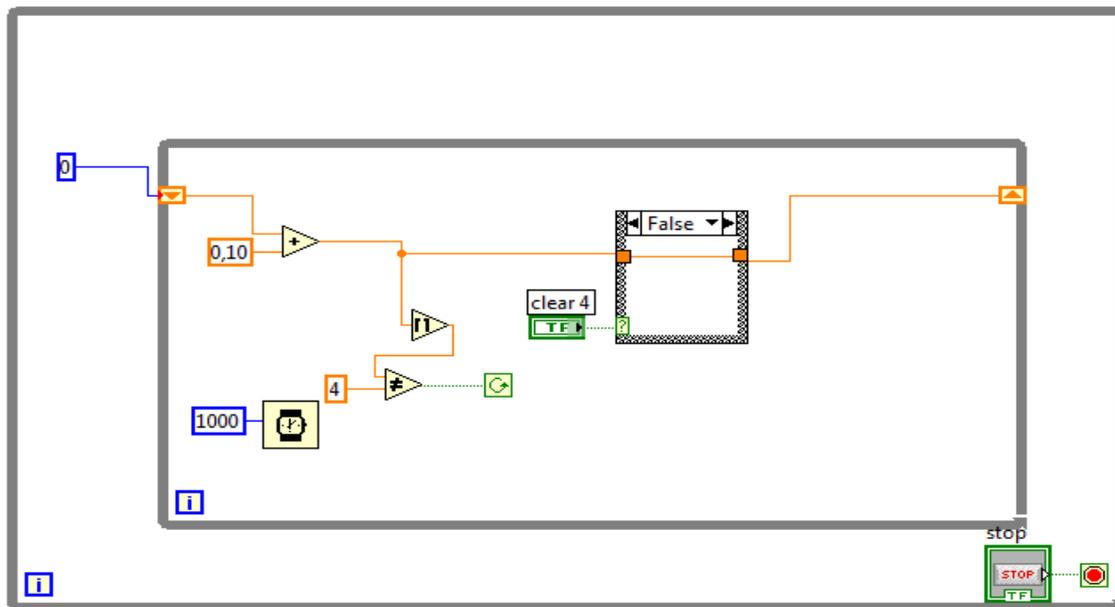


Figura VII.122. Diagrama de bloques del panel de control manual.

7.3.2.4 Registro de envases

Este SubVI está diseñado con el propósito de almacenar el número de envases que se han tapado, y el número de envases que no se han tapado, de esta manera nos ayudara a generar reportes ya se por hora por día o por semanas, cada vez que un envase sea tapado el indicador booleano de color celeste se

encenderá indicando que fue registrado, y en caso contrario se activara el indicador booleano de color naranja, el cual también registrara al envase sin tapar. Si seleccionamos el botón GUARDAR, este creara un archivo que nos permita registrar todos los datos en un documento el cual se podrá alojar en el disco duro de la computadora, logrando guardar en un espacio reducido de almacenamiento, el mismo que se podrá imprimir para dar reportes al usuario final. Si elegimos pulsar la opción, APAGAR EL SISTEMA, regresará al menú principal, pero si se pulsa la tecla de STOP se detendrá el SubVI que se encarga de llevar el registro de los envases, y no registrara ningún tipo de envase (Figura VII.123).



Figura VII.123. Panel de registros de envases.

El diagrama de bloques del registro de envases indica la estructura lógica, donde nos indica que al momento de seleccionar Guardar, este enviara una señal lógica TRUE el cual ejecutara la lista de instrucciones que estén bajo pestaña TRUE de la estructura case, mientras que en la pestaña FALSE no guardara el archivo.

Se observa que para guardar un archivo primero se crea un archivo y luego se envía los datos a almacenar en el archivo y termina cerrando el documento el cual garantiza su guardado correcto, y el botón STOP, finalizara la ejecución de la estructura While (Figura VII.124).

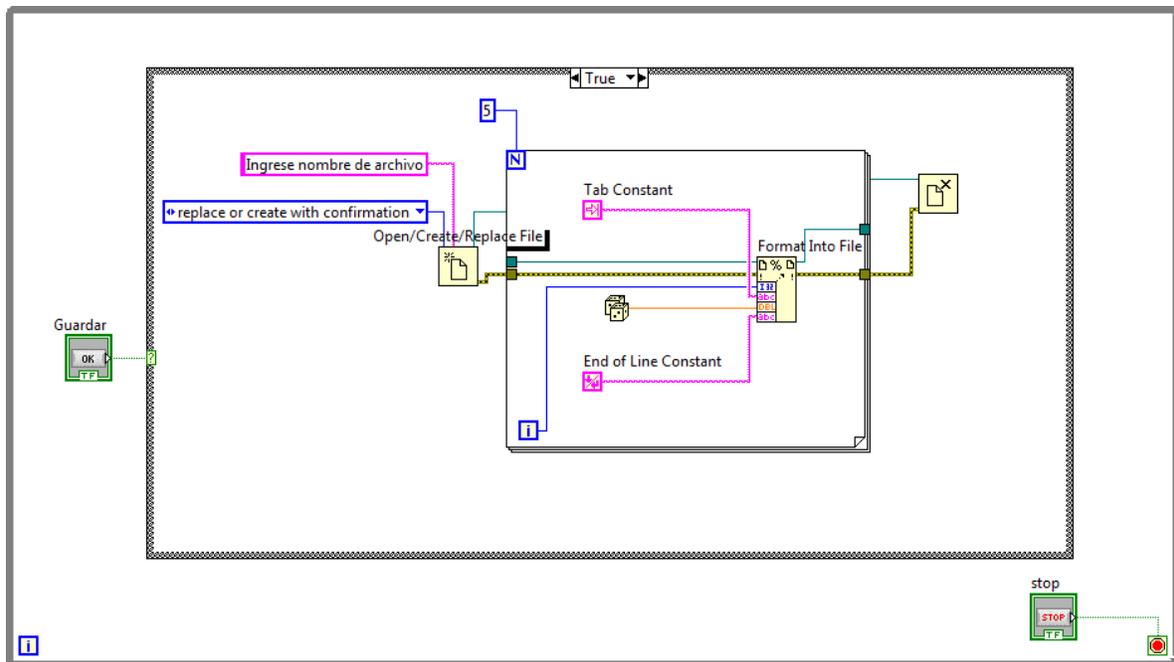


Figura VII.124. Diagrama de bloques del panel de registros de envases.

CONCLUSIONES

- El proyecto analizado y desarrollado en el presente trabajo cumple con los objetivos planteados inicialmente que son, el diseño e implementación de un módulo didáctico, que ayudara a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, a realizar prácticas de automatización e instrumentación.
- Para armar un módulo didáctico se deben tener varias consideraciones, ya que cualquier estudiante debe poder manipular sin problemas dicho equipo. Así mismo el módulo debe estar diseñado para aceptar cualquier algoritmo de control que el usuario desee implementar, dependiendo de sus conocimientos y necesidades.
- Para armar un módulo o readecuarlo, se presentan problemas a nivel mecánico, los cuales se pueden resolver buscando piezas sencillas que muchas veces existen en el mercado.
- La arquitectura del sistema SCADA es bastante flexible, es decir, se puede desarrollar un sistema SCADA tan sencillo como un enlace entre un PC y un PLC, o tan complejo que integre muchos sub-procesos como los presentes en un proceso industrial grande e incluso geográficamente separado.
- El conjunto HMI y pantallas desarrolladas en LabVIEW®, permite que cualquier usuario fácilmente se desplace entre ellas ya que es un interfaz sencillo de comprender y utilizar.
- En el tablero principal de mando manual se incorporó botones de inicio de paro, y un selector de mando automático y manual y una botonera de paro de emergencia, con lo que garantizamos que cualquier usuario que se encuentre en el puesto de trabajo, pueda detener el proceso de tapado del sistema modular en caso de situación de peligro.
- Para programar el PLC normalmente se lo hace mediante el cable de programación TSX C USB 485, pero el PLC TWIDO TWDLCAE40DRF, posee un puerto Ethernet que también se puede comunicar a través de este, con la posibilidad de unirlo a una red industrial.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo periódico a los sensores y actuadores del módulo didáctico, ya que con medidas sencillas se puede evitar que estos se deterioren rápidamente y pierdan sus funciones originales.
- Es prudente que cada grupo de estudiantes que lleguen a trabajar en el módulo didáctico, busquen siempre tratar de mejorar el mismo, buscando la manera de implementar nuevos tipos de sensores o actuadores ya que el PLC junto con sus módulos de expansión brindan mucha flexibilidad para modificar o expandir las funciones de un determinado proceso o equipo.
- Antes de poner en operación el módulo didáctico se recomienda verificar si algún actuador se neumático o eléctrico, este perfectamente calibrado y ajustado a su posición, para que no sufra desperfectos físicos.
- En este sistema SCADA se puede agregar más módulos, pues se trata de una comunicación modbus serial, el cual puede expandirse con otros módulos.
- Al programar el PLC se puede hacerlo utilizando el cable TSX C USB 485 el cual se puede usarlo la primera vez debido a que es necesario realizar las configuraciones respectivas, de ahí en adelante se puede programar el PLC mediante TwidoPort o Ethernet, lo cual es sencillo hacerlo a través de una Laptop, debido a que en estos días los ordenadores portátiles ya no poseen un puerto serial RS232, pero si el puerto RJ45, de tal forma que se puede programar el PLC estando conectado a la red. La conexión se la puede hacer directamente entre PLC y PC mediante un cable de red cruzado.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

1. BATURONE, A. O. Robótica Manipuladores robots móviles. 2a.ed. Barcelona – España. Marcombo. 2007. pp.166-175.
2. BLANCHARD, M. El graficet principios y conceptos. 4a.ed. Italia. ADEPA. 1999. pp. 14-32.
3. CAMBELL, J. El libro del RS-232. 2a.ed. México DF. Anaya Multimedia. 1985. pp. 22-57.
4. CEKIT, S.A. Curso práctico de electrónica Industrial y Automatización. Pereira. Marcombo. 2002. v.II. pp. 1-18.
5. CREUS, S.A. Instrumentación industrial. 5a ed. Antioquia – Colombia. Colecciones gráficas. 1992. pp.35-58.
6. GONZÁLEZ I. Los PC's en la Industria. Barcelona – España. Marcombo. 3a.ed. 1995. pp. 76-78.
7. JEFFREY, T.J. LabVIEW® for Everyone graphical programming made easy and fun. 3a.ed. Estados Unidos. Prentice Hall. 2006. pp. 52-54.
8. KATSUHIKO O. Ingeniería de control moderna. 2a.ed. México DF. Calypso S.A. 1985. pp. 2-16.
9. MAYOL, A. Autómatas Programables. 3a.ed. México DF. Productica. 1987. pp. 5-31.

10. NATIONAL I. Instrumentation Reference and Catalogue. México DF. National Instruments Corporation. 6a.ed. 1995. v21. pp. 10-22.
11. NATIONAL I. LabVIEW®básico II desarrollo manual de curso. 8a.ed. Texas - Estados Unidos. National Instruments Corporation. 2006. pp. 2-42.
12. SORIANO, A. Autómatas programables frente a computadores personales en sistemas de control. 2a.ed. Barcelona – España. Marcombo. 1989. revista nº 196 pp. 811.
13. SCHARF S. Electroneumática nivel básico. 5a.ed. México DF. Festo-didactic. 2005. pp. 16-18.
14. TÉLÉMECANIQUE. Programación TSX T407. Manual nº10. Bogota - Colombia. Schneider Electric. 1986. pp. 67-87.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

- **TIPOS DE SENSORES**

<http://www.scribd.com/doc/3838277/sensores-varios-tipos>

2011-01-20

http://www.moeller.es/productos_soluciones/productos/control-y-visualizacion/easy-control.html

2011-01-20

- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

<http://www.cs.duke.edu/~magda/flap/index.html>

2010-12-11

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

2010-12-11

http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf

2010-12-14

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/controlador-logico-programable/controlador-logico-programable.pdf>

2010-12-14

- **PRESENTACIÓN DE GRAFCET**

<http://www.lurpa.ens-cachan.fr/cgi-bin/grafcet/redirection?>

2010-11-28

<http://www.eerie.fr/~chapurla/enseignements.html>

2011-01-18

<http://artemis.univ-mrs.fr/colleges/pcl2/grafcet.htm>

2011-02-22

- **COMUNICACIONES INDUSTRIALES**

<http://materias.fi.uba.ar/6629/redes2byn.pdf>

2010-01-18

<http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>

2010-01-19

https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/com_industriales/Pages/comunicaciones_industriales.aspx

2010-01-19

http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD_Tema6.pdf

2010-01-22

http://www.europe.cisco.com/web/LA/soluciones/manufactura/docs/ettft_eearchesp.pdf

2010 -01-22

- **SISTEMAS SCADA**

<http://www.automatas.org/redes/scadas.htm>

2010-01-19

<http://www.tech-faq.com/scada.shtml>

2010-01-19

http://www.scadaengine.com/redes_ind/1526/introduction_scada.pdf

2010-01-22

RESUMEN

Diseño e implementación de un sistema modular didáctico que controla y monitorea el tapado de envases de café, para ayudar a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en el proceso enseñanza – aprendizaje en el área de automatización industrial.

Su bancada está estructurada en perfil de aluminio, consta de sensores ópticos, magnéticos y de contacto, actuadores neumáticos lineales activados por electroválvulas, motores de 24 V DC y Elementos funcionales electromecánicos de control, ubicados de forma experimental en la bancada, de tal manera que puedan servir en el tapado del envase, para el control de los mismos se utilizó un PLC, programado a través del método Grafset y para la comunicación con el interfaz HMI del PC (elaborada en LabVIEW), se utilizó el protocolo de comunicación MODBUS.

De pruebas realizadas a 200 envases, Se obtuvo un 78.4% de envases sellados óptimamente, un 13.2% tuvieron un sellado regular, y un 8.4% sellado defectuoso, además todos los elementos del sistema funcionaron de la forma prevista, y sin presentar ninguna anomalía.

A través de este sistema los alumnos pueden simular un verdadero equipo de producción industrial, y obtener así conocimientos del funcionamiento de un sistema industrial básico y beneficios como la familiarización y manipulación de elementos industriales.

En conclusión este sistema sirve en buena medida, para ayudar en el proceso enseñanza aprendizaje en área de automatización industrial, y puede ser utilizado para formar parte de una línea de producción de envases de café, pero solo con fines didácticos.

ANEXOS