

**” DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL APLICANDO BUSES DE CAMPO PARA
LA EMPRESA ECUAINSETEC”**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previo a la obtención de: TITULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

**” DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL APLICANDO BUSES DE CAMPO PARA LA
EMPRESA ECUAINSETEC”**

AUTOR: ARIAS TOAPANTA MARCO VINICIO.

DIRECTOR: ING. MARCELO GARCÍA

QUITO, 2013

DECLARACIÓN

Yo Marco Vinicio Arias Toapanta por medio de la presente declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi auditoria; el mismo que no ha sido presentado en ninguna defensa de grado que he realizado la consulta respectiva de todas y cada una de las referencia bibliográficas que se incluyen en este documento

Por lo cual cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Marco Vinicio Arias Toapanta

Ing. Marcelo García Torres.

CERTIFICA:

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos de la tesis, así como el funcionamiento de las diferentes Prácticas de Automatización y su aplicación, realizada por el Sr. Marco Vinicio Arias Toapanta, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 27 de Diciembre del 2012

Ing. Marcelo García Torres
DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A mis padres quienes han inculcado en mi la fortaleza, la humildad, enseñanzas morales y espirituales que me han servido para mi diario vivir y mi desarrollo profesional. Que con su trabajo y esfuerzo me ha permitido cumplir mi objetivo.

A mi esposa y mi hija que son la razón de mi lucha diaria, que les llevo siempre en mi corazón, que me apoyan en los momentos difíciles de mi vida y quienes me dan la fuerza para crecer y cumplir mis objetivos.

Y de todo corazón a Dios y a la Virgen María que me han cuidado día a día, dándome la salud, la vida y prosperidad para todas las personas que me rodean y han conformado parte de mi diario vivir.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a todas las personas que confiaron en mí, que con sus consejos me ayudaron en mi crecimiento profesional.

A mis padres que lucharon día a día por darme un futuro mejor, a mi esposa y mi hija que no permitieron que me dé por vencido siendo los pilares de mi Motivación.

La empresa en donde mi conocimiento profesional es constante y me facilitó las herramientas indispensables para el desarrollo de este proyecto.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	83
1. Tecnologías Fieldbus, PLCs e Instrumentación industrial	122
1.1 Automatización Industrial.....	122
1.2 Buses de campo.....	123
1.2.1 Antecedentes.-	123
1.2.2 Definición.-	123
1.3 Tipos de buses de campo.....	124
1.3.1 Buses de campo alta velocidad y baja funcionalidad.-	124
1.3.2 Buses de campo de alta velocidad y funcionalidad media	125
1.3.3 Bus de campo de altas prestaciones.	125
1.3.4 Buses de campo para áreas de seguridad intrínseca.	125
1.4 Clasificación de buses de campo.....	125
1.4.1 Profibus (Process Field BUS).-	126
1.4.2 Ethernet.-	130
1.4.3 A-SI (Actuador/Sensor interfase)	133
1.4.4 Cuadro comparativo de tecnologías de buses de campo	134
1.5 PLCs.....	135
1.5.1 Introducción PLCs-	135
1.5.2 Definición PLCs.-	135
1.5.3 Tipos de PLCs	138
1.5.3.1 PLC tipo Nano:	138
1.6 Sistema de programación Codesys.....	140
1.6.1 Descripción del software.	140
1.6.2 Lenguajes de Programación	142
1.6.3 Lista de funciones (Instruction List - IL).-	143
1.6.4 Texto estructurado (Structured text o ST).-	145
1.6.5 Gráfica de Secuencia de Funciones (Sequential Function Chart - SFC)	149
1.6.6 Diagrama de escalera (Ladder o LD)	150
1.6.7 Bloques de Función (Function Blocks FBs):	151

1.6.8 Chart de función continua (Continuous function chart – CFC)	152
1.7 Instrumentación industrial.....	152
1.7.1 Características de los instrumentos.	154
1.7.2 Clases de instrumentos.	156
1.8 Tecnologías utilizadas en medición de nivel.....	157
1.8.1 Medición de nivel por radar (Radio Detection And Ranging).-	158
1.8.3 Medición de nivel capacitiva.	161
1.8.4 Medición de nivel por conductividad.	162
1.8.5 Medición de nivel por Presión Hidrostática.-	163
1.8.6 Detección de niveles por horquillas vibrantes.-	164
1.8.7 Medición de nivel por ultrasonido.-	165
1.8.8 Medición de nivel radiométrica.-	166
1.9 Tecnologías utilizadas para medición de Temperatura.....	166
1.9.1 Termómetros Bimetálicos.-	167
1.9.2 Termo resistencias RTDs.-	167
1.9.3 Termocuplas.-	168
1.10 Tecnologías utilizadas para medición de Presión.....	170
1.10.1 Strain gages o Extensómetros.-	171
1.10.2 Transductores Resistivos.	172
1.10.3 Transductores Capacitivos.	172
1.10.4 Transductores Magnéticos.	173
1.11 Tipos de caudalímetros.....	174
1.11.1 Tipo Venturi	174
1.11.2 Caudalímetro electrónico de turbina	175
1.11.3 Caudalímetro magnético	176
1.11.4 Medidores por ultrasonido.-	177
1.11.5 Vortex.	179
 CAPITULO II	181
2. Sistemas electro neumáticos y sistema INTOUCH.	181
2.1 Introducción y generalidades.....	181
2.1.1 Diagrama de desplazamiento.....	183

2.1.2 Diagrama de desplazamiento – fases.	184
2.1.3 Diagrama de desplazamiento – tiempo.	184
2.1.4 Grafcet.	184
2.1.5 Cuadro de secuencia de movimiento.	185
2.1.6 Conexión de memorias en cascada.	185
2.2 Tipos de electroválvulas.....	186
2.2.1 Electroválvula 3/2 monoestable N.A. y N.C.	187
2.2.2 Electroválvula 5/2 monoestable.	188
2.2.3 Electroválvula 5/2 Biestables	189
2.3 Tipos de sensores de proximidad.....	190
2.3.1 Sensores inductivos.	191
2.3.2 Sensores capacitivos.-	194
2.3.3 Sensores magnéticos.	196
2.3.4 Sensores fotoeléctricos.	197
2.3.5 Sensores de fibra óptica.	200
2.4 Sistema Intouch.....	200
2.4.1 Introducción.	200
2.4.2 Windowmaker.-	202
2.4.3 Windowviewer.-	202
2.5 Utilidades.....	202
2.6 Aplicación del software al proyecto.....	203

CAPITULO III 203

3. Implementación, desarrollo de prácticas y pruebas de funcionamiento. 203

<u>3.1 Selección de los equipos a utilizar.....</u>	<u>203</u>
<u>3.1.1 Aire neumático.-</u>	<u>204</u>
<u>3.1.2 Energía Eléctrica.-</u>	<u>204</u>
<u>3.1.3 Tablero Didáctico.-</u>	<u>205</u>
<u>3.1.4 Módulos de relés.-</u>	<u>206</u>
<u>3.1.5 Módulos de Pulsadores.-</u>	<u>206</u>
<u>3.1.6 Elementos electro neumáticos.</u>	<u>206</u>
<u>3.1.6.1 Electroválvulas Monoestables 5/2 vías.....</u>	<u>206</u>
<u>3.1.6.2 Electroválvulas Biestables 5/2 vías.-</u>	<u>207</u>
<u>3.1.6.3 Electroválvulas Monoestables 3/2 vías.-.....</u>	<u>208</u>

3.1.7 Elementos neumáticos.	208
3.1.7.1 Cilindro de simple efecto.-	208
3.1.7.2 Cilindro de doble efecto.-	209
3.1.8 Elementos eléctricos.-	210
3.1.8.1 Sensores Inductivos.-	210
3.1.8.2 Sensores capacitivos.-	211
3.1.8.3 Sensores magnéticos.-	212
3.1.8.4 Sensor fotoeléctrico auto réflex.-	213
3.1.8.5 Sensor fotoeléctrico unidireccional.-	213
3.1.8.6 Presostato	214
3.1.9 Diseño del sistema hidráulico.	215
3.1.9.1 Tubería y Accesorios.-	216
3.1.9.2 Válvulas de paso.-	216
3.1.9.3 Filtros de agua.-	217
3.1.9.4 Bomba de succión.-	217
3.1.10 Elementos de instrumentación.	217
3.1.10.1 Sensor de nivel continuo	217
3.1.10.2 Sensor de Nivel On-Off	219
3.1.10.3 Selección Caudalímetro	220
3.1.10.4 Sensor de temperatura	222
3.1.11 Selección de Válvulas y calentador eléctrico	223
3.1.11.1 Válvula de control Proporcional	223
3.1.11.2 Válvula On – Off	225
3.1.11.3 Calentador eléctrico	226
3.1.12 Selección del PLC.	226
3.1.12.1 Características del controlador.	226
3.1.12.2 Módulos de entradas y salidas digitales.	229
3.1.12.3 Módulos de entradas y salidas analógicas.	230
3.1.13 Selección de la pantalla HMI.	231
3.1.14 Cables.	232
3.2. Estudio y análisis de los diferentes equipos.	232
3.2.1 Equipos neumáticos.	232
3.2.2 Equipos de detección.	233
3.2.3 Instrumentación.	233
3.2.4 PLCs.	234

<u>3.2.5 Equipos del sistema hidráulico.</u>	234
<u>3.3 Diseño de las hojas guías para el módulo de entrenamiento.</u>	235
<u>3.3.1 Guías de Prácticas</u>	235
<u>PRÁCTICA # 1</u>	236
<u>3.4 Análisis de la infraestructura del módulo de entrenamiento.</u>	256
<u>3.5 Pruebas y diseño de prácticas.</u>	256
<u>3.5.1 Pruebas de enlaces Profibus y Ethernet.</u>	257
<u>3.5.2 Resultados y proyección del módulo de entrenamiento.</u>	257
<u>3.5.3 Desarrollo de un sistema completo de entrenamiento Fieldbus.</u>	258
CAPITULO IV	258
4 Comprobación de Hipótesis y Análisis económico.	258
4.1 Comprobación Hipótesis	258
4.2 Rendimiento del módulo	259
ENCUESTA	259
4.3 Manual de Usuario	261
4.4 Costo Beneficio del módulo de entrenamiento.	261
4.4.1 Análisis Financieros	263
4.4.2 Interés	263
4.4.3 Inflación	264
4.4.4 Depreciación	264
4.4.5 Anualidad o Renta	264
4.4.6 Flujo Financiero	265
4.4.7 Valor Actual Líquido (VAL)	265
4.4.8 Tasa Interna de Rentabilidad o Tasa interna de Retorno (TIR)	266
4.4.9 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	266
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS COSTO - BENEFICIO	266
CONCLUSIONES.	269
RECOMENDACIONES.	270
BIBLIOGRAFIA	271
REFERENCIAS DE INTERNET	273

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Fig. 1.1 Sistema de automatización electro-neumático	1
Fig. 1.2 Diseño del sistema tradicional Punto a Punto	2
Fig. 1.3 Diseño del sistema bajo una conexión de un bus de campo	2
Fig. 1.4 Comunicación de una red industrial y clasificación Profibus5	
Fig. 1.5 Cuadro comparativo Tecnologías buses de campo..	13
Fig. 1.6 Ejemplo Plc siemens	17
Fig. 1.7 Ejemplo Plc Compacto siemens	17
Fig. 1.8 Ejemplo Plc Modular WAGO	18
Fig. 1.9 Pantalla principal Codesys	20
Fig. 1.10 Instruccion Asignación	25
Fig. 1.11 Instruccion llamada de funciones	26
Fig. 1.12 Instruccion IF	26
Fig. 1.13 Instruccion CASE	27
Fig. 1.14 Instruccion FOR	27
Fig. 1.15 Instruccion WHILE	28
Fig. 1.16 Instruccion REPEAT	28
Fig. 1.17 Programa SFC	29
Fig. 1.18 Diagrama de fases de Temporizadores TP y TON	30
Fig. 1.19 Diagrama de fases de Temporizadores TOF	30
Fig. 1.20 Programa FB	31
Fig. 1.21 Programa CFC	32
Fig. 1.22 Ejemplo Medidor de radar	38
Fig. 1.23 Ejemplo Principios del Medidor de Radar	39

Fig. 1.24 Medición de nivel de Capacidad	41
Fig. 1.25 Medición de nivel de Capacidad	42
Fig. 1.26 Formula de Medición de Nivel	43
Fig. 1.27 Detección de niveles por horquillas vibrantes	44
Fig. 1.28 Medición de nivel por ultrasonido.-	45
Fig. 1.29 Medición de nivel radiométrica	46
Fig. 1.30 Termómetros Bimetálicos	47
Fig. 1.31 Termo resistencias RTDs	47
Fig. 1.32 Termocuplas	48
Fig. 1.33 Tipos de Termocuplas	49
Fig. 1.34 Conexión Termocupla	49
Fig. 1.35 Conexión Termocupla con cable de compensación	50
Fig. 1.36 Strain gages o Extensómetros	51
Fig. 1.37 Transductores Resistivos	52
Fig. 1.38 Transductores Capacitivos	52
Fig. 1.39 Transmisores de inductancia Variable	53
Fig. 1.40 Transmisores Reluctancia Variable	53
Fig. 1.41 Efecto Venturi	54
Fig. 1.42 Caudalímetro electrónico de turbina	55
Fig. 1.43 Caudalímetro magnético	56
Fig. 1.44 Caudalímetro de ultrasonido por tiempo de tránsito	57
Fig. 1.45 Caudalímetro electromagnético por efecto Doopler	58
Fig. 1.46 Caudalímetro Vortex.....	59

CAPITULO II

Fig. 2.1. Simbología equipos neumáticos	63
Fig. 2.2 Diagrama de desplazamiento – fases	64
Fig. 2.3 Diagrama de desplazamiento – tiempo	64
Fig. 2.4 Grafcet.	65
Fig. 2.5 Cuadro de secuencia de movimiento	65
Fig. 2.6 Conexión de memorias en cascada	66
Fig. 2.7 Tipos de electroválvulas.	67
Fig. 2.8 Electroválvula biestable	67
Fig. 2.9 Electroválvula 3/2 monoestable N.A. y N.C.	67
Fig. 2.10 Electroválvula 3/2 Normalmente cerrada	68

Fig. 2.11 Electroválvula 3/2 Normalmente abierta	68
Fig. 2.12 Electroválvula 5/2 monoestable	68
Fig. 2.13 Electroválvula 5/2 monoestable con estados de conmutación	69
Fig. 2.14 Electroválvula 5/2 Biestable con estados de conmutación	70
Fig. 2.15 Sensores inductivos	71
Fig. 2.16 Campo magnético de alta frecuencia	72
Fig. 2.17 Circuito oscilador	72
Fig. 2.18 Distancia de sensado	73
Fig. 2.19 Tabla de selección de sensores inductivos	73
Fig. 2.20 Campo electrostático sensores capacitivos	74
Fig. 2.21 Sensores capacitivos	74
Fig. 2.22 Circuito Oscilador	75
Fig. 2.23 Tabla de selección de sensores capacitivos	76
Fig. 2.24 Sensores magnéticos	77
Fig. 2.25 Tabla de selección de sensores magnéticos	77
Fig. 2.26 Sensores de barrera réflex	78
Fig. 2.27 Sensores difuso reflectivos	79
Fig. 2.28 Sensores auto réflex	79
Fig. 2.29 Sensores de fibra óptica	80
Fig. 2.30 Administrador de aplicaciones.....	81

CAPITULO III

Fig. 3.1 Compresor Ecuainsetec	84
Fig. 3.2 Fuente Ecuainsetec	84
Fig. 3.3 Tablero de Electroneumática ECUAINSETEC	85
Fig. 3.4 Módulo de réles	85
Fig. 3.5 Módulo de pulsadores	88
Fig. 3.6 Electroválvula Monoestable 5/2	86
Fig. 3.7 Descripción técnica MFH-5-PK-3	86
Fig. 3.8 Electroválvula Biestables 5/2	87
Fig. 3.9 Descripción técnica JMFH-5-PK-3	87
Fig. 3.10 Electroválvula Monoestable 3/2	87
Fig. 3.11 Descripción técnica MFH-3-1/8	88
Fig. 3.12 Cilindro de Simple efecto	88
Fig. 3.13 Descripción técnica ESNU-25-50-P-A	89

Fig. 3.14 Cilindro de Doble efecto	89
Fig. 3.15 Descripción técnica DSN-25-100-PPV-A	89
Fig. 3.16 Sensor Inductivo razante	90
Fig. 3.17 Descripción técnica IM18-05BPS-ZW1	90
Fig. 3.18 Sensor Capacitivo no rasante	91
Fig. 3.19 Descripción técnica CM18-12NPP-KW1	91
Fig. 3.20 Sensor Magnético	91
Fig. 3.21 Descripción técnica SME-8M-DS-24V-K-2,5-OE	92
Fig. 3.22 Sensor Fotoeléctrico Auto réflex	92
Fig. 3.23 Descripción técnica VT18-2P4420S02	93
Fig. 3.24 Sensor Fotoeléctrico Unidireccional	93
Fig. 3.25 Descripción técnica MHSE15-P2236	94
Fig. 3.26 Presostato	94
Fig. 3.27 Descripción técnica PEN.M5	94
Fig. 3.28 Dimensiones del tanque acrilico	95
Fig. 3.29 Tuberías y acoples rápidos	95
Fig. 3.30 Válvula de Bola en PVC	96
Fig. 3.31 Bomba de succión	96
Fig. 3.32 Sensores de Nivel Continuo a) Sensor de nivel de radar b) Sensor de nivel de ultasonido	97
Fig. 3.33 Descripción técnica UM30-12113	98
Fig. 3.34 Sensores de Nivel On - Off a) Sensor de nivel flotador b) Sensor de nivel de varilla vibratoria	98
Fig. 3.35 Descripción técnica TCL-001	99
Fig. 3.36 Caudalímetros.....	100
Fig. 3.37 Descripción técnica 8030	101
Fig. 3.38 PT100	102
Fig. 3.39 Válvula proporcional de asiento inclinado	102
Fig. 3.40 Válvula proporcional de bola	103
Fig. 3.41 Descripción técnica 8030	104
Fig. 3.42 Válvula eléctrica de bola	105
Fig. 3.43 CPU PLC WAGO I/O IPC y Descripción Técnica	106
Fig. 3.44 CPU PLC WAGO ETHERNET 750843 y Descripción técnica	107
Fig. 3.45 CPU PLC WAGO PROFIBUS 750833	108

Fig. 3.46 Módulo de Entradas Digitales 750402	108
Fig. 3.47 Descripción Técnica Módulo de Entradas Digitales 750402	109
Fig. 3.48 Módulo de Salidas Digitales 750502	109
Fig. 3.49 Módulo de Entradas Analógicas 750466	110
Fig. 3.50 Módulo de Salidas Analógicas 750552	110
Fig. 3.51 HMI-450.....	111
Fig. 3.52-Plc Modular Wago	116
Fig. 3.53 Logo Codesys .	116
Fig. 3.54 Plc Modular Wago serie 780	117
Fig. 3.55 Módulos apilables del PLC con su conector eléctrico	117
Fig. 3.56 Módulos de entradas digitales y ejemplos de señales.	118
Fig. 3.57 Módulos de salidas digitales y ejemplos de señales.	118
Fig. 3.58 Módulos de entradas analógicas y ejemplos de señales.	118
Fig. 3.59 Módulos de salidas analógicas y ejemplos de señales.	119
Fig. 3.60 Diagrama conexión E.D.	119
Fig. 3.61 Diagrama conexión S.D.	120
Fig. 3.62 Diagrama conexión E.A.	120
Fig. 3.63 Diagrama conexión E.A.	121
Fig. 3.64 Módulo Final	121
Fig. 3.65 Pantalla inicial Bottp Server	122
Fig. 3.66 Archivo de texto Bottp tab	122
Fig. 3.67 Líneas de configuración del texto Bottp tab	122
Fig. 3.68 Interconexión PLC con PC mediante conector Ethernet.	123
Fig. 3.69 Verificación de comunicación PC con PLC	123
Fig. 3.70 Selección del autómatas y el firmware	124
Fig. 3.71 Datos técnicos PLC seleccionado	124
Fig. 3.72 Selección lenguaje de programación	125
Fig. 3.73 Descripción Pantalla de programación	125
Fig. 3.74 Organizador de objetos del POU	126
Fig. 3.75 Configuración y creación de los módulos de I/O locales	126
Fig. 3.76 Programación y configuración de los parámetros de comunicación	127
Fig. 3.77 Designación nuevo canal e ingreso dirección IP	127
Fig. 3.78 Programación Ladder	128
Fig. 3.79 Declaración de Variables	128

Fig. 3.80 Visualización de Variables declaradas	129
Fig. 3.81 Panel de resultados.	129
Fig. 3.82 Layout Mode del programa	130
Fig. 3.83 Simulation Mode Run del programa	130
Fig. 3.84 Descarga programa al PLC	131
Fig. 3.85 Conexión PLC.....	131

CAPITULO IV

Fig. 4.1 Gráfico de evaluación de contenido	139
Fig. 4.2 Gráfico de recuperación de la inversión	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1 Compuerta And	23
Tabla. 1.2 Compuerta OR	23
Tabla. 1.3 Compuerta XOR	23
Tabla. 1.4 Expresiones	25
Tabla. 1.5 Expresiones	25
Tabla. 1.6 Tabla Comparativa de medidores de flujo	60
Tabla. 2.1 Factor de materiales	76
Tabla. 4.1 Precios de equipos	140
Tabla. 4.2 Cálculo del VAL	145
Tabla. 4.3 Cálculo del PRI	145
Tabla. 4.4 Valores del TIR del Proyecto	146

ANEXOS

ANEXO A.....Hojas guías de las prácticas.

ANEXO B.....Encuestas y análisis del módulo didáctico

ANEXO C.....Manual de Usuario

1. TEMA

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MÓDULO DIDACTICO EN AUTOMATIZACION INDUSTRIAL APLICANDO BUSES DE CAMPO PARA LA EMPRESA ECUAINSETEC

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad en nuestro medio no se cuenta con un laboratorio de sistemas de automatización con buses de campo tanto a nivel universitario como a nivel de aprendizaje empresarial que contemplen elementos utilizados industrialmente.

Lo cual ha causado que técnicos cometan errores y no conozcan el principio de funcionalidad de diversos elementos industriales, cuya inexperiencia de conocimientos industriales tienden a causar daños en las maquinarias e incluso accidentes personales, que luego pueden producir el despido del técnico.

3. JUSTIFICACION

La empresa ECUAINSETEC dedicada a la capacitación de neumática y electro neumática, elaboración de proyectos y provisión de materiales tanto neumáticos, eléctricos, instrumentación y experiencia industrial.

Preocupada de los conocimientos técnicos del personal de mantenimiento y proyectos de las empresas industriales, implementara un módulo didáctico de entrenamiento en automatización industrial. El cual aprovechara los elementos industriales neumáticos y electro neumáticos utilizados para los cursos que se dictan actualmente acoplándolos a Controladores lógicos Programables (PLCs) con bus de campo Profibus y Ethernet, a

equipos industriales de medición de variables de presión, nivel y temperatura para el entrenamiento en sistemas de control

Con el módulo que se va a implementar se mejorara el sistema de enseñanza en diferentes instituciones y empresas dedicadas a la capacitación técnica en automatización. Lo cual llevara a tener personas más preparadas en el área técnica para desarrollar indistintos proyectos que lleven un sistema con buses de campo, de acuerdo a las necesidades de sus empresas. Mejorando así niveles de producción, optimización de procesos y prestigio de las indistintas empresas o instituciones que brinden este tipo de enseñanza.

4. ALCANCES.

Con este proyecto se creara un módulo didáctico con sus respectivas hojas guías enfocado a la aplicación de Buses de Campo.

Los buses de campo utilizados para las interacciones entre Controladores lógicos Programables (PLCs) serán las tecnologías Profibus y Ethernet dando a conocer los parámetros principales y detalles necesarios para este tipo de comunicaciones.

La comunicación Ethernet será utilizada tanto para la programación del PLCs como para la interacción de sistemas automatizados con el software INTOUCH, mientras tanto con la comunicación Profibus se llevara a cabo interacciones con PLCs esclavos.

También tendremos interacción con elementos industrialmente utilizados como son sensores y elementos electro neumático, los cuales nos servirán de entradas y salidas digitales para monitoreo de tal manera de conocer las indistintas aplicaciones de los diferentes elementos en el campo industrial.

Las simulaciones de nuestras entradas y salidas analógicas lo realizaremos mediante un termoelemento siendo este una PT100 con transmisor y un elemento de medición respectivamente. De tal manera de integrar un módulo robusto para el entrenamiento.

Dentro del sistema de programación del Controlador lógico Programable (PLCs) contaremos con un simulador del programador para verificar las señales obtenidas en nuestro proceso la cual ira a la mano con el software INTOUCH de tal manera de ayudar al estudiante al conocimiento de las diversas funcionalidades que puede realizar con estas.

Para la programación de los PLCs dispondremos de un software propio de este que nos permitirá dar a conocer los seis lenguajes de programación más utilizados en la industria, cuyos lenguajes se irán integrando de acuerdo al avance de las prácticas.

La persona que tome este curso tendrá la capacidad de complementar los conocimientos adquiridos en los cursos de neumática y electro neumática brindados por la empresa y desarrollar un sistema con comunicaciones fieldbus además de un conocimiento previo de los distintos elementos utilizados industrialmente.

Además con la enseñanza de los indistintos lenguajes, el estudiante podrá programar cualquier marca de PLCs ampliando así las diversas posibilidades que se le pueden presentar industrialmente y evitar la fidelidad de marca.

5. OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

Diseño e implementación de un módulo didáctico en automatización industrial aplicando buses de campo para la empresa Ecuainsetec.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Determinar los parámetros y requerimientos necesarios para la implementación de un módulo de automatización con buses de campo en el área industrial.
2. Desarrollar un módulo con los elementos necesarios para el fácil manejo por parte del usuario y a su vez este sea flexible para su aplicación en cualquier industria.
3. Establecer mediante la creación de hojas guías una rutina de interacción de los diferentes elementos con el usuario de tal manera de capacitarlo de una manera idónea para que su capacidad tecnológica sea más efectiva en la industria.
4. Permitir que el usuario tenga la capacidad de crear una estación de comunicación con todos los elementos industriales que comprenderán el módulo de entrenamiento.

6. MARCO TEORICO.

La implementación de este tipo de sistema requiere investigación en cuanto a los aparatos y programas (hardware y Software) disponible en el mercado interno y externo, que de acuerdo a sus características permitan una confiable operación del sistema de entrenamiento de buses de campo.

Es importante también el estudio de los buses de campo más utilizados en la industria ecuatoriana y compararlos con los sistemas seleccionados para el desarrollo de este proyecto con respecto a sus ventajas y desventajas.

Debemos conocer también los diferentes lenguajes de programación, que nos permiten realizar la programación de los PLCs como la conexión y funcionamiento de los dispositivos que vamos a manipular.

El análisis económico es muy importante ya que nos permitirá establecer la inversión a realizar en este sistema de entrenamiento y direccionar en que instituciones se podrá implementar este.

7. MARCO METODOLOGICO.

Para el desarrollo del proyecto se realizara una investigación previa del software de programación CODESYS y el de INTOUCH.

Para el estudio de los buses de campo se recurrirá a información directa de internet tanto de la información de los equipos, como de autores varios además de textos referentes a estos sistemas.

El diseño del módulo didáctico de entrenamiento se lo realizara mediante marcas alemanas de las cuales es representante la compañía ECUAINSETEC CIA. LTDA La cual brindara información técnica de acuerdo a las experiencias obtenidas en nuestro medio industrial.

Se presentara una propuesta económica del proyecto con un análisis en sus ventajas a largo y mediano plazo.

De acuerdo a la propuesta el proyecto en si utilizara el método de experimentación.

8. HIPOTESIS.

El diseño e implementación del módulo de entrenamiento en automatización aplicando la tecnología de buses de campo para la empresa ECUAINSETEC permitirá optimizar tiempo y conocimientos previos con respecto a la integración de varios procesos en un sistema de automatización, de tal manera que la inversión de las empresas se recupere en el menor tiempo posible. Además permitirá que la compañía ECUAINSETEC pase a fortalecer su área de automatizaciones de tal manera de convertirse en uno de los pioneros en brindar un servicio tanto de entrenamiento como de ejecución de proyectos.

9. ESQUEMA CAPITULAR

CAPITULO I

- 1.1 Antecedentes de tecnologías Fieldbus.
- 1.2 Definiciones.
- 1.3 Tipos y características tecnologías Fieldbus.
 - 1.3.1 Tecnología Profibus
 - 1.3.2 Tecnología Ethernet.
 - 1.3.3 Tecnología ASI.
- 1.4 Cuadro comparativo entre tecnologías.
- 1.5 PLCs e Instrumentación industrial.
- 1.6 Introducción y tipos de PLCs
- 1.7 Sistema de programación Codesys.
 - 1.7.1 Lenguajes de Programación.
- 1.8 Instrumentación industrial.
 - 1.8.1 Tecnologías utilizadas para medición de Nivel.
 - 1.8.2 Tecnologías utilizadas para medición de Temperatura.
 - 1.8.3 Tecnologías utilizadas para medición de Presión.

CAPITULO II

Sistemas electro neumáticos y sistema INTOUCH.

- 2.1 Introducción y generalidades.
- 2.2 Tipos de electroválvulas.
- 2.3 Tipos de sensores
- 2.4 Tipos de actuadores.

- 2.5 Sistema Intouch.
- 2.5.1 Introducción
- 2.5.2. Utilidades
- 2.5.3 Aplicación del software al proyecto.

CAPITULO III.

Implementación, desarrollo de prácticas y pruebas de funcionamiento.

- 3.1. Selección de los equipos a utilizar.
- 3.2. Estudio y análisis de los diferentes equipos.
- 3.3 Diseño de las hojas guías para el módulo de entrenamiento.
- 3.4 Selección de equipos.
- 3.5 Análisis de la infraestructura del módulo de entrenamiento.
- 3.6 Pruebas y diseño de prácticas.
 - 3.6.1 Pruebas de enlaces Profibus y Ethernet.
 - 3.6.2 Resultados y proyección del módulo de entrenamiento
 - 3.6.3 Desarrollo de un sistema completo de entrenamiento Fieldbus.

CAPITULO IV

Comprobación de Hipótesis y Análisis económico.

- 4.1 Comprobación Hipótesis
- 4.2 Rendimiento del módulo
- 4.2 Manual de Usuario
- 4.3 Costo Beneficio del módulo de entrenamiento.
- 4.4 Anexos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESUMEN.

La Empresa Ecuainsetec ha implementado módulos de entrenamiento neumático y electro neumáticos para la capacitación de profesionales a nivel industrial, además de módulos demostrativos con elementos específicos de cada una de las firmas que representa la empresa en el Ecuador, con el objetivo de aumentar su prestigio y dar a conocer sus diferentes productos.

Una de las áreas en las que no se ha incursionado es la automatización industrial, para la cual se ha tomado los diferentes elementos industriales disponibles dentro de la empresa para crear un modulo didáctico con prácticas enfocadas en procesos industriales reales; de tal manera de promover la iniciativa de cada uno de los profesionales que tomen el curso, en optimizar procesos y recursos en el área de trabajo donde se desenvuelven diariamente.

Las hojas guías didácticas de las prácticas siguen una secuencia pedagógica que permiten una correcta enseñanza de los lenguajes de programación existentes en las diferentes marcas de PLCs, de tal manera que el participante podrá desenvolverse con cualquier marca de PLCs independientemente de su lenguaje de programación.

La utilización de equipos industriales tanto en el área de la neumática, electroneumática, sensores industriales e instrumentación que comprende nuestro módulo, permitirá al participante acoplarse con cualquier equipo industrial de las mismas características, optimizando el tiempo de conexión y disminuyendo errores por falta de conocimiento.

Este proyecto describe la implementación de un módulo didáctico con diferentes instrumentos de medición de las variables más utilizadas en el campo industrial, siendo estas presión, nivel, caudal, temperatura que servirán de guía para poder aplicarlos en diferentes procesos industriales.

Se realizó la conexión y programación tanto de entradas y salidas digitales o analógicas con diferentes condiciones industriales. El objetivo es que el participante con los diferentes lenguajes de programación existente realice la programación de estas de una forma rápida, segura y efectiva.

Los diferentes equipos industriales conectados al PLC con comunicación Ethernet, mediante la creación de una interface de visualización en el entorno Codesys nos permitió mediante el protocolo de comunicación observar su comportamiento en la ejecución de La práctica.

Se realizó la programación del entorno Intouch y pantallas HMI con la utilización de sus diferentes herramientas de programación disponibles, para así simular un proceso real integrado con su pantalla de visualización. Se enlazaron a nuestro PLC mediante la utilización del bus de campo Ethernet cuyo procedimiento se indica paso a paso en las hojas guías de las prácticas sirviendo de apoyo técnico no solo para el curso si no para el campo industrial.

La variables y datos de proceso se conectaron a un PLC esclavo conectado a un PLC master vía Profibus, el mismo que retransmite sus datos a un computador vía Ethernet realizando así un pequeño sistema integrado para automatización utilizando los buses de campo.

Con este nuevo modulo se lograra aumentar ventas en la empresa, y aumentar la confiabilidad en las capacitaciones técnicas brindadas por la misma.

ABSTRACT

Ecuainsetec Firm has implemented pneumatic and electro-pneumatic training modules to train industrial professionals, as well as demonstrative modules with specific elements from every firm represented by such enterprise in Ecuador so as to increase prestige and show its diverse products.

Industrial automation is one of the areas that has not been covered, for which, different industrial elements available within the enterprise have been taken into account in order to create a didactic module with practices focused on true industrial processes, so as to promote initiative from every professional person attending the course, optimize processes and resources in the work area where they daily work.

Practices didactic guide sheets follow a pedagogic sequence that allow right teaching on programming languages existent in diverse PLC trademarks, so that the participant can work with any PLC trademark independently from its programming language.

The use of industrial equipment in the pneumatic, electro-pneumatic area, industrial sensors and instrumentation included in our module, shall allow the participant adapt to any industrial equipment with the same characteristics, optimizing time for connection and decreasing errors for lack of information.

This project describes implementation of a didactic module with the most diverse variables measuring instruments in the industrial field, such as pressure, level, caudal, temperature used as guide to be applied in different industrial processes.

Connection and programming for digital or analogical inputs and outputs with different industrial conditions were made. The objective is the participant, with diverse existent programming language, program them in a fast, sure and effective way.

Diverse industrial equipment connected to the PLC with Ethernet communication, through the creation of a view interface in Codesys environment, allowed us, through the communication protocol, observing its behavior during the practice development.

Intouch environment and HMI screens programming were made by using its diverse programming tools available to simulate a true integrated process with view screen. They connected to our PLC by using an Ethernet field bus, indicating the procedure step by step on practices guide sheets, helping as technical support for the course and the industrial field.

Variables and processing data were connected to a slave PLC, which was connected to a master PLC via Profibus to retransmit its data to a computer via Ethernet. A little integrated system for automation was made, using field buses.

This new module will achieve increasing sales in the enterprise, and increase reliability for technical trainings offered by it.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	83
1. Tecnologías Fieldbus, PLCs e Instrumentación industrial	122
1.1 Automatización Industrial.....	122
1.2 Buses de campo.....	123
1.2.1 Antecedentes.-	123
1.2.2 Definición.-	123
1.3 Tipos de buses de campo.....	124
1.3.1 Buses de campo alta velocidad y baja funcionalidad.-	124
1.3.2 Buses de campo de alta velocidad y funcionalidad media	125
1.3.3 Bus de campo de altas prestaciones.	125
1.3.4 Buses de campo para áreas de seguridad intrínseca.	125
1.4 Clasificación de buses de campo.....	125
1.4.1 Profibus (Process Field BUS).-	126
1.4.2 Ethernet.-	130
1.4.3 A-SI (Actuador/Sensor interfase)	133
1.4.4 Cuadro comparativo de tecnologías de buses de campo	134
1.5 PLCs.....	135
1.5.1 Introducción PLCs-	135
1.5.2 Definición PLCs.-	135
1.5.3 Tipos de PLCs	138
1.5.3.1 PLC tipo Nano:	138

1.6 Sistema de programación	
Codesys.....	140
1.6.1 Descripción del software.	140
1.6.2 Lenguajes de Programación	142
1.6.3 Lista de funciones (Instruction List - IL).-	143
1.6.4 Texto estructurado (Structured text o ST).-	145
1.6.5 Gráfica de Secuencia de Funciones (Sequential Function Chart - SFC)	149
1.6.6 Diagrama de escalera (Ladder o LD)	150
1.6.7 Bloques de Función (Function Blocks FBs):	151
1.6.8 Chart de función continua (Continuous function chart – CFC)	152
1.7 Instrumentación	
industrial.....	152
1.7.1 Características de los instrumentos.	154
1.7.2 Clases de instrumentos.	156
1.8 Tecnologías utilizadas en medición de nivel.....	157
1.8.1 Medición de nivel por radar (Radio Detection And Ranging).-	158
1.8.3 Medición de nivel capacitiva.	161
1.8.4 Medición de nivel por conductividad.	162
1.8.5 Medición de nivel por Presión Hidrostática.-	163
1.8.6 Detección de niveles por horquillas vibrantes.-	164
1.8.7 Medición de nivel por ultrasonido.-	165
1.8.8 Medición de nivel radiométrica.-	166
1.9 Tecnologías utilizadas para medición de	
Temperatura.....	166
1.9.1 Termómetros Bimetálicos.-	167
1.9.2 Termo resistencias RTDs.-	167
1.9.3 Termocuplas.-	168
1.10 Tecnologías utilizadas para medición de	
Presión.....	170
1.10.1 Strain gages o Extensómetros.-	171
1.10.2 Transductores Resistivos.	172
1.10.3 Transductores Capacitivos.	172
1.10.4 Transductores Magnéticos.	173
1.11 Tipos de caudalímetros.....	
174	
1.11.1 Tipo Venturi	174

1.11.2 Caudalímetro electrónico de turbina	175
1.11.3 Caudalímetro magnético	176
1.11.4 Medidores por ultrasonido.-	177
1.11.5 Vortex.	179
CAPITULO II	181
2. Sistemas electro neumáticos y sistema INTOUCH.	181
2.1 Introducción y generalidades.	181
2.1.1 Diagrama de desplazamiento.	183
2.1.2 Diagrama de desplazamiento – fases.	184
2.1.3 Diagrama de desplazamiento – tiempo.	184
2.1.4 Grafcet.	184
2.1.5 Cuadro de secuencia de movimiento.	185
2.1.6 Conexión de memorias en cascada.	185
2.2 Tipos de electroválvulas.....	186
2.2.1 Electroválvula 3/2 monoestable N.A. y N.C.	187
2.2.2 Electroválvula 5/2 monoestable.	188
2.2.3 Electroválvula 5/2 Biestables	189
2.3 Tipos de sensores de proximidad.	190
2.3.1 Sensores inductivos.	191
2.3.2 Sensores capacitivos.-	194
2.3.3 Sensores magnéticos.	196
2.3.4 Sensores fotoeléctricos.	197
2.3.5 Sensores de fibra óptica.	200
2.4 Sistema Intouch.	200
2.4.1 Introducción.	200
2.4.2 Windowmaker.-	202
2.4.3 Windowviewer.-	202
2.5 Utilidades	202
2.6 Aplicación del software al proyecto.....	203
<u>CAPITULO III</u>	<u>203</u>
<u>3. Implementación, desarrollo de prácticas y pruebas de funcionamiento.</u>	<u>203</u>
<u>3.1 Selección de los equipos a utilizar.....</u>	<u>203</u>

3.1.1 Aire neumático.-	204
3.1.2 Energía Eléctrica.-	204
3.1.3 Tablero Didáctico.-	205
3.1.4 Módulos de relés.-	206
3.1.5 Módulos de Pulsadores.-	206
3.1.6 Elementos electro neumáticos.	206
3.1.6.1 Electroválvulas Monoestables 5/2 vías.....	206
3.1.6.2 Electroválvulas Biestables 5/2 vías.-	207
3.1.6.3 Electroválvulas Monoestables 3/2 vías.-.....	208
3.1.7 Elementos neumáticos.	208
3.1.7.1 Cilindro de simple efecto.-	208
3.1.7.2 Cilindro de doble efecto.-	209
3.1.8 Elementos eléctricos.-	210
3.1.8.1 Sensores Inductivos.-	210
3.1.8.2 Sensores capacitivos.-.....	211
3.1.8.3 Sensores magnéticos.-	212
3.1.8.4 Sensor fotoeléctrico auto reflex.-	213
3.1.8.5 Sensor fotoeléctrico unidireccional.-	213
3.1.8.6 Presostato.....	214
3.1.9 Diseño del sistema hidráulico.	215
3.1.9.1 Tubería y Accesorios.-	216
3.1.9.2 Válvulas de paso.-	216
3.1.9.3 Filtros de agua.-	217
3.1.9.4 Bomba de succión.-	217
3.1.10 Elementos de instrumentación.	217
3.1.10.1 Sensor de nivel continuo.....	217
3.1.10.2 Sensor de Nivel On-Off.....	219
3.1.10.3 Selección Caudalímetro.....	220
3.1.10.4 Sensor de temperatura.	222
3.1.11 Selección de Válvulas y calentador eléctrico	223
3.1.11.1Válvula de control Proporcional	223
3.1.11.2 Válvula On – Off.....	225
3.1.11.3 Calentador eléctrico.....	226
3.1.12 Selección del PLC.	226
3.1.12.1 Características del controlador.....	226

3.1.12.2 Módulos de entradas y salidas digitales.....	229
3.1.12.3 Módulos de entradas y salidas analógicas.....	230
3.1.13 Selección de la pantalla HMI.....	231
3.1.14 Cables.....	232
3.2. Estudio y análisis de los diferentes equipos.....	232
3.2.1 Equipos neumáticos.....	232
3.2.2 Equipos de detección.....	233
3.2.3 Instrumentación.....	233
3.2.4 PLCS.....	234
3.2.5 Equipos del sistema hidráulico.....	234
3.3 Diseño de las hojas guías para el módulo de entrenamiento.....	235
3.3.1 Guías de Prácticas.....	235
PRÁCTICA # 1.....	236
3.4 Análisis de la infraestructura del módulo de entrenamiento.....	256
3.5 Pruebas y diseño de prácticas.....	256
3.5.1 Pruebas de enlaces Profibus y Ethernet.....	257
3.5.2 Resultados y proyección del módulo de entrenamiento.....	257
3.5.3 Desarrollo de un sistema completo de entrenamiento Fieldbus.....	258
CAPITULO IV.....	258
4 Comprobación de Hipótesis y Análisis económico.....	258
4.1 Comprobación Hipótesis.....	258
4.2 Rendimiento del módulo.....	259
ENCUESTA.....	259
4.3 Manual de Usuario.....	261
4.4 Costo Beneficio del módulo de entrenamiento.....	261
4.1.1 Análisis Financieros.....	263
4.1.2 Interés.....	263
4.4.3 Inflación.....	264
4.4.4 Depreciación.....	264
4.4.5 Anualidad o Renta.....	264
4.4.6 Flujo Financiero.....	265
4.4.7 Valor Actual Líquido (VAL).....	265
4.4.8 Tasa Interna de Rentabilidad o Tasa interna de Retorno (TIR).....	266
4.4.9 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	266

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS COSTO - BENEFICIO	266
CONCLUSIONES.	269
RECOMENDACIONES.	270
BIBLIOGRAFIA	271
REFERENCIAS DE INTERNET	273

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Fig. 1.1 Sistema de automatización electro-neumático	1
Fig. 1.2 Diseño del sistema tradicional Punto a Punto	2
Fig. 1.3 Diseño del sistema bajo una conexión de un bus de campo	2
Fig. 1.4 Comunicación de una red industrial y clasificación Profibus5	
Fig. 1.5 Cuadro comparativo Tecnologías buses de campo..	13
Fig. 1.6 Ejemplo Plc siemens	17
Fig. 1.7 Ejemplo Plc Compacto siemens	17
Fig. 1.8 Ejemplo Plc Modular WAGO	18
Fig. 1.9 Pantalla principal Codesys	20
Fig. 1.10 Instruccion Asignación	25
Fig. 1.11 Instruccion llamada de funciones	26
Fig. 1.12 Instruccion IF	26
Fig. 1.13 Instruccion CASE	27
Fig. 1.14 Instruccion FOR	27
Fig. 1.15 Instruccion WHILE	28

Fig. 1.16 Instruccion REPEAT	28
Fig. 1.17 Programa SFC	29
Fig. 1.18 Diagrama de fases de Temporizadores TP y TON	30
Fig. 1.19 Diagrama de fases de Temporizadores TOF	30
Fig. 1.20 Programa FB	31
Fig. 1.21 Programa CFC	32
Fig. 1.22 Ejemplo Medidor de radar	38
Fig. 1.23 Ejemplo Principios del Medidor de Radar	39
Fig. 1.24 Medición de nivel de Capacidad	41
Fig. 1.25 Medición de nivel de Capacidad	42
Fig. 1.26 Formula de Medición de Nivel	43
Fig. 1.27 Detección de niveles por horquillas vibrantes	44
Fig. 1.28 Medición de nivel por ultrasonido.-	45
Fig. 1.29 Medición de nivel radiométrica	46
Fig. 1.30 Termómetros Bimetálicos	47
Fig. 1.31 Termo resistencias RTDs	47
Fig. 1.32 Termocuplas	48
Fig. 1.33 Tipos de Termocuplas	49
Fig. 1.34 Conexión Termocupla	49
Fig. 1.35 Conexión Termocupla con cable de compensación	50
Fig. 1.36 Strain gages o Extensómetros	51
Fig. 1.37 Transductores Resistivos	52
Fig. 1.38 Transductores Capacitivos	52
Fig. 1.39 Transmisores de inductancia Variable	53
Fig. 1.40 Transmisores Reluctancia Variable	53
Fig. 1.41 Efecto Venturi	54
Fig. 1.42 Caudalímetro electrónico de turbina	55
Fig. 1.43 Caudalímetro magnético	56
Fig. 1.44 Caudalímetro de ultrasonido por tiempo de tránsito	57
Fig. 1.45 Caudalímetro electromagnético por efecto Doopler	58
Fig. 1.46 Caudalímetro Vortex.....	59

CAPITULO II

Fig. 2.1. Simbología equipos neumáticos	63
Fig. 2.2 Diagrama de desplazamiento – fases	64

Fig. 2.3 Diagrama de desplazamiento – tiempo	64
Fig. 2.4 Grafcet.	65
Fig. 2.5 Cuadro de secuencia de movimiento	65
Fig. 2.6 Conexión de memorias en cascada	66
Fig. 2.7 Tipos de electroválvulas.	67
Fig. 2.8 Electroválvula biestable	67
Fig. 2.9 Electroválvula 3/2 monoestable N.A. y N.C.	67
Fig. 2.10 Electroválvula 3/2 Normalmente cerrada	68
Fig. 2.11 Electroválvula 3/2 Normalmente abierta	68
Fig. 2.12 Electroválvula 5/2 monoestable	68
Fig. 2.13 Electroválvula 5/2 monoestable con estados de conmutación	69
Fig. 2.14 Electroválvula 5/2 Biestable con estados de conmutación	70
Fig. 2.15 Sensores inductivos	71
Fig. 2.16 Campo magnético de alta frecuencia	72
Fig. 2.17 Circuito oscilador	72
Fig. 2.18 Distancia de sensado	73
Fig. 2.19 Tabla de selección de sensores inductivos	73
Fig. 2.20 Campo electrostático sensores capacitivos	74
Fig. 2.21 Sensores capacitivos	74
Fig. 2.22 Circuito Oscilador	75
Fig. 2.23 Tabla de selección de sensores capacitivos	76
Fig. 2.24 Sensores magnéticos	77
Fig. 2.25 Tabla de selección de sensores magnéticos	77
Fig. 2.26 Sensores de barrera réflex	78
Fig. 2.27 Sensores difuso reflectivos	79
Fig. 2.28 Sensores auto réflex	79
Fig. 2.29 Sensores de fibra óptica	80
Fig. 2.30 Administrador de aplicaciones.....	81

CAPITULO III

Fig. 3.1 Compresor Ecuainsetec	84
Fig. 3.2 Fuente Ecuainsetec	84
Fig. 3.3 Tablero de Electroneumática ECUAINSETEC	85
Fig. 3.4 Módulo de réles	85
Fig. 3.5 Módulo de pulsadores	88

Fig. 3.6 Electroválvula Monoestable 5/2	86
Fig. 3.7 Descripción técnica MFH-5-PK-3	86
Fig. 3.8 Electroválvula Biestables 5/2	87
Fig. 3.9 Descripción técnica JMFH-5-PK-3	87
Fig. 3.10 Electroválvula Monoestable 3/2	87
Fig. 3.11 Descripción técnica MFH-3-1/8	88
Fig. 3.12 Cilindro de Simple efecto	88
Fig. 3.13 Descripción técnica ESNU-25-50-P-A	89
Fig. 3.14 Cilindro de Doble efecto	89
Fig. 3.15 Descripción técnica DSN-25-100-PPV-A	89
Fig. 3.16 Sensor Inductivo razante	90
Fig. 3.17 Descripción técnica IM18-05BPS-ZW1	90
Fig. 3.18 Sensor Capacitivo no rasante	91
Fig. 3.19 Descripción técnica CM18-12NPP-KW1	91
Fig. 3.20 Sensor Magnético	91
Fig. 3.21 Descripción técnica SME-8M-DS-24V-K-2,5-OE	92
Fig. 3.22 Sensor Fotoeléctrico Auto réflex	92
Fig. 3.23 Descripción técnica VT18-2P4420S02	93
Fig. 3.24 Sensor Fotoeléctrico Unidireccional	93
Fig. 3.25 Descripción técnica MHSE15-P2236	94
Fig. 3.26 Presostato	94
Fig. 3.27 Descripción técnica PEN.M5	94
Fig. 3.28 Dimensiones del tanque acrílico	95
Fig. 3.29 Tuberías y acoples rápidos	95
Fig. 3.30 Válvula de Bola en PVC	96
Fig. 3.31 Bomba de succión	96
Fig. 3.32 Sensores de Nivel Continuo a) Sensor de nivel de radar b) Sensor de nivel de ultrasonido	97
Fig. 3.33 Descripción técnica UM30-12113	98
Fig. 3.34 Sensores de Nivel On - Off a) Sensor de nivel flotador b) Sensor de nivel de varilla vibratoria	98
Fig. 3.35 Descripción técnica TCL-001	99
Fig. 3.36 Caudalímetros.....	100
Fig. 3.37 Descripción técnica 8030	101

Fig. 3.38 PT100	102
Fig. 3.39 Válvula proporcional de asiento inclinado	102
Fig. 3.40 Válvula proporcional de bola	103
Fig. 3.41 Descripción técnica 8030	104
Fig. 3.42 Válvula eléctrica de bola	105
Fig. 3.43 CPU PLC WAGO I/O IPC y Descripción Técnica	106
Fig. 3.44 CPU PLC WAGO ETHERNET 750843 y Descripción técnica	107
Fig. 3.45 CPU PLC WAGO PROFIBUS 750833	108
Fig. 3.46 Módulo de Entradas Digitales 750402	108
Fig. 3.47 Descripción Técnica Módulo de Entradas Digitales 750402	109
Fig. 3.48 Módulo de Salidas Digitales 750502	109
Fig. 3.49 Módulo de Entradas Analógicas 750466	110
Fig. 3.50 Módulo de Salidas Analógicas 750552	110
Fig. 3.51 HMI-450.....	111
Fig. 3.52-Plc Modular Wago	116
Fig. 3.53 Logo Codesys .	116
Fig. 3.54 Plc Modular Wago serie 780	117
Fig. 3.55 Módulos apilables del PLC con su conector eléctrico	117
Fig. 3.56 Módulos de entradas digitales y ejemplos de señales.	118
Fig. 3.57 Módulos de salidas digitales y ejemplos de señales.	118
Fig. 3.58 Módulos de entradas analógicas y ejemplos de señales.	118
Fig. 3.59 Módulos de salidas analógicas y ejemplos de señales.	119
Fig. 3.60 Diagrama conexión E.D.	119
Fig. 3.61 Diagrama conexión S.D.	120
Fig. 3.62 Diagrama conexión E.A.	120
Fig. 3.63 Diagrama conexión E.A.	121
Fig. 3.64 Módulo Final	121
Fig. 3.65 Pantalla inicial Bottp Server	122
Fig. 3.66 Archivo de texto Bottp tab	122
Fig. 3.67 Líneas de configuración del texto Bottp tab	122
Fig. 3.68 Interconexión PLC con PC mediante conector Ethernet.	123
Fig. 3.69 Verificación de comunicación PC con PLC	123
Fig. 3.70 Selección del autómatas y el firmware	124
Fig. 3.71 Datos técnicos PLC seleccionado	124

Fig. 3.72 Selección lenguaje de programación	125
Fig. 3.73 Descripción Pantalla de programación	125
Fig. 3.74 Organizador de objetos del POU	126
Fig. 3.75 Configuración y creación de los módulos de I/O locales	126
Fig. 3.76 Programación y configuración de los parámetros de comunicación	127
Fig. 3.77 Designación nuevo canal e ingreso dirección IP	127
Fig. 3.78 Programación Ladder	128
Fig. 3.79 Declaración de Variables	128
Fig. 3.80 Visualización de Variables declaradas	129
Fig. 3.81 Panel de resultados.	129
Fig. 3.82 Layout Mode del programa	130
Fig. 3.83 Simulation Mode Run del programa	130
Fig. 3.84 Descarga programa al PLC	131
Fig. 3.85 Conexión PLC.....	131

CAPITULO IV

Fig. 4.1 Gráfico de evaluación de contenido	139
Fig. 4.2 Gráfico de recuperación de la inversión	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1 Compuerta And	23
Tabla. 1.2 Compuerta OR	23
Tabla. 1.3 Compuerta XOR	23
Tabla. 1.4 Expresiones	25
Tabla. 1.5 Expresiones	25
Tabla. 1.6 Tabla Comparativa de medidores de flujo	60
Tabla. 2.1 Factor de materiales	76
Tabla. 4.1 Precios de equipos	140
Tabla. 4.2 Cálculo del VAL	145
Tabla. 4.3 Cálculo del PRI	145
Tabla. 4.4 Valores del TIR del Proyecto	146

ANEXOS

ANEXO A.....Hojas guías de las prácticas.

ANEXO B.....Encuestas y análisis del módulo didáctico

ANEXO C.....Manual de Usuario

CAPITULO I

1. Tecnologías Fieldbus, PLCs e Instrumentación industrial

1.1 Automatización Industrial



Fig. 1.1 Sistema de automatización electro-neumático⁹⁹

La palabra automatización viene de la palabra griega auto: guiado por uno mismo, cuya área de estudio es dar a conocer nuevos métodos y procedimientos que tienen como objetivo realizar tareas mentales y rápidas que con lleven una lógica programada de una manera eficiente, confiable, segura, y productiva de tal manera de remplazar al ser humano por un ente artificial siendo uno de los elementos un controlador lógico programable PLCs

⁹⁹<http://dircasa-calora.blogspot.com/2010/06/la-neumatica-y-sus-aplicaciones.html>

Debido a las demandas de estándares de calidad internos y externos, las empresas día a día están optimizando sus procesos ya que en su mayoría las empresas alimenticias no cumplen con los estándares de salubridad establecidos.

Para cumplir estos estándares se realizan inversiones en tecnología de punta que a veces son adecuados o indispensables, pero su finalidad es de optimizar los estándares de calidad, aumentar producción, y amortizar en menor tiempo el dinero invertido.

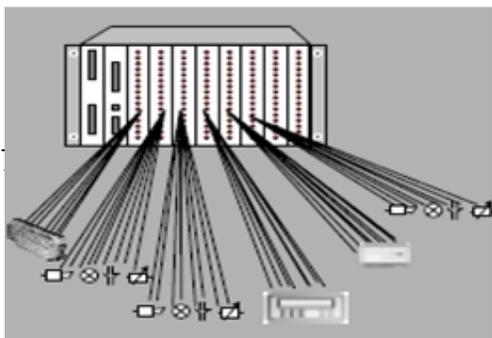
1.2 Buses de campo

1.2.1 Antecedentes.-

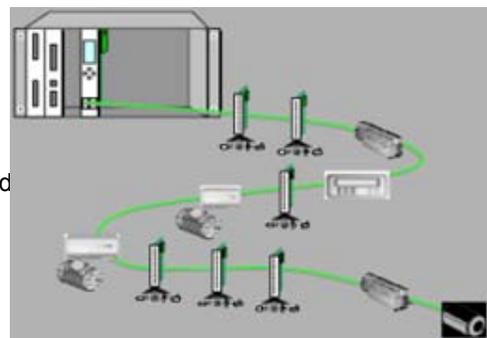
Con el desarrollo en el campo industrial y el avance tecnológico del día a día, cada vez se hace necesario obtener mayor información de productividad y operación de cada uno de los procesos automatizados. Desde los ochentas se ha venido desarrollando la utilización de buses de campo con diferentes prestaciones de comunicación. En cada una de las empresas de mayor auge económico en el país han desarrollado aplicaciones de control para mejorar la funcionalidad de su empresa o industria en diferentes áreas siendo estas textil, alimenticia, automotriz, constructoras, petroleras y demás, se han ido acoplando a las nuevas tecnologías de comunicación de datos, debido a la necesidad de un control distribuido siendo uno de estos avances los buses de campo que son aplicados de acuerdo a su tecnología en diferentes áreas de la industria cuya finalidad operativa es la de permitir un menor cableado, transmisión de datos en tiempos mínimos, gastos económicos por partes obligatorias de producción, fallas de algún elemento en nuestro proceso y demoras en su identificación proporcionándonos así una herramienta que mejora respuesta a fallo por parte del área de mantenimiento. La información generada estaría disponible de acuerdo a su desarrollo para la gerencia de planta y demás áreas implicadas en la producción.

1.2.2 Definición.-

“ Los buses de campo son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores módulos de E/S, controladores de velocidad, terminales de operador con los sistemas de control: PLCs, PC’s, NC, RC, etc.”¹⁰⁰



a13.pdf



**Fig. 1.2 Diseño del sistema tradicional
conexión de un bus de campo.¹⁰¹**

**Fig. 1.3 Diseño del sistema bajo una
punto a punto¹⁰²**

De esta manera se está eliminando la conexión tradicional de punto a punto en donde se requería de un mayor cableado y la conexión era solamente a un punto central por lo que a fallo hacia difícil su identificación. Con los buses de campo se realiza una conexión distribuida además de proporcionar una transmisión de datos frecuentes entre los elementos de campo y sus dispositivos de enlace, logrando así desarrollar un sistema inteligente con cada uno de los equipos conectados en este tipo de nodo para casos de fallos y operación.

1.3 Tipos de buses de campo.

En la actualidad en nuestro mercado se puede encontrar una infinidad de fabricantes que han desarrollado buses de campo para la comunicación, de acuerdo al área de aplicación con sus respectivas prestaciones, como por ejemplo tenemos SIEMENS, Endress & Hauser, ABB, Telemecanique, Twido, Omrom, Wago, y otras más, que acoplan alguna tecnología de tal manera de permitirnos tener una variedad de diferentes dispositivos para la misma aplicación, teniendo por ende la siguiente clasificación.

- **Buses de campo de alta velocidad y baja funcionalidad.**
- **Buses de campo de alta velocidad y funcionalidad media.**
- **Buses de campo de altas prestaciones.**
- **Buses de campo para áreas de seguridad intrínseca.**

1.3.1 Buses de campo alta velocidad y baja funcionalidad.-

Este tipo de bus disponen de una cobertura reducida, ya que se lo utiliza en su mayor parte en máquinas pequeñas cuyos procesos no tienen un sistema de automatización complejo. Se agrupan en este tipo de bus de campo elementos sencillos de control como

¹⁰¹http://dc193.4shared.com/doc/nxGv_awj/preview.html

¹⁰²http://dc193.4shared.com/doc/nxGv_awj/preview.html

por ejemplo sensores inductivos o capacitivos, sensores de nivel de ultrasonido, finales de carrera, electroválvulas, relés, temporizadores, etc. Los cuales de acuerdo a la condiciones de funcionamiento nos permiten un trama de bits que nos proporcionan información del accionamiento o desactivación de elementos en nuestro proceso de acuerdo a sus parametrizaciones previas.

Como ejemplos tenemos comunicaciones **CAN, SDS, ASI** todas estas diseñadas por diferentes fabricantes y con funcionalidades de acople entre elementos diferentes.

1.3.2 Buses de campo de alta velocidad y funcionalidad media

A diferencia del anterior este nos permite crear paquetes de datos entre los equipos y el sistema de control, logrando con esto facilitar la puesta en marcha de procesos ya que debido a su funcionalidad nos permite realizar calibraciones, programación y configuración de equipos sin necesidad de estar en campo si no vía remota.

Como ejemplos tenemos DeviceNet; LONWorks; BitBus; DIN MessBus; InterBus-S.

1.3.3 Bus de campo de altas prestaciones.

Este tipo de bus se caracteriza por la velocidad de transmisión de datos y el nivel de comunicación que este alcanza tanto en su funcionalidad como en su seguridad de tal manera de permitirnos distribuir la información de una mejor manera

Entre sus características tenemos comunicaciones maestro - esclavo, recuperación de datos del esclavo, capacidad de direccionamiento.

Algunos ejemplos son: Profibus; WorldFIP; Fieldbus Foundation.

1.3.4 Buses de campo para áreas de seguridad intrínseca.

Debido a la gran aceptación de los buses de campo en diferentes industrias se ha visto la necesidad de proporcionar un bus de campo que cumpla con las normativas de seguridad en ciertas áreas de aplicación, como es en el sector petrolero debido a que en estos sitios disponemos de diferentes áreas de seguridad siendo la zona 1 la de más riesgo, ya que en esta zona solamente la producción de una chispa puede producir una explosión de grandes dimensiones. Es por esto que se ha desarrollado una gama de buses de campo con seguridad intrínseca.

Algunos ejemplos son HART, Profibus PA o WorldFIP.

1.4 Clasificación de buses de campo.

De acuerdo a la aplicación industrial, la distancia, la necesidad de datos y configuración que requiere la empresa se realizará la selección del bus de campo en nuestro caso nos enfocaremos en los buses de campo más industrializados en la empresa ecuatoriana. Existen tres tipos de bus de campo más utilizados de la amplia gama que disponemos que son:

- **Profibus**
- **Ethernet**
- **A-si.**

1.4.1 Profibus (Process Field BUS).-

Este tipo de bus de campo es uno de los más importantes tanto a nivel europeo como americano por ser independiente de un fabricante, además del amplio campo de aplicación. Su procedencia es Alemana cuyo estudio fue financiado por la unión de empresas del mismo país como Bosch, Klöckner Möeller y Siemens, que luego agruparon el interés de varias empresas, universidades y organizaciones quienes fueron los precursores desde el año 1987 , la finalidad de este estudio fue obtener un sistema de comunicaciones abierto entre elementos de diferentes fabricantes capaz de unir todas las partes de nuestro proceso iniciando desde cada uno de los elementos sencillos, luego con los autómatas para posteriormente integrarse con un ordenador que nos proporcionara datos importantes de producción.

“La arquitectura PROFIBUS está modelada de acuerdo con el modelo de referencia ISO/OSI, restringida a 3 capas:

- Capa de aplicación (compuesta de las subcapas FMS y LLI, Layer 7)
- Capa de enlace (FDL Layer, Layer 2)
- Capa física (PHY Layer, Layer 1) “¹⁰³

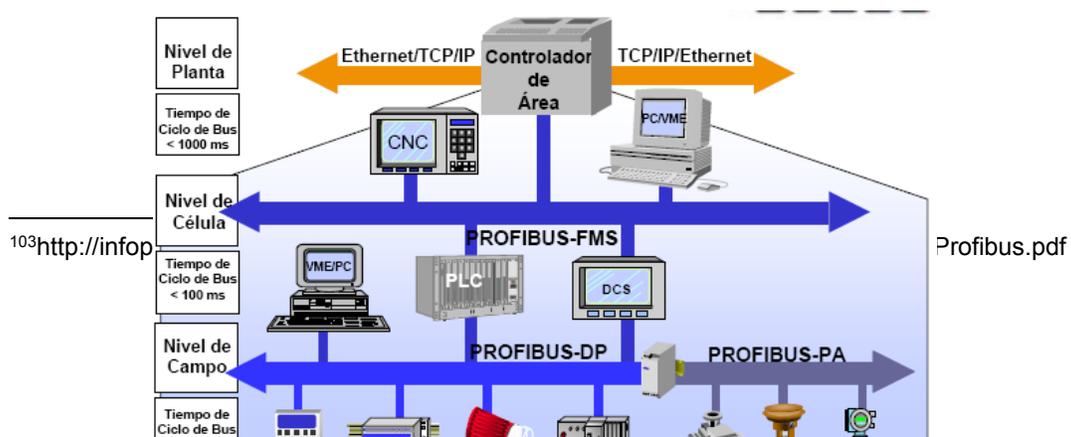


Fig. 1.4 Comunicación de una red industrial y clasificación Profibus¹⁰⁴

Este bus de campo nos permite obtener una información distribuida de nuestro proceso, además de la integración de diferentes elementos de varias marcas cuya puesta en marcha, calibración o configuración no necesita de una interface especial para su comunicación.

De acuerdo a las características de comunicación con los diversos elementos industriales este bus de campo tiene la siguiente clasificación:

- Profibus DP (Periferia Descentralizada).
- Profibus PA (Automatización de procesos).
- Profibus FMS (Bus de campo para mensajes de Especificación).

Con el detalle gráfico de la Figura 1.4 podremos identificar y tener una idea clara de cada una de las interfaces Profibus y su campo de utilización en la industria teniendo así las siguientes definiciones.

1.4.1.1 Profibus DP.

Esta es una solución Profibus que está enfocado de acuerdo al detalle gráfico a la comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados. Permittiéndonos enlazar elementos de doble estado es decir on - off que constituyen nuestro sistema principal de control como actuadores, sensores, electroválvulas de proceso a nuestro sistema de control; como por ejemplo PLCs La tecnología utilizada es la RS 485 la cual es una de las más aplicables en el campo industrial debido a la sencillez de su instalación y la transmisión rápida de datos. Permittiéndonos tener una instalación distribuida; cuya aplicación no interfiere con estaciones instaladas.

¹⁰⁴<http://homepage.cem.itesm.mx/vlopez/profibus.htm>

“El transporte en Profibus-DP se realiza por medio de tramas según IEC 870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo broadcast o multicast. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica.”¹⁰⁵

Sabiendo que un modo broadcast envía paquetes de información a todos los nodos que se encuentren conectados simultáneamente informando así el estado de cada uno de los elementos que encuentran conectados en la red.

Mientras tanto que el modo de transmisión multicast envía paquetes de información a un grupo de nodos simultáneamente, con la variante de acuso recibo de la información de tal manera de brindarnos una fiabilidad y seguridad en nuestras comunicaciones.

Como ventajas en este tipo de bus podemos mencionar su velocidad de transmisión desde 9.6 a 12 Mbit /seg, la estructura de la red es lineal, con par trenzado, nos permite disponer de un máximo de 32 estaciones con comunicación, si se requiere ampliar el número de estaciones comunicadas se utilizaran repetidores los mismos que nos permitirán llegar a un máximo de 127 conexiones, la longitud de conexión va a depender mucho de la velocidad de transmisión que se desea, es decir a mayor longitud de conexión menor es la velocidad de transmisión.

En lo que respecta a las podríamos decir desventajas es aislar el cable de comunicación de las líneas eléctricas de potencia ya que nos produce fallos e interferencias en nuestro bus de campo, en lo que respecta al cable utilizado para la transmisión de datos tener en cuenta el grado de curvatura máxima de este para evitar fallos de conexión.

Algunos ejemplos típicos son los elementos usados en procesos de automatización, operadores de control inteligentes y dispositivos de monitorización así como los convertidores de frecuencia. En comparación con los valores medidos en la transmisión cíclica, estos valores son raramente cambiados. Por esta razón, la transmisión se realiza con una menor prioridad en relación con la alta velocidad de la transferencia de datos cíclica.

1.4.1.2 Profibus PA.

Este bus de campo se diferencia a la anterior por el área de aplicación, la cual es en áreas de seguridad intrínseca y especialmente en la automatización de procesos.

La tecnología utilizada nos da las características principales de nuestro bus cumpliendo las normas estipuladas por las empresas químicas, electroquímicas, petroleras o en

¹⁰⁵cabierta.uchile.cl/revista/19/articulos/pdf/edu3.doc

cualquier empresa que se requiera una protección a prueba de explosión brindado una seguridad intrínseca en el desarrollo de su conexionado.

Para la interconexión solo basta un cable de dos hilos que nos permite tener el estatus de cada uno de los elementos instalados.

Entre las características principales de este tipo de conexión tenemos que en el momento de la transmisión de datos no se produce ningún tipo de alimentación para una mayor fiabilidad se producen segmentos de bus , permite que cada uno de los elementos conectados disponga de una sola fuente de alimentación, en lo que respecta a su velocidad de transmisión es mayor al anterior aproximadamente es de 31.25kbit/s; nos brinda una mayor seguridad de datos alimentación a distancia, es esta tenemos un conexionado de 32 estaciones y un máximo de 126 con repetidores proporcionándonos adicionalmente la expansión hasta 4 repetidores.

El protocolo PROFIBUS DP define cómo los datos de usuario que no son evaluados y los cuales van a ser transmitidos entre las estaciones por el bus. Al utilizar los perfiles, los operadores de planta y los usuarios tienen la ventaja de poder interconectar elementos de distintos vendedores. Los perfiles también reducen significativamente los costes de ingeniería y el intercambio de componentes individuales entre distintos fabricantes sin notar ninguna diferencia.

1.4.1.3 Profibus FMS.

Este utiliza la misma tecnología de transmisión de datos del Profibus DP, contiene un protocolo de aplicación proporcionando así al usuario una amplia gama de servicios.

“Es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células de posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos etc.”¹⁰⁶

Este permite que cada uno de los elementos se convierta en elementos virtuales los cuales se distribuyen de una mejor manera en la comunicación integrándolas en subconjuntos definidos.

Ya se está implementando la integración de esta con la comunicación con una base Ethernet para así desarrollar un sistema complejo y fiable en la comunicación en tiempo real con cada uno de los dispositivos.

Las distancias potenciales del bus de campo van desde 100 m hasta 24 Km alcanzando estas distancias de comunicación con la utilización de repetidores y fibras ópticas. En

¹⁰⁶fieldbus.wikispaces.com/Profibus

cuanto a su velocidad de comunicación puede ir de 9600 bits por segundo hasta 12 Mega bits por segundo. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos.

Adicionalmente está diseñado para la comunicación a nivel celular. A este nivel los controladores programables (ej. PLCs y PC's) se comunican en principio entre sí. En esta área de aplicación es más importante un alto grado de funcionalidad que unos tiempos rápidos de reacción del sistema.

1.4.1.3.1 Servicios del FMS:

Entre los servicios FMS tenemos varias directrices como leer, escribir y transmitir tanto mensajes como cambios de variables y demás parámetros que proporcionaran un sistema compatible con el usuario. Además nos proporciona diferentes configuraciones de comunicación permitiéndonos establecer un módulo central en donde se almacenara toda la información recopilada día a día y tendrá el mando de los módulos adyacentes el cual es conocido como módulo maestro y los conectados a este esclavos los cuales realizaran las actividades programadas por nuestro módulo principal.

1.4.2 Ethernet.-

Esta es una de las red local (LANS) más extendidas en la actualidad para la interconexión entre computadores personales en redes de procesos de datos industriales, al referirnos a que pertenece a este tipo de red estamos diciendo que nos permitirá conectar ordenadores en una red pequeña y predeterminada, fue desarrollado en 1973 cuyo objetivo principal fue realizar un sistema de comunicación entre grupos de computadoras, permitiendo la comunicación más rápida en derivaciones de las redes telefónicas ya instaladas que de por si eran lentas.

“Ethernet está diseñado para transmitir una información a la vez de para así evitar pérdidas de información es por eso que viene incorporado el sistema **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, Detección de Portadora con Acceso Múltiple y Detección de Colisiones*), cuyo principio de funcionamiento consiste en que una estación si y solo si a detectado la presencia de una señal comenzara a transmitir. También si dos estaciones empiezan a transmitir al mismo tiempo, se producirá una colisión de tal manera que cada estación transmitirá nuevamente cada uno con un

tiempo distinto de tal manera de evitar nuevamente una colisión de transmisión. La longitud máxima de un paquete Ethernet es de 1518 bytes, y 64 la mínima.”¹⁰⁷

1.4.2.1 Tecnología Ethernet.

En este tipo de comunicación solo se refiere a las dos primeras capas del modelo OSI ("Open Systems Interconnection"), para tener más claro las capas que utiliza Ethernet haremos un breve resumen de las capas físicas del sistema OSI que son 7 y las cuales detallamos su funcionalidad a continuación:

1.- Denominada “Physical layer”.- Esta capa es la encargada de transmitir un paquete de información binario transformándolo en impulsos eléctricos, electromagnéticos o luminosos que dependerán del tipo de conexión wireless, por cable o por elementos ópticos, además se ocupa de las características de hardware y software como por ejemplo velocidad de transmisión, tipo de transmisión, cable de conexión. Cuando entra en funcionamiento de recepción realiza el trabajo contrario los pulsos de recepción los convierte en un paquete de información binario que posteriormente son enviados a la capa de enlace.

2.- Denominada “Data Link layer”.- Esta se relaciona con la capa anterior sigue pasando la información recibida a la siguientes capas físicas dicha información es en forma de mensajes. Otra de las funciones además del direccionamiento local es la de detectar errores de tal manera de fiabilizar y cuidar la integridad de los datos transmitidos. Los mensajes transmitidos son agrupado en bloques denominados frames. Toda la información es revisada por el receptor ya que si existiese algún error este se encargaría de solicitar nuevamente la información para procesarla.

Esta capa de enlace se divide en dos sub-etapas:

- **Control lógico de enlace LLC:** se encarga de definir la forma en que los datos serán transmitidos por el medio físico dando servicio a los niveles superiores.
- **Control de acceso al medio MAC:** Esta actúa como controladora del hardware subyacente. El controlador de la tarjeta es denominado MAC DRIVER y la dirección MAC es la que nos permitirá enlazarnos con este para compartir y enviar información con diferentes equipos. Esta se encuentra detallada en el equipo y será su nombre de acceso, para ser utilizada en el momento de realizar

¹⁰⁷<http://asincronaysincrona.blogspot.com/2010/03/la-arquitectura-de-ethernet.html>

transmisión o recepción de datos. La dirección MAC la encontraremos en nuestro PLC de la marca WAGO y la utilizaremos en el momento de la configuración de su transmisión de datos.

3.- Denominada "Network layer". En esta capa una vez realizado los procesos anteriores se realizan el enrutamiento de los paquetes de información de acuerdo al direccionamiento establecido pero no se encarga de errores o pérdidas de estos paquetes de información. Es decir está enfocado directamente con las estructuras y las rutas de internet es por esto que se subdivide en dos capas:

- **Transporte.** Esta etapa como su nombre lo indica se encarga de direccionar y empaquetar la información enviada por el usuario. En esta categoría se encuentra el protocolo **IP** este nos permite localizar de una forma lógica y jerárquica a un dispositivo conectado en una red, que utilice dicho protocolo para proceder al envío de los paquetes de datos
- **Conmutación** ("Switching"): En esta etapa tenemos intercambio de comunicación de conectividad con los equipos en red de tal manera de proporcionarnos información sobre el estado de transmisión. Al igual que el anterior este tiene el protocolo **ICMP** ("Internet Control Message Protocol") es el encargado de generar mensajes cuando sucedan errores en la transmisión de datos. Algo similar al PING el cual al ejecutarlo nos da información de la conectividad y verifica el correcto funcionamiento con envío y recepción de datos.

4.- Denominado "Transport layer". Esta capa define la calidad, fiabilidad y naturaleza de los datos transmitidos, también los divide en paquetes pequeños los numera correlativamente y posteriormente los envía a la capa de red informándonos cuando deben utilizarse la retransmisión con fiabilidad para asegurar su llegada y cumple el *mismo* proceso en sentido inverso, de tal manera de permitir que las diversas capas ocupen el mismo flujo hacia la capa de red. *"Durante la recepción, si la capa de Red utiliza el protocolo IP, la capa de Transporte es responsable de reordenar los paquetes recibidos fuera de secuencia."*¹⁰⁸

5.- "Session Layer". Esta nos es más que una extensión de la capa de transporte que permite la sincronización de datos.

¹⁰⁸ <http://actividad2telematica.blogspot.com/>

6.- ("Presentation layer"). Esta capa se encarga de transformar los datagramas o paquetes de datos en un lenguaje similar entre computadoras de tal manera de garantizar la correcta descarga de dicha información.

7.- ("Application layer"). Esta es la capa que se encarga de entregar la información al usuario además de recibir comando que dirigen la comunicación.

1.4.2.2. La capa física Ethernet

En lo que respecta a la capa física están determinado los elementos que intervienen en la comunicación que de acuerdo a la función que estos cumplen se dividen en dos grupos siendo estos elementos pasivos y activos entre los activos tenemos transceptores y repetidores mientras que los pasivos son cables, jacks y demás elementos utilizados en la conexión.

En la comunicación Ethernet tenemos como dato principal la dirección MAC la cual es una dirección fija del equipo dad por el fabricante y no se puede cambiar ya que este es propio de cada equipo, en un sistema de redes permitirá que varios equipos la pueden buscar.

Esta dirección la veremos teóricamente con el equipo que utilizaremos en el desarrollo de nuestro proyecto.

1.4.3 A-SI (Actuador/Sensor interfase)

Este tipo de comunicación fue desarrollado por Siemens con el objetivo de permitir la intercomunicación binaria (on-off) entre actuadores y sensores cumpliendo con estándares internacionales. Desde 1992 se crea la AS-Internacional Association la cual agrupa aproximadamente 50 empresas dedicadas al desarrollo de actuadores y sensores e instituciones comprometidas en el desarrollo de la misma, además de estar al pendiente de que cada una de las empresas asociadas cumpla con las normativas establecidas.

Este puede adaptarse a cualquier tipo de topología siendo estos:

- ✓ Estructura en bus
- ✓ Estructura en árbol
- ✓ Estructura en anillo
- ✓ Estructura en estrella

La distancia máxima de interconexión entre cada segmento es de 100mts, existiendo repetidores que permiten una interconexión máxima equivalente a 3 segmentos y de puentes con sistemas Profibus. La máxima capacidad de interconexión es de 31 estaciones cada estación tienen la capacidad de manejar 4E/S teniendo así un control de 124 E/S.

Con respecto al medio físico de comunicación de este, no es nada más que un cable de dos hilos sin apantallamiento para tener inmunidad al ruido, para la transmisión lo hace basándose a una codificación Manchester que se traduce en pulsos de corriente, produciendo pulsos positivos y negativos del voltaje de alimentación, dichas transiciones es la secuencia de bits transmitida, que permite la comunicación de datos, como la alimentación de cada uno de los elementos conectados

“La codificación Manchester, también denominada codificación de dos fases o PE (que significa Phase Encode (Codificación de Fase)), introduce una transición en medio de cada intervalo”.¹⁰⁹

La función del maestro es enviar telegramas a cada uno de los esclavos verificando la conexión y obteniendo una respuesta del mismo. Los bits ocupados para esta transmisión es de 14 bits de transmisión y 7 de recepción con un tiempo aproximado de 5ms lo cual lo hace un bus de campo rápido.

Todo equipo con este tipo de comunicación de fabrica viene con la dirección 0 la cual no corresponde a una dirección, es por eso que mediante un selector de comunicación identificamos y configuramos cada uno de los equipos que se encuentran conectados. Una de las ventajas de este tipo de comunicación es que a presencia de fallo el maestro nos direcciona inmediatamente hacia el módulo que presenta el error. [1] , [2].

1.4.4 Cuadro comparativo de tecnologías de buses de campo

	Profibus	Interbus-S	Fieldbus Foundation	IEC/ISA	CAN	WorldFIP	Lonworks	DeviceNet
Topología	Lineal Estrella Anillo	Lineal	Multi-drop	Lineal Estrella	Lineal	Lineal	Lineal Estrella Anillo	Multi-drop
Medio físico	Par trenzado F. óptica	PT o FO	PT	PT, FO, RADIO	PT	PT o FO	PT, FO, RADIO o Líneas eléctricas	PT
Longitud máxima del bus	24 Km. (FO)	12,8 Km.	1900 m.	1700 m.	5 Km.	40 Km.	2000 m.	500 m.
Arquitectura de comunicación	Master-Slave o Peer to Peer	Master-Slave	Cliente/Servidor con envío de eventos	Cliente/Servidor	Master-Slave o Peer to Peer	Peer to Peer	Master-Slave o Peer to Peer	Master-Slave o Multi-Master
Velocidad de transmisión	Hasta 12 Mbps	500 Kbps	Hasta 2,5 Mbps	Hasta 5 Mbps	Hasta 1 Mbps	Hasta 6 Mbps	Hasta 1,25 Mbps	500 Kbps
Disponibilidad de equipos	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Media/Alta	Media

109 <http://es.scribd.c>

Fig. 1.5 Cuadro comparativo Tecnologías buses de campo.¹¹⁰

1.5 PLCs

1.5.1 Introducción PLCs-

Anteriormente en todas las industrias, se utilizaba en el control industrial la lógica cableada, la cual consistía en agrupar varios circuitos eléctricos con relés y demás elementos utilizados para el control de sistemas de lógica combinatorial, con el objetivo de evitar la dependencia de ciertos operarios para el cumplimiento de tareas específicas. El personal encargado para el desarrollo y mantenimiento de este tipo de sistemas tenía que contar con un amplio conocimiento técnico, una variación implicaba mayores gastos debido al cambio físico del cableado a desarrollarse y la cantidad de equipos utilizados para dicho cambio.

Esto fue uno de las causas para el desarrollo de nuevas innovaciones de tal manera de centralizar en un solo equipo todo un sistema de control para disminuir gastos en equipos y facilitar el mantenimiento de maquinas.

La primicia se dio a finales del año 1960 por parte de las empresas automotrices, quienes al tener pérdidas y gastos económicos en el desarrollo de la lógica cableada decidieron cambiar estos por aplicación de tecnologías electrónicas, de acuerdo a detalles históricos se ha determinado que la primera empresa en aplicar esta fue la división de transmisiones automáticas de la empresa General Motors, posteriormente desde el año de 1971 fue aumentando la aplicación de los PLCs y creciendo su demanda. En sus inicios antes de los 70s los componentes electrónicos solo nos permitían desarrollar un conjunto de operaciones lógicas en 4bits, luego de lo 70s hasta 16 bits para ya en los 90s tener un microprocesador que nos permitía desarrollar el conjunto de operaciones en 32 bits además de tener operaciones matemáticas y comunicación entre PLCs para permitirnos la transmisión de datos de producción a niveles gerenciales en tiempo real.

¹¹⁰<http://books.google.com.ec/books?id=Kq4NiqtcclwC&pg=PA397&lpg=PA397&dq=cuadro+comparativo+de+buses+de+campo&source=bl&ots=wDKgkG7WRY&sig=>

1.5.2 Definición PLCs.-

La definición de PLC "Programmable Logic Controller" cuya traducción es controlador lógico programable, que actualmente en la industria se los utiliza tanto en pequeños como en grandes procesos, este es un dispositivo electrónico con un cableado interno que contiene una memoria programable, en la cual se guardan cada una de las instrucciones "hardware", independiente del proceso a controlar, el cual se adapta a cualquier proceso industrial mediante el ingreso de un programa en el cual se pueden desarrollar funciones específicas tales como operaciones aritméticas y lógicas, control de tiempo, conteos, transmisión de datos "software" destinados a realizar una secuencia de operaciones, dicha secuencia activa o desactiva entradas y salidas dependiendo del proceso podrían ser estas analógicas señales variables de corriente (4 a 20 mA) o voltaje (0 a 10 voltios.) o digitales on-off las cuales van conectadas directamente en nuestro PLCs.

De acuerdo al desarrollo tecnológico actualmente se tiene una diversidad de modelos, que además de controlar nuestros procesos nos permiten realizar comunicaciones de datos mediante protocolos de comunicación, los cuales serán determinados por el usuario de acuerdo a su necesidad.

Como ejemplos de aplicaciones de un PLC desde una estampadora hasta un control tres variables de proceso nivel, temperatura y presión de un intercambiador de calor en los cuales se requiere datos de las diferentes variables en tiempo real para así mejorar los niveles de producción.

Entre las ventajas de la utilización del PLC tenemos:

- ✓ Menor Cableado que implica en menor inversión en lo que respecta a la mano de obra.
- ✓ Disminución en los tiempos tanto de mantenimiento como el desarrollo de nuevos procesos o la ampliación del mismo.
- ✓ Se dispone de una serie de herramientas en el software del PLC para el desarrollo de procesos.
- ✓ Fiabilidad del proceso desarrollado ya que no se utilizara mayormente contactos mecánicos móviles.
- ✓ El PLC nunca quedara obsoleto debido a que si una maquina quedara fuera d servicio se lo puede utilizar en otra aplicación.

1.5.2.1 Desventajas:

Que el personal destinado a la realización de estos proyectos deberá tener una capacitación previa con respecto al tema de programación y selección del PLC; ya que debido a la amplia gama que disponemos en el mercado y a la importancia del proceso seleccionaremos la más idónea e indicada para tal aplicación.

Todo PLC contiene las siguientes partes que son:

Unidad central de proceso: Esta es la que recoge la información de las entradas y la secuencia de la memoria del programa de tal manera de enviar órdenes a las salidas del proceso, también se encarga de mantener actualizados la información de los contadores y temporizadores.

Memoria interna: esta memoria es la encargada de guardar los datos que no pueden ser interpretados en una salida como operaciones aritméticas o el último estado leído de las entradas y salidas.

Memoria de programa: En esta se guarda propiamente el programa a ejecutarse y el cual realizara paso a paso nuestra secuencia de operaciones.

En lo que respecta a la parte electrónica la selección de los tipos de memoria de la mayoría de fabricantes, las más utilizadas son las memorias RAM + batería utilizadas para el desarrollo y depuración del programa mientras tanto que las memorias EPROM o EEPROM sirven para guardar la información una vez que se ha terminado la fase de diseño. De las cuales detallare a continuación para su mayor comprensión su funcionamiento.

La memoria **RAM** (acrónimo de *Random Access Memory*, Memoria de Acceso Aleatorio) es una memoria de lectura y escritura en la cual se encuentran guardados los datos en el tiempo presente, se la utiliza como memoria de datos internos y de programas con una batería exterior , es una memoria temporal ya que si no se garantiza que esta disponga de un voltaje constante perderá la información que se encuentra en esta, la ventaja de este tipo de memoria es que se pueden borrar y cambiar datos las veces que se desee con los buses internos, como desventaja se tiene la baja capacidad de almacenamiento.

La memoria **EPROM**.- (Erasable Programmable Read-Only Memory - ROM borrable programable). Este es una memoria de solo lectura no volátil, su programación se la realiza mediante un circuito electrónico especial, el cual nos proporciona voltajes mayores a los utilizados habitualmente en los circuitos electrónicos, para el borrado de este tipo de memoria se lo realiza mediante rayos ultravioletas, es fácil reconocer este tipo de memorias en un circuito electrónico ya que en la parte superior tiene una ventana a través de la cual se puede observar el chip y por donde ingresa la luz ultravioleta, es por eso que la mayoría de fabricantes para que no se produzcan borrados imprevistos envían protegida esta ventana con un sello de la empresa. En los PLC se utiliza esta memoria una vez que el programa haya sido depurado, y se lo puede leer una infinidad de veces su duración está entre los 10 a 20 años.

La memoria EEPROM.- (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory) esta memoria a diferencia de la anterior tanto su programación como su borrado se lo realiza eléctricamente. Puede ser leída una infinidad de veces pero su limitación esta en cuanto a las veces de programación está entre 100000 a un millón de veces.

1.5.3 Tipos de PLCs

En el mercado se puede encontrar una infinidad de modelos de PLCs dependiendo del fabricante entre los más comunes tenemos:

1.5.3.1 PLC tipo Nano:



Fig. 1.6 Ejemplo Plc siemens¹¹¹

Este es un PLC de tipo compacto que integra todos sus componentes siendo estos fuente de alimentación, CPU y módulos de entradas y salidas en un solo bloque, se ocupa en procesos sencillos y no muy complejos debido a que maneja un número reducido de entradas y salidas digitales o especiales que comprenden un número aproximado a 100.

1.5.3.2 PLC tipo Compactos:



¹¹¹<http://t0.gstatic.com/images?q=t...>
d9KGV2A

ndwb5KYofemedhWfPx28JR1XAigr

Fig. 1.7 Ejemplo Plc Compacto Siemens¹¹²

Su estructura es similar al anterior, con la diferencia que este maneja mayor cantidad de entradas y salidas además de mayores prestaciones como son módulos especiales de conteo rápido, módulos de interfaces de comunicación entradas y salidas analógicas de voltaje y corriente, módulos de entradas para termocuplas tipo j, k; que dependerán de la tecnología utilizada por el fabricante.

1.5.3.3 PLC tipo Modular:

Estos PLC al igual que los anteriores vienen conformados por su CPU, tarjetas de entradas y salidas, módulo final. Estos PLCs su ventaja principal es que nos permite utilizar las entradas y salidas necesarias para nuestro proceso, además de facilitarnos la ampliación de nuestro proceso sin necesidad de cambios grandes en su estructura de hardware y software.

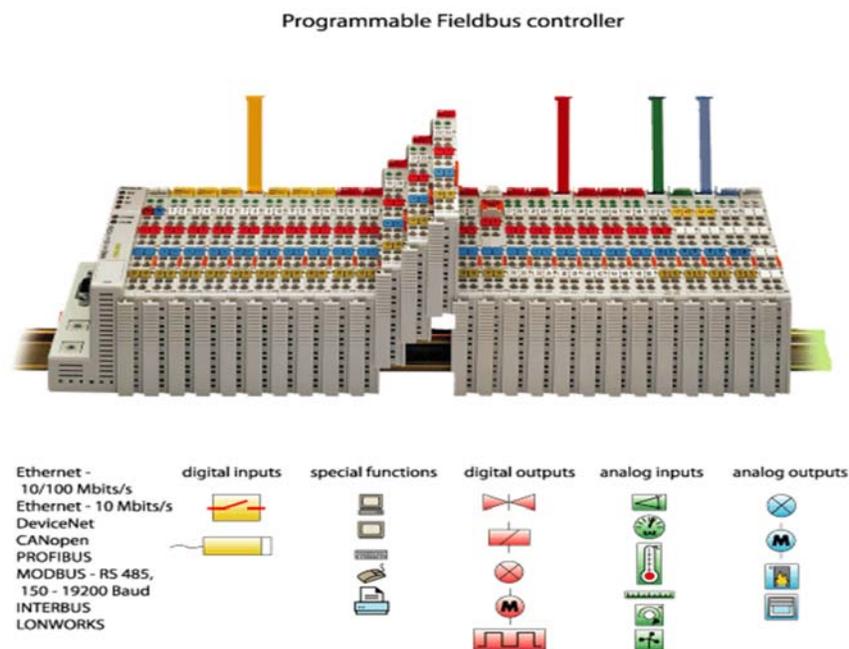


Fig. 1.8 Ejemplo Plc Modular WAGO¹¹³

¹¹² <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/image36.gif>

¹¹³ <http://www.windowsfordevices.com/files/misc/Wago750series.jpg>

El Plc que utilizaremos en nuestro proyecto es de marca WAGO, en lo referente al CPU dispone de diversos campos de comunicación, cuya selección dependerá del bus de campo estandarizado en la empresa, en lo referente a los módulos de entradas y salidas digitales, analógicas, y especiales manejan una codificación de color especial para su mejor identificación.

Por último se tiene el módulo final cuya función principal es la de cerrar el lazo de módulos conectados, es indispensable ya que sin este módulo el lazo quedaría abierto y tendríamos problemas en el momento de la programación. [\[3\]](#), [\[4\]](#), [\[5\]](#)

1.6 Sistema de programación Codesys.

El sistema de programación Codesys es un sistema que viene normalizado por la norma IEC 61131-3 este es un software de programación abierto que se pretende estandarizar para la utilización en cualquier marca de PLCs; cuya inversión fue sustentada por 7 multinacionales con alto nivel de experiencia en sistemas de control; dicha norma está constituida por dos partes fundamentales que son elementos comunes y lenguajes de programación.

Los elementos comunes se refieren a datos (referente al tipo de variable con la cual se va a trabajar) y variables (nos permiten indicar una dirección física para cada una de nuestras variable de entrada y salidas)

Con esto se pretende eliminar la fidelidad a una sola marca y disminuir el negocio que han venido desarrollando las diferentes empresas que fabrican PLCs, en cuanto al software específico para este, y permitir la disponibilidad de otras opciones de control para el desarrollo de proyectos en automatización.

En si la norma IEC 61131-3 está enfocada directamente en la programación de PLCs independientemente de la marca que este sea.

Este software permite crear los programas de control de las estaciones didácticas de la plataforma, además de comunicarse con el autómata, vía Ethernet, y transferirle la información. IEC 61131-3 le agrega a esto mucho mas, haciéndolo abierto a mayores capacidades tales como multiprocesamiento y conducción por sucesos.

Además posee cinco lenguajes de programación para la generación de código de diferentes autómatas programables, esta acoplado por un simulador offline y también

nos permite realizar la configuración de comunicación entre el PLC y un CPU de acuerdo a la comunicación del módulo central.

1.6.1 Descripción del software.

A continuación presentamos la pantalla de inicio del software Codesys del cual detallaremos cada unas de las partes que lo conforman:

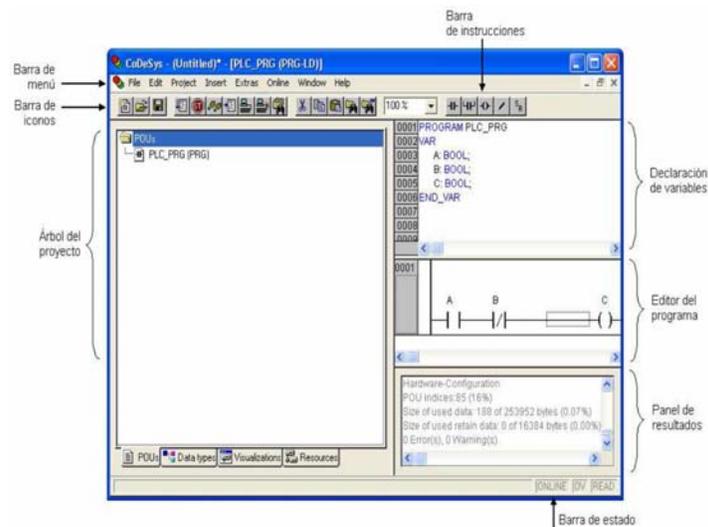


Fig. 1.9 Pantalla principal CODESYS¹¹⁴

Barra de menú.- Al igual que cualquier programa bajo Windows esta barra contiene todas las funciones especiales para moverse en el entorno de programación permitiéndonos copiar, pegar, borrar, ingresar bloques especiales, etc.

Barra de Iconos.- Esta barra contiene en forma de iconos las funciones más utilizadas en el desarrollo del proyecto.

Barra de Instrucciones.- Contiene algunas de las instrucciones más habituales para el desarrollo del diagrama de control los cuales se encuentran representados en botones, o demás accesos directos.

Declaración de variables.- En esta pantalla se muestra todas y cada una de las variables declaradas en nuestro programa que pueden ser booleanas, enteros, Word y demás de acuerdo a nuestra aplicación.

Editor de programa.- Esta pantalla es en la cual desarrollemos nuestros programas de control de acuerdo a nuestras necesidades.

Árbol del proyecto.- en esta pantalla ubicada en la parte izquierda, se muestran 4 pestañas en la parte inferior que son:

POUs (Program Organization Unit):- Esta plataforma contiene cada uno de los bloques y programas que se encuentran desarrollados, los cuales contienen dos partes fundamentales que son el editor de programa y la declaración de variables.

Tipos de datos.- En esta pestaña el usuario podrá declarar sus propias variables como pueden ser estructuras, tipos de numeración y referencias.

Visualización.- En esta pestaña se podrá realizar diferentes pantallas de visualización del proyecto off-line mediante recursos gráficos, los cuales nos permitirá evaluar las acciones realizadas por todos y cada una de las entradas o salidas que se encuentren conectadas a nuestro PLCs

Recursos.- en esta nos permite realizar declaraciones de variables locales y globales que nos ayudaran en la organización de nuestro proyecto, como realizar la configuración de parámetros del PLCs y añadir nuevas librerías.

En lo que respecta al editor de programa se los puede realizar en cualquiera de los lenguajes proporcionados por el IEC siendo estos:

1.6.2 Lenguajes de Programación

1.6.2.1 Lenguajes de programación escritos:

- Lista de instrucciones (Instruction List - IL)
- Texto estructurado (Structured Text – ST)

1.6.2.2 Lenguajes de programación Gráficos:

Gráfica de Secuencia de Funciones (Sequential Function Chart - SFC)

- Diagrama de escaleras (Ladder - LD)
- Bloques de Función (Function Blocks - FBs).
- Chart de función continua (Continuous function chart – CFC)

1.6.2.3 Niveles de lenguaje.-

Existen dos tipos de niveles de lenguaje que son los niveles bajos y los altos. Los niveles bajos se encuentran los lenguajes que presentan un número limitado de instrucciones además y codificación binaria. Limitado por los símbolos que presentan.

Lenguaje de alto nivel este tipo de lenguaje es mas específico por la diversidad de instrucciones que presenta ya que es muy similar al sistema de programación en computadora que el nivel del programador tendría que ser de estudios superiores.

1.6.3 Lista de funciones (Instruction List - IL).-

Este es un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador utilizado en la programación de microprocesadores, este tipo de programación utiliza códigos simbólicos, que desarrollaran un trabajo específico (una instrucción). Además su modo de programación por líneas solo nos permite realizar una operación por cada una. No se recomienda utilizar este tipo de lenguaje para programaciones complejas, más bien para optimizar algunas partes del proyecto y para pequeñas aplicaciones.

Cada fabricante distingue cada una de las instrucciones para la programación de su PLCs Las partes que constituyen cada línea de programación son:

OPERANDO	OPERADOR
LD	%IX0.0

El operando es la instrucción a realizarse en forma abreviada mientras que el operador el direccionamiento de la variable.

Entre las instrucciones más utilizadas en este tipo de programación mencionaremos algunos a continuación:

LD: inicio de una red de contactos

ST: escribe o transfiere el dato resultante de una operación-

S: Enclava una bobina, es similar a la conexión de un contactor con enclavamiento.

R: Desenchlava una bobina, esta instrucción tiene relación directa con la anterior debido a que solo esta nos permite desenchlavar una bobina que ha sido enclavada con la instrucción S.

AND: Esta instrucción también se la conoce como multiplicadora, da resultado 1 si solo si todas las entradas son 1, esta se aplica en situaciones que se requiera utilizar una acción de si solo si se cumplan un sin número de condiciones lo que se logra colocando las conexiones en serie.

A continuación presentamos su tabla de verdad y su equivalente en una conexión eléctrica.

A	B	X
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Tabla 1.1: Compuerta And¹¹⁵

OR: Esta instrucción también conocida como sumadora, nos da un 1 si se encuentra en 1 cualquiera de nuestras entradas esto se logra con una conexión en paralelo. A continuación presentamos su tabla de verdad y su equivalente en una conexión eléctrica.

A	B	X
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Tabla 1.2: Compuerta OR¹¹⁶

XOR: es una or exclusiva que nos permite tener un 1 solo cuando las dos entradas difieran en sus valores.

A	B	X
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

¹¹⁵ Autoría personal

¹¹⁶ Autoría personal

Tabla 1.3: Compuerta XOR¹¹⁷

NOT: Presenta un valor contrario al de la entrada es decir si la entrada es 1 la salida es 0 viceversa esta instrucción se puede complementar con las anteriores.

JMP: Salto a una etiqueta (nombre que se da a una subrutina).

CALL: llamada a una subrutina, llamado a la ejecución de una programación específica.

RET: retorno de una subrutina, retorna al punto de programación desde donde se realizo la llamada.

1.6.4 Texto estructurado (Structured text o ST).-

Este es un lenguaje de alto nivel en donde el programador tiene que disponer de amplios conocimientos en programación; ya que esta trabaja con expresiones; una expresión es una construcción que actualiza su valor en cada evaluación.

Las instrucciones utilizadas en este tipo de lenguaje se asemejan mucho a las utilizadas en el sistema de programación Visual Basic, las cuales son muy útiles para la definición de bloques funcionales muy complejos, en cuanto a su semántica como su sintaxis están totalmente definidas para cumplir una función específica. Este tipo de programación está compuesto por un operador, un operando e instrucciones.

El operador es el símbolo de la operación a realizarse sobre el operando dicho operando puede ser cualquier tipo de variable de entrada o salida.

La particularidad de este tipo de programación es que nos permite realizar la agrupación de entrada y salidas de cualquier índole para obtener un resultado optimo; además de permitir la agrupación con los demás sistemas de programación.

1.6.4.1 Evaluación de las expresiones.

La evaluación de las expresiones se las realiza por medio de la transformación de los operadores de acuerdo a su nivel de importancia hasta que todos hayan sido procesados; los de similar importancia se realizan su evaluación de izquierda a derecha. A continuación presentamos algunos operadores organizados de acuerdo a su fuerza vinculante.

¹¹⁷ Autoría personal

Operación	Símbolo	Fuerza Vinculante
Colocar en Paréntesis	(expresión)	Mayor fuerza vinculante
Función de llamada	Nombre de la función	
Exponenciación	EXPT	
Negado	-	
Construcción de complementos	NOT	
Multiplicar	*	
Dividir	/	
Módulo		

Tabla 1.4: Expresiones ¹¹⁸

Operación	Símbolo	Fuerza Vinculante
Añadir	+	Menor fuerza vinculante
Substraer	-	
Comparar	□ <,>,<=,>=	
Igual	=	
Entre	<,>	
AND	AND	
OR	OR	
XOR	XOR	

Tabla 1.5: Expresiones ¹¹⁹

Además de los operadores disponemos de algunas instrucciones que detallamos a continuación para una mejor comprensión y guía para el momento de realizar las practicas

Asignación: Esta instrucción nos es más que las operaciones básicas aplicadas a nuestros operando que no contienen instrucciones y las cuales se separan entre sí con un punto y coma Ejemplo:

```

0001 A:=B;
0002 D:=D+1;
0003 D:=COS(X);

```

Fig. 1.10 Instrucción Asignación¹²⁰

¹¹⁸ MANUAL SOFTWARE CODESYS.

¹¹⁹ MANUAL SOFTWARE CODESYS

¹²⁰ SOFTWARE CODESYS Autoría personal

Llamada de funciones: nos permite realizar una llamada a un bloque de función y utilizar sus salidas.

```
0001 CMD_TMR(IN := %IX5, PT := 300);  
0002 A:=CMD_TMR.Q
```

Fig. 1.11 Instrucción llamada de funciones¹²¹

IF: Ejecuta una serie de instrucciones condicionales que permiten la ejecución de código, si se cumple las condiciones establecidas, es decir permite la ejecución de las siguientes instrucciones. Para ejecutar una instrucción solo si se cumple una condición se utiliza la siguiente secuencia de instrucciones (*if-then*; si...entonces), o para elegir entre dos alternativas (*if-then-else*; si...entonces..., y, si no,...) los cuales se pueden asociar de una manera sencilla de acuerdo a las condiciones de nuestro proceso.

```
0001 IF A = TRUE THEN  
0002 D := D + 1;  
0003 ELSE IF D <= 100 THEN;  
0004 B := B + 1;  
0005 ELSE IF D > 100 THEN;  
0006 B := 0;  
0007 END_IF;  
0008 END_IF;  
0009 END_IF;
```

Fig. 1.12 Instrucción IF¹²²

Case: Está instrucción es muy utilizada cuando una instrucción if se hace muy compleja, debido a que esta puede ejecutar un sin número de actividades creando una lista de opciones para su ejecución.

En el ejemplo descrito a continuación tenemos que la primera variable del comando case debe ser una variable de entero, en base a esta se realizara la ejecución de las diferentes condiciones planteadas; en la primera condición describimos que si la variable D toma el valor de 1 o 5 las variables con los nombres Bool1,2 y 3 tomaran el valor de verdadero o falso de acuerdo a la programación, si se requiere realizar la misma

¹²¹ SOFTWARE CODESYS Autoría personal

¹²² SOFTWARE CODESYS Autoría Personal

operación pero entre un rango numérico se lo hace mediante el uso de 2 puntos seguidos entre el rango seleccionado:

```
0001 CASE D OF
0002 1, 5: BOOL1 := TRUE;
0003 BOOL3 := FALSE;
0004 BOOL2 := TRUE;
0005 2: BOOL2 := FALSE;
0006 BOOL3 := TRUE;
0007 BOOL1 := FALSE;
0008 10..20: BOOL1 := TRUE;
0009 BOOL3:= TRUE;
0010 BOOL2 := FALSE;
0011 ELSE
0012 BOOL1 := NOT BOOL1;
0013 BOOL2 := BOOL1 OR NOT BOOL2;
0014 END_CASE;
```

Fig. 1.13 Instrucción CASE¹²³

FOR.- Este tipo de bucle específicamente es un contador ascendente o descendente, para el cual debemos tener claro el número de veces que se va a repetir una sentencia o una instrucción

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003   J: INT;
0004   I: INT;
0005   ARR: ARRAY [1..80,2..150,4..120] OF INT;
0006 END_VAR
0007
0001 J:=101;
0002 FOR I:=1 TO 100 BY 2 DO
0003 IF ARR[I] = 70 THEN
0004 J:=I;
0005 EXIT;
0006 END_IF;
0007 END_FOR;
```

Fig. 1.14 Instrucción FOR¹²⁴

WHILE.- Es una estructura de repetición, la cual a diferencia del lazo For nos permite la ejecución del programa mediante una variable booleana, si la sentencia se ejecutara el lazo n veces hasta que se presente un cambio en dicha variable para que este no se

¹²³ SOFTWARE CODESYS Autoría Personal

¹²⁴ SOFTWARE CODESYS Autoría Personal

ejecute como un ciclo infinito se debe tener una instrucción que realice el cambio de estado de la variable utilizado es este lazo.

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     J: INT;
0004     I: INT;
0005     ARR: ARRAY [1..10,2..80,4..100] OF INT;
0006 END_VAR
0007
0001 J:=1;
0002 WHILE J<= 100 AND ARR[J] <> 70 DO
0003     J:=J+2;
0004 END_WHILE;
```

Fig. 1.15 Instrucción WHILE¹²⁵

REPEAT.-Este lazo de control se diferencia al lazo while debido a que este repite por lo menos una sola vez el bucle una vez ejecutado.

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     Var1: INT;
0004     Counter: INT;
0005     AR: BOOL;
0006 END_VAR
0007
0001 REPEAT
0002     Var1 := Var1+1;
0003     Counter := Counter+1;
0004 UNTIL
0005     Counter=8
0006 END_REPEAT;
```

Fig. 1.16 Instrucción REPEAT¹²⁶

EXIT.- Este comando nos permite salir de un bucle que se haya ejecutado.

1.6.5 Gráfica de Secuencia de Funciones (Sequential Function Chart - SFC)

El lenguaje de programación secuencial es similar al desarrollo de un organigrama; debido a que este nos permite desarrollar y visualizar el comportamiento de un sistema de control secuencial. Este puede asociar los diferentes lenguajes de comunicación en sus transiciones y bloques de acción las cuales son cada una de las etapas a cumplirse para que se desarrollen los pasos subsiguientes, estos pasos van enlazados con acciones las cuales realizan una acción de nuestro proceso mientras que las transiciones mediante sus condiciones nos permiten activar los pasos subsiguientes y desactivar los anteriores.

¹²⁵ SOFTWARE CODESYS Autoría Personal

¹²⁶ SOFTWARE CODESYS Autoría Personal

Es una herramienta muy práctica en la ejecución de proyectos de control grandes ya que podremos tener una secuencia ordenada del mismo.

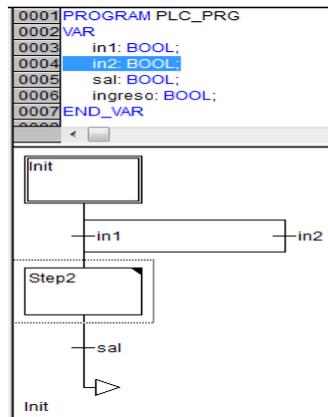


Fig. 1.17 Programa SFC¹²⁷

1.6.6 Diagrama de escalera (Ladder o LD)

Este es uno de los lenguajes de programación más ambiguos, que se asemeja mucho al utilizado para la elaboración de diagramas eléctricos con contactores y relés.

La línea que se encuentra ubicada en la parte izquierda representa el cable principal de tensión mientras que el de la derecha el neutro.

Los símbolos que encontraremos en el lenguaje de programación son los siguientes:

Tipos de Contactos y bobinas	Visualización
Contacto Normalmente Abierto	
Contacto normalmente Cerrado	
Contacto en paralelo Normalmente abierto	
Contacto en paralelo Normalmente abierto	
Bobina normalmente abierta	
Bobina set	

Bobina Reset



En lo que respecta a la similitud con los circuitos eléctricos, se debe tener en cuenta que en un circuito eléctrico todas las conexiones se realizan en forma simultánea mientras que en el PLC se desarrollan en forma secuencial de tal manera que sigue la posición de cada una de las líneas del programa ejecutándose de tal manera que primero lee las entradas, para posteriormente ejecutar el programa y activar o desactivar las salidas de acuerdo al programa.

Con respecto a las ventajas de es que no se tiene un límite con respecto a la utilización de contactos y bobinas.

Timers.- Además disponemos de otros elementos utilizados frecuentemente en la ejecución de esquemas temporizados que son los Timers con condiciones de retardo a la conexión o desconexión, también los temporizadores de pulso cuyo funcionamiento está basado en la activación de un timer solo por un pulso sin importar que el pulso de activación sea mayor o menor al tiempo de activación como sucede en los anteriores casos. A continuación presentamos los diagramas de fases de cada uno de estos Timers:

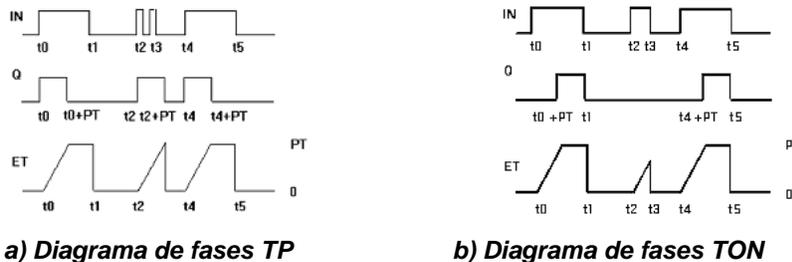
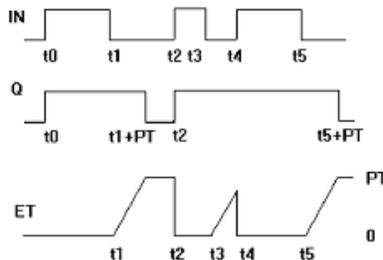


Fig. 1.18 Diagrama de fases Temporizadores TP y TON ¹²⁸



a.-) Diagrama de fases TOF

Fig. 1.19 Diagrama de fases Temporizadores TOF ¹²⁹

¹²⁸ MANUAL DE CODESYS SOFTWARE

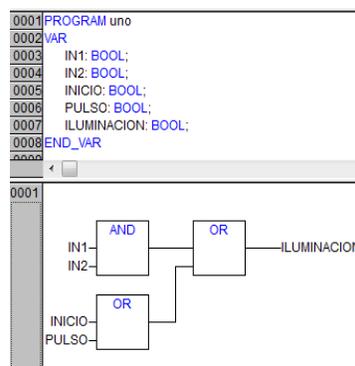
¹²⁹ MANUAL DE CODESYS SOFTWARE

Contadores.- Estos elementos nos permiten realizar conteos ascendentes o descendentes o a su vez las dos condiciones en un mismo elemento mediante la activación de su señal de entrada, permitiéndonos realizar un control de producción que son de frecuente utilización en sistemas industriales y análisis de producción.

1.6.7 Bloques de Función (Function Blocks FBs):

El lenguaje bloques de funciones es similar a la lógica utilizada en el desarrollo de circuitos electrónicos es decir mediante la utilización de compuertas lógicas las cuales pueden estar entrelazadas entre sí para el desarrollo secuencial de diferentes condiciones del proceso.

La ventaja de este tipo de lenguaje que nos permite tener una interfaz de entradas y salidas bien definidas, además de un código oculto en el cual se guarda los valores de ejecución. Es muy utilizado en la realización de subrutinas pequeñas no muy complejas.



1.6.8 Chart de función continua (Continuous function chart – CFC)

Este tipo de lenguaje es similar al anterior que es el FB con la diferencia que este nos permite realizar enlaces directos entre bloques. Para poder utilizar el lenguaje CFC no se requieren conocimientos especiales de programación o sobre sistemas de automatización, lo que permite concentrarse en la técnica. [6], [7].

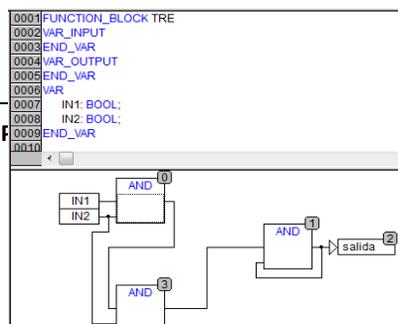


Fig. 1.21 Programa CFC¹³¹

1.7 Instrumentación industrial.

De la misma manera que comentamos en la primera parte sobre la necesidad del control industrial para la supervisión de la fabricación de los diferentes productos, tenemos a continuación otra de las partes fundamentales para el desarrollo de un sistema de control avanzado que es la instrumentación cuyo objetivo principal es la de controlar magnitudes como presión, nivel, temperatura, humedad y demás variables de control, con una precisión idónea que fácilmente podrá sustituir las condiciones desarrolladas por un operario que anteriormente por la simplicidad de los proceso era suficiente la supervisión de este mediante instrumentos sencillos.

En la actualidad debido a la complejidad y exigencias de supervisión de un producto se han creado una amplia gama de instrumentos precisos que permitirán ahora mediante software supervisar las diferentes etapas del proceso desarrolladas en las diferentes empresas industriales tales como alimenticia, cerámica, bebidas, petroleras, papeleras, textiles, centrales generadoras de energía, siderúrgicas que se han desarrollado en nuestro país.

Existen diversos tipos de procesos que pueden ser procesos continuos o discontinuos los cuales tienen como objetivo primordial mantener la variable de presión, nivel, temperatura, caudal, etc. Para la comprensión de estos procesos lo haremos mediante pequeños explicativos de sistemas industriales; en lo que respecta a procesos continuos se trata de procesos que en todo su desarrollo no se realizan interrupciones porque todos los instrumentos interconectados nos permiten automáticamente realizar acciones de corrección para mantener una variable sin intervención del operario. Mientras que el discontinuo por falta de estos depende mucho del operario para su desarrollo.

Sea cual sea el proceso está conformado por tres elementos que son unidad de medida, control, elemento de control que forman parte de un bucle que de acuerdo a su disposición nos permitirán formar un lazo abierto o cerrado.

En cuanto al lazo abierto podemos citar como ejemplo calentamiento de un tanque de agua mediante una resistencia eléctrica y como lazo cerrado la regulación de temperatura en un intercambiador mediante el control de paso de vapor por un serpentín cuya aplicación es muy útil en varios procesos de cocción en la industria alimenticia.

1.7.1 Características de los instrumentos.

“Las definiciones de los términos empleados se relacionan con las 2 sugerencias Las hechas por la SAMA (Scientific Apparatus Makers Association) en su norma PMC 20-2-1970.”¹³²

1.7.1.1 Campo de medida o rango (Range).-

Son los valores inferior y superior máximos en los cuales el instrumento funcionara en óptimas condiciones brindándonos datos confiables de medida. Por ejemplo en una medición de temperatura por medio de una termocupla o rtd se deberán tomar en cuenta los rangos de trabajo de los mismos dependiendo del material tenemos desde 0 hasta 120°C.

1.7.1.2 Alcance o Span.-

Es la diferencia entre el valor máximo y mínimo del campo funcionamiento del instrumento, en el caso de nuestro ejemplo anterior tenemos que este valor sería 120°C.

1.7.1.3 Error.-

Se refiere a la diferencia existente entre al valor obtenido directamente por nuestro instrumento y el valor real medido.

Existen diversos tipos de errores que dependerán de varios agentes internos o externos al instrumento de medición entre estos tenemos:

- a. **Errores graves:** se presentan por errores humanos, provocados por una mala selección del equipo, toma de mediciones erróneas, calibraciones incorrectas y equivocaciones en los cálculos utilizados en una automatización.

- b. **Errores sistemáticos:** estos errores son propiamente del equipo que se focalizan en los errores propios del instrumento.

¹³²<http://proton.ucting.udg.mx/~cruval/apunintro.pdf>

- c.
- d. **Errores aleatorios:** es la acumulación de errores muy pequeños difíciles de identificar y los cuales son muy graves en procesos en los que se requiere de mucha exactitud por lo cual este tipo de errores se los analiza estadísticamente. Este se encuentra clasificado en dos tipos de errores que son estáticos y dinámicos los cuales explicaremos a continuación:
- i. **Los errores estáticos:** son errores que se presentan en procesos de régimen continuo y permanente.
 - ii. **Los errores dinámicos:** este tipo de error se presentan en procesos de cambio continuo en donde diversos factores influyen en la toma de medición, estos pueden ser del proceso en si o características del material a ser medido.

1.7.1.4 Escala completa de salida:

Es la diferencia algebraica entre las señales eléctricas obtenidas por el instrumento al exponerla a condiciones mínimas y extremas del proceso, en las cuales se deberán tomar en cuenta las posibles desviaciones.

1.7.1.5 Exactitud.

Este es un valor que se encontrara en todos los instrumentos de medición y los cuales debemos tomar muy en cuenta ya que este representa la falta de exactitud, ya que este nos indicara el porcentaje de desviación que presentara el instrumento con respecto al valor ideal.

Ejemplo: Un sensor de distancia por cada mm de separación de un objeto base genera una señal de 1mv, pero en distintas prueba realizadas tenemos que a una separación de 8 mm nos está dando una señal de 8,3 mv, la cual es una diferencia de 0,3mv mas de la realidad, esto indica una falta del 3% que sería el error.

1.7.1.6 Precisión

“La precisión es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio”¹³³

Por ejemplo: En un proceso de control de temperatura se está midiendo una temperatura conocida de 90°C dicha medida se tiene de elementos certificados en lo que respecta a su calibración, se realizan cuatro medidas que nos dan valores de 91, 93, 95,92 °C con estos valores se tiene una desviación máxima del 5°C al valor real, para determinar la

¹³³http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico10.htm

precisión se realiza la media de las mediciones realizadas dándonos como resultado una precisión de más menos 1.25%

Zona muerta.- Esta zona se refiere al área en donde el instrumento no presenta ninguna variación de medida.

Saturación.- Es la operación de un instrumento ha sobrepasado su capacidad máxima de operación por lo cual presenta una operación distinta a la normal, por lo cual no obtendremos datos no confiables.

Sensibilidad.- Son los cambios que presenta un instrumento en su medida por pequeñas variaciones en el proceso.

Histéresis.- este es un valor que nos permite dar un rango de seguridad para el control de una señal, por ejemplo en un proceso de control de temperatura conformada por un controlador de temperatura y una válvula de vapor se establece que la temperatura del proceso deberá ser de 51°C con una histéresis de $\pm 2^\circ\text{C}$; esto quiere decir que cuando la temperatura baje de los 49°C el controlador nos enviara una señal de apertura a nuestra válvula de vapor y viceversa si es que sobrepasara los 53°C de tal manera que nuestra válvula estará trabajando entre el rango de 49°C a 53°C.

1.7.2 Clases de instrumentos.

Los instrumentos se clasifican en base a dos fundamentos primordiales que son según la variable del proceso y función del instrumento.

De acuerdo a su función tenemos la siguiente clasificación:

Instrumentos ciegos.- Estos instrumentos son los que no disponen de una indicación visible de la variable, más bien son elementos que nos permiten fijar sus valores de disparo es decir señales ON-OFF , ejemplos de estos son presostatos, termostatos son también considerados instrumentos ciegos transmisores de nivel, presión y temperatura.

Los instrumentos indicadores.- Este tipo de elementos nos permiten obtener una medición de la variable en sitio mediante una escala graduada; debido a los avances tecnológicos se han ido sustituyendo los registradores de papel por registradores digitales.

En un proceso de medición tenemos presente varios elementos para su control estos son los elementos primarios, que son los que están en contacto con la variable del proceso y del cual absorben su energía de tal manera de brindarnos una visualización al sistema de medición para realizar los cambios necesarios para mantener los parámetros de la variable del proceso.

Para su mejor entendimiento ponemos a consideración un ejemplo sencillo que sería una RTD o PT100 la cual a variaciones de temperaturas presenta variaciones de resistencia.

Los transductores.- So elementos que reciben una señal física y lo transforman por lo general a una señal eléctrica. Teniendo como señales físicas la presión, temperatura, dilatación, humedad, etc.

Convertidor.- es el elemento intermedio entre el transductor y el receptor de esta señal de tal manera de acondicionarle de acuerdo a su necesidad; en si transforma una señal en otra distinta de las mismas características.

Receptores.- son instrumentos cuya función primordial es de recibir las señales enviadas o emitidas por los convertidores o transductores, para posteriormente ser operadas por el operario es decir como una interface.

Controladores.- este es el elemento primordial del sistema de control ya que es el encargado de procesar la señal de lo que está sucediendo en el proceso y lo que en verdad se desea que suceda en el, de tal manera que con la diferencia producida envía una señal para realizar la corrección respectiva de los agentes externos que influyen en el correcto funcionamiento del proceso.

Elemento final.- es el elemento encargado de procesar la señal recibida por el controlador , ya que este se encuentra en contacto directo con el proceso en línea; como por ejemplo podemos mencionar una válvula de control vapor la cual para mantener una temperatura estable se está abriendo o cerrando de acuerdo a los requerimientos del proceso.

Una vez detallado los elementos presentes en un lazo de control a continuación detallaremos las diferentes tecnologías utilizadas para la medición de las variables físicas más importantes e influyentes presentes en la industria ecuatoriana que son presión, nivel y temperatura.

1.8 Tecnologías utilizadas en medición de nivel.

Industrialmente la medición de nivel tiene un papel importante en el desarrollo de procesos, como en el balance adecuado de las materias primas o de los productos finales.

Es por esta razón que se han implementado una serie de equipos electrónicos inteligentes capaces de brindarnos medidas reales, capaces de eliminar factores externos que influyen en la toma de mediciones. Además estos instrumentos de acuerdo a su campo de aplicación disponen de diversas tecnologías que cada una aprovecha las características eléctricas de los líquidos o sólidos a ser medidos,

1.8.1 Medición de nivel por radar (Radio Detection And Ranging).-

El radar es un sistema electrónico que nos permite detectar la distancia y presencia de objetos mediante la emisión de impulsos microondas de 0.8 ns de duración viajan a la velocidad de la luz hacia la superficie del producto que son reflejadas, el tiempo en que se demora la onda de radio en ir y volver al mismo sitio actuando este como receptor permite determinar la distancia a la que se encuentra el objeto.

Este tipo de tecnología de acuerdo a diversas versiones fue creada en 1935 por Wattson Watt; cuya idea principal fue de crear un rayo de la muerte para ser utilizada en la II guerra mundial pero lo que en verdad se utilizó fue un detector de posición y distancia. De acuerdo a su funcionamiento este es un tipo de medición sin contacto con el producto.

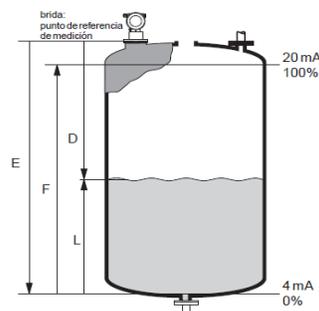


Fig. 1.22 Ejemplo Medidor de radar¹³⁴

¹³⁴<http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTIfEIAkRQ2UqyyjptTQNkzHrMM3KjCEi113n6Yb1qBpzNYCLVvQ>

1.8.1.1 Teoría de funcionamiento.-

“Las ondas electromagnéticas se dispersan cuando hay cambios significativos en las constantes dieléctricas o diamagnéticas. Esto significa que un objeto sólido en el aire o en el vacío (es decir, un cambio en la densidad atómica entre el objeto y su entorno) producirá dispersión de las ondas de radio, como las del radar.”¹³⁵

En la figura anterior se muestra las diferentes variables de distancia necesarios para determinar la distancia desde el instrumento hacia el producto que se encuentra almacenado en nuestro tanque, la distancia D que corresponde a la distancia existente entre nuestro instrumento y el producto se la determina mediante la ecuación física;

La distancia hasta la superficie del producto D es proporcional al tiempo de retorno t del impulso:

$$D = c \cdot t/2,$$

Donde la velocidad de la luz c, es una variable conocida. Una vez determinado la distancia D y la E de nuestro depósito vacío de determina el nivel L:

$$L = E - D$$

Para poner en funcionamiento los equipos con este tipo de tecnología de debe tener definido la distancia de vacío E y la distancia de lleno F que corresponderán en caso de ser una salida analógica a los valores de 4 a 20 mA o 0 a 10 v, y en caso de ser una salida digital será expresado en porcentaje 0 al 100% y el coeficiente dieléctrico del fluido a medir.

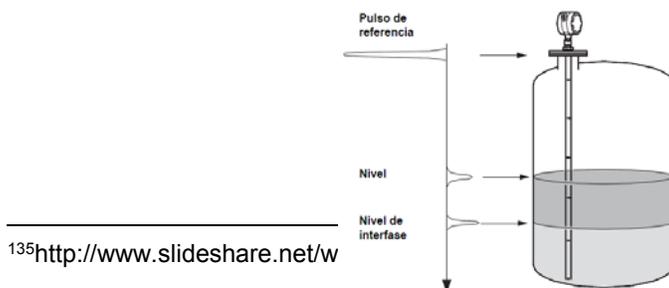
Las ventajas de este equipo es que presenta una alta precisión de medición, no tiene contacto con el fluido, es indiferente a las características del fluido ya que si cambia las características del mismo o la presencia de vapores o gases no afectan la medición.

Las desventajas de esta tecnología son vulnerables a errores en presencia de espuma o turbulencias del fluido, dependen mucho del diseño del tanque donde este va ser ubicado; además de errores de medición en áreas con exceso de polvo.

Su aplicación industrial es la medición sin contacto de líquidos, pastas o suspensiones.

1.8.2 Medición de radar guiado.-

1.8.2.1 Principio de medición.



¹³⁵<http://www.slideshare.net/w>

Fig. 1.23 Ejemplo Principios del Medidor de Radar¹³⁶

Impulsos de microondas de alta frecuencia son acoplados ya sea a un cable o una varilla y conducidos a lo largo del electrodo utiliza el principio de reflectometría en cual evalúa el tiempo de retorno de micro impulsos electromagnéticos enviados. El impulso es reflejado por la superficie del producto y captados por la electrónica de análisis. La misma evalúa la señal del eco, convirtiéndola en una información de nivel. No se requiere el ajuste con producto. Todos los equipos se encuentran pre-ajustados a las longitudes de ondas solicitadas se tienen sonda de una distancia máxima de 4mts; todo dependerá de la electrónica utilizada por el fabricante.

“Cuando un pulso de radar alcanza el fluido con una constante dieléctrica diferente, parte de la energía es reflejada de regreso al transmisor. La diferencia de tiempo entre el transmisor (referencia) y el pulso reflejado es convertida en una distancia a partir de la cual se calcula el nivel total o el nivel de interface. La intensidad de la reflexión depende de la constante dieléctrica del producto.”¹³⁷

En cuanto a la aplicación de este tipo de medición se debe tomar muy en cuenta la constante dieléctrica ya que este es un factor muy importante para la reflexión de la onda, debido a que si la constante dieléctrica es mayor a 1,4 la reflexión será de la misma amplitud a la generada en tanto que si esta es menor 10 ms/cm podrá causarse la pérdida de la señal de microonda y por tanto mediciones erróneas de nivel.

La guía se representa por 512 puntos digitales los cuales se procesan a cada instante, y se convierten en el nivel del producto. Estos son utilizados para medición de granos de hasta 20 mm y con una constante dieléctrica mayor a 1,8.

¹³⁶ Manual Techdog

¹³⁷ <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4811.pdf>

Las ventajas de este equipo se pueden utilizar en tanques pequeños y subterráneos además que no se ven afectados en presencia de ebullición de vapor o turbulencia.

Las desventajas de esta es que se encuentra en contacto con el equipo y el montaje requiere que la guía esté sujeta a la base del tanque para garantizar una medición idónea.

1.8.3 Medición de nivel capacitiva.

Este método de medición se relaciona con la teoría de la variación de capacidad en un condensador, que utilizan como dieléctrico una capa delgada de óxido no conductor entre una lámina metálica y una disolución conductora que en conjunto nos permiten almacenar o descargar carga eléctrica; en nuestro caso la sonda y las paredes del depósito específicamente con características conductoras conforman nuestro condensador eléctrico que nos permitirán medir el nivel de productos conductores de electricidad.

En caso de que el tanque no sea conductivo debe disponer de una buena conexión a tierra.

Los componentes internos de este tipo de instrumentos son:

- A. Sonda de medición.
- B. Oscilador de alta frecuencia.
- C. Amplificador con señal de salida.

Para realizar la medición de nivel por capacidad, se conecta el condensador conformado por la guía y la pared del tanque conectado a un oscilador de alta frecuencia de modo que el cambio de capacidad se puede convertir en señal eléctrica.

Si el tanque se encuentra vacío quiere decir que el producto no se encuentra en contacto con la sonda y se tiene un valor de capacitancia es baja en cuanto que si se comienza a llenar el tanque con el producto cierra el circuito presentado una variación en la capacitancia.

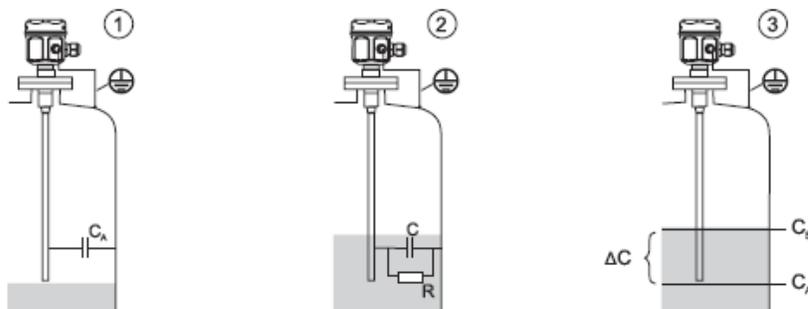


Fig. 1.24 Medición de nivel de Capacidad¹³⁸

Este tipo de tecnología es utilizada para materiales de alta viscosidad y con fuerte capacidad de adherencias sólidos o líquidos, se los puede utilizar en la medición de la altura de separación de la capa entre dos productos conocido como interface, con respecto a las características constructivas de los elementos en contacto con el fluido son materiales resistentes a la corrosión, aprobados por la industria alimenticia y farmacéutica; la calibración es muy sencilla mediante el pulso de un botón ya que estas vienen definida su distancia de medición.

No se los puede utilizar con productos de características eléctricas variables.

1.8.4 Medición de nivel por conductividad.

El principio utilizado es la que en presencia de producto causa un cambio de resistencia entre dos conductores.

“La indicación de nivel de productos conductores de electricidad en un tanque metálico o contenedor se da mediante una sonda aislada del recipiente y un amplificador conductivo.”¹³⁹ La sonda aislada está constituida de un electrodo de masa y un electrodo de medición con referencia al nivel, en caso que el tanque contenedor del producto tenga características conductoras se puede utilizar este como electrodo de masa; teniendo así la sonda aislada conformada solo por un electrodo. En caso que el tanque no sea de material conductor este deberá tener una buena conexión a tierra pudiendo ser esta una tubería de alimentación, un soporte de montaje o una sonda múltiple.

Cuando el producto no se encuentra en contacto con la sonda, existe una variación elevada de la resistencia eléctrica. Cuando el producto cubre la sonda disminuye considerablemente el valor de la resistencia eléctrica.

¹³⁸Manual Techdog

¹³⁹kosmos.upb.edu.co/...(A)_SELECCION_DE_SENSOR_DE_NIVEL

Es preferible que la sonda se encuentre conectada a corriente continua que en corriente alterna ya que en corriente continua se presentaría el efecto de electrolisis oxidado la sonda.

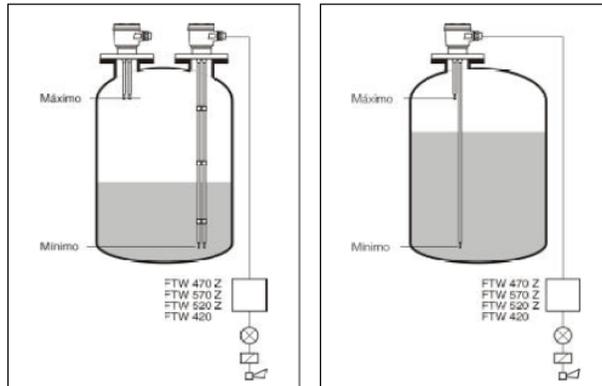


Fig. 1.25 Medición de nivel por conductividad ¹⁴⁰

Entre algunas aplicaciones de estas tenemos seguro contra sobrellenado de tanque y arranque de procesos con tubería vacía para protección de la bomba eléctrica entre las ventajas de este tipo de tecnología son inmunes a adherencias, resistente a la abrasión.

1.8.5 Medición de nivel por Presión Hidrostática.-

“El peso de una columna de líquido genera una presión hidrostática. Con la densidad constante la presión hidrostática depende únicamente de la altura h de la columna de líquido.”¹⁴¹

La fórmula utilizada para la medición de nivel:

$$H = \text{Altura del líquido} \quad H = \frac{P}{\rho * g}$$

P = Presión Hidrostática

ρ = densidad del producto.

g = constante de gravitación.

¹⁴⁰Manual Techdog

¹⁴¹Manual Techdog

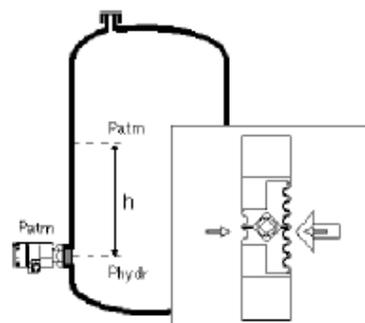


Fig. 1.26 Formula de Medición de Nivel¹⁴²

Mediante esta fórmula observamos que la densidad efectiva de un fluido es constante en condiciones ideales, debido a que si existe una variación de temperatura puede provocar cambios en la densidad del producto. Pero tomando en consideración condiciones ideales se tiene que la presión es directamente proporcional al nivel del producto en el tanque.

Entre las consideraciones más importantes que debemos tomar en cuenta es que en un tanque cerrado la presión del líquido es mayor que la presión atmosférica. Por eso tenemos que la presión total medida es mayor a la obtenida en un tanque abierto.

Entre las aplicaciones tenemos mediciones continuas de líquidos y productos pastosos.

1.8.6 Detección de niveles por horquillas vibrantes.-

*“El principio de funcionamiento de este tipo de tecnología está basado en un dispositivo piezoeléctrico que excita un diapasón a una frecuencia de resonancia.”*¹⁴³ Este elemento piezoeléctrico una vez que está cubierto por el producto disminuye la amplitud de la frecuencia de conmutación por lo cual esta señal es procesada por la electrónica de nuestro elemento emitiendo una señal discreta.

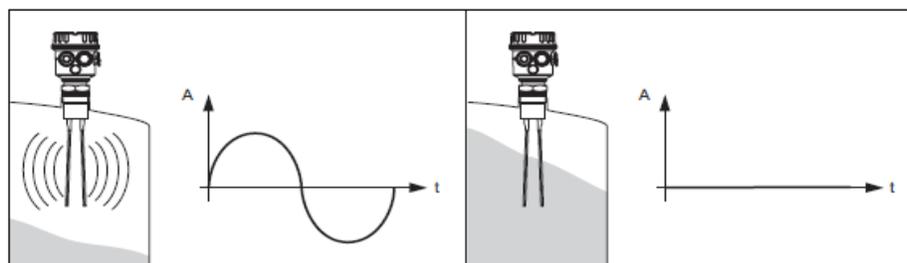


Fig. 1.27 Detección de niveles por horquillas vibrantes¹⁴⁴

Este tipo de tecnología es utilizada para líquidos y sólidos cuya variante dependiendo del producto a medir será las dimensiones de la horquilla oscilante además de la

¹⁴²Manual Techdog

¹⁴³Manual Techdog

¹⁴⁴Manual Techdog

frecuencia de resonancia para granulados la frecuencia es de 120 Hz mientras que para líquidos y lodos la frecuencia utilizada es de 1000 Hz.

Entre las ventajas de este tipo de tecnología son económicos, fácil instalación, versátiles con sólidos y líquidos, seguridad en el funcionamiento con relación a los elementos electromecánicos (por ejemplo los medidores de boya), que por tener elementos móviles al tiempo se deterioran, dando señales falsas.

Las desventajas que presenta es no poder utilizarla para medir nivel de granos con dimensiones mayores a 10mm ya que esto podría quedarse atrapado entre las horquillas; y sus limitaciones de temperatura y presión.

1.8.7 Medición de nivel por ultrasonido.-

La detección de niveles por ultrasonido mide la diferencia entre los tiempos que transcurre en el enviar y recibir la señal de sonido emitida desde un sensor montado en la pared de un tanque.

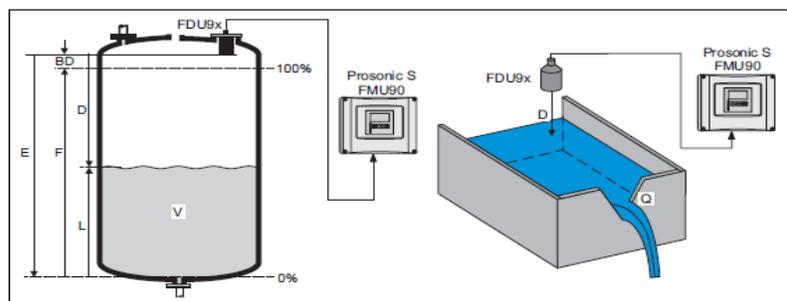


Fig. 1.28 Medición de nivel por ultrasonido.-¹⁴⁵

La ecuación utilizada en este tipo de tecnología es la siguiente:

$$D=c * t / 2 \text{ donde } c \text{ es la velocidad de sonido.}$$

Mediante la distancia D este tipo de tecnología nos permite determinar el nivel, caudal y volumen del producto. Las ventajas de esta son que no tienen contacto con el producto, tiene elementos auto limpiantes, la mayoría de estos elementos disponen de un control de temperatura interno para corrección del tiempo de recepción de señal; sus desventajas son que presentan mediciones erróneas en presencia de espuma o medición de nivel en granos pequeños ya que la superficie de reflexión no es laminar, disminuyendo así la señal reflejada.

¹⁴⁵Manual Techdog

1.8.8 Medición de nivel radiométrica.-

El principio de funcionamiento es que se emite unos rayos gama a través del tanque los cuales son receptados al otro lado de este por medio de un receptor el cual está conectado a un transmisor o interruptor de nivel.

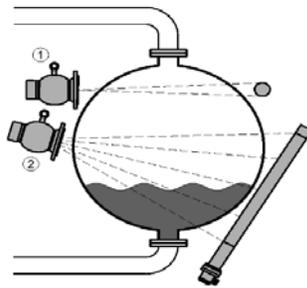


Fig. 1.29 Medición de nivel radiométrica¹⁴⁶

Cuando el tanque se encuentra la electrónica interna produce pulsos necesarios para que el receptor procese la señal, si el nivel aumenta se aumenta la emisión de impulsos, Las ventajas de este tipo de tecnología es que se los puede utilizar en productos con condiciones de altas presiones y temperaturas, como en elementos latamente corrosivos donde no se pueden utilizar los métodos anteriormente expuestos. Sus desventajas son que debe tomarse las precauciones necesarias para su instalación, y su alto costo.

1.9 Tecnologías utilizadas para medición de Temperatura.

La temperatura es una magnitud primordial presente en la industria para control de proceso, teniendo una amplia gama de elementos cuya aplicación estará dada por las características del proceso; entre las más utilizadas industrialmente tenemos:

- ✓ Termómetros Bimetálico

¹⁴⁶http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%202.3%20Nivel.pdf

- ✓ Termoresistencias (RTDs)
- ✓ Termocuplas

1.9.1 Termómetros Bimetálicos.-

El funcionamiento se basa en cambios volumétricos, como su nombre lo indica está formado por dos barras metálicas unidas rígidamente, de diferentes características de dilatación, que en la presencia de diferentes temperaturas provocan cambio de longitud de un material en forma de expansión y contracción los cuales difieren el uno del otro provocando una curvatura..

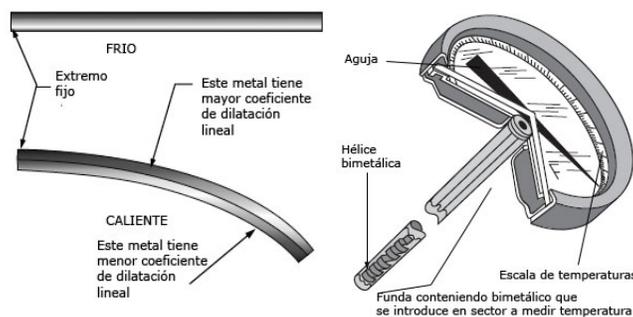
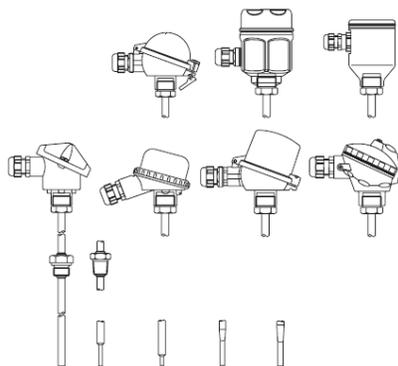


Fig. 1.30 Termómetros Bimetálicos¹⁴⁷

Estas características son utilizadas en el principio de funcionamiento de los termómetros análogos, con el par bimetalico como se muestra en la figura se forma una bobina, que en un extremo se encuentra fija y el otro conectado a la aguja del termómetro de tal manera que a variaciones de temperatura, la bobina tiende a enrollarse o desenrollarse y la rotación angular es transmitido a la aguja dándonos así mediciones en unidades de temperatura.

1.9.2 Termo resistencias RTDs.-

Las RTDs están constituidas por un elemento sensor, que consiste en una resistencia eléctrica de 100Ω a 0° , que va aumentando su ohmiaje a temperaturas superiores que dependerá del coeficiente característico del elemento resistor.



¹⁴⁷<http://www.sapiensman>

Fig. 1.31 Termo resistencias RTDs¹⁴⁸

El elemento termo resistor más utilizado es el platino por su pureza, características constructivas y linealidad con respecto a la temperatura nos permite realizar mediciones de hasta 500°C.

Este elemento se encuentra conectado a un puente de wheanstone para su medición. En el caso de los termómetros industriales que cumplen la norma DIN EN 60751, el valor calculado para temperaturas desde 0 hasta 100°C este coeficiente es $\alpha = 3.85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

La ecuación matemática utilizada es:

$$R_t = R_0 (1 + a t)$$

En la que:

R_0 = Resistencia en ohmios a 0°C.

R_t = Resistencia en ohmios t °C.

a = Coeficiente de temperatura de la resistencia.

Con respecto a la forma constructiva dependerá de cada fabricante, el elemento termo resistente se encuentra inserto dentro de una vaina de diferentes magnitudes dependiendo de las características del proceso, su cabezal donde se encuentran los cables para su respectiva conexión, está ubicado al principio de la conexión al proceso o con una longitud de separación esto se da dependiendo de las temperaturas con la que se va a trabajar de tal manera de evitar mediciones erróneas de temperatura.

1.9.3 Termocuplas.-

Este es uno de los medios más utilizados en la industria de la termometría, su principio de funcionamiento está basado en la unión de dos cables de diferente materiales soldados generalmente; cuya unión al ser expuesta a variaciones de temperatura en sus extremos libres obtenemos un pequeño voltaje generado en el orden de los mili voltios este fenómeno se lo conoce con el nombre de efecto Seebek, cuyo principio es utilizado para la calibración de la termocupla.

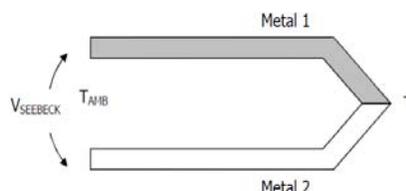


Fig. 1.32 Termocuplas¹⁴⁹

Industrialmente los fabricantes de estos elementos encapsulan esta unión dentro de una vaina en acero inoxidable u otro material cuya característica primordial sea una buena transferencia de calor y los cables de medición para su protección se encuentran dentro de un cabezal.

Tenemos diferentes tipos de termocuplas en el mercado para las diferentes temperaturas de trabajo a continuación mostramos un cuadro sinóptico de estas:

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	°C	Rango (Min, Max) mV	Volts Max
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2	
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)	54.8	
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8	
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09	
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68	
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814	

Fig. 1.33 Tipos de Termocuplas¹⁵⁰

Uno de los inconvenientes de las termocuplas es la compensación a cero; ya que para distancias largas en algún lugar del instrumento se deberá realizar un empalme con cable común de cobre, es por eso que se debe pedir información al fabricante sobre la utilización de un cable compensado para evitar errores en la medición por dichas uniones.

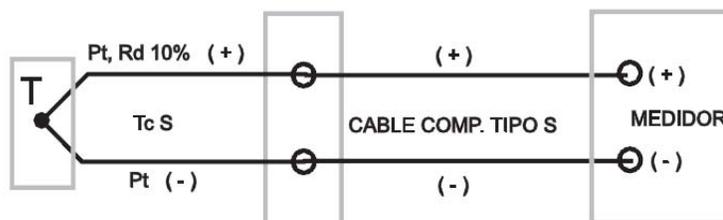


Fig. 1.34 Conexión Termocupla¹⁵¹

¹⁴⁹<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

¹⁵⁰<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

¹⁵¹<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

Debido a que en los empalmes realizados con cable común estaríamos generando otra termocupla adicional, generando mili voltios proporcionales a la temperatura ambiente. Antiguamente se colocaba estos dos empalmes en hielo de tal manera de obtener una medición de 0° relación 0v; actualmente en los instrumentos modernos se utiliza un sensor de temperatura adicional de tal manera que dicha medición se suma para crear la compensación y así obtener la medición real.

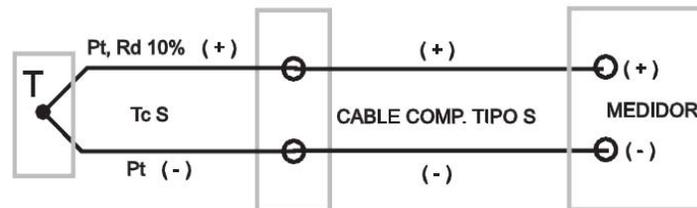


Fig. 1.35 Conexión Termocupla con cable de compensación¹⁵²

Con respecto al cable de compensación se debe tomar en cuenta que este no afecta a la medición seebeck y viene con una polarización, la cual se debe respetar de tal manera de evitar errores de medición. Las propiedades de cada una de estas difieren entre los diversos tipos de termocuplas.

1.10 Tecnologías utilizadas para medición de Presión.

En la actualidad para la medición continua de presión se utilizan instrumentos electrónicos los cuales detectan el movimiento del elemento de medición de presión; garantizándonos una señal confiable.

Debido a que estos medidores transforman movimientos mecánicos en señales eléctricas hace que se denominen a estos instrumentos como transductores.

Entre los elementos para medir presión tenemos:

- Strain gages o Extensómetros
- Transductores Resistivos.
- Transductores Capacitivos.
- Transductores Magnéticos.
- Transductores Piezoeléctricos.

¹⁵²<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

1.10.1 Strain gages o Extensómetros.-

Este es un sensor basado en el efecto piezorresistivo, es un mecanismo que presenta una variación de la resistencia de una galga o un elemento semiconductor sometido a un esfuerzo que lo deforma, el cual esta acoplado a un puente de wheanstone para medir resistencias desconocidas de tal manera de tratar variaciones de voltaje, con esta disposición podremos medir o determinar resistencias desconocidas igualando las resistencias que componen el puente.

En lo que respecta a los materiales utilizados en una galga son aleaciones metálicas como por ejemplo constatan o nicrón y en lo que respecta a semiconductores los más utilizados son germanio y silicio.

Las limitaciones presenta este sensor no pueden ser sometido a sobre esfuerzos que podrían dañar a la galga, se debe tener una buena adición de tal manera de evitar mediciones erróneas por pequeños movimientos, se debe evitar que se encuentre en lugares donde existan variaciones de temperatura que afectan la medición de la resistencia medida en la galga, además de sensibilidad a las vibraciones, requieren de un conversor de señal y una fuente externa.

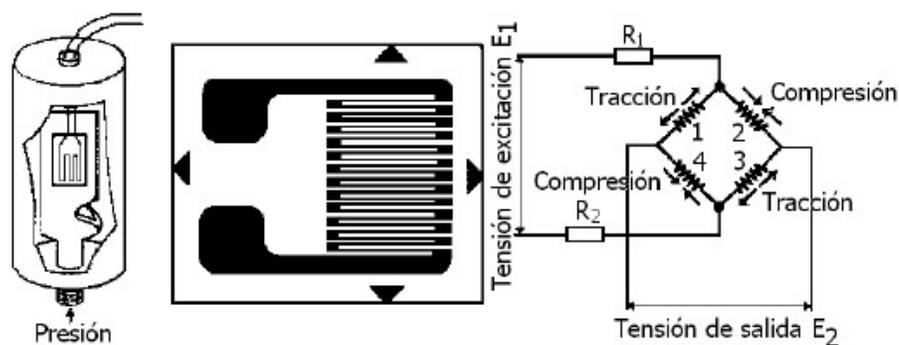


Fig. 1.36 Strain gages o Extensómetros¹⁵³

Las ventajas de este tipo de sensores son tamaño pequeño, pueden trabajar con CC y CA, compensación de temperaturas fáciles, no es afectada por campos magnéticos, buena estabilidad y repetibilidad, con una exactitud de aproximadamente 0.1%

¹⁵³<http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

1.10.2 Transductores Resistivos.

Consiste en un elemento elástico (Tubo de Bourdon o capsula) el cual al ser sometido a una presión varia la resistencia conectada a un puente de wheanstone, podrá asociarse de la forma lineal con el valor de presión.

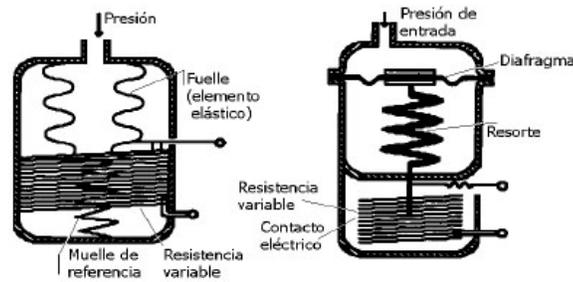


Fig. 1.37 Transductores Resistivos¹⁵⁴

En el gráfico se puede observar los dos tipos de transductores presentes en el mercado que son de fuelle o diafragma. Par su medición presenta una corriente suficiente para el indicador de tal manera de evitar el uso del amplificador.

Presenta una exactitud en su medición del 1 al 2%.

1.10.3 Transductores Capacitivos.

Se basa en la variación de capacidad en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. Esta placa es un diafragma que se deforma en presencia de presión, se encuentra ubicada entre dos placas fijas formando así un condensador fijo (referencia) y otro móvil cuyas variaciones de oscilación son comparadas en un puente de wheanstone alimentado de corriente alterna.

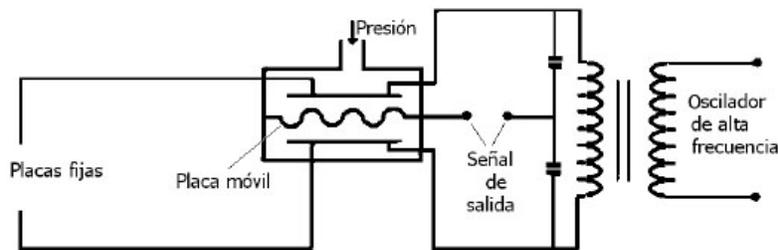


Fig. 1.38 Transductores Capacitivos¹⁵⁵

¹⁵⁴<http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

¹⁵⁵<http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

Son muy utilizados para medición de presiones bajas, debido a que la señal de medición es muy baja se requiere de un amplificador de señal que puede proporcionar mediciones erróneas por lo que requiere de una fuente externa y es muy sensible a variaciones de temperatura y vibraciones.

1.10.4 Transductores Magnéticos.

En esta clasificación tenemos dos tipos de inductancia y reluctancia variable.

1.10.4.1 Transmisores de inductancia Variable.-

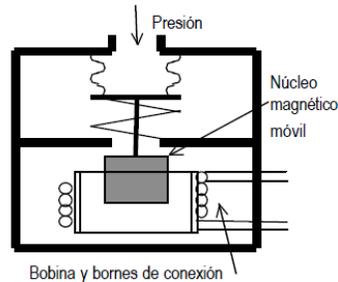


Fig. 1.39 Transmisores de inductancia Variable¹⁵⁶

Como podemos observar en el gráfico esta tecnología es conformada por una bobina y un núcleo móvil cuya inserción produce una variación de la inductancia de la bobina y la cual es proporcional a la porción del núcleo contenida en esta.

La bobina se encuentra alimentada con corriente alterna que produce una f.e.m de autoinducción se opone a la tensión de alimentación, de tal manera que a medida que va ingresando el núcleo a la bobina disminuye la corriente y aumenta la f.e.m.

Estos se caracterizan por ser lineales, robustos de fácil montaje y su precisión es de $\pm 1\%$

1.10.4.2 Transmisores de Reluctancia Variable.-

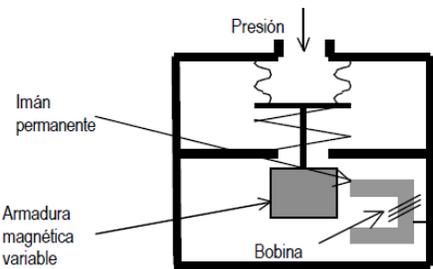


Fig. 1.40 Transmisores de Reluctancia Variable¹⁵⁷

¹⁵⁶<http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

¹⁵⁷<http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

En este caso un electroimán permanente crea un campo magnético dentro del cual se mueve una armadura de material magnético, el circuito conformado se encuentra conectada a una fuerza magneto motriz constante la cual, dependiendo de la posición del núcleo produce una variación del flujo magnético y la reluctancia. Esta variación de flujo magnético produce una variación en la corriente inducida en la bobina proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil. Son más precisos que los de reluctancia.

Los dos tipos son sensibles a vibraciones y cambios de temperatura, además usan elementos eléctricos compuestos por puentes de wheanstone.

1.10.4.3 Transmisores piezoeléctricos.

La piezoelectricidad se refiere a la propiedad de algunos elementos cristalinos en generar una señal de energía eléctrica por deformaciones físicas causa das por la aplicación de una presión; esta señal es muy débil por lo cual requiere de una amplificador de señal, los elementos más utilizados son el cuarzo y el titanato de bario. Son sensibles a variaciones de temperatura.

1.11 Tipos de caudalímetros.

1.11.1 Tipo Venturi

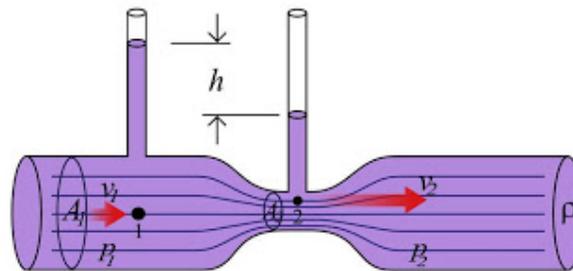


Fig. 1.41 Efecto Venturi¹⁵⁸

Éstos son los caudalímetros más comunes. La tubería reduce levemente su diámetro y luego regresa a su diámetro original. Por tanto su principio de funcionamiento está basado en obstaculizar el paso del fluido por la tubería causando una pérdida de presión que es proporcional al caudal.

La fórmula que se basa este tipo de medición es el siguiente: $Q= K(\Delta P)^{1/2}$

¹⁵⁸<http://medirvariables.blogspot.com/2009/11/tecnologias-de-medicion-de-flujo.html>

Cuando el fluido recorre esta reducción, disminuye su presión a la salida. La diferencia de presión de antes y después es medida de manera mecánica o electrónica a mayor diferencia de presión mayor es el caudal.

Ventajas.-

- Resistente al desgaste interno
- Menos sensible a perturbaciones aguas arribas.

Desventajas.

- En diámetros grandes presentan mayores problemas de manejo.
- Costos y tiempos de instalaciones mayores.

1.11.2 Caudalímetro electrónico de turbina

Una turbina con aspas giratorias fijado con pivotes a un eje central montados en el centro del cuerpo del Caudalímetro, colocadas paralelamente a la dirección del flujo, para transmitir su energía cinética que gira con una velocidad proporcional al caudal. Cada vez que un aspa pasa por el elemento sensor envía un impulso que corresponde al volumen fijo del fluido.

En tanto que el tiempo conocido y la frecuencia de los impulsos nos dan la velocidad del fluido.

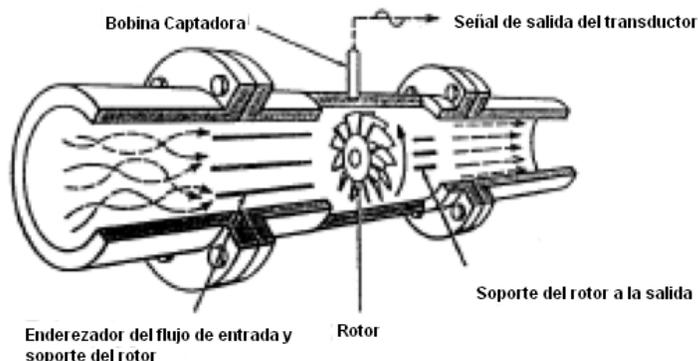


Fig. 1.42 Caudalímetro electrónico de turbina ¹⁵⁹

Ventajas.-

- Presentan un comportamiento lineal de medición.
- Se disponen de diferentes tamaños para mediciones de caudal distintos,
- Disponen de una salida digital que nos indicara el caudal instantáneo.

¹⁵⁹<http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/trabajos%202003/Sem%20Aut%20%20Caudal/web-final/Medidores%20por%20Velocidad.htm>

Desventajas.

- Problemas en medición con fluidos con suspensión de partículas.
- Requieren tramos largo de entrada y salida
- Sus rangos de medición de caudal son pequeños.
- Está en contacto con el producto.
- Presenta problemas con fluidos viscosos

1.11.3 Caudalímetro magnético

Este Caudalímetro basa su funcionamiento en la ley de Faraday que enuncia que al inducir voltaje a través de un conductor y cuyo movimiento es perpendicular a través de un campo magnético es proporcional a la velocidad del conductor.

$$U_e = B \cdot L \cdot V$$

Donde:

U_e = Tensión inducida.

B = Intensidad de campo magnético.

L = longitud del conductor eléctrico (corresponde a la distancia entre los electrodos en el tubo de medición).

V = velocidad de movimiento (corresponde a la velocidad del fluido en el tubo de medición).

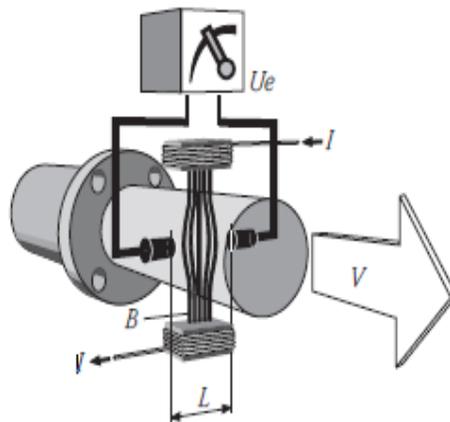


Fig. 1.43 Caudalímetro magnético ¹⁶⁰

Se aplica un campo magnético de tal manera que el fluido pasa a través de este, obtiene una fuerza electromotriz que es medido por los dos electrodos rasantes con la superficie interior del tubo.

Ventajas.-

- Este principio de medición es independiente de las variable de presión, temperatura y viscosidad.
- Su medición no se ve alterada por presencia de sólidos en suspensión.
- No presenta estrangulamientos al paso del fluido.
- No posee partes Móviles
- Fácil mantenimiento

Desventajas.

- Funcionan con líquidos conductivos.
- Si existen adherencias alrededor del tubo cerca de sus electrodos pueden causar mediciones erróneas.

1.11.4 Medidores por ultrasonido.-

Los medidores de caudal de ultrasonido miden el flujo por diferencia de velocidades del sonido que este propaga por medio de una electrónica interna hacia el fluido y en contra del fluido.

Este sensor para su ubicación se debe determinar el área y el perfil de velocidades que pasan por estas.

La medición de caudal por ultrasonido se lleva a cabo mediante dos métodos que son:

- Tiempo de tránsito
- Efecto Doppler
-

1.11.4.1 Tiempo de tránsito.-

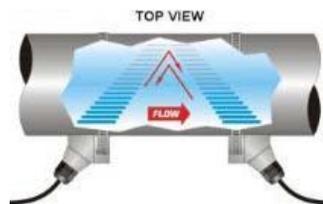


Fig. 1.44 Caudalímetro de ultrasonido por tiempo de tránsito ¹⁶¹

¹⁶¹<http://www.solostocks.com.ar/venta-productos/instrumentos-medicion-analisis/instrumentos-medicion/caudalimetros-por-tiempo-de-transito-736738>

Este método consiste en la disposición de dos transductores compuestos por un emisor y receptor situados en las paredes de la tubería por donde circula el fluido. El emisor ubicado en la parte superior envía un pulso de ultrasonido descendente hacia el receptor que se encuentra en la parte inferior desfasado por una distancia entre sí, el emisor inferior en cambio emite un pulso ultrasónico ascendente que es recibido por el receptor superior.

La posición de los mismos se puede observar en el gráfico, donde se tiene que el pulso descendente por el hecho que se encuentra a favor del flujo se demorara menos tiempo en llegar al receptor inferior, mientras que el pulso de ultrasonido ascendente demorar más tiempo en llegar al receptor superior ya que este se encuentra en contra del flujo. El flujómetro transmite pulsos ascendentes y descendentes y evalúa la diferencia de tiempo en la recepción de ellos.

$$V_F = \frac{(T_U - T_D) V_s}{\sin \theta} \cdot \frac{V_s \sin \theta}{d} = \frac{\Delta t V_s}{T_L \sin \theta}$$

La ecuación en la que se encuentra basado este método de medición relaciona la diferencia de tiempo, con el ángulo de pronunciamiento del pulso. Entre el pulso ascendente y descendente; adicionalmente la ecuación toma en cuenta el diámetro de la tubería d y el tiempo que tardan los pulsos de ultrasonido cuando no existe flujo.

1.11.4.2 Efecto Doppler.-

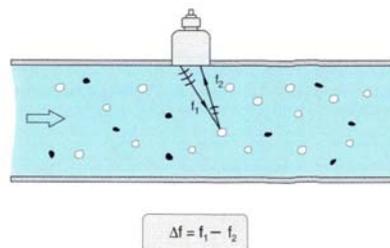


Fig. 1.45 Caudalímetro electromagnético por efecto Doppler ¹⁶²

Es la variación aparente de la frecuencia de las ondas sonoras a lo largo del flujo del fluido a medida que la distancia de una fuente sonora y un receptor cambia. Se mide la variación de frecuencia que experimenta la señal de retorno al momento que se refleja

¹⁶²<http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/instrumentacion/curso-completo-medicion-flujo-caudal/item/322-principios-de-medici%C3%B3n-de-flujometros-ultrasonicos-efecto-doppler-y-tiempo-de-transito-de-la-se%C3%B1al.html>

en las partículas del fluido la cual es directamente proporcional a la velocidad de las partículas en movimiento.

Ventajas.-

- Este principio de medición no se encuentra en contacto con el fluido.
- Su forma. de conexión no requiere costos y tiempos elevados de montaje
- Permiten medir fluidos corrosivos
- No requieren detención del proceso.

Desventajas.

- En el efecto Doppler las partículas deber ser de por lo menos 25ppm para que permitan la reflexión del pulso de ultrasonido.
- La acumulación de material en las paredes de la tubería causan fallos en el equipo.
- La exactitud es dependiente de las propiedades de propagación de las ondas de ultrasonido del fluido.

1.11.5 Vortex.

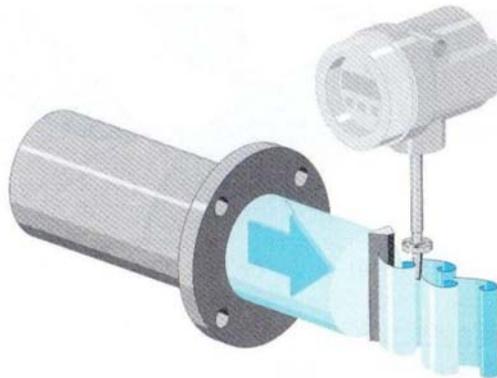


Fig. 1.46 Caudalímetro Vortex¹⁶³

Su funcionamiento está basado en el principio de generación de vórtices. Un cuerpo que atraviese un fluido generará vórtices flujo abajo este efecto se lo puede visualizar en el pilar de un puente en un río. Los vórtices se forman alternándose de un lado al otro produciendo diferencias de presión, esta son sensadas por un cristal piezoeléctrico interno. La velocidad de flujo es directamente proporcional a la repetición de formación de los vórtices. La distancia entre dos vórtices L y el tiempo T intervalo determinan la frecuencia del vortex como: $F \sim 1/t$

¹⁶³Manual Techdog

Ventajas.-

- Son poco sensitivos a cambios de presión, temperatura y densidad.
- Producen una caída de presión pequeña en la línea del tubo.
- Su tiempo de instalación es bajo y requiere poco mantenimiento.

Desventajas.-

- No sirve para fluidos corrosivos.
- No es útil para flujos bajos porque no habría formación de vortex.
- Tabla comparativa de medidores de flujo. [8], [9], [10], [11], [12].

Tecnología	LIQUIDOS	VAPOR	GAS	FLUJO REAL	FLUJO MASICO.
Presión diferencial	✓	✓	✓	✓	X
Placas de orificio	✓	✓	✓	✓	X
Venturi	✓	✓	✓	✓	X
Pitot	✓	X	✓	✓	X
Vortex	✓	✓	✓	✓	X
Turbina	✓	✓	✓	✓	X
Magnético	✓	X	X	✓	X
Ultrasónico	✓	X	X ¹	✓	✓
Coriolis	✓	X	X	X	✓
Térmico	X	X	✓	X	✓
Swirlmeter	✓	✓	✓	✓	X
Rotametros	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 1.6 Tabla comparativa de medidores de flujo¹⁶⁴

¹⁶⁴<http://medirvariables.blogspot.com/2009/11/tecnologias-de-medicion-de-flujo.html>

CAPITULO II

2. Sistemas electro neumáticos y sistema INTOUCH.

2.1 Introducción y generalidades.

“Desde el año 1950 comenzó a desarrollarse la neumática industrial primero en los EE.UU. y posteriormente también en Alemania, con la implementación de martillos neumáticos, para cincelar se utilizaban herramientas que ejecutaban hasta 2000 movimientos por minuto.”¹⁶⁵

La neumática pura utiliza tanto para el mando, automatización y control elementos netamente neumáticos, teniendo así elementos como finales de carrera, válvulas de impulso o de aguja, reguladores de presión y caudal.

En tanto que la electro neumática fue creada con el fin de tener una metodología en el desarrollo de secuencias de operaciones mediante la utilización de estrategias para desarrollar el mando y control de cualquier condición industrial. En la electro neumática los actuadores siguen siendo neumáticos en tanto que las válvulas pilotadas neumáticamente ahora constan de una bobina la cual será la encargada de permitirnos la conmutación de estado de las válvulas, con la condicionante que estas serán servo pilotadas y deberán tener una presión mínima en la línea neumática con esto ayudamos a reducir el consumo y tamaño de la bobina.

Las ventajas que tenemos al trabajar con electro neumática son las siguientes:

- ✓ Las válvulas de pilotaje eléctrico la distancia no interfiere en el tiempo de respuesta, en tanto que en las neumáticas si ya que entre mayor distancia aumenta en área por la cual tiene que pasar en aire comprimido y retardo para alcanzar a la presión de mando.

¹⁶⁵ Aire comprimido fuente de energía; Stefan Hesse;2000

- ✓ Al utilizar equipos eléctricos para el mando se tiene de una amplia diversidad de elementos en el mercado, que pueden facilitar la ejecución de procesos complejos que al realizarlos con elementos netamente neumáticos. Además de un ahorro económico ya que estos son mucho más baratos y no muy robustos para su montaje mecánico.
- ✓ Ahorro de energía en lo que respecta al consumo de aire comprimido ya que se utilizaría solo para la fuerza y no para el control.

Para un mejor entendimiento y desarrollo secuencial de un sistema electro neumático es necesario tomar en cuenta las siguientes definiciones:

Secuencia: es el orden de las diferentes acciones en la ejecución de un control automático, en lo que respecta a la parte neumática se dispone de una nomenclatura específica para cada elemento por ejemplo para un cilindro extendido se lo representa con el símbolo (+) y retraído con el signo (-), el sistema de numeración en un diseño Scada de cada uso de los componentes es el siguiente:

- 0 alimentación de energía.
- 1.0, 2.0... elementos de trabajo por ejemplo cilindros neumáticos.
- .1..... elementos de mando es la válvula o las válvulas encargadas del accionamiento de los elementos de trabajo.
- .01, .02.... elemento ubicados entre el mando y los elementos de trabajo.
- .2, .4..... todos los elementos que inciden en el avance de los elementos de trabajo.
- .3, .5..... todos los elementos que inciden en el retroceso de los elementos de trabajo.

En cuanto a la simbología utilizada en electro neumática para la identificación de los diferentes elementos tenemos:

Linea de Trabajo Tubería de aire	Linea de mando	Linea de conjunto	Acumulador
Filtro	Purga Manual	Filtro	Compresor
Cilindro simple efecto	Cilindro Doble efecto	Cilindro doble efecto con Amortiguacion	Valvula 2/2 N.C. reposicion por resorte
Valvula 2/2 N.O. reposicion por resorte	Valvula Biestable 2/2 N.O.	Valvula Monoestable con reposicion por resorte 3/2 N.C.	Valvula Monoestable con reposicion por resorte 3/2 N.A.
Valv. Biestable electronica 3/2 estable en sus dos posiciones .	Valvula biestable electronica 5/2 estable en sus dos posiciones .	Valvula biestable neumatica 5/2 estable en sus dos posiciones .	Mando Manual
Pulsador Manual	Pulsador leva mecanica	Rodillo	Electroiman

Fig. 2.1. Simbología equipos neumáticos¹⁶⁶

2.1.1 Diagrama de desplazamiento.

Este diagrama es una representación gráfica, que muestra uno o más movimientos de los elementos de trabajo.

Tenemos tres tipos de diagramas que son:

- A. Diagrama desplazamiento – fases.
- B. Diagrama desplazamiento – tiempo.
- C. Graficet

¹⁶⁶ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

- D. Cuadro de secuencia de movimiento.
- E. Conexión de memorias en cascada

2.1.2 Diagrama de desplazamiento – fases.

Aquí se representa el cambio de estado en cada fase de cada uno de los consumidores, siendo estos un cilindro o actuador neumático, en el eje de las ordenadas se muestra los desplazamientos de cada uno de los elementos; mientras que en el eje de las abscisas se dividen en partes iguales cada una de las fases del proceso.

En caso de existir varios elementos se los representa de la misma manera uno bajo el otro siguiendo la misma secuencia.

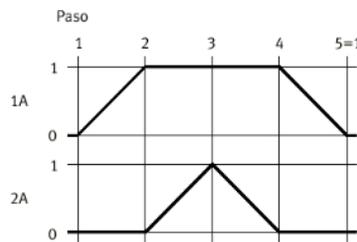


Fig. 2.2 Diagrama de desplazamiento – fases¹⁶⁷

2.1.3 Diagrama de desplazamiento – tiempo.

En este diagrama de fases es igual al anterior, con la variante que en el eje de las abscisas se representa en función del tiempo.

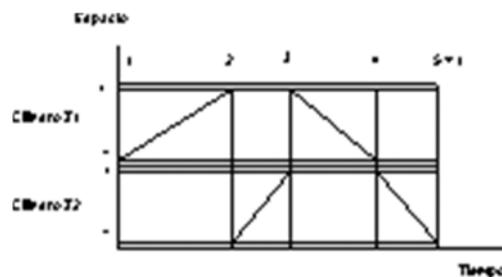


Fig. 2.3 Diagrama de desplazamiento – tiempo¹⁶⁸

2.1.4 Grafcet.

El método Grafcet en una representación secuencial y grafica de cada una de las etapas de un proceso. Los cuadros unidos con líneas orientadas representan cada uno de los

¹⁶⁷ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

¹⁶⁸ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

estados del proceso que van en un sentido, a lado de estas se colocan las líneas que representan el elemento que produjo la transición, al costado de cada cuadrante se coloca la acción que lleva el estado con el signo (+) representa el movimiento de salida del vástago; mientras que el (-) representa el movimiento retroceso del vástago.

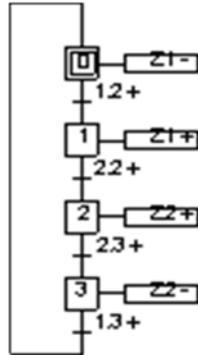


Fig. 2.4 Grafcet.¹⁶⁹

2.1.5 Cuadro de secuencia de movimiento.

Este tipo de diagrama representa al igual que el anterior con un signo + o – el estado del vástago, sin tomar en cuenta los elementos que permitieron esta acción.

ETAPA	ACTUADOR	
	Z1	Z1
1	+	
2		+
3		-
4	-	

Fig. 2.5 Cuadro de secuencia de movimiento¹⁷⁰

2.1.6 Conexión de memorias en cascada.

¹⁶⁹ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

¹⁷⁰ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

Para el diagrama en cascada utilizamos el siguiente procedimiento para la resolución de un sistema neumático.

1.- Primeramente establecemos la secuencia de cada uno de los cilindros de nuestro sistema neumático con letras mayúscula para cada cilindro, seguido del signo – o + de acuerdo a la acción del vástago.

A+ B+ C+ B- D+ D- C- A-

2.- Cada cilindro tendrá una válvula de doble pilotaje, adicionalmente el número total de finales de carrera estará directamente relacionado con el número total de letras de la secuencia.

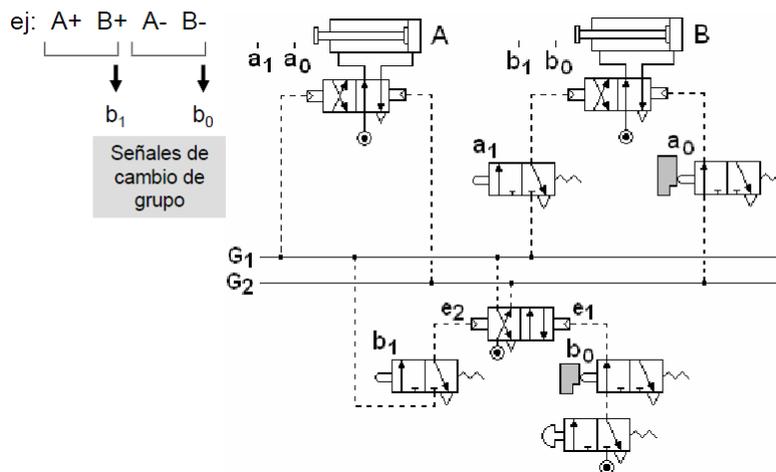


Fig. 2.6 Conexión de memorias en cascada¹⁷¹

3.- Una de las reglas esenciales en este tipo de resolución es que se debe dividir en grupos, en los cuales no debe haber una letra repetida comenzando por el principio de la secuencia:

A+ B+ / A- B-

I II

Una vez establecida el número de grupos determinamos el número de distribuidores 5 / 2, con doble pilotaje neumático a utilizar que se determina restando el número de grupos totales menos 1. Los cuales son pilotados con las últimas señales de los grupos en este caso serían los finales de carrera.

2.2 Tipos de electroválvulas.

Antes de explicar los tipos de válvulas existentes, daremos a conocer los diferentes tipos de válvulas ocupados en la parte neumática que se relacionan directamente con la parte eléctrica.

¹⁷¹ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

Tenemos válvulas de accionamiento directo e indirecto, la diferencia de entre estas es que en la primera el accionamiento se encuentra en la misma válvula por ejemplo válvulas de accionamiento manual o mecánico, en tanto que las de accionamiento indirecto esta se encuentra fuera del mismo por ejemplo cuando necesita de un accionamiento eléctrico o neumático.

También disponemos de electroválvulas monoestables y biestables.

Las válvulas monoestables su recuperación se hace por un elemento mecánico por ejemplo un resorte que regresa a la posición de reposo a la válvula cuando se interrumpe la señal de mando eléctrica.

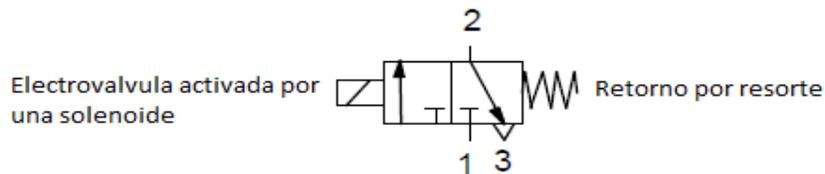


Fig. 2.7 Tipos de electroválvulas.¹⁷²

Las válvulas biestables cada posición es activada por un accionamiento eléctrico ejemplo un una bobina que regresa a la posición correspondiente a cada bobina, permanece en su estado hasta que no se anule la señal de mando que la activo y se active la señal de mando de la otra posición de la válvula.

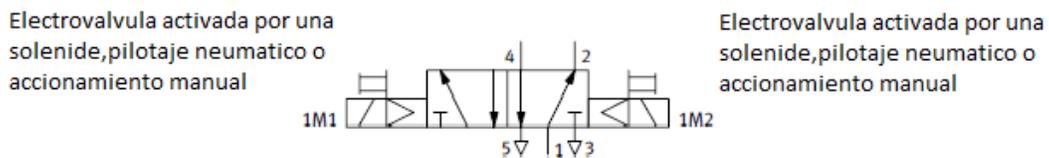


Fig. 2.8 Electroválvula biestable¹⁷³

2.2.1 Electroválvula 3/2 monoestable N.A. y N.C.



Fig. 2.9 Electroválvula 3/2 monoestable N.A. y N.C.¹⁷⁴

¹⁷² Manual de FESTO DIDACTIC TP101

¹⁷³ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

¹⁷⁴ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

Este tipo de electroválvula es actuada directamente por una solenoide, un accionamiento manual o un accionamiento neumático lo cual está indicado en su símbolo; la solenoide que mediante una señal eléctrica produce una fuerza electromotriz que levanta la leva del asiento de la válvula que de acuerdo a su configuración; si es NC el aire comprimido fluye desde 1 hasta 2 y 3 se cierra por la parte superior de la leva, en cuanto de deje de energizar la bobina esta volverá a su posición inicial por acción del resorte como se muestra en el siguiente grafico:

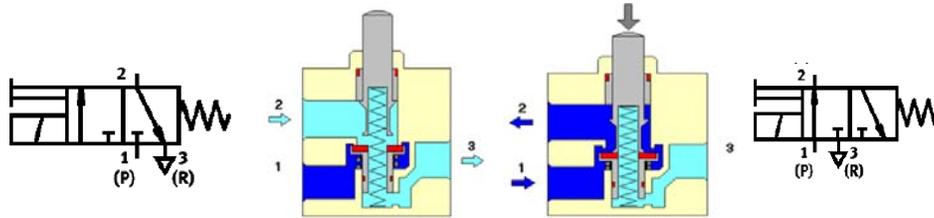


Fig. 2.10 Electroválvula 3/2 Normalmente cerrada¹⁷⁵

En tanto que si su configuración de NO el aire que se encuentra fluyendo de 1 a 2 se cierra y 3 se abre.

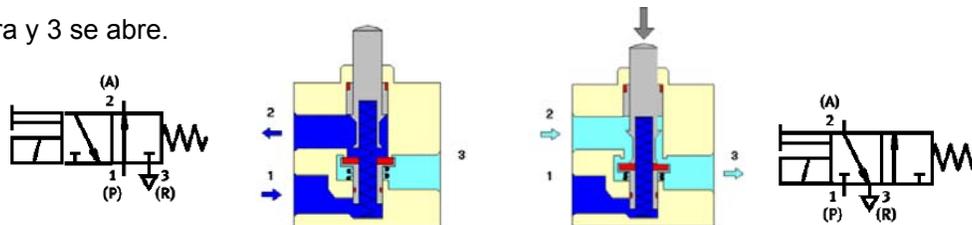


Fig. 2.11 Electroválvula 3/2 Normalmente abierta¹⁷⁶

La aplicación de este tipo de electroválvulas es en cilindros de simple efecto, y también en interrupciones y descargas en líneas de aire neumáticas, para la selección de cualquiera de las configuraciones dependerá de la condición inicial que se requiera en el proceso de control neumático.

2.2.2 Electroválvula 5/2 monoestable.



¹⁷⁵ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

¹⁷⁶ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

Fig. 2.12 Electroválvula 5/2 monoestable¹⁷⁷

Este tipo de válvulas fue creada para la utilización de cilindros de doble efecto, ya que al realizar un mando con electroválvulas 3/2 se requeriría de dos electroválvulas.

La electroválvula está constituida por una entrada de presión y dos salidas cada una con su respectivo escape, está constituida por 5 puertos y dos posiciones su principio de funcionamiento es de embolo deslizante; en su posición de reposo la presión fluye de 1 a 2, 4 está conectado al exterior.

Cuando se energiza la electroválvula produce el desplazamiento del embolo con lo cual la presión fluye de 1 a 4, 2 está conectado al exterior por 3, cuando se producen los cambios de estado en los escapes se produce un ruido elevado por lo que se recomienda utilizar silenciadores que disminuyen los niveles de ruido.

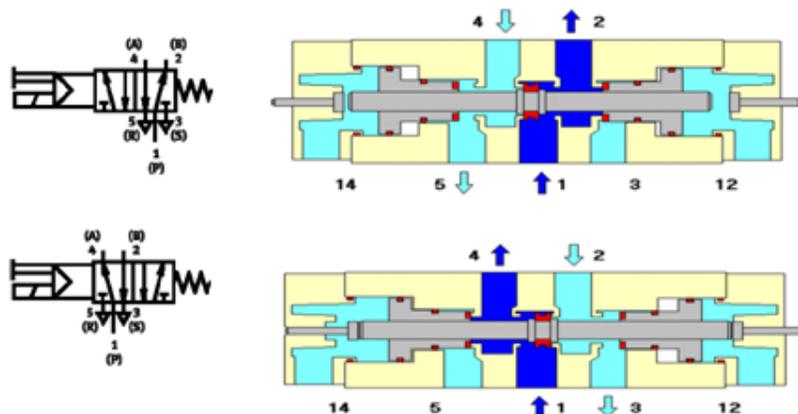


Fig.2.13 Electroválvula 5/2 monoestable con estados de conmutación¹⁷⁸

2.2.3 Electroválvula 5/2 Biestables

A diferencia de las válvulas mencionadas anteriormente la reposición a su estado inicial, es decir, el solenoide acciona la válvula en un sentido y el resorte en su sentido opuesto; cuando la bobina esta sin energía la válvula permanece en su estado inicial.

Al sustituir el resorte por una bobina, se requiere energizar una de las bobinas para activar un estado y la otra para el estado opuesto, la ventaja de esta es que solo requiere de

¹⁷⁷ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

¹⁷⁸ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

un pulso para la activación del estado; teniendo así una válvula con memoria. [13], [14], [15].

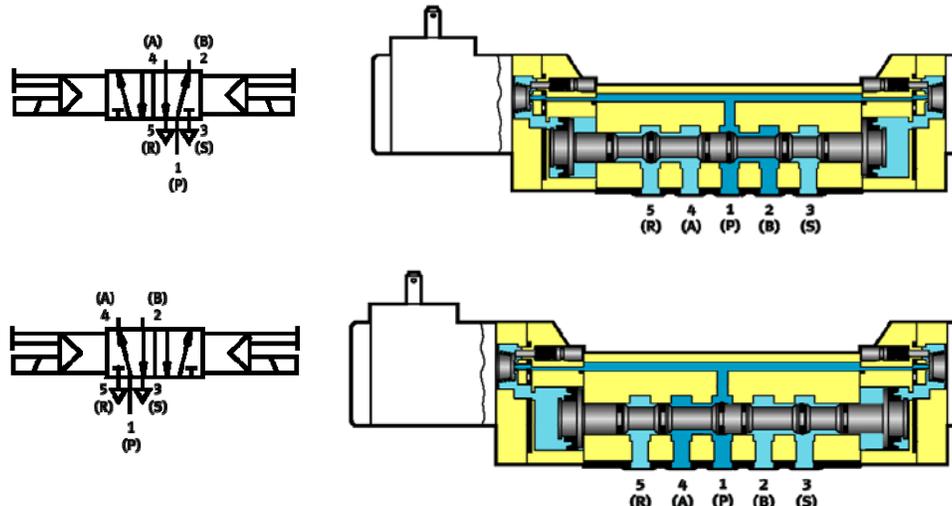


Fig. 2.14 Electroválvula 5/2 Biestable con estados de conmutación¹⁷⁹

2.3 Tipos de sensores de proximidad.

Los sensores de proximidad también conocidos en el ámbito industrial como detector de proximidad, generan un cambio de señal on - off cuando detecta la presencia de un objeto.

Tenemos varias aplicaciones tales como detección del final de carrera de un cilindro, en sistemas de conteo de producción, medición de rpm, de nivel alto y bajo en tanques, sistemas de seguridad personal, etc. Estos sensores no requieren de un contacto físico para producir la señal, por lo que presenta varias ventajas con respecto a los interruptores mecánicos siendo estos:

- a. Libres de mantenimiento.
- b. No presentan desgaste.
- c. No dispone de partes mecánicas.
- d. Alta frecuencia de conmutación.
- e. No proporciona señales falsas ni rebotes.

¹⁷⁹ Manual de FESTO DIDACTIC TP101

Debido a la variedad de procesos existentes en la industria, tenemos una variedad de tipos de tecnologías, tamaños, y características técnicas que de acuerdo a su aplicación dependerá su selección; entre la tecnología más utilizadas tenemos:

1. Inductivos
2. Capacitivos
3. Magnéticos.
4. Reflectivos.

A continuación detallaremos cada una de las tecnologías de los sensores.

2.3.1 Sensores inductivos.

Los sensores inductivos se utilizan específicamente para la detección de materiales ferrosos, en aplicaciones como detección de elementos metálicos para posicionamiento, conteo y demás aplicaciones industriales.

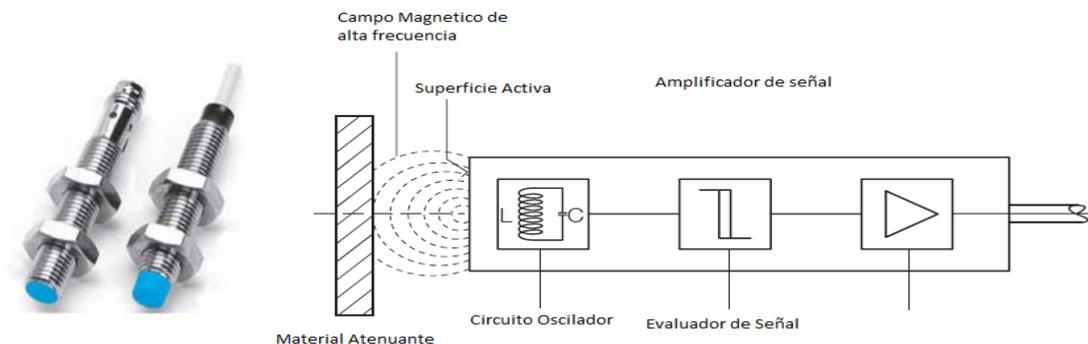


Fig. 2.15 Sensores inductivos¹⁸⁰

Los bloques que constituyen normalmente los sensores inductivos son los siguientes:

2.3.1.1 Campo magnético de alta frecuencia:

Esta es la zona activa donde emerge el campo magnético creado por el circuito oscilador que dependiendo de la disposición de la superficie frontal tenemos sensores razantes y no razantes.

Los sensores razantes solo permiten la detección de un objeto por la parte frontal.

¹⁸⁰ Manual de SICK

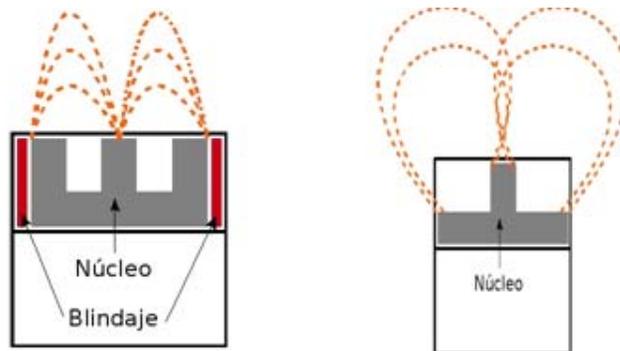


Fig. 2.16 Campo magnético de alta frecuencia¹⁸¹

En tanto que los no razantes tienen mayor área de detección que es por los lados y la parte frontal.

Circuito oscilador.- es la parte del sensor que nos permite tener un voltaje alterno para nuestra bobina y la generación del campo magnético, dicho campo magnético en presencia de un objeto le induce corrientes de Foucault que generan campos magnéticos contrapuestos a los de la bobina, que reduce su inductancia y por ende su impedancia.

A continuación presentamos las tres fases de variación de la amplitud de oscilación generada por el circuito oscilador ante la presencia de un objeto ferroso.

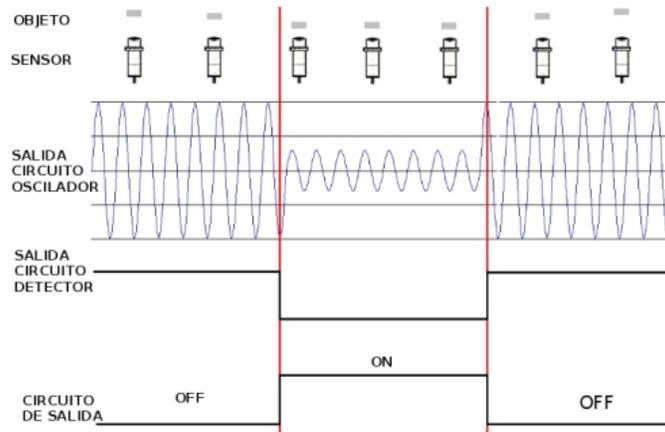


Fig. 2.17 Circuito oscilador¹⁸²

Evaluador de señal.-la señal recibida por el circuito oscilador es convertida en una señal digital, produciendo así a la presencia de un objeto una variación de corriente continua. Por lo general la señal de salida de estado sólido es proporcionada por un transistor, es por eso que tenemos configuraciones PNP o NPN en sensores de tres o cuatro hilos, en sensores de dos hilos la conversión de la señal se lo realiza por un elemento electrónico que suele ser un Triac.

Histéresis.- Es la diferencia entre detección y no detección del objeto a ser detectado, debido a que los sensores no se desactivan inmediatamente, cuando se alejan de la distancia máxima de sensado.

Distancia de sensado.- es la distancia máxima que deberá tener el elemento a ser sensado, para poder ser detectado esta distancia la encontramos en las hojas técnicas de los sensores. Lo que si se debe tomar en cuenta, es el factor de variación de la distancia de sensado, que dependerá de las características del material.

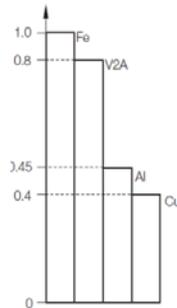


Fig. 2.18 Distancia de sensado¹⁸³

2.3.1.2 Tabla de selección de sensores inductivos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Charac
Sensor technology	I	M	1	2	-	O	2	B	P	S	-	Z	U	O	
Design															
Housing shape															
Sensing range/ installation															
Interface															

Sensor technology
I Inductive

Design
H Barrel
M Cylinder with thread
O Cuboid

Housing shape
03
04
05
06
08
10
12 Diameter
18 or
20 edge length of
30 sensing face
34
40
80

Sensing range/ installation
D Flush
N Non-flush
02B 2 mm; flush
04N 4 mm; non-flush
1B5 1.5 mm; flush
2N5 2.5 mm; non-flush

other codes
K Short body housing

Connection
W Cable, PVC
U Cable, PUR/PVC
P Cable with connector, M8x1
T Connector, M8x1
C Connector, M12x1
K Terminals

Housing material
Z Ms, nickel-plated
V Stainless steel
K Plastic

Output
S NO
O NC
P Programmable/complementary
N NAMUR

Interface
P DC (3/4-wire) PNP
N DC (3/4-wire) NPN
C DC (4-wire) PNP or NPN
D DC (2-wire)
A AC 2-wire
U AC/DC 2-wire
- NAMUR

¹⁸² Manual de SICK
¹⁸³ Manual de SICK

Fig. 2.19 Tabla de selección de sensores inductivos¹⁸⁴

2.3.2 Sensores capacitivos.-

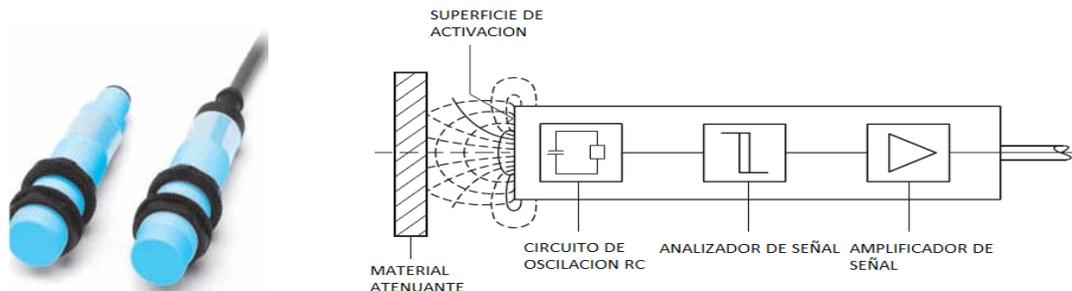
Los sensores capacitivos son similares a los inductivos, con la diferencia que estos generan un campo electrostático. Además nos permiten sensor cualquier tipo de material en estado sólido o líquido sea este metálico o no metálico.

Su principio de funcionamiento está basado en la de un condensador, como es de conocimiento de todos un capacitor es un dispositivo formado por dos placas separadas por un material dieléctrico (que no permite el paso de la corriente eléctrica); que sometidos a una diferencia de potencial adquieren una diferencia eléctrica. Por eso es importante la capacitancia de los materiales ya que es la propiedad de cada uno para adquirir carga eléctrica cuando es sometido a un potencial eléctrico con respecto a un neutro. La disposición utilizada es la de condensador abierto, cuyo funcionamiento está basado en la unión de dos placas en un mismo plano; que al aplicar una tensión generan un campo electrostático, para la simetría la placa A2 es para generar un campo eléctrico en anillo concéntrico con respecto a la placa central A1.



Fig. 2.20 Campo electrostático sensores capacitivos¹⁸⁵

Las partes constitutivas de un sensor capacitivo son similares a los inductivos.



¹⁸⁴ Manual de SICK

¹⁸⁵ Manual de SICK

Fig. 2.21 Sensores capacitivos¹⁸⁶

Circuito Oscilador: Al ingresar un material a la superficie de activación donde se encuentra el campo eléctrico generado provoca un aumento en la amplitud de oscilación y conforme este se va alejando va disminuyendo la amplitud de oscilación.

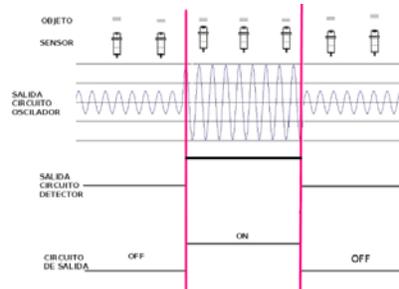


Fig. 2.22 Circuito Oscilador¹⁸⁷

Analizador De Señal: En esta etapa la señal mediante un circuito rectificador, que traduce la aproximación del objeto en una señal continua.

Potenciómetro: La sensibilidad (distancia de detección) de la mayoría de los sensores capacitivos puede ajustarse por medio de un potenciómetro. Al realizar el ajuste nos permite eliminar la detección entre elementos (por ejemplo, es posible determinar el nivel de un líquido a través de la pared de vidrio de su recipiente.)

Amplificador de señal: Al igual que el inductivo este procesa la señal emitida por la etapa de análisis para determinar la señal de histéresis, adicionalmente en estos sensores disponemos de un potenciómetro para aumentar o disminuir la sensibilidad, para así determinar el nivel de un elemento que se encuentra en un recipiente.

A continuación ponemos en consideración la tabla de factores de los materiales más importantes.

¹⁸⁶ Manual de SICK

¹⁸⁷ Manual de SICK

iron earthed	1.0
Wáter	1.0
(corn)	0.3...0.6
Wood	0.2...0.9
Glass	0.3...0.7
Oil	0.2
PVC	0.4
PE	0.37
ceramic material	0.3

2.1 Tabla Factor

materiales¹⁸⁸

2.3.2.1 Tabla de selección de sensores capacitivos

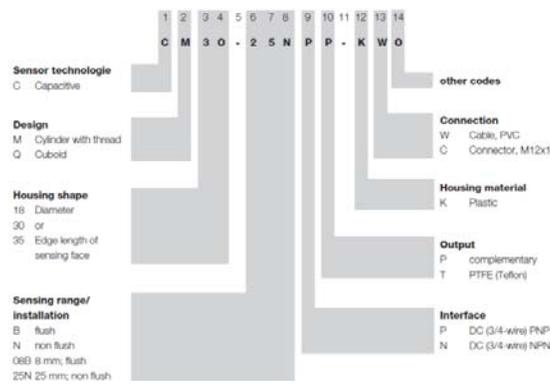


Fig. 2.23 Tabla de selección de sensores capacitivos¹⁸⁹

2.3.3 Sensores magnéticos.

Los sensores magnéticos, tiene al igual que los inductivos un circuito de oscilación LC; están constituidos por un circuito de oscilación, un evaluador y amplificador de señal, similares a los sensores inductivos.

¹⁸⁸ Manual de SICK

¹⁸⁹ Manual de SICK

Adicionalmente se tiene un núcleo de vidrio – metal, cuya función es la de disminuir la atenuación del circuito de oscilación con las pérdidas de corrientes de Foucault; disminuyendo así la oscilación producida.

El consumo de energía de un sensor de proximidad magnético por lo tanto aumenta a medida que es un imán acerca, en contraste con sensores de proximidad inductivos en que el oscilador actual se reduce al momento de la detección de un objeto.

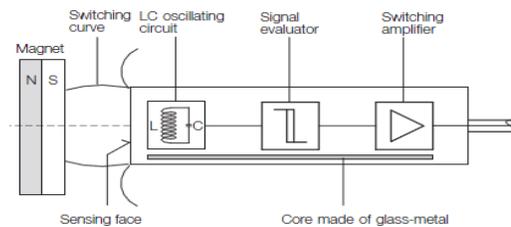


Fig. 2.24 Sensores magnéticos¹⁹⁰

La ventaja de este tipo de sensores dispone de una mayor distancia de sensado, permitiendo detectar un objeto magnético a través de materiales que permiten que estos pasen.

También poseemos sensores con configuración rasante o no rasante, en cuanto a la posición del imán o elemento magnético debe tener una posición fuera de elementos magnetizantes ya que estos reducen en un porcentaje del 60% su detección.

2.3.3.1 Tabla de selección de sensores magnéticos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	M	O	I	O	-	S	O	A	P	S	-	K	U	O	other codes
Sensor technology	M														
M	Magnetic														
Design	H	M	Q												
H	Barrel														
M	Cylinder with thread														
Q	Cuboid														
Housing size	08	10	12	18											
08	Diameter														
10	or														
12	edge length of														
18	sensing face														
Sensing range/ magnetic field	60	70	A												
60	In mm relative to														
70	stand. magnet M4.0														
A	Axial														
Connection	W	U	T	C											
W	Cable, PVC														
U	Cable, PUR-PVC														
T	Connector, M8x1														
C	Connector, M12x1														
housing material	Z	K													
Z	M5, nickel-plated														
K	Plastic														
Output	S	N													
S	NO														
N	NAMUR														
Interface	P	N	-												
P	DC (3-wire) PNP														
N	DC (3-wire) NPN														
-	NAMUR														

Fig. 2.25 Tabla de selección de sensores magnéticos¹⁹¹

2.3.4 Sensores fotoeléctricos.

¹⁹⁰ Manual de SICK

¹⁹¹ Manual de SICK

Este tipo de sensores se los conoce también como sensores ópticos, son utilizados para detectar cualquier tipo de objetos independientemente de la distancia.

Se encuentran divididos en tres grupos principales que son:

- A. Sensores de barrera réflex
- B. Sensores difuso reflectivos.
- C. Sensores autoreflex
- D. Sensores de fibra óptica.

2.3.4.1 Sensores de barrera réflex (through-beam).

Este tipo de sensores emiten una señal cuando un objeto corta un haz de luz infrarroja, que sale en línea recta desde un elemento emisor hacia un elemento receptor por un sistema óptico indicando que un objeto acaba de ser detectado. Estos elementos se encuentran separados y se pueden utilizar para detectar objetos reflectantes o brillantes dentro de un espacio amplio. No aplicable para objetos transparentes.

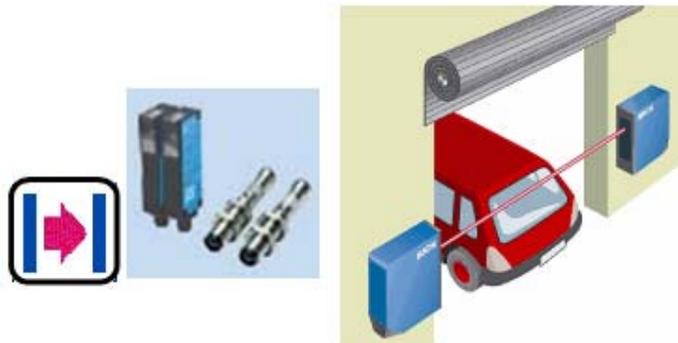


Fig. 2.26 Sensores de barrera réflex¹⁹²

Las ventajas de este tipo de sensores es la alta sensibilidad a largas distancias debido a que el haz de luz viaja en una sola dirección.

En cuanto a desventaja el elevado costo de instalación, debido a la alineación y cableado necesaria para la fijación de sus dos componentes.

2.3.4.2 Sensores difuso reflectivos.

¹⁹² Manual de SICK

También se los conoce con el nombre de sensores réflex o de retro-reflexión, a diferencia del anterior este tipo de sensor dispone del elemento emisor y receptor en el mismo cuerpo; el enlace de luz se realiza mediante un elemento reflector o catadióptrico que se encuentra dispuesto en la parte frontal.

En el momento que se interpone un objeto entre el sensor y el espejo, impide que el elemento receptor se excite, cambiando su señal de estado.



Fig. 2.27 Sensores difuso reflectivos¹⁹³

Las ventajas de este sensor es la facilidad de instalación, en cuanto a sus desventajas los elementos brillantes, ambientes húmedos, o en presencia de gotas de agua provocan errores de detección, ya que estos pueden reflejar el haz de luz emitida hacia el receptor.

2.3.4.3 Sensores auto réflex.

Conocidos también como sensores ópticos de proximidad o sensores de reflexión directa; es similar al anterior con la diferencia que para el enlace de luz se lo realiza mediante la reflexión en el objeto a ser detectado.

Los sensores de reflexión difusa el emisor emite una señal de haz de luz hacia el objeto, en ausencia el haz de luz emitido se pierde en el espacio, en presencia del objeto la superficie de esta produce una reflexión difusa de la luz, parte de la luz reflectada incide en el receptor y cambia su señal de estado.



¹⁹³ Manual de SICK

Fig. 2.28 Sensores auto réflex¹⁹⁴

Ventajas permite la detección de objetos reflectantes, en cuanto a sus desventajas disminuye considerablemente su distancia de sensado.

2.3.5 Sensores de fibra óptica.

Los sensores de fibra óptica se los utiliza en aplicaciones donde existe alguna prohibición constructiva o falta de espacio. Sus principios de funcionamiento más utilizados son de autoreflex y barrera réflex. Consiste en una o más fibras de plástico transparente en cuyo interior se propaga la luz infrarroja en forma de zigzag de una a otra fibra, la cual dependiendo del principio utilizado nos enviara la señal de detección. Además de los cables de fibra óptica este sensor está conformado por un amplificador electrónico el cual emite la señal de luz.



Fig. 2.29 Sensores de fibra óptica¹⁹⁵

Ventajas: este tipo de sensores nos permite detectar objetos pequeños, y su instalación en áreas limitadas, su desventaja seria en el caso de configuración como barrera réflex su alineación, en el caso de autoreflex disminución de distancia de sensado, además del grado en la curvatura de las fibras ópticas, que pueden dañar internamente el conductor de luz. [\[16\]](#), [\[17\]](#).

2.4 Sistema Intouch.

2.4.1 Introducción.

¹⁹⁴ Manual de SICK

¹⁹⁵ Manual de SICK

El sistema Intouch es el software más utilizados y sencillo para el desarrollo de interfaces hombre – máquina en cualquier tipo de industria pudiendo ser alimenticia, madereras, metalúrgicas, bebidas, petrolera etc.

Permitiendo controlar y monitorear a cualquier momento uno o varios procesos dentro de un sistema operativo como Microsoft Windows, que en la actualidad es el software utilizado e implementado para todo tipo de computador personal o industrial.

Así se aprovecha todas las características Microsoft Windows como graficas, comunicaciones, trabajos en red y demás características propias de este.

2.4.1.1 Subprogramas principales.

Dentro del entorno de intouch disponemos de tres sub programas, en los que navegaremos para realizar cada una de las tareas necesarias para la creación de una nueva aplicación siendo estas:

- Administrador de aplicaciones.
- Windowmaker
- Windowviewer

2.4.1.2 Administrador de aplicaciones.-

Es el programa en donde se pueden crear, borrar, abrir, buscar cualquier tipo de aplicación creado en el entorno de Windowmaker o windowviewer.

Además de ejecutar programas que sirven para extraer y cargar un determinado diccionario de tagnames desde cualquier lugar en el directorio hacia una aplicación.

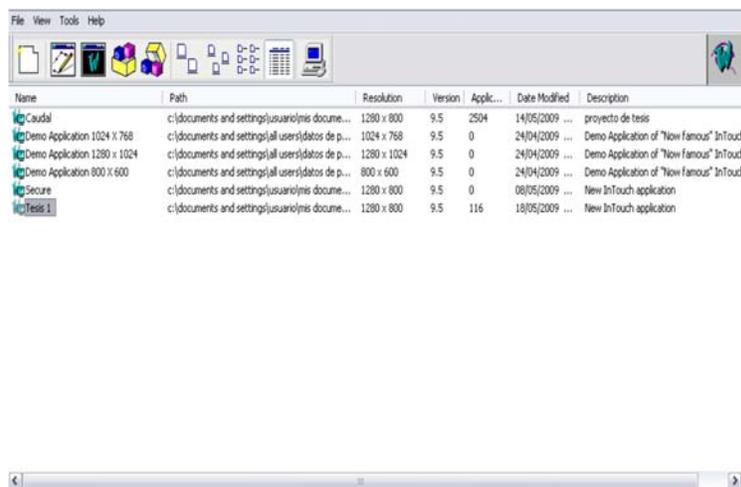


Fig. 2.30 Administrador de aplicaciones¹⁹⁶

2.4.2 Windowmaker.-

Este es el programa de desarrollo, en el cual se encontraran varias funciones que permitirán desarrollar varias pantallas interactivas conectadas con otras aplicaciones o entradas y salidas externas, que pueden venir de un PLC o de un equipo electrónico de control con comunicación.

Nos brinda varias herramientas tanto graficas como textuales para dibujar cualquier indicador o control, en caso de necesitar de formas más complejas o herramientas adicionales, este programa nos brinda herramientas tipo Wizards. Para la creación de pantallas lo más reales posibles, se dispone de una amplia gama de figuras y formas que se puede encontrar en el Symbol Factory.

Cada una de las imágenes u objetos creados pueden tener una animación, de tal manera que pueda crearse una pantalla lo más real al proceso que se está automatizando. Para esto a cada figura u objeto se le asigna un tagname, cuyo número disponible es limitado, mientras mas tags o variables se requieran el programa Intouch es más caro.

2.4.3 Windowviewer.-

Es el runtime de las aplicaciones creadas en windowmarker, aquí se ejecuta todas y cada una de las animaciones creadas en windowmarker. Al ejecutar este programa no se puede realizar ningún cambio en las ventanas creadas, para realizar alguna modificación se debe detener la ejecución de esta y volver a la programa de diseño (windowmarker). [18]

2.5 Utilidades

La aplicación Intouch nos permite realizar una simulación grafica en línea de cada una de las etapas que conforma nuestro proyecto.

Permitiéndonos realizar la adquisición de datos, activación y desactivación de etapas del proceso, generación de un sistema Scada al más alto nivel.

¹⁹⁶<http://mazzola.iit.uni-miskolc.hu/~kulcsfm/InTouch/InTouchUG.pdf>

2.6 Aplicación del software al proyecto.

En la elaboración del proyecto el entorno Intouch nos permitirá realizar el aprendizaje de las diferentes configuraciones permisibles para un sistema de control por comunicación de datos utilizando Ethernet.

Se Realizara una guía de utilización de interface hombre - máquina de tal manera que permita al usuario configurar en sus procesos este tipo de sistemas para ayuda de adquisición de datos como control de un proceso remoto.

CAPITULO III

3. Implementación, desarrollo de prácticas y pruebas de funcionamiento.

3.1 Selección de los equipos a utilizar.

En el capítulo 1 y 2 se analizó cada uno de los elementos industriales que se disponen para la automatización de procesos cuya información podemos encontrar disponible en las páginas de internet de cada una de las marcas representadas.

Esta información es de mucha utilidad para la selección de los equipos idóneos para las distintas aplicaciones industriales tanto en el campo neumático, eléctrico, e instrumentista que es básicamente lo que abarca este curso de automatización industrial.

En nuestro caso se determinó cada uno de los equipos para el desarrollo de un módulo didáctico para automatización industrial enfocados en el área de neumática, programación de PLCs, creación de interfaces industriales HMI y manejo de instrumentación para variables de flujo, nivel y temperatura.

El criterio de selección fue utilizar todos y cada uno de los equipos disponibles en los tableros de electroneumática y los elementos de los diferentes módulos de pruebas de equipos industriales para la integración a un módulo de aprendizaje.

Debido a la variedad de equipos disponibles se seleccionó los que se acoplen directamente a nuestro módulo de aprendizaje y que manejen rangos bajos de medida.

A continuación realizaremos una descripción de cada uno de los elementos involucrados en la creación del módulo Didáctico.

3.1.1 Aire neumático.-

La empresa Dispone de un compresor capaz de proveernos una presión de 6 a 7 bares para el funcionamiento de cada uno de nuestros elementos electro-neumáticos.

ESPECIFICACIONES	
Modelo:	SCHULZ
Capacidad (cfm):	70
Presion de Aire (psi)	100
Velocidad del motora plena carga(rpm):	3300
Potencia	15HP
Voltage Alimentacion	220VAC



Fig. 3.1 Compresor Ecuainsetec¹⁹⁷

3.1.2 Energía Eléctrica.-

La energía eléctrica con la que funcionaran cada uno de los equipos, será de 24VDC. Para lo cual disponemos de una fuente de Voltaje de 24VDC con una capacidad de corriente de 10Amperios, corriente suficiente para el manejo de las cargas que manejaremos en el módulo didáctico.



¹⁹⁷ Fotografía y datos compresores Ecuainsetec

Fig. 3.2 Fuente Ecuainsetec¹⁹⁸

3.1.3 Tablero Didáctico.-

El tablero didáctico que dispone la empresa para su curso de neumática y electroneumática es un tablero de aluminio con estructura para el montaje de los diferentes elementos electro – neumáticos, que permite una visualización y simulación de las prácticas.



Fig. 3.3 Tablero de Electroneumática ECUAINSETEC ¹⁹⁹

A continuación detallamos los elementos ocupados del tablero de electroneumática de la empresa:

¹⁹⁸<http://www.juguetrónica.com/robotronicacom/FUENTES%20DE%20ALIMENTACION/FUENTES%20DE%20ALIMENTACION.html>

¹⁹⁹ Fotografía tablero de electroneumática Ecuainsetec

3.1.4 Módulos de relés.-

Este es uno de los módulos que utilizaremos del tablero de la empresa que nos permitirán conectar las salidas de nuestro PLC para la activación de las cargas correspondientes, de tal manera de evitar que una mala conexión o cortocircuito afecte directamente a nuestro PLC.



Fig. 3.4 Módulo de relés ²⁰⁰

3.1.5 Módulos de Pulsadores.-

Este módulo proporcionado por la empresa, permitirá realizar la activación y desactivación de la señal de entrada hacia nuestro PLC para el inicio o paro de un circuito.

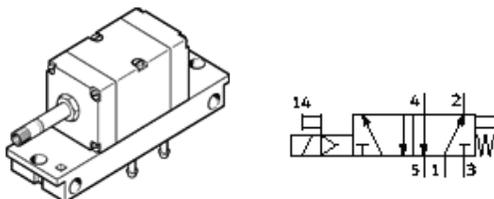
Disponemos de pulsadores con o sin enclavamiento.



Fig. 3.5 Módulo de pulsadores ²⁰¹

3.1.6 Elementos electro neumáticos.

3.1.6.1 Electroválvulas Monoestables 5/2 vías.



²⁰⁰<http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes>

²⁰¹ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

Fig. 3.6 Electroválvula Monoestable 5/2 ²⁰²

La electroválvula del tablero de electroneumática, en una electroválvula 5 vías dos posiciones, pilotada con una bobina de activación de 24VDC que permitirá su cambio de estado y su retorno es por resorte, esta electroválvula no permitirá accionar nuestro cilindro de doble efecto.

Caracter.	Propiedades
Función de las válvulas	5/2 monoestable
Caudal nominal normal	105 l/min
Presión de funcionamiento	3 ... 8 bar
Construcción	asiento de plato
Diámetro nominal	2,5 mm
Principio de hermetización	blando
Desconexión del tiempo de conmutación	22 ms
Conexión del tiempo de conmutación	10 ms
Fluido	Aire comprimido según ISO8573-1:2010 [7:-:-]
Temperatura del medio	-10 ... 60 °C
Temperatura ambiente	-5 ... 40 °C

Fig. 3.7 Descripción técnica MFH-5-PK-3 ²⁰³

El código de la electroválvula es 4448 y su descripción es MFH-5-PK-3

3.1.6.2 Electroválvulas Biestables 5/2 vías.-

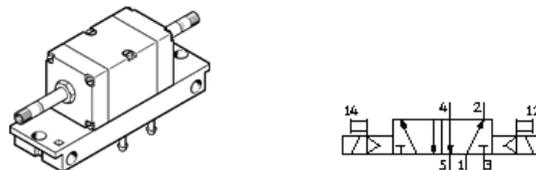


Fig. 3.8 Electroválvula Biestables 5/2 ²⁰⁴

Esta electroválvula es una electroválvula 5 vías 2 posiciones, necesita dos pilotajes cada uno controla uno de los estados de la electroválvula, es necesario un pulso para su activación.

El código de la electroválvula es 4447 y su descripción es JMFH-5-PK-3

Caracter.	Propiedades
Función de las válvulas	5/2 biestable
Caudal nominal normal	105 l/min
Presión de funcionamiento	2 ... 8 bar
Construcción	asiento de plato
Diámetro nominal	2,5 mm
Principio de hermetización	blando
Cambio del tiempo de conmutación	13 ms
Fluido	Aire comprimido según ISO8573-1:2010 [7:-:-]
Temperatura del medio	0 ... 60 °C
Temperatura ambiente	0 ... 40 °C

²⁰² http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²⁰³ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²⁰⁴ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

Fig. 3.9 Descripción técnica JMFH-5-PK-3²⁰⁵

En el caso que exista dos pilotajes a la vez la electro válvula quedara en un estado conmutado, para corregir este error se deberá enviar un pulso a una de las bobinas.

3.1.6.3 Electroválvulas Monoestables 3/2 vías.-

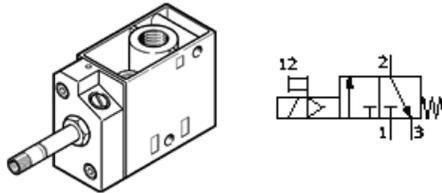


Fig. 3.10 Electroválvula Monoestable 3/2²⁰⁶

Electroválvula pilotada con una bobina de activación de 24VDC que permitirá su cambio de estado y su retorno es por resorte, esta electroválvula no permitirá accionar nuestro cilindro de simple efecto.

El código de la electroválvula es 7802 y su descripción es MFH-3-1/8

Caracter.	Propiedades
Función de las válvulas	3/2 cerrada monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Caudal nominal normal	500 l/min
Presión de funcionamiento	1,5 ... 8 bar
Construcción	asiento de plato
Tipo de reposición	muelle mecánico
Tipo de protección	IP65

Fig. 3.11 Descripción técnica MFH-3-1/8²⁰⁷

3.1.7 Elementos neumáticos.

3.1.7.1 Cilindro de simple efecto.-



²⁰⁵ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²⁰⁶ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²⁰⁷ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

Fig. 3.12 Cilindro de Simple efecto ²⁰⁸

Cilindro de simple efecto de forma cilíndrica para que se acople a las necesidades prácticas por su tamaño, ya que no se requiere de mayor fuerza debido a que no se va a mover o empujar alguna carga.

Requiere de un pilotaje neumático para que su carrera se extienda y se retrae por medio del resorte.

El código del cilindro de simple efecto es 5103 y su descripción es ESNU-25-50-P-A cilindro diámetro 25mm carrera 50mm.

Caracter.	Propiedades
Carrera	50 mm
Diámetro del émbolo	25 mm
Rosca del vástago	M10x1,25
Amortiguación	P: Amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados
Presión de funcionamiento	1,2 ... 10 bar
Forma de funcionamiento	de simple efecto compresión
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Émbolo Vástago Camisa del cilindro
Detección de la posición	Para detectores de posición
Variantes	vástago simple

Fig. 3.13 Descripción técnica ESNU-25-50-P-A ²⁰⁹

3.1.7.2 Cilindro de doble efecto.-



Fig. 3.14 Cilindro de Doble efecto ²¹⁰

Cilindro de doble efecto de forma cilíndrica criterio de selección igual que el anterior, requiere de dos pilotajes neumáticos para que su carrera se extienda o retraiga.

²⁰⁸ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²⁰⁹ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²¹⁰ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

Adicionalmente internamente se encuentra acoplado con un anillo magnético para la detección de su posición.

El código del cilindro de doble efecto es 9669 y su descripción es DSN-25-100-PPV-A cilindro diámetro 25mm carrera 100mm.

Caracter.	Propiedades
Carrera	100 mm
Diámetro del émbolo	25 mm
Rosca del vástago	M10x1,25
Amortiguación	PPV: Amortiguación neumática regulable a ambos lados
Presión de funcionamiento	1 ... 10 bar
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C

Fig. 3.15 Descripción técnica DSN-25-100-PPV-A ²¹¹

3.1.8 Elementos eléctricos.-

3.1.8.1 Sensores Inductivos.-

Para los sensores inductivos los criterios de selección fueron distancia de sensado, la forma constructiva, el voltaje de alimentación, y tipo de salida.



Fig. 3.16 Sensor Inductivo rozante ²¹²

Dispusimos de varias alternativas en cuanto a la forma cuadrada, rectangular, cilíndrica; se seleccionó los sensores de forma cilíndrica por su fácil adaptación mecánica al tablero didáctico.

Su distancia de sensado de 5mm era la suficiente para la detección de la carrera de los cilindros neumáticos.

Su voltaje de alimentación es de 10- 30VDC que se acopla a nuestra fuente de alimentación y nos brinda la señal de detección necesaria para los módulos de entradas de nuestro PLC.

²¹¹ [http://www.festo.com/net/es es/SupportPortal/InternetSearch.aspx](http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx)

²¹² <https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=51548>

El código del sensor inductivo es 6011987 y su descripción es IM18-05BPS-ZW1

Features	
Housing:	Cylindrical
Thread size:	M18 x 1
Sensing range Sn:	5 mm
Installation type:	Flush
Switching frequency:	600 Hz
Output type:	PNP
Output function:	NO
Electrical wiring:	DC 3-wire
Enclosure rating:	IP 67 ¹⁾
Connection type:	Cable, 3-wire, 2 m
Supply voltage:	10 V DC ... 30 V DC

Fig. 3.17 Descripción técnica IM18-05BPS-ZW1 ²¹³

3.1.8.2 Sensores capacitivos.-



Fig. 3.18 Sensor Capacitivo no rasante ²¹⁴

Para los sensores capacitivos los criterios de selección fueron distancia de sensado, la forma constructiva, el voltaje de alimentación, y tipo de salida.

El código del sensor capacitivo seleccionado es 6020389 y su descripción es CM18-12NPP-KW1

²¹³<https://www.mysick.com/D=51548>

²¹⁴<https://www.mysick.com/D=51548>

Features	
Housing:	Cylindrical
Thread size:	M18 x 1
Sensing range Sn:	12 mm
Assured sensing range Sa:	8.64 mm
Installation type:	Non-flush
Sensitivity adjustment:	Potentiometer, 270°
Switching frequency:	30 Hz
Output type:	PNP
Output function:	Complementary
Electrical wiring:	DC 4-wire
Enclosure rating:	IP 67 ¹⁾
Connection type:	Cable, 4-wire, 2 m ²⁾
Supply voltage:	10 V DC ... 40 V DC

Fa&Cult=English&ProductI

Fa&Cult=English&ProductI

Fig. 3.19 Descripción técnica CM18-12NPP-KW1²¹⁵

3.1.8.3 Sensores magnéticos.-



Fig. 3.20 Sensor Magnético ²¹⁶

Para los sensores magnéticos los criterios de selección fueron distancia de sensado, la forma constructiva, el voltaje de alimentación, y tipo de salida.

Este sensor nos permitirá determinar mediante la detección del campo magnético generado por el anillo interno del cilindro neumático.

Se seleccionó los sensores magnéticos rectangulares proporcionados por Festo que se acoplan directamente al cilindro de tal manera de no construir un acople mecánico.

El código del sensor magnético es 543862 y su descripción es SME-8M-DS-24V-K-2,5-OE

Caracter.	Propiedades
Homologación	C-Tick c UL us - Listed (OL)
Marcado CE (ver declaración de conformidad)	Según la normativa UE sobre EMC
Margen de tensión de funcionamiento AC	5 ... 30 V
Margen de tensión de funcionamiento DC	5 ... 30 V
Principio de medición	magnético Reed
Temperatura ambiente	-40 ... 70 °C
Salida	bipolar, con contacto
Función del elemento de conmutación	contacto de trabajo
Corriente máxima de salida	500 mA
Corriente máx. de salida en los kits de fijación	80 mA
Capacidad de conmutación AC máxima	10 VA
Rendimiento DC máximo de conmutación	10 W
Potencia de conmutación máxima CC en los kits de fijación	2,4 W
Potencia de conmutación máxima CA en los kits de fijación	2,4 VA
Caída de tensión	1,5 V

Fig. 3.21 Descripción técnica SME-8M-DS-24V-K-2,5-OE²¹⁷

²¹⁵<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=51548>

²¹⁶http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²¹⁷http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

3.1.8.4 Sensor fotoeléctrico auto réflex.-



Fig. 3.22 Sensor Fotoeléctrico Auto réflex²¹⁸

Este sensor de un emisor y receptor en el mismo elemento, mediante una luz óptica infrarroja que rebota sobre el cuerpo hacia el receptor envía una señal de detección.

Los criterios de selección fueron distancia de sensado, la forma constructiva, el voltaje de alimentación, y tipo de salida.

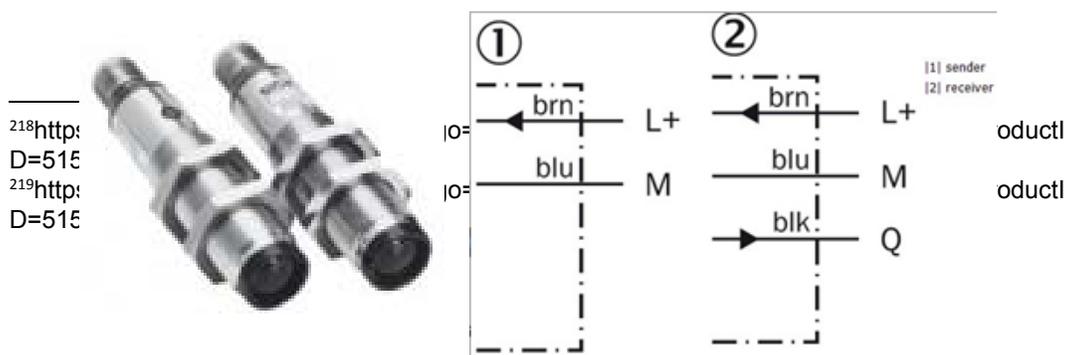
Por la facilidad de montaje seleccionamos este sensor en forma cilíndrica, maneja las mismas características de salida y alimentación; lo que se tomo muy en cuenta fue su distancia de sensado, que debía comprender entre los 10 a 15 cm variables para evitar que de falsas señales y detecte objetos que se encuentren a su alrededor.

El código del sensor fotoeléctrico es 6011641 y su descripción es VT18-2P4420S02

Features	
Sensor/detection principle:	Photoelectric proximity sensor, energetic
Housing design (light emission):	angled 90°
Housing length:	96 mm
Thread diameter (housing):	M18 x 1
Supply voltage:	10 V DC ... 30 V DC ¹⁾
Residual ripple:	≤ 10 % ²⁾
Power consumption:	≤ 30 mA ³⁾
Output type:	PNP, light/dark-switching
Signal voltage PNP HIGH/LOW:	Approx. VS - 1.0 V/0 V
Output current I _{max} :	100 mA
Response time:	≤ 5 ms ⁴⁾
Switching frequency:	100 Hz with light/dark ratio 1:1
Connection type:	Connector M12, 4-pin +25 °C

Fig. 3.23 Descripción técnica VT18-2P4420S02²¹⁹

3.1.8.5 Sensor fotoeléctrico unidireccional.-



²¹⁸<http://D=51E>
²¹⁹<http://D=51E>

Fig3.24 Sensor Fotoeléctrico Unidireccional²²⁰

Este sensor dispone de dos elementos un emisor y un receptor, una vez que un objeto atraviesa la señal infrarroja el sensor emite una señal de detección.

Los criterios de selección fueron distancia de sensado, la forma constructiva, el voltaje de alimentación, y tipo de salida.

La selección e lo que respecta a la distancia que disponemos en nuestro tablero didáctico.

El código del sensor fotoeléctrico unidireccional es 1026142 y su descripción es MHSE15-P2236

Features	
Sensor/detection principle:	Through-beam photoelectric sensor
Housing design (light emission):	Cylindrical, straight
Housing length:	35.8 mm
Thread diameter (housing):	M18 x 1
Optical axis:	Axial
Sensing range max.:	0 m ... 5 m
Sensing range:	0 m ... 3.8 m
Supply voltage:	10 V DC ... 30 V
Residual ripple:	$\leq 5 \text{ Vpp}$ ²⁾
Power consumption:	30 W ³⁾
Output type:	PNP, Dark-switching
Signal voltage PNP HIGH/LOW:	Uv - (< 2.9 V)/ca. 0 V

Fig. 3.25 Descripción técnica MHSE15-P2236²²¹

3.1.8.6 Presostato



²²⁰<https://www.mysick.com/eCat.aspx?gD=51548>

²²¹<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=51548>

...&At=Fa&Cult=English&ProductID=51548

Fig. 3.26 Presostato²²²

Es un convertidor de señal neumático-eléctrico este fue seleccionado de acuerdo a los rangos máximos de presión que disponemos en nuestro Compresor que es de 6 a 7 Bares los mismos que podrán ser regulados por nuestros reguladores de presión, para así variar sus límites de detección.

El código del Presostato es 8625 y su descripción es PEN-M5

Caracter.	Propiedades
Método de medición	Presostato diferencial neumático/eléctrico
Presión de funcionamiento	-1 ... 8 bar
Fluido	Aire comprimido según ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Temperatura del medio	-20 ... 60 °C
Temperatura ambiente	-20 ... 60 °C
Salida	PNP
Función del elemento de conmutación	contacto de trabajo
Frecuencia máxima de conmutación	70 Hz
Corriente máxima de salida	350 mA
Anticortocircuitaje	sí
Margen de tensión de funcionamiento DC	12 ... 30 V

Fig. 3.27 Descripción técnica PEN.M5²²³

3.1.9 Diseño del sistema hidráulico.

Para el sistema hidráulico se disponía de dos opciones un tanque metálico con mirilla y un tanque de acrílico. Se determinó trabajar con el tanque de acrílico por la transparencia, el peso, fácil mantenimiento, resistente a la corrosión y fácil transporte que es lo primordial para nuestro módulo didáctico propuesto para pruebas.

Adicionalmente nos permitirá observar el desarrollo de cada una de las prácticas en cuanto a la variación del nivel del fluido, que en nuestro caso es agua.

Dimensiones internas del tanque ya que la pared del acrílico tiene un grosor de 0.7mm.

Diámetro: 0.29m

Altura: 0,75m

Estos datos son los utilizados para la realización de la tabla de cubicación.

²²² http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

²²³ http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/InternetSearch.aspx

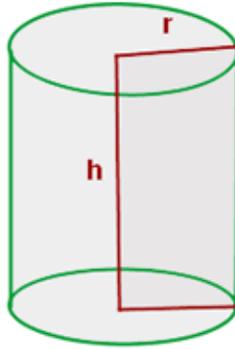


Fig. 3.28 Dimensiones del tanque acrílico²²⁴

3.1.9.1 Tubería y Accesorios.-



Fig. 3.29 Tubería y acoples rápidos²²⁵

Los elementos ocupados para la integración del sistema hidráulico son tuberías de poliamida rígidas proporcionados por FESTO en diámetro 16 y 12, como se ha podido apreciar se está utilizando en su mayoría los elementos proporcionadas por las marcas representadas.

Se utilizo esta manguera con sus respectivos accesorios por la facilidad de montaje ya que disponemos uniones, codos con conexión rápida al igual que los accesorios neumáticos. Estos accesorios serán utilizados para la conexión y disposición de los diferentes instrumentos que utilizaremos en el desarrollo de las prácticas.

Tubo Rígido de poliamida código 177730 descripción PQ-PA-18x2x3000

3.1.9.2 Válvulas de pas



²²⁴ Autoría personal

²²⁵ <http://www.festo.com/ne>

Fig. 3.30 Válvula de Bola en PVC²²⁶

Se utilizo válvulas de bola disponibles en PVC, las comunes para cualquier instalación de agua de tal manera de direccionar, abrir, cerrar, controlar el paso y permitir la recirculación del agua para evitar la mala utilización del agua.

3.1.9.3 Filtros de agua.-

Al ingreso del agua se coloco un filtro de tal manera de proteger a nuestra bomba de succión de cualquier partícula.

3.1.9.4 Bomba de succión.-



Fig. 3.31 Bomba de succión²²⁷

La empresa dispone de una bomba pequeña de marca Pan World, modelo NH 40 PX, cuya potencia de salida es de 20 W, y es suficiente para los fines prácticos.

No se decidió tomar el agua directo de la red porque tendríamos que estar pendientes del llenado del agua y la finalidad es disponer de un sistema automático.

3.1.10 Elementos de instrumentación.

3.1.10.1 Sensor de nivel continuo.

En sensor de nivel continuo es el que nos permitirá constantemente conocer el volumen del cilindro mediante una señal de 4 a 20mA, también se utiliza con salida de 0 a 20mA pero es riego es muy eminente ya que si hay un corte de señal no podrá ser identificado.

²²⁶

http://www.cosasdebarcos.com/accesorio_nautico_15206032011165499501015354549945.htm
l.

²²⁷ Fotografía bomba disponible Ecuainsetec.



Fig. 3.32 Sensores de Nivel Continuo a) Sensor de nivel de radar b) Sensor de nivel de ultrasonido²²⁸

Para determinar el sensor de nivel continuo se tomo en cuenta primero el depósito didáctico que se dispone en cuanto a sus dimensiones para determinar la ubicación del sensor seleccionado.

Disponíamos de dos opciones un sensor de radar y un sensor de ultrasonido, el sensor de radar en acero inoxidable cuyo principio de funcionamiento es medir el tiempo de vuelo de una onda electromagnética emitida en una varilla de 2mts de largo para la detección de nivel, por la altura de la varilla y el costo se descarto esta opción. Este sensor tiene contacto con el producto.

Ahora el sensor de ultrasonido cuyo principio de funcionamiento es medir el tiempo de vuelo de la señal ultrasónica emitida el mismo que es invasivo es decir no tiene contacto directo con el producto.

Su rango de medición es variable y se lo puede setear mediante la programación del mismo a los rangos de medida que nosotros deseamos.

Este tipo de tecnología es muy utilizado pero su limitante es trabajar con productos con espuma o que presenten condensación.

En nuestro caso solo es agua lo que nos representa problema. Lo que si debemos tomar en cuenta es la expansión de la señal ultrasónica ya que a mayor distancia esta aumenta y si un objeto se atraviesa en este hará que el sensor emita señales erróneas.

Debido a la facilidad de montaje, precisión, factibilidad del mismo se seleccionó este sensor.

El código del sensor de ultrasonido es 6025666 y su descripción es UM30-12113

²²⁸<https://www.mysick.com/Products/UM30-12113>
D=50221

Product features	
Series:	UM30
Scanning range min ... max:	60 mm ... 600 mm
Ultrasonic frequency:	400 kHz
Switching outputs:	Analogue output
Analogue output:	1
Scanning range max.:	60 mm ... 600 mm
Technology:	Ultrasonic sensor
Distance from ... to:	60 mm ... 600 mm
Analogue output, invertible:	4 ... 20 mA/0 ... 10 V

ult=English&ProductI

Fig. 3.33 Descripción técnica UM30-12113 ²²⁹

3.1.10.2 Sensor de Nivel On-Off.

Los sensores de nivel On – Off nos permiten determinar valores máximos y mínimos de nivel, disponemos de varias alternativas entre las disponibles tenemos el sensor de varilla vibratoria y el sensor flotador.



Fig. 3.34 Sensores de Nivel On - Off a) Sensor de nivel flotador b) Sensor de nivel de varilla vibratoria²³⁰

El sensor de flotador de la marca Burkert, es de material de polipropileno este material es liviano, resistente a ácidos y álcalis, soporta una temperatura de hasta 140°C es sensible a la presencia de cualquier tipo fluido, lo que hará que la boya flote y cierre el contacto eléctrico conectado a este mecánicamente.

Su conexión es de ¾" por poseer partes mecánicas es susceptible a daños con el paso de tiempo por lo cual no se recomienda utilizar el procesos de alta frecuencia ni objetos viscosos.

El sensor de varilla vibratoria dispone de un circuito electrónico que mantiene vibrando el diapasón a una frecuencia de 10KHZ, una vez que el fluido atraviesa el diapasón

²²⁹<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=50221>

²³⁰<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=50221>

variara esta frecuencia, la misma que será detectado por la electrónica y la convertirá en una señal binaria de voltaje.

Su conexión mecánica es de 1", su material constructivo es en acero inoxidable 316L soporta una temperatura de hasta 150°C, no presenta problemas en detección de fluidos viscosos y es auto limpiante.

Comparando sus características y la prestancia de cada una de las opciones se decidió utilizar el sensor de boya por su precio, por su fácil forma de instalación mecánica y su forma de funcionamiento. Como se requiere para el módulo didáctico cuyo fluido a manejar es agua y no se requiere un equipo de altas prestancias industriales como el de varilla vibratoria, este sería el indicado para la aplicación.

El código del sensor de flotador es 783793 y su descripción es TCL-001

Technical data - TCL001	
Switching point	at tilt of $7^\circ \pm 3^\circ$ (6.5 mm \pm 3 mm)
Switching function	normally closed/open or alternating
Normally closed/open	
Switching voltage	max. 250 V
Switching current	max. 1 A
Contact rating	max. 50 W / VA
Alternating	
Switching voltage	max. 150 V
Switching current	max. 0.25 A
Contact rating	max. 3 W / VA
Electrical connections	PVC cable, 3 m long (other cable lengths on request)
Protection class	IP67
Operating temperature	-25 up to +105°C
Probe material	PP (PVDF on request)
Mounting position	horizontal
Thread	R1/2"

Fig. 3.35 Descripción técnica TCL-001 ²³¹

3.1.10.3 Selección Caudalímetro.

El caudal es otro de los parámetros de medición fundamental en todo tipo de industria, se ha considerado el estudio de esta variable en este módulo didáctico.

Se dispone de varias tecnologías que pueden ser másicos, vortex, turbina, ultrasonido, térmicos cuya selección dependerá del tipo de fluido, la precisión de medición requerida.

Los datos proporcionados por los caudalímetros son caudal instantáneo por medio de una señal analógica y caudal totalizado por medio de una salida de pulsos cuyas señales serán tratadas en nuestra programación de acuerdo a nuestros requerimientos.

²³¹ http://www.burkert.es/products_data/datasheets/DSTCL001-Standard-EU-EN.pdf

Para nuestro caso se seleccionara un Caudalímetro de conexión de proceso en 1/2", temperatura ambiente, fluido a manejar agua y el caudal máximo que maneja es el proporcionado por la bomba de 15l/min.

Los disponibles por la empresa y los de uso más frecuente son de medición por ultrasonido y turbina de los cuales determinaremos el idóneo para nuestra aplicación.



a)



b)

Fig. 3.36 Caudalímetros a) Caudalímetro de turbina b) Caudalímetro de ultrasonido²³²

El Caudalímetro de turbina.- El fluido que la atraviesa permite que el rotor de la turbina gire a una velocidad que depende de la velocidad de flujo, cada una de las aspas de la turbina pasa a través de un campo magnético generando un pulso de voltaje; este pulso es procesado ya sea por un contador de frecuencia o un PLC convirtiendo esta señal a la unidad de flujo que puede ser l/min, l/s, gal/min, gal/s. Utilizado para fluidos limpios de baja densidad y viscosidad.

Disponemos de un Caudalímetro en la marca Burkert cuya alimentación es de 24VDC, tiene una salida de pulsos PNP, el material del cuerpo es en acero Inoxidable soportando temperaturas de hasta 100°C, conexión a proceso de 1/2", caudal 20l/min.

El Caudalímetro de ultrasonido.- Su funcionamiento está basado en la propagación de ondas sónicas en un fluido, existen dos principios básicos para esta medición tiempo de tránsito y efecto Doppler.

El sensor de caudal que disponemos es con el principio de funcionamiento tiempo de tránsito este se utiliza para fluidos limpios, el cual emite pulsos ultrasónicos en sentido del flujo y en contra del sentido del flujo, estos pulsos se reciben por un receptor se mide el tiempo de vuelo de los dos sentidos el cual nos proporciona una medición de caudal.

²³² a) <http://www.burkert.es/ESN/search.php?type=8030&SearchText=8030>

b) <https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&ProductID=50221>

El sensor de ultrasonido disponible en la marca SICK tiene las siguientes características: Dispone de una pantalla LCD para la visualización y programación tanto de la salida de pulsos para realizar la totalización y la salida analógica para conocer el caudal instantáneo. Su voltaje de alimentación es de 10-30VDC, salidas de pulsos PNP, salida analógica de 4...20mA, conexión a proceso 1/2", flujo máximo 21l/m.

De las dos opciones se seleccionó el sensor de caudal por turbina de la marca BURKERT, por el precio, el montaje de instalación, su principio de funcionamiento que básicamente se acopla a nuestras condiciones de proceso y su aplicación es práctica para el módulo didáctico.

El código del Caudalímetro es 423913 y su descripción es 8030

Electrical data	
Operating voltage	12 - 36 V DC (via Bürkert transmitter for "Low Power" version)
Current consumption	with sensor
Pulse version	≤ 30 mA
Pulse "Low power" version	≤ 0.8 mA
Output: Frequency	
Pulse version	Transistor NPN/PNP, open collector, max. 100 mA, frequency: 0... 300 Hz; duty cycle 1/2
Pulse "Low Power" version	Transistor NPN, open collector, max. 10 mA, frequency: 0... 300 Hz; duty cycle 1/2
Reversed polarity of DC	Protected

Fig. 3.37 Descripción técnica 8030 ²³³

3.1.10.4 Sensor de temperatura.

Por los rangos de temperatura que se van a manejar se dispuso trabajar con una PT100, lo primordial para su selección es la rosca de conexión y el largo de la sonda para la ubicación en el tanque del proceso.

Se seleccionó una PT100 en la marca BURKERT su cuerpo es de acero inoxidable, conexión eléctrica por un conector y es apropiado para fluidos neutros o agresivos. El rango de medición es de 0 °C hasta 125 °C, tiene una tolerancia de ± 0,3 ± 0,005 T.

El código del PT100 es 783715 descripción TST-001



Technical data	
Measuring surface	Flat
Measuring range	up to +125°C with cable plug up to +200°C with cable
Ambient temperature	max. +80°C
Protection tube material	Stainless steel 1.4571
Connection cable	3 m, PTFE-Silicone-Isolation, screened
Connection	External thread G 1/2
Cable plug	Type 2508 according to DIN 43650 Forme A
Protection class	IP 65

Fig. 3.38 PT100²³⁴

3.1.11 Selección de Válvulas y calentador eléctrico

3.1.11.1 Válvula de control Proporcional

Este tipo de válvulas nos permitirán regula la presión, caudal que atraviesa el conducto por medio de una señal analógica que puede ser de 4... 20 mA.

Entre las opciones de selección tenemos una válvula de control proporcional de asiento inclinado y una válvula de bola con posicionador.



Fig. 3.39 Válvula proporcional de asiento inclinado²³⁵

Válvula proporcional de asiento inclinado.- Está compuesta de tres elementos la válvula de asiento inclinado con actuador de simple efecto acoplada al sensor de posición que envía la señal de retroalimentación al posicionador, de tal manera que el posicionador electrónicamente enviara mayor o menor presión para mantener a la válvula en el porcentaje de apertura o cierre establecido por la entrada analógica. El posicionador posee una pantalla de programación en donde se realizara la programación del tipo de entrada, posición de alarma, curva de operación, límites de apertura y cierre.



²³⁴ <http://www.burkert.es/ESN/search.php?SearchText=TST001&Typensuche2=buscar>

²³⁵ http://www.burkert.es/products_data/datasheets/DS8792-PositSideCo-ES-ES.pdf

Fig. 3.40 Válvula proporcional de bola²³⁶

Válvula proporcional de bola.- Consta de dos elementos una válvula de bola con actuador neumático de doble efecto acoplada mecánicamente al posicionador, los movimientos de apertura y cierre de la válvula serán detectados directamente por el posicionador debido al acople mecánico para realizar las correcciones respectivas de tal manera de mantenerle en la posición seteado por la entrada analógica.

Ambas opciones utilizaran el posicionador 8792 de Burkert la diferencia está en la retroalimentación de posición de la válvula, la válvula de asiento inclinado requiere de un elemento electrónico para enviar la retroalimentación de posición, mientras que la válvula de bola se acopla directamente.

Los diámetro tanto de la válvula de bola como la de asiento inclinado se dispone de diámetros de 1 ½”, por lo cual la selección fue la válvula proporcional de bola ya que esta me permita observar continuamente las variaciones de posición con la entrada analógica, ocupa menos elementos y el precio es menor.

Por el peso y al no existir una válvula de ½ “que se acople a nuestro sistema hidráulico se tomo el equipo que permite realizar una correcta visualización.

El código de la válvula de bola con el posicionador es 3845+8805+8792

Technical data	
Material	
Body	Aluminium plastic-coated
Seal	EPDM, NBR, FKM
Operating voltages	24 VDC +/- 10%
Residual ripple	max. 10%
Setpoint setting	0/4 to 20mA and 0 to 5/10 V
Input resistance	0/4 to 20 mA: 180 Ω 0 to 5/10 mA: 19 k Ω
Analogue feedback	4-20 mA, 0-20 mA 0-10 V, 0-5 V
Binary input	galvanically isolated, 0-5 V = log "0", 10-30 V = log "1"
Binary output	2 Outputs (optional), galvanically separated
Current limit	100 mA, Output will be synchronised when overloaded
Control medium	Neutral gases, air DIN ISO 8573-1
Dust concentration	Class 5 (<40µm particle size)
Particle density	Class 5 (<10mg/m ³)
Pressure condensation point	Class 3 (<-20°C)
Oil concentration	Class 5 (<25mg/m ³)
Ambient temperature	0 to +60°C
Pilot air ports	Threaded ports G 1/4
Supply pressure	1.4 to 7 bar ¹⁾

Fig. 3.41 Descripción técnica 8030²³⁷

²³⁶ http://www.burkert.es/products_data/datasheets/DS8792-PositSideCo-ES-ES.pdf

²³⁷ http://www.burkert.es/products_data/datasheets/DS8792-Standard-EU-EN.pdf

3.1.11.2 Válvula On – Off.

Las válvulas solenoides o electroválvulas On- Off nos permite abrir o cerrar el paso de un fluido, mediante una señal eléctrica; existe una amplia gama de alternativas las cuales serán determinadas por las características propias del fluido. Los parámetros que se deben tomar en cuenta para la selección de la válvula solenoide se dan en base al fluido que pasara por ellas.

- Presión
- Temperatura
- Compatibilidad de materiales.
- Voltaje de trabajo
- Características del fluido.

Esta válvula fue proporcionada por la empresa la cual servía para un demostrativo y se acoplo directamente a nuestro módulo tanto por el voltaje de operación como por el diámetro.



Technical data	
Orifice	DN 13 - 65 mm
Body material	
Threaded port	Brass acc. to DIN EN 50930-6
Flange	Grey cast iron
Insulation class	
Seal material version	
NBR	B
EPDM	H
FKM	H
Inner part valve	Stainless steel, brass
Seal material	NBR, EPDM, FKM
Media	
NBR	Neutral media, such as compressed air, water
EPDM	Oil and fat-free media
FKM	Hot air, per-solutions
Media temperature	
NBR	-10 to +80 °C
EPDM	-40 to +90 °C (with epoxy coil to +100°C)
FKM	-10 to +90 °C (with epoxy coil to +120°C)
Ambient temperature	Max. +55 °C
Voltage tolerance	±10 %

Fig. 3.42 Válvula eléctrica de bola²³⁸

²³⁸ http://www.burkert.es/products_data/datasheets/DS0248-Standard-EU-EN.pdf

El código de la válvula de bola eléctrica on-off es 0248

3.1.11.3 Calentador eléctrico.

Seleccionamos un calentador eléctrico por resistencia a un voltaje de 120VAC, su funcionamiento está basado en calentar una resistencia que transmite el calor al agua para variar su temperatura similar al de las duchas eléctricas.

Este se introducirá al tanque y permitirá tener variaciones de temperatura que serán controladas por nuestro PLC.

3.1.12 Selección del PLC.

El PLC se escogió de una de nuestras marcas representadas que es WAGO, este es un PLC modular que maneja tarjetas de entradas análogas o digitales acoplados a un CPU con comunicación industrial, dispone de un software de Programación abierta CODESYS, el software maneja los seis lenguajes de comunicación lo que lo hace idóneo para nuestra aplicación.

Adicionalmente no requiere de un cable de programación específico basta que se disponga de un cable de conexión de red RJ45 punto a punto.

Al ser modular nos permite armar nuestro PLC de acuerdo a nuestras necesidades.

Programación abierta CODESYS, el software maneja los seis lenguajes de comunicación lo que lo hace idóneo para nuestra aplicación.

Adicionalmente no requiere de un cable de programación específico basta que se disponga de un cable de conexión de red RJ45 punto a punto.

Al ser modular nos permite armar nuestro PLC de acuerdo a nuestras necesidades.

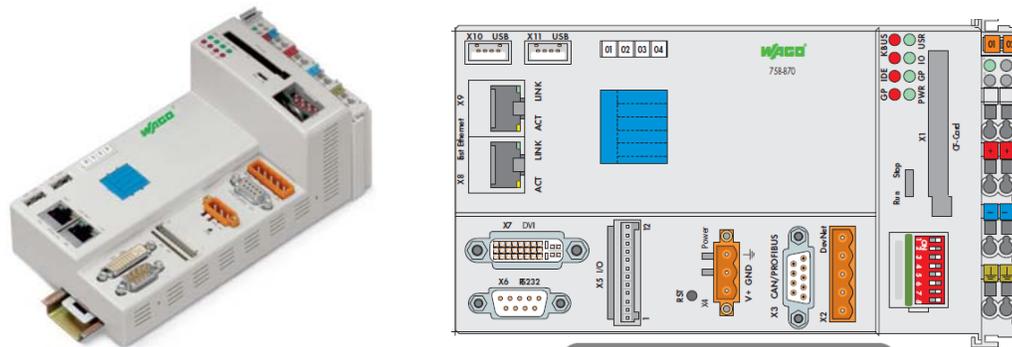
Programación abierta CODESYS, el software maneja los seis lenguajes de comunicación lo que lo hace idóneo para nuestra aplicación.

Adicionalmente no requiere de un cable de programación específico basta que se disponga de un cable de conexión de red RJ45 punto a punto.

Al ser modular nos permite armar nuestro PLC de acuerdo a nuestras necesidades.

3.1.12.1 Características del controlador.

Utilizaremos dos CPU un máster que nos permitirá disponer de comunicación Ethernet y Profibus este es el módulo WAGO I/O IPC.



Technische Daten	
Anzahl Busklemmen (pro Knoten)	64
CPU	Geode SC1200; 266 MHz
Programmspeicher CoDeSys	2 MByte (758-870/000-00x) 16 MByte (758-870/000-01x)
Datenspeicher CoDeSys	2 MByte (758-870/000-00x) 32 MByte (758-870/000-01x)
Remanentspeicher CoDeSys	128 kByte (120 kByte retain, 8 kByte Merker)
Bios	Insyde
Grafik	DVI, 1024*768; LCD / Panellink
Speichererweiterung	CompactFlash Typ I
LAN	2 x 10Base-T/100Base-TX
Feldbus (optional)	Profibus-DP, CANopen, DeviceNet

Fig. 3.43 CPU PLC WAGO I/O IPC y Descripción Técnica²³⁹

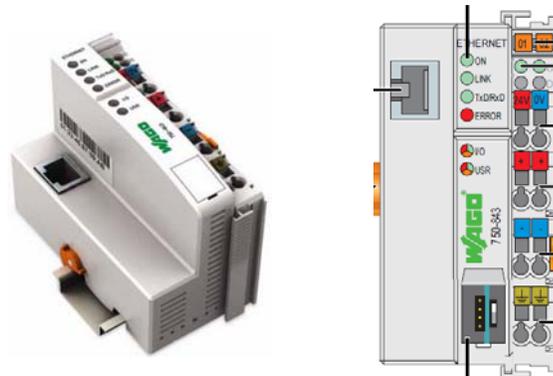
Este CPU nos permitirá el control de proceso local, la conexión de los buses de campo industriales, registro de datos de medición y análisis. Se trata de aplicaciones que ahora pueden ser fácilmente llevados a cabo incluso con grandes cantidades de datos y los criterios estrictos de tiempo.

Dispone de leds de estado que indican la operación del módulo en cuanto a su correcta comunicación o fallo de la misma, adicionalmente mediante los pulsos de los leds indican un código de error que puede ocurrir en todo el lazo de control los cuales podrán ser verificados en sus manuales.

²³⁹ <http://www.wago.com/infomaterial/pdf/51213218.pdf>

Como este módulo es un Master industrial solo lo ocuparemos al momento de realizar la comunicación Profibus y para el desarrollo de las prácticas utilizaremos el módulo CPU con conexión Ethernet 750843.

El software de programación, conexión de módulos de entradas y salidas es el mismo por lo cual llevara la misma secuencia para no tener problemas al momento de trabajar con el módulo máster IPC.

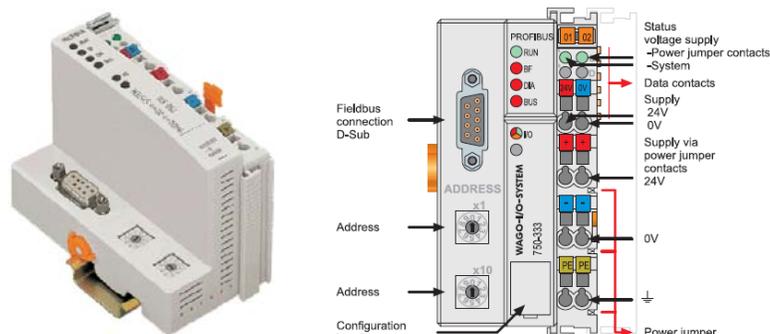


System Data

No. of controllers connected to Master	limited by ETHERNET specification
Transmission medium	Twisted Pair S-UTP 100 Ω cat. 5
Max. length of fieldbus segment	100 m between hub station and 750-843; max. length of network limited by ETHERNET specification
Baud rate	10 Mbit/s
Buscoupler connection	RJ-45
Protocols	MODBUS/TCP, HTTP, BootP, MODBUS/UDP
Programming	WAGO-I/O-PRO V2.3
IEC 61131-3	IL, LD, FBD, ST, FC

Fig. 3.44 CPU PLC WAGO ETHERNET 750843 y Descripción técnica ²⁴⁰

El PLC Wago es el módulo 750-333 de la misma manera que los anteriores es modular, y este maneja los mismos módulos este recibirá instrucciones de manera remota desde el PLC master.



²⁴⁰[http://www.wago.com/wagoweb/document..._00en.pdf](http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750-333-01-00000000_00en.pdf)

System Data	
No. of controllers connected to Master	96 with repeater
Max. no. of I/O points	approx. 6000 (depends on master)
Transmission medium	Cu cable acc. to EN 50170
Max. length of fieldbus segment	100 m ... 1200 m (depends on baud rate/cable)
Baud rate	9.6 Kbaud ... 12 Mbaud
Transmission time	typ. 1 ms (10 controller; 32 digital I/Os per controller at 12 Mbaud) max. 3.3 ms
Buscoupler connection	1 x D-Sub 9; socket
Programming	WAGO-I/O-PRO 32 (as of firmware 2.3.1)

Fig. 3.45 CPU PLC WAGO PROFIBUS 750833²⁴¹

3.1.12.2 Módulos de entradas y salidas digitales.

Cada módulo dispone de 4 entradas o salidas digitales. Se conecta al CPU desde la parte superior se recomienda ubicar primero las entradas analógicas, entradas digitales, salidas analógicas y salidas digitales ya que el CPU al realizar el barrido del programa reconoce primero los módulos analógicos y posteriormente los digitales.

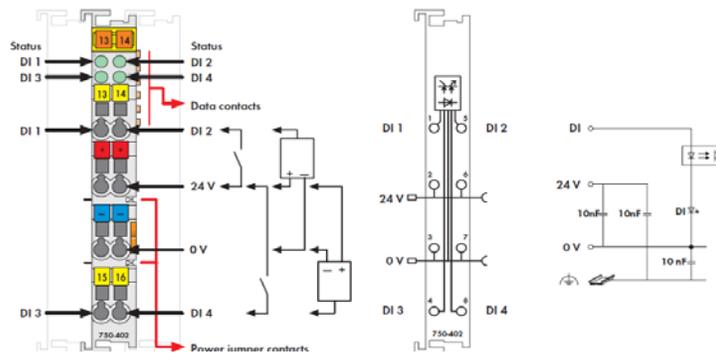


Fig. 3.46 Módulo de Entradas Digitales 750402²⁴²

Technical Data	
Number of inputs	4
Current consumption (internal)	7.5 mA
Voltage via power jumper contacts	24 V DC (-25 % ... +30 %)
Signal voltage (0)	-3 V ... +5 V DC
Signal voltage (1)	15 V ... 30 V DC
Input filter	3.0 ms (750-402 / 753-402)
	0.2 ms (750-403 / 753-403)
Input current (typ.)	4.5 mA
Isolation	500 V system/supply
Internal bit width	4 bits

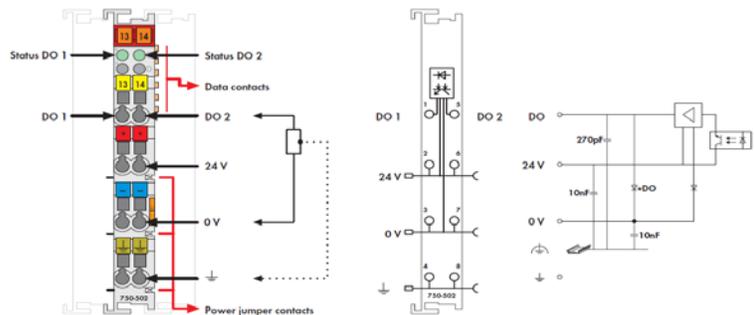
Fig. 3.47 Descripción Técnica Módulo de Entradas Digitales 750402²⁴³

²⁴¹ http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_dat/d07500333_00000000_0en.pdf

²⁴² http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_dat/d07500402_00000000_0en.pdf

²⁴³ http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_dat/d07500402_00000000_0en.pdf

Las salidas digitales proporcionan 24 VDC, protegidas contra cortocircuito y aislados eléctricamente por opto acoplador.



Technical Data

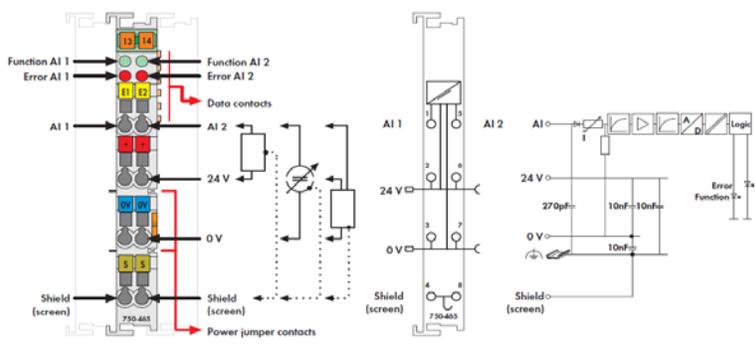
No. of outputs	2
Current consumption (internal)	3.5 mA
Voltage via power jumper contacts	24 V DC (-25 % ... +30 %)
Type of load	resistive, inductive, lamps
Max. switching frequency	2.5 kHz
Output current (max.)	2 A
Short-circuit limitation (typ.) Pwm	35 A (44 A peak)
Inductive load switch off energy dissipation W (max.)	1.7 J; L max = 2 x W max / I ²
Current consumption typ. (field side)	15 mA / module + charge
Isolation	500 V system/supply
Internal bit width	2 bits

Fig. 3.48 Módulo de Salidas Digitales 750502 ²⁴⁴

3.1.12.3 Módulos de entradas y salidas analógicas.

Para nuestro módulo didáctico también utilizaremos entradas y salidas analógicas de 4... 20mA que son las siguientes.

Módulo de 2 entradas analógicas de 4...20mA.



Technical Data

Number of inputs	2
Power supply	via system voltage DC/DC
Current consumption (internal)	75 mA
Input voltage (max.)	10V
Signal current	0 - 20mA (750-465, 753-465) 4 - 20mA (750-466, 753-466)
Input resistance	< 220Ω / 20mA
Resolution	12 bits
Conversion time (typ.)	2 ms
Measuring error (25°C)	< ± 0.2 % of the full scale value
Temperature coefficient	< ± 0.01 % / K of the full scale value
Isolation	500 V system/supply
Bit width	2 x 16 bits data 2 x 8 bits control/status (optional)

²⁴⁴<http://www.wago.co>

Fig. 3.49 Módulo de Entradas Analógicas 750466 ²⁴⁵

Salidas Analógicas.-

Módulo de 2 salidas analógicas de 4...20mA.

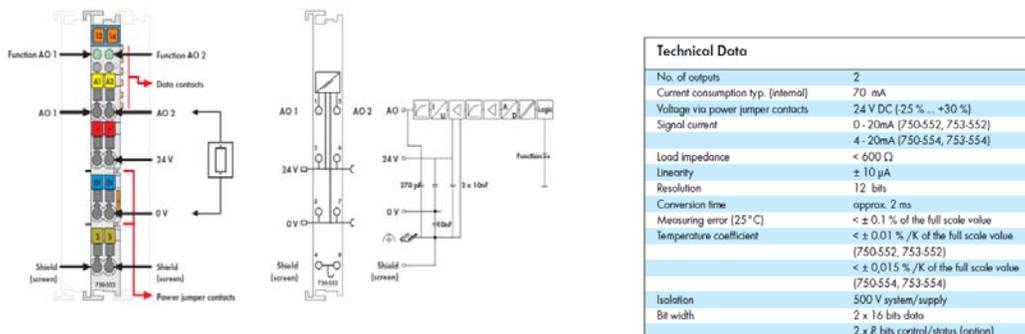


Fig. 3.50 Módulo de Salidas Analógicas 750552 ²⁴⁶

3.1.13 Selección de la pantalla HMI.

Disponemos de varias pantallas con un software de programación abierto de la marca Brainchild, adicionalmente cada pantalla viene acoplada con los puertos de comunicación Ethernet, RS232, RS485 que se acoplan a nuestras necesidades de comunicación.

La selección se dio primordialmente por el tamaño de la pantalla, seleccionando la pantalla HMI-450.



245 <http://www.brainchild.com>
246 <http://www.brainchild.com>

Main Hardware

Processor, CPU speed	ARM 11, 533Mhz
Flash Memory (ROM)	128 MB
SDRAM (RAM)	128 MB
Operation System	WinCE 6.0
Real Time Clock	Yes
Buzzer	Yes
Sound Input+Output,3DI+3DO	N.A.
SD card slot	Option

Interfaces

RS232C, DB9 Male	1
RS232C/ RS422/ RS485, DB25 Female	1
Ethernet 10/100 Mbps, RJ45	1
USB Host	1

mentati
mentati

en.pdf
en.pdf

Fig. 3.51 HMI-450 ²⁴⁷

3.1.14 Cables.

Se utilizo cables de diámetro 16AWG con terminales de punta para facilitar las conexiones eléctricas, y también acoplados con plug para la conexión en los módulos de relés, de la fuente de alimentación.

3.2. Estudio y análisis de los diferentes equipos.

Cada uno de los equipos fueron seleccionados de tal manera que se acoplen al objetivo del módulo, crear un módulo robusto de enseñanza industrial.

3.2.1 Equipos neumáticos.

Se tomo del tablero didáctico de neumática los equipos neumáticos más utilizados en el campo industrial, así los participantes no tendrán ningún inconveniente de identificar las válvulas neumáticas.

- Electroválvulas 5/2 monoestables y biestables.
- Electroválvulas 3/2 monoestables.
- Unidades de mantenimiento.
- Cilindros neumáticos
- Bloque distribución.

Cada uno de ellos acoplados para trabajar con la presión proporcionada por nuestro compresor que es de 6 a 8 bares.

Permitirá simular un sistema real de acondicionamientos neumáticos con sus diferentes elementos.

²⁴⁷http://www.brainchild.com.tw/en/2_1752_41545/product/Human_Machine_Interface_HMI_id143452.html

3.2.2 Equipos de detección.

En los equipos de detección más frecuentes en la industria son sensores inductivos, capacitivos, magnéticos y ópticos.

Sensores Inductivos.- Su funcionamiento está basado en la generación de campo magnético el cual varía en la presencia de un objeto y la convierte en una señal eléctrica. Detectan materiales metálicos ferrosos.

Sensores capacitivos.- Su funcionamiento está basado en la generación de un campo electrostático. Detectan metales y no metales.

Sensores Magnéticos. Su principio de funcionamiento está basado en la unión de dos laminas a la presencia de un campo magnético, detectan solo imanes.

Sensores ópticos.- Su principio de funcionamiento está basado en la emisión de una señal infrarroja que es procesada por una electrónica de emisor y receptor

Sensor óptico unidireccional.- Posee el emisor y receptor en cuerpos separados, cubre largas distancias.

Sensor óptico Auto réflex.- posee el emisor y receptor en el mismo elemento, la distancia de sensor es menor.

Se han seleccionado uno de cada tipo de tal manera de instruir en su conexión y principio de funcionamiento para así aplicar en las distintas partes de un proceso y no se cometan errores en la selección.

3.2.3 Instrumentación.

Las variables de mayor presencia en el campo industrial son nivel, caudal temperatura y para cada una de las variables se ha seleccionado un equipo adecuado para nuestro módulo didáctico.

Sensor de Ultrasonido.- Este sensor fue seleccionado para realizar la medición del nivel de agua de nuestro tanque, su principio de funcionamiento está basado en medir el tiempo de vuelo de la señal ultrasónica y este es directamente proporcional al nivel.

Sensor de nivel on – off.- Este es un sensor de nivel que presenta una señal discreta ante un nivel máximo o mínimo, el sensor de boya a ser utilizado esta mecánicamente conectado a un contacto eléctrico el cual de acuerdo a la disposición del sensor será normalmente abierto o cerrado.

Caudalímetro de turbina.- Su principio de funcionamiento está basado en emitir pulsos generados por las paletas del rodete que pasan a través de un campo magnético, se utilizan para fluidos limpios su utilización se da ya que la mayoría de los Caudalímetro independientemente de la tecnología que utiliza nos brinda una señal de pulsos. Lo que nos proporcionara una guía de manejo y programación de los caudalímetros.

PT100.- Es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0°C presenta una resistencia de 100Ω, su rango de temperatura va desde -100 a 200°C temperaturas en que la termocupla no representa mediciones finas de temperatura.

3.2.4 PLCS.

Los PLCs modulares de Wago nos permiten crear un módulo de alta flexibilidad para el aprendizaje de distintos lenguajes de programación, mediante la programación de 6 lenguajes diferentes de programación.

Como realizar la comunicación Ethernet y Profibus que son la base de nuestro estudio, estos protocolos de comunicación están incorporados en nuestros CPUs de acuerdo a nuestros requerimientos permitiéndonos disponer de PLCs master y esclavos.

Podremos incorporar al módulo hasta 264 módulos de entradas y salidas analógicas

3.2.5 Equipos del sistema hidráulico.

Los diferentes elementos utilizados como tuberías y racores para nuestro sistema hidráulico son accesorios proporcionados por Festo, para la fácil conexión del sistema y conexión en línea de nuestros instrumentos.

La bomba de agua y demás accesorios ya acoplados a nuestro tanque acrílico en el cual desarrollaremos las prácticas de medición nivel, caudal y temperatura.

3.3 Diseño de las hojas guías para el módulo de entrenamiento.

Presentamos a continuación la forma estructural que llevara cada una de las prácticas como el tema de cada una de ellas.

3.3.1 Guías de Prácticas

Para el desarrollo de las prácticas del sistema de automatización industrial va constar de las siguientes partes:

- Objetivos
- Introducción
- Ejercicio Planteado
- Programación en PLC
- Lista de elementos
- Esquema del circuito
- Montaje del circuito
- Procedimiento
- Verificación
- Cuestionario
- Recursos de Información.
- Conclusiones y Recomendaciones.

Los títulos de las prácticas son:

1. Autómata Wago 750841 Ethernet y entorno de programación Codesys.
2. Prensa de Tapas
3. Sistema de vibración de atascos
4. Termo sellador Neumático
5. Cargador vertical múltiple
6. Taladro de mesa.
7. Dispensador de cajas
8. Maquina de empaquetado y dosificado I.
9. Maquina de empaquetado y dosificado II.
10. Control de válvula proporcional.
11. Control de Nivel on- off y continuo.
12. Control de temperatura de un tanque con comunicación Profibus.

En cada una de las prácticas en mención se irá conociendo paulatinamente elementos neumáticos, instrumentación industrial de medición de nivel, caudal, temperatura.

Daremos a conocer el software Fluidsim el cual nos permite realizar circuitos electro-neumáticos y electro-mecánicos, para posteriormente cambiar el segundo a cada uno de los seis lenguajes de programación en el Software Codesys utilizado para el PLC de tal manera que el estudiante conozca los diversos lenguajes que manejan varias marcas.

Adicionalmente se realizara la programación de pantallas HMI, como visualizaciones en el software Intouch.

PRÁCTICA # 1

Autómata Wago 750843 Ethernet y entorno de programación Codesys 2.3

1. Objetivos.-

- Crear un proyecto en el entorno Codesys 2.3 para programar el autómata del laboratorio.
 - Realizar pequeños programas en diagramas de contacto."LADDER"
 - Depurar su funcionamiento.
 - Diferenciar las entradas y salidas físicas de las variables de entrada y de salida.
 - Conectar el autómata con el fin de simular el cableado.
 - Crear un nuevo proyecto a partir de otro ya creado
-

2. Introducción:

2.1 PLCs Modulares.-

El autómata modular con el cual vamos a trabajar es Wago I/O System 750, está caracterizado sobre todo por la modularidad del mismo, el cual de acuerdo a las necesidades del proceso o crecimiento de las mismas se aumentan módulos de entradas y salidas analógicas, digitales e incluso especiales.

Se pueden apilar hasta 64 módulos de 2, 4,8 entradas de cualquier tipo haciéndolo muy versátil y confiable.

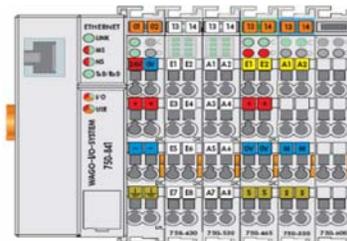


Fig. 3.52. Plc Modular Wago²⁴⁸

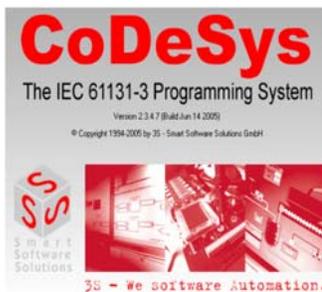
Las partes constitutivas de este son el CPU donde se encuentra la memoria y el tipo de comunicación, los módulos de entradas y salidas y por último el módulo final el cual es indispensable para cerrar el lazo de control.

Cada módulo de entradas o salidas digitales dispone de una señalización, para facilitar la identificación de la activación de las señales.

Los módulos principales pueden venir con distintos tipos de comunicación siendo entre estos Ethernet, Profibus que son los buses de campo a ser utilizados y el objetivo de aprendizaje de este módulo.

Actualmente cualquier estudiante que tenga el software necesario para configurar el autómata y la red de comunicaciones, junto con la dirección IP del módulo ENI, puede descargar sus programas al autómata.

2.2 Sistema Codesys.-



Codesys es un lenguaje de programación libre basado en la estándar IEC 61131-3 más comunes para PLCs permitiéndonos programas autómatas de diferentes fabricantes y conocer los cinco lenguajes de programación estándar, dispone de visualización integrada y de un simulador offline.

Fig. 3.53 Logo Codesys²⁴⁹ Actualmente se está incorporando este entorno de programación para todos los fabricantes de PLCs de tal manera de unificar el mismo y facilitar el aprendizaje y desarrollo de proyectos.

3.- Ejercicio Planteado

3.1 Presentación de los equipos para las prácticas.

Autómata modular Wago IP



²⁴⁸ <http://www.wago.com/wagoweb/>

²⁴⁹ Autoría Arranque programa

Fig. 3.54 Plc Modular Wago serie 780²⁵⁰

El PLCs modular consta de tres partes claramente definidas el CPU, las entradas y salidas analógicas, digitales o especiales pudiéndose acoplar hasta 264 módulos de 4 u 8 entradas o salidas y finalmente el módulo final que cierra el lazo de control.



Fig. 3.55 Módulos apilables del PLC con su conector eléctrico²⁵¹

Cada módulo consta de un conector en el cual se realizaran las diferentes conexiones eléctricas sin necesidad de crear un tablero ya que estas son desmontables y las conexiones se las realiza directamente.

Cada módulo viene con un color distintivo el cual sirve para identificar la funcionalidad de cada módulo del cual presentamos a continuación la codificación de los mismos:

Módulos de entrada digital



²⁵⁰ http://www.wago.com/wagoweb/documentation/navigate/nm0dc__e.htm

²⁵¹ http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m0750084_3_0000000_0en.pdf

Fig. 3.56 Módulos de entradas digitales y ejemplos de señales.²⁵²

Módulos de entrada digital de 2, 4, 8, y 16 canales, ejemplos de elementos de conexión sensores de presencia, interruptores, finales de carrera, etc.

Módulos de salida digital



Fig. 3.57 Módulos de salidas digitales y ejemplos de señales.²⁵³

Módulos de salida digital de 2, 4, 8, y 16 canales, identificados con el color rojo. Conectamos elementos como válvulas, bobinas, contactores, lámparas, motores que realizaran una acción en nuestro proceso de acuerdo a la lógica programada en nuestro Plc.

Módulos de entrada analógica



Fig. 3.58 Módulos de entradas analógicas y ejemplos de señales.²⁵⁴

Módulos de entrada analógica de 1,2 y 4 canales identificadas con el color verde. Ejemplos de elementos de conexión son presostatos, medidores de nivel continuo, sensores de distancia, etc.

Módulos de salida analógica



²⁵²http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m07500843_0000000_0en.pdf

²⁵³http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m07500843_0000000_0en.pdf

²⁵⁴http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m07500843_0000000_0en.pdf

Fig. 3.59 Módulos de salidas analógicas y ejemplos de señales²⁵⁵.

Módulos de salida analógica de 2 y 4 canales identificados con color azul.

Estos módulos no proporcionaran señales analógicas que se direccionan a elementos como válvulas proporcionales, válvulas de control, variadores de frecuencia.

La nomenclatura de las entradas y salidas digitales son:

Módulos de 4 Entradas digitales etiquetadas como:

%IX0.0.....%IX0.9

%IX1.0.....%IX1.9

También: %IX0.0, %IX0.1,

%IX0.2,.....%IX0.99,%IX1.0.....etc.

La serie seguirá de acuerdo al módulo de entradas digitales.

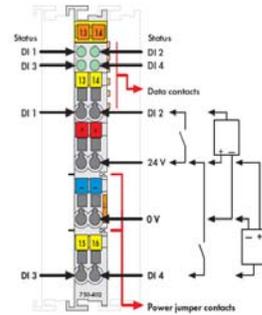


Fig.3.60 Diagrama conexión E.D.²⁵⁶

La activación de estos módulos son para 0 lógico (0v) y para 1 lógico (24vdc), esta ultima enciende el led indicador que posee en la parte superior del módulo confirmando la activación de la misma.

²⁵⁵http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m07500843_00000000_0en.pdf

²⁵⁶http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m07500843_00000000_0en.pdf

Módulos de 4 Salidas digitales.

%QX0.0.....%QX0.9

%QX1.0.....%QX1.9

%QX2.0.....%QX2.9

O también:

%QX0.0,%QX0.1,%QX0.2,....., QX1.0.....etc.

.

S.D.²⁵⁷

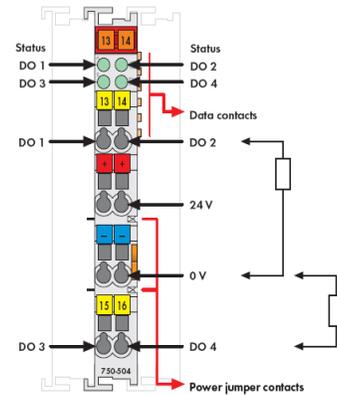


Fig. 3.61 Diagrama conexión

Al igual que las entradas la serie se puede programar de acuerdo a nuestros requerimientos.

Las salidas digitales soportan una corriente máxima de 0.5Amp. Pero por protección de las mismas esta señal será llevada a un relé auxiliar, cuyos contactos permitirán gobernar las diferentes cargas utilizadas en cada una de las prácticas.

Módulos de 2 entradas analógicas.

%IW1.0.....%IW2.0

%IW3.0.....%IW4.0

Este módulo viene con aislamiento eléctrico y la alimentación 24Vdc es tomada mediante en enlace que disponen entre los módulos con el principal.

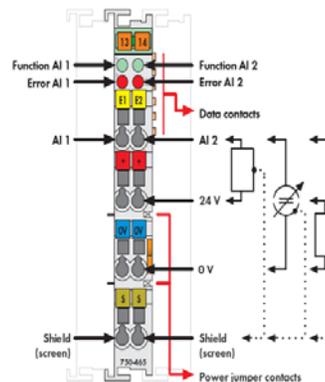


Fig3.62 Diagrama conexión E.A.²⁵⁸

Apropiada para tomar señales de instrumentos de campo de 4...20 mA.

²⁵⁷http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m0750084_3_00000000_0en.pdf

²⁵⁸http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m0750084_3_00000000_0en.pdf

Módulos de 2 salidas analógicas.

%QW1.0.....%QW2.0

%QW3.0.....%QW4.0

Este módulo viene con aislamiento eléctrico y una salida de 4...20mA para cualquier tipo de instrumento con una resolución de 16bits.

Ambas salidas disponen de un punto de tierra común.

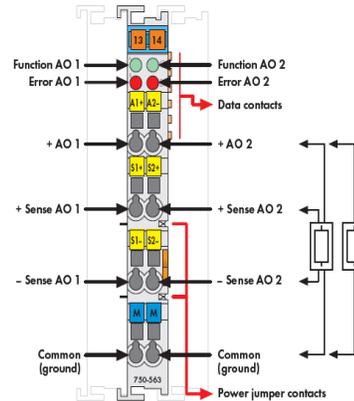


Fig.3.63 Diagrama conexión S.A.²⁵⁹

Módulo Final

Este módulo lleva como finalidad cerrar el lazo de control entre módulos y aislarlo eléctricamente de señales eléctricas que puedan afectar la comunicación entre los mismos.

Este módulo es primordial e indispensable la colocación del mismo una vez colocados los módulos de entradas y salidas requeridas para el proyecto.

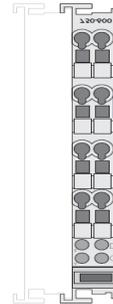


Fig. 3.64 Módulo Final⁶⁰



Precaución: Al momento de ensamblar el Autómata con las tarjetas, tomar en consideración no tocar el lazo de comunicación que se encuentra en la parte posterior de cada tarjeta ya que esto podría dañar la electrónica del mismo.

3.2 Creación de configuración para la comunicación Ethernet

La primera vez se realiza una configuración completa del equipo, la cual se mantiene para todas las prácticas a realizarse.

²⁵⁹http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m0750084_3_00000000_0en.pdf

²⁶⁰http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m0750084_3_00000000_0en.pdf

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Armar el autómata con una entrada y una salida digital y conectarlo con la fuente.
2. Arrancar el programa WagoBootP Server que se encuentra en la carpeta Wago Software.

Una vez arrancado el programa nos aparecerá la siguiente pantalla, realizamos un clic en la pestaña Edit Bottptab.

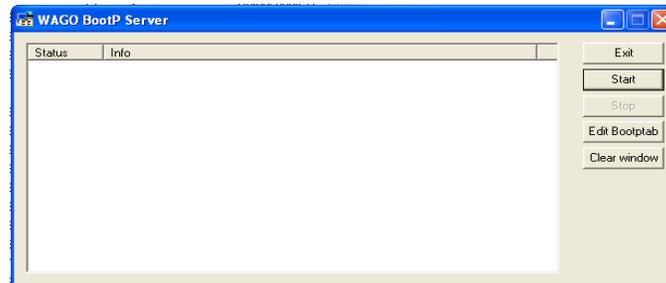


Fig. 3.65 Pantalla inicial Bottp Server²⁶¹

Apareciéndonos la pantalla de edición:

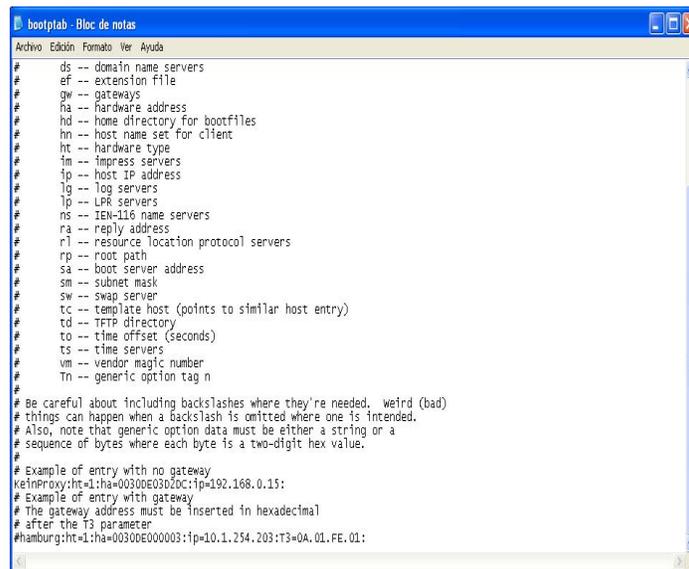


Fig. 3.66 Archivo de texto Bottptab²⁶²

```
..  
# Example of entry with no gateway  
keInProxy:ht=1:ha=0030DE03D2DC:ip=192.168.0.15:  
# Example of entry with gateway  
# The gateway address must be inserted in hexadecimal  
# after the T3 parameter  
#hamburg:ht=1:ha=0030DE000003:ip=10.1.254.203:T3=0A.01.FE.01:
```

²⁶¹ Auditoria personal

²⁶² Auditoria personal

Fig. 3.67 Líneas de configuración del texto Bottptab²⁶³

3.- En la línea KeinProxy:

- ht=1 representa el tipo de software de la conexión.
- ha=0030DE03D2DC Dirección del hardware especificada en el equipo, este es el Mac ID del Plc que la vamos a encontrar en la parte lateral del CPU del autómatas no cambiabile.
- :ip=192.168.0.15: dirección del `protocolo IP que nos permita asignar el DHCP.
- :sm=255.255.0.0 Mascara de subred.

Guardamos los cambios realizados, cerramos la pantalla y volvemos a la pantalla principal.

4.- Conectamos el PC con el autómatas mediante un cable RJ45 de Ethernet cruzado y ejecutamos el WagoBootP Server presionando el botón start.

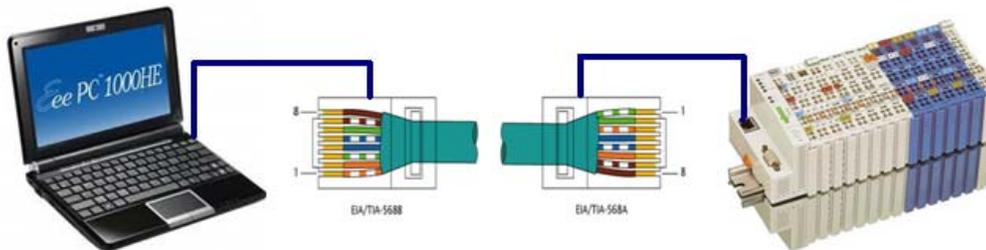


Fig. 3.68 Interconexión PLC con PC mediante conector Ethernet.²⁶⁴

Encendemos y apagamos por un lapso de tiempo el autómatas e inmediatamente en la pantalla del Bootp server nos aparecerá el reporte de configuración guardados en el autómatas.

Para su comprobación ejecutamos el comando ping en una consola de MS-DOS ping: 150.200.50.6 si la ejecución es satisfactoria en número de paquetes enviados es igual a los de salida y el autómatas estar disponible para trabajar en la red Ethernet TCP/IP.

```
C:\Documents and Settings\gustavo>ping 172.30.40.156
Haciendo ping a 172.30.40.156 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.30.40.156: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Estadísticas de ping para 172.30.40.156:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

²⁶³ Auditoria personal

²⁶⁴ Auditoria personal

Fig. 3.69 Verificación de comunicación PC con PLC²⁶⁵

3.3 Crear un proyecto en la PC con el software Codesys 2.3 para programar el autómeta.

Arrancar el programa Codesys 2,3 aparecerá inmediatamente el último proyecto ejecutado en el programa para lo cual debemos seleccionar

File →New apareciéndonos la Fig.19

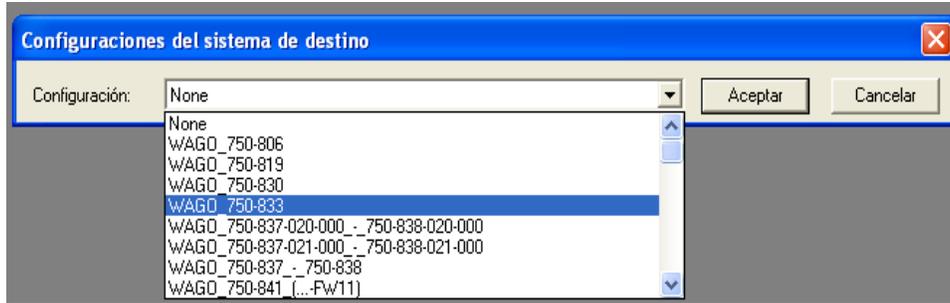


Fig. 3.70 Selección del autómeta y el firmware²⁶⁶

Aquí seleccionaremos el código del autómeta y el firmware con el cual trabajaremos. Una vez seleccionado el autómeta nos aparecerá una ventana con los datos técnicos y características del mismo por parte de fábrica los cuales no se realizara ninguna variación y presionamos el botón OK

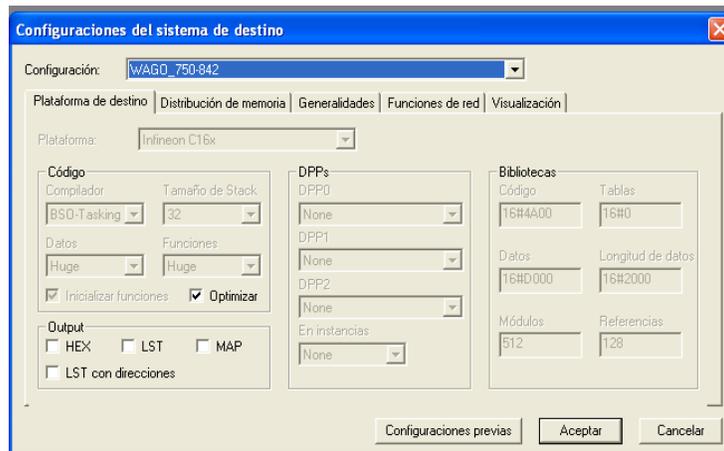


Fig. 3.71 Datos técnicos PLC seleccionado²⁶⁷

Inmediatamente nos aparecerá la pantalla con los diferentes lenguajes de programación para el nuevo proyecto que abarca los sistemas de control, se los conoce como

²⁶⁵ Auditoria personal

²⁶⁶ Auditoria personal

²⁶⁷ Auditoria personal

Unidades de Organización de Programa (**Program Organisation Units**) Cada POU consiste en una parte de declaración y un cuerpo. El cuerpo del programa se escribe en el editor del programa en uno de los lenguajes de programación del IEC.

Por default el POU reservado por el sistema viene con la denominación PLC_PRG desde aquí se podrá llamar a otros módulos (programas, bloques de funciones y funciones) y el mismo siempre deberá estar presente en cualquier proyecto y los demás POU's llevaran cualquier denominación.

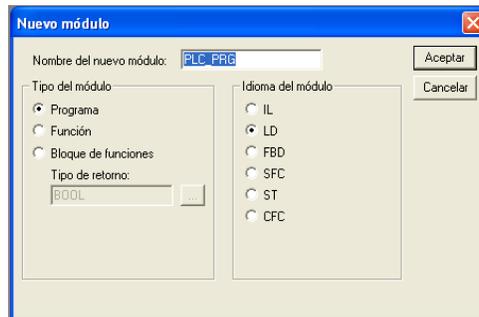
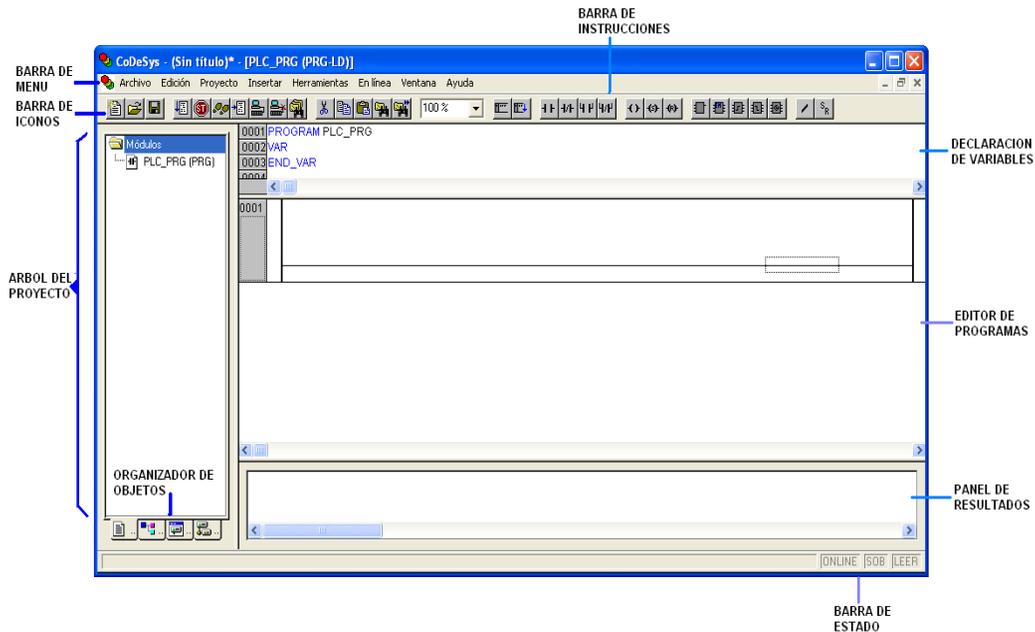


Fig. 3.72 Selección lenguaje de programación²⁶⁸

A continuación presentamos las partes constitutivas de la pantalla inicial de programación y en la cual nos desenvolveremos en cada una de las prácticas.



3.4 Configuración del sistema de control (Hardware)

En el nuevo POU creado en el organizador de objetos seleccionamos la opción recursos.

²⁶⁸ Auditoria personal

²⁶⁹ Auditoria personal



Fig. 3.74 Organizador de objetos del POUP²⁷⁰

En este apartado se insertara y configurara los módulos del PLC, así como crear las variables asociadas al hardware. También es posible asignar los puertos de comunicación con los que se va a trabajar y configurarlos.

Para esto en el menú de la pantalla de la Fig. 25 seleccionamos la opción Configuración de mando damos clic derecho sobre k-BUS Fix anexar subelemento y nos aparecerá una lista desplegable de los diferentes módulos de entradas o salidas que se pueden acoplar al módulo principal de nuestro PLC.

Para nuestra primera práctica anexaremos un módulo de entradas 750402 y uno de salida 750504 e inmediatamente nos aparecerán las direcciones que llevaran estas en nuestro programa.

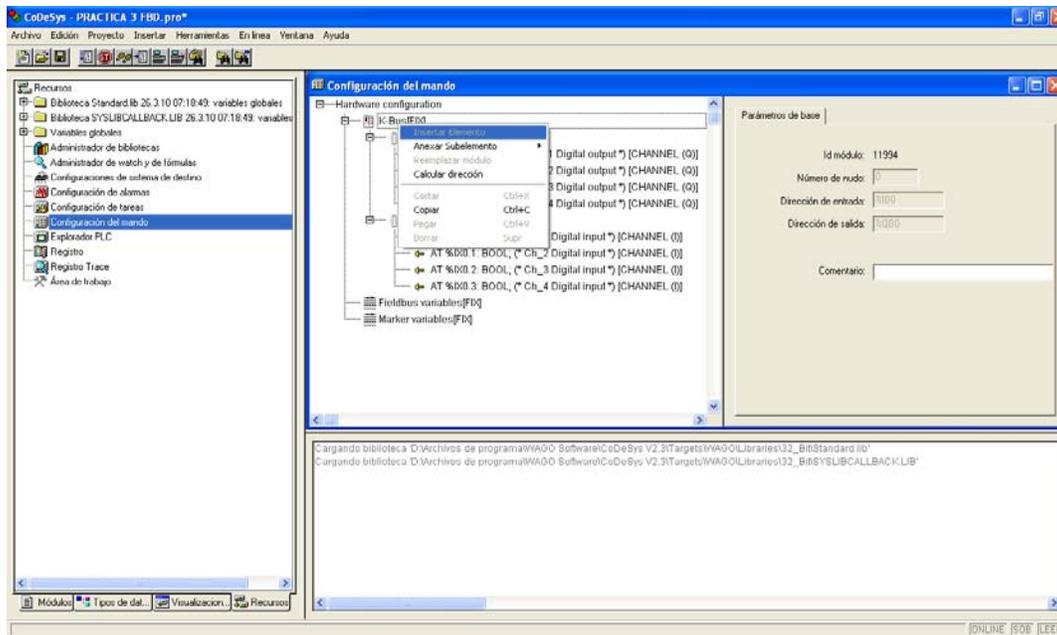


Fig. 3.75 Configuración y creación de los módulos de I/O locales²⁷¹

²⁷⁰ Auditoria personal

²⁷¹ Auditoria personal

3.5 Configuración de la red de comunicación.

En la barra del menú seleccionamos la opción En línea > Parámetros de comunicación.

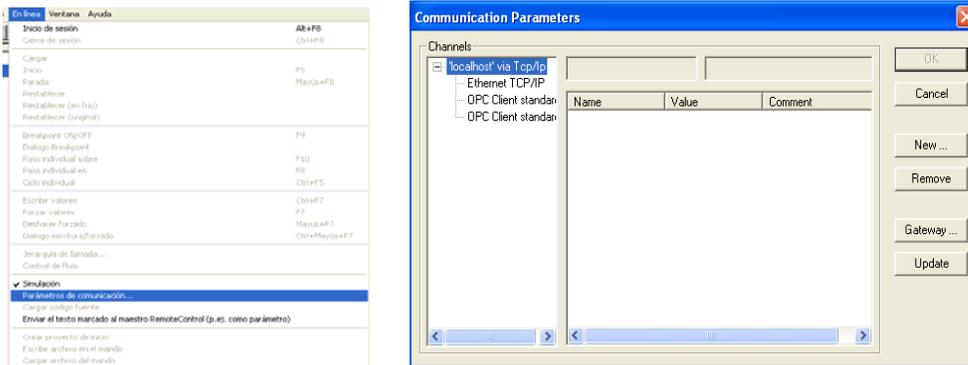


Fig. 3.76 Programación y configuración de los parámetros de comunicación²⁷²

Seleccionamos la opción NEW y configuraremos el nuevo canal de comunicaciones de acuerdo al autómatas con el que vamos a trabajar.

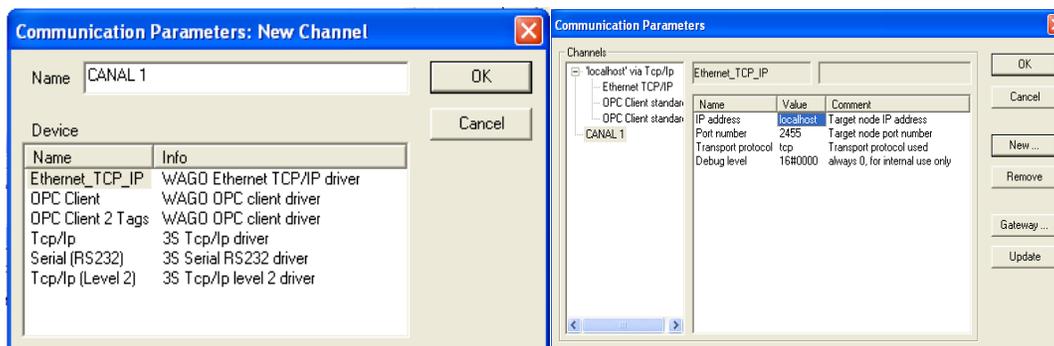


Fig. 3.77 Designación nuevo canal e ingreso dirección IP²⁷³

Designaremos una nueva IP y un nuevo nombre a nuestro nuevo canal de comunicación, para el ingreso de la IP damos un doble clic sobre local host ingresamos el nuevo IP de nuestro Autómata.



Precaución: El IP designado a nuestro PLC debe ser el mismo que se designo con el Bootp Server, el que coincidirá en sus tres primeros dominios con el del computador y el cuarto número deberá ser diferente para evitar conflictos en la comunicación.

3.6 Creación de un programa

²⁷² Auditoria personal

²⁷³ Auditoria personal

Primero declaramos nuestras variables de entradas y salidas, como es un programa sencillo solo se lo realizara como variables locales.

Las variables locales son variables que solo pueden ser usadas en la POU que fue declarada.

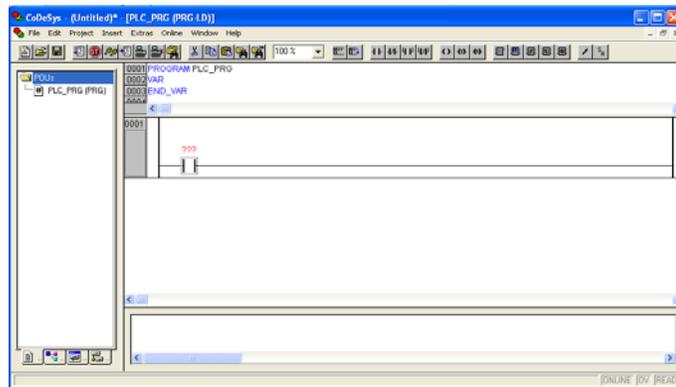


Fig. 3.78 Programación Ladder²⁷⁴

Realizamos un clic en la primera línea de programación para activarla y seleccionamos un contacto normalmente abierto de la barra de instrucciones e inmediatamente aparecerá en esta.

En los signos de interrogación del contacto realizamos un clic e introducimos el nombre Pulsador 1, una vez descrito el contacto nos parecerá una pantalla la cual nos sirve para declarar la variable asociándola con entradas o salidas físicas o internas del PLC.

Aparecerá el nombre que designamos y otras variables que la definirán:

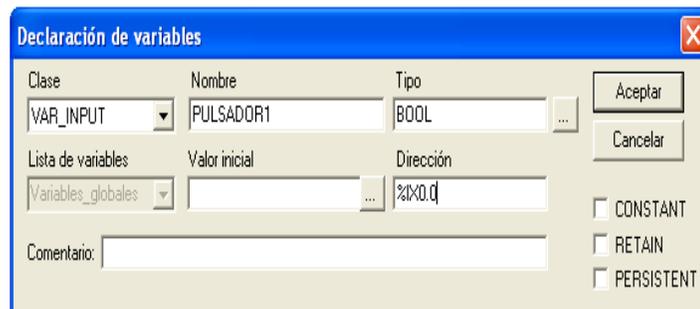


Fig. 3.79 Declaración de Variables²⁷⁵

Class: definirá si es una entrada o una salida (seleccionamos Var Input)

Type: define el tipo de la variable (seleccionamos Var Bool)

Initial Value: Valor inicial de las variables dependiendo del tipo que seleccionamos.

²⁷⁴ Auditoria personal

²⁷⁵ Auditoria personal

Address: Direccinamos a una de las entradas o salidas físicas del autómata con al siguiente nomenclatura %IX0.0....%IX0.255 y %QX0.0.....%QX0.255 para entradas y salidas digitales respectivamente.

Una vez declarada aparecerá esta variable y todas las variables en el cuadro de declaración de variables.

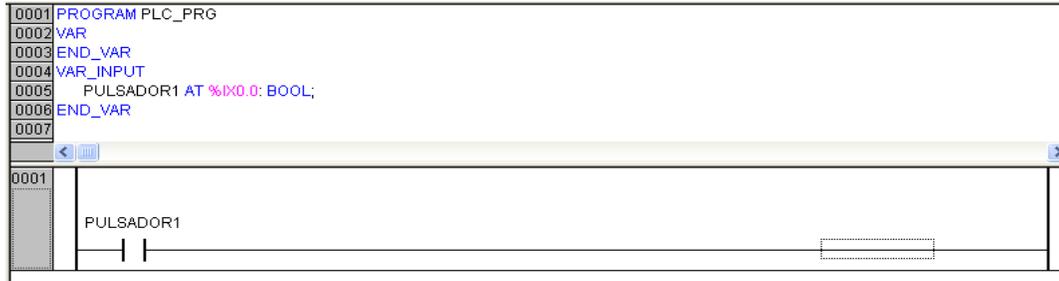


Fig. 3.80 Visualización de Variables declaradas²⁷⁶

3.7 Verificación del programa.

Antes de cargar el programa al autómata, verificaremos el proyecto completo no tenga errores para esto iremos al menú Proyecto > Compilar Todo.

Esto resaltara los errores en el panel de resultados, realizando un doble clic sobre este irá directamente hacia la línea de programación donde está el error.

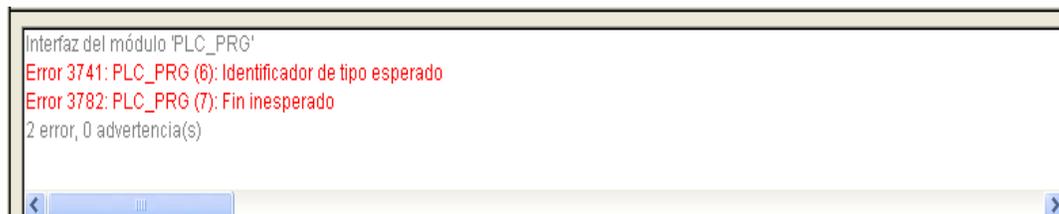


Fig. 3.81 Panel de resultados.²⁷⁷

3.8 Simulación del programa

Seleccionamos la opción en la barra de Menú/En Línea/Simulación posteriormente En línea/Inicio de Sesión el programa se ejecutara.

²⁷⁶ Auditoria personal

²⁷⁷ Auditoria personal

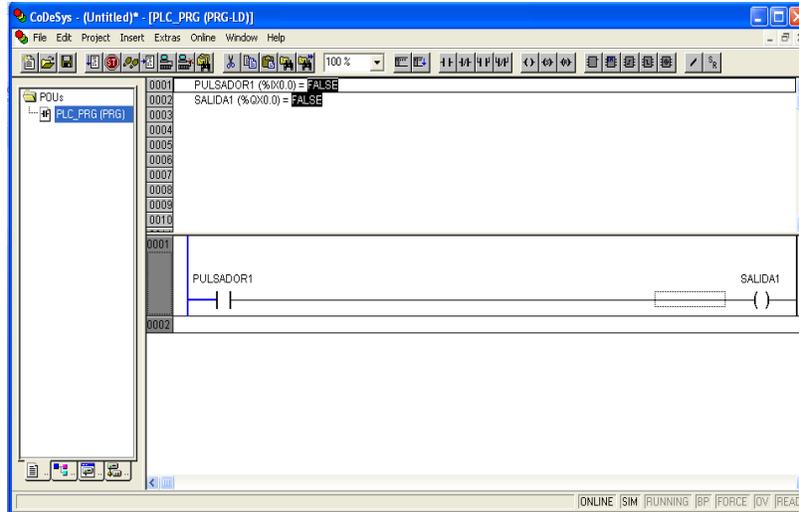
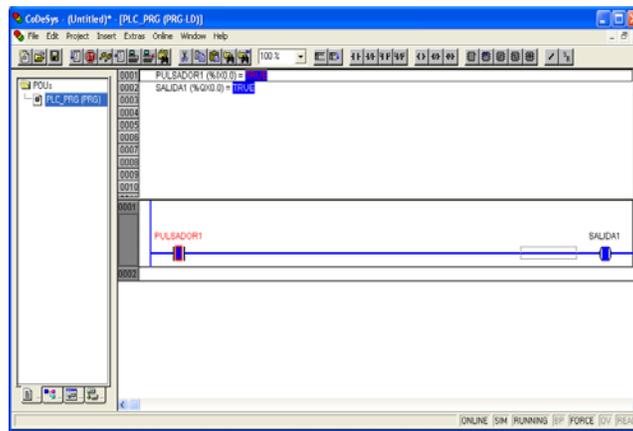


Fig. 3.82 Layout Mode del programa²⁷⁸

En esta pantalla resaltarán de color azul las líneas por donde pasa la señal. Para forzar una entrada realizamos un doble clic en el contacto o hasta que aparezca la palabra true al lado derecho de la variable declarada, posteriormente presionamos la tecla F5 (Inicio) y luego F7 (Forzar valores) ejecutándonos inmediatamente la simulación.



Visualizaremos el encendido y la secuencia del circuito para salir del simulador barra de menú/Online/Layout.

²⁷⁸ Auditoria personal

²⁷⁹ Auditoria personal

3.9 Descarga del programa en el PLC:

Comprobado el correcto funcionamiento del programa primero desactivamos la opción Simulación

A continuación en el mismo menú realizamos clic en Inicio de sesión y el programa devuelve un mensaje detallando la capacidad de memoria del PLC, pulsamos Ok y se descarga el programa.

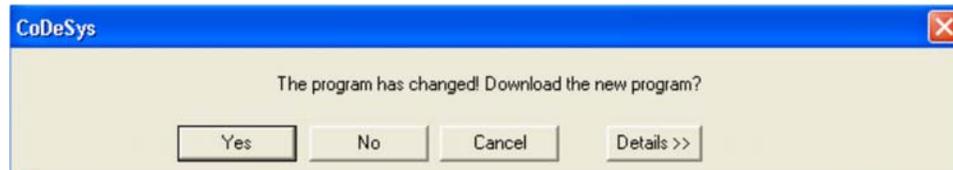


Fig. 3.84 Descarga programa al PLC²⁸⁰

A continuación para que se ejecute el programa presionamos la tecla **F5 (INICIO)**.

Cuando el programa ha sido probado y comprobado los resultados de ejecución del programa, en el menú **En línea** se selecciona **Crear proyecto de inicio** como se describe a continuación e inmediatamente el programa se guarda en la memoria del PLC.

Ahora procedemos a realizar las conexiones respectivas del PLC para probar su funcionamiento.

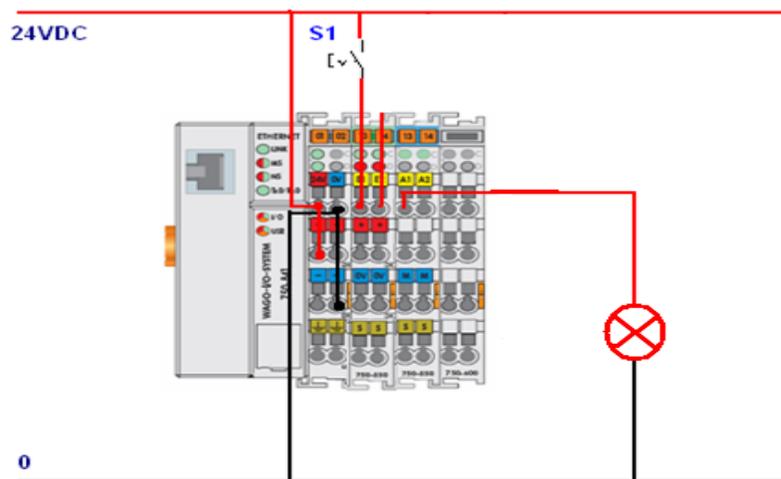


Fig. 3.85 Conexión PLC²⁸¹

Realizadas las conexiones comprobamos el funcionamiento del programa.

²⁸⁰ Auditoria personal

²⁸¹ Auditoria personal

4. Lista de Materiales.

Elementos eléctricos

Bloque distribuidor de energía.

Bloque de relés auxiliares.

Bloque de pulsadores.

Bloque de indicadores luminosos.

Plc Wago Con conexión Ethernet 750-843.

Módulo de entradas Digitales 750-402.

Módulo de salidas Digitales 750-504.

Módulo Final 750-600

Cables de Conexión.

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

8.- Recursos de información.

- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controler/m07500843_00000000_0en.pdf
- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/759/eng_manu/333/m933300e.pdf<http://www.infopc.net/>
- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/759/eng_manu/122/m912205e.pdf

9.- Conclusiones y Recomendaciones:

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

Esta será la estructura que presentara cada una de las hojas guías de nuestras prácticas.

3.4 Análisis de la infraestructura del módulo de entrenamiento.

El módulo de entrenamiento está provisto de un panel práctico utilizado para la ejecución de los cursos de neumática y electroneumática dictado actualmente por la empresa. Aprovechando la utilización del mismo y de algunos elementos industriales proporcionados y seleccionados por la empresa para el desarrollo del módulo en automatización industrial, se ha desarrollado un módulo industrial ergonómico, de alta factibilidad y fiable capaz de permitirnos realizar el aprendizaje tanto de la programación del PLC, como el conexionado de los diversos equipos que se utilizan a nivel industrial, conexiones del proceso con pantallas HMI, como con el software Intouch a través de una red Ethernet.

Conexionado de un PLC máster y esclavo mediante la comunicación Profibus.

Adicionalmente la verificación del funcionamiento de los equipos neumáticos por medio del Software Fluid- Sim.

3.5 Pruebas y diseño de prácticas.

Cada una de las prácticas se comprobó su correcto funcionamiento en cada una de sus etapas. El software CODESYS posee una herramienta de simulación para visualizar la lógica del programa realizado, verificando el correcto funcionamiento de cada programa. Una vez programado el PLC, se verificó su funcionamiento observando los leds indicadores de cada módulo.

Adicionalmente se seteo los instrumentos de tal manera que no se presenten errores en el desarrollo y secuencia de cada una de las prácticas.

En el software Intouch y en el HMI de la marca Brainchild se direcciono directamente al registro de entrada y salida que se desea leer, en tanto que para forzar una entrada o salida se debió apuntar a un registro interno del PLC y realizar una adecuación al programa para que este actué de acuerdo al desarrollo de la práctica.

3.5.1 Pruebas de enlaces Profibus y Ethernet.

Luego de realizar la conexión entre el computador y el PLC con el software WAGO BOOTP SERVER siguiendo los pasos descritos en la Práctica 1, se verificó el funcionamiento de entradas y salidas del PLC. Para esto se realizó un programa sencillo en el software CODESYS que permita desde el computador activar una salida física del PLC y mediante una entrada del PLC activar un indicador en la pantalla del CODESYS. Con estas pruebas se comprobó que efectivamente se tenía comunicación.

De la misma manera se realizó las pruebas de conexión Profibus siguiendo el procedimiento planteado, enviando y recibiendo datos señales hacia nuestro PLC Master que tiene el programa principal desde el PLC esclavo.

3.5.2 Resultados y proyección del módulo de entrenamiento.

Al realizar cada una de las prácticas realizadas se obtuvo un conocimiento previo de cada uno de los lenguajes de programación en el Software Codesys, siendo estos lenguajes de programación utilizados por las diferentes marcas de PLCs existentes en el mercado industrial.

Y el desarrollo de cada una de las prácticas se realizó con ejemplos y condiciones reales presentes en las industrias, de tal manera de ampliar el conocimiento técnico de los participantes y encuentren diversos procesos industriales en donde puedan aplicar cada uno de los diseños.

La programación del Software Intouch en su enlace con el PLC vía Ethernet, nos permitió dar a conocer como desenvolvemos en este entorno de tal manera de simular un sistema Scada.

Adicionalmente se utilizó como ayuda de software como Fluid – Sim simulador Neumático, y el Panel Studio que nos permite la configuración de nuestra pantalla HMI.

La forma de conexión y funcionamiento de equipos neumáticos, equipos de detección siendo estos sensores, e instrumentos de medición industrial.

En sí cada uno de los elementos industriales ocupados, permitieron disponer de una seguridad técnica para el desarrollo y conexiones de automatizaciones en las industria.

El módulo permitirá adicionalmente realizar prueba de los equipos que provee la empresa para así determinar su correcto funcionamiento

3.5.3 Desarrollo de un sistema completo de entrenamiento Fieldbus.

Para el desarrollo del sistema de entrenamiento se utilizó todos y cada uno de los elementos industriales disponibles por etapas acoplado el sistema neumático con su respectivo tablero, el sistema hidráulico y los instrumentos de medición cuyo proceso se encuentra en cada una de las prácticas adjuntas en el Anexo A.

CAPITULO IV

4 Comprobación de Hipótesis y Análisis económico.

4.1 Comprobación Hipótesis

El módulo didáctico para la empresa Ecuainsetec en automatización industrial, nos permitió ampliar nuestros conocimientos industriales en el campo neumático, instrumentación, puesta en marcha de equipos industriales, de manejar los seis lenguajes de programación de PLCs ofrecidos por el Software Codesys, que manejan las indistintas marcas de PLCs existentes en el mercado.

Conocer los diferentes equipos de instrumentación para las variables fundamentales en un proceso industrial siendo estas presión, nivel, caudal y temperatura.

Con todos los equipos se pudo integrar pequeños sistemas de automatización con diferentes requerimientos industriales que enlazaron, equipos neumáticos, sensores, instrumentación, HMI y comunicaciones con el software Intouch, realizando un sistema integrado de automatización industrial.

Los buses de campo Ethernet y Profibus utilizados para la programación del PLC y la comunicación industrial nos permitieron conocer como enlazarse a cada uno de ellos, como verificar el funcionamiento entre un máster y un esclavo.

Cada uno de los equipos fueron analizados en sus características técnicas, operación y forma de conexión mediante la guía de las hojas técnicas desarrolladas el módulo didáctico, haciéndolo flexible y compatible tanto para el instructor como para el usuario final.

4.2 Rendimiento del módulo

Una vez analizada y comprobada cada una de las prácticas con la utilización de todos los elementos industriales, se determinó la funcionalidad y rendimiento de cada uno de los equipos. Cada uno cumplió con las especificaciones técnicas especificadas en sus manuales, en si todos y cada uno de ellos se ocupan en todo tipo de industria en procesos altamente agresivos y en condiciones que pueden afectar su operatividad, Al aplicar estos elementos en el módulo didáctico se obtuvo un módulo robusto, y de alto rendimiento ya que están dispuestos para soportar condiciones agresivas de proceso.

Se realizó la presentación del curso con la guía de las hojas técnicas a empresas interesadas, se realizó una encuesta referente a la presentación del módulo didáctico y el material de apoyo para su ejecución:

ENCUESTA

TEMA..... SU EMPRESA.....

INSTRUCTOR FECHA.....

FECHA.....

Su opinión nos interesa conteste en la manera más honesta posible las siguientes preguntas.

Toda sugerencia adicional que nos aporte se la agradeceremos.

Por favor, evalúe en la escala del 1-5(1: No cumplió expectativas, 2: regular, 3: bueno, 4: Muy Bueno, 5: Excelente).

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1.- EVALUACIÓN DEL CONTENIDO.-

- 1.- Objetivos claros y definidos del tema de cada práctica.
- 2.- Utilidad del contenido de las prácticas para su área de trabajo
- 3.- Los objetivos establecidos concordaron con los temas tratados.
- 4.- Se cubrieron los temas propuestos en cada práctica.
- 5.- Se profundizo en los temas centrales de cada práctica.
- 6.- Los materiales de apoyo fueron los apropiados.
- 7.- La metodología de las practicas fue la apropiada..

2.- ¿Cómo califica las hojas guías y los equipos de automatización industrial utilizados?

- Muy satisfactorio.
- Satisfactorio.
- Insatisfecho
- Muy Insatisfecho.

3.- Que recomendaciones daría usted para mejorar la estructura de las hojas guías y la secuencia del curso

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Realizada la encuesta obtuvimos los siguientes resultados, la tabla principal se encuentra en el Anexo B.

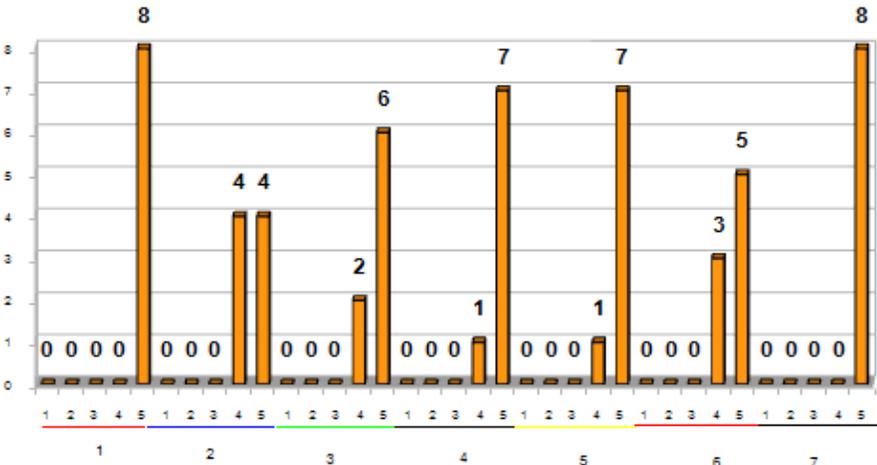


Fig. 4.1 Gráfico de evaluación de contenido de la encuesta¹⁸⁴

Evaluación del contenido de la encuesta.-

Como se puede observar la encuesta realizada nos da un resultado positivo, en cuanto a la estructura y secuencia realizada tanto en las hojas guías de trabajo como en el material de apoyo utilizado. Con esto garantizamos que el trabajo desarrollado tendrá mucha acogida y difusión por parte de los participantes. Garantizando de esta manera a la empresa su confiabilidad al trabajo desarrollado.

4.3 Manual de Usuario

El manual de usuario son todos los manuales y características técnicas de cada uno de los elementos industriales ocupados en el módulo didáctico ver ANEXO C

4.4 Costo Beneficio del módulo de entrenamiento.

Ahora bien una vez realizado el análisis con la selección de equipos y la utilización de los módulos didácticos ya existentes se ha determinado mediante precios de los equipos ofrecidos por la empresa la siguiente proforma:

DESCRIPCION	COSTO
-------------	-------

¹⁸⁴ Autoría

PLC CONEXIÓN PROFIBUS Y ETHERNET CON MÓDULOS DE ENTRADAS, SALIDAS ANALOGICAS Y DIGITALES MARCA WAGO	\$2,500.00
PLC ETHERNET MODULAR MARCA WAGO 750483	\$600.00
SENSORES INDUCTIVOS,CAPACITIVOS,BARRERA REFLEX, MARCA SICK	\$800.00
TERMOELEMENTO PT100	\$100.00
CAUDALIMETROS	\$400.00
VALVULA ON-OFF	\$250.00
VALVULA PROPORCIONAL	\$1,200.00
CALENTADOR DE AGUA	\$40.00
SENSOR DE NIVEL ON-OFF	\$200.00
SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO CONTINUO	\$900.00
BOMBA HIDRAULICA	\$200.00
PRESOSTATO	\$800.00
TANQUE DE PRUEBAS CON ACCESORIOS DE CONEXIÓN	\$500.00
ACCESORIOS ELECTRICOS Y NEUMATICOS	\$400.00
TOTAL INVERSION	\$8,890.00

Tabla.4.1 Tabla de precios de equipos¹⁸⁵

El total de la inversión por parte de la empresa sería aproximadamente un costo de 8890 dólares por módulo, actualmente la empresa dispone de 4 tableros de aprendizaje en donde se desearía acoplar este sistema de enseñanza, para esto el total de la inversión sería 35560 dólares.

Actualmente la empresa es muy reconocida por los cursos de neumática y electroneumática que difunde actualmente. Mediante encuestas realizadas en cada uno de ellos se ha determinado que el 90% de las personas que toman estos cursos requieren la apertura de un curso de automatización industrial, por lo cual la empresa se ha visto obligada a realizar el diseño de un módulo didáctico.

¹⁸⁵ Autoría

4.1.1 Análisis Financieros

Un análisis es diferenciar y separar cada una de las partes de un todo las partes de un todo con el fin de llegar a obtener información de sus componentes y principios. Estudiando los límites, características y posibles soluciones de un problema.

Este método es muy utilizado en todos los ámbitos comerciales para conocer los riesgos y consecuencias antes de cerrar un negocio. Y determinar los beneficios de rentabilidad.

Se requiere realizar una investigación de campo que me permita obtener información relevante, índices financieros y sacar conclusiones.

A continuación detallamos el cálculo de los indicadores económicos financieros:

4.1.2 Interés

Es el índice de rentabilidad de los ahorros o también como en todo negocio realizado a largo plazo el costo del crédito representado en porcentaje.

La inversión puede calcularse en base a interés simple y/o interés compuesto.

Interés simple

$$C_n = C_o(1 + in)$$

Interés simple únicamente se recibe interés del capital inicial.

Interés Compuesto

$$C_n = C_o(1 + i)^n$$

Interés compuesto los intereses percibidos son reinvertidos para obtener más intereses.

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

C_o ; *capital inicial*

n ; *años*

i ; *tasadeinteres*

4.4.3 Inflación

Es el crecimiento continuo y generalizado de los precios causados por diferentes aspectos económicos de los bienes, servicios y factores productivos de una economía a lo largo del tiempo.

$$C_n = \frac{C_o}{(1 + t)^n}$$

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

C_o ; *capital inicial*

n ; *años*

t ; *tasadeinflación*

4.4.4 Depreciación

Es la pérdida de valor de un bien mueble o inmueble causado por el uso, abuso o desuso del producto adquirido.

$$C_n = \frac{C_o}{(1 + i)^n}$$

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

C_o ; *capital inicial*

n ; *años*

i ; *tasadeinterès*

4.4.5 Anualidad o Renta

Es la sucesión de pagos, depósitos o retiros, realizados por la adquisición de un bien generalmente iguales que incluyen el interés, en períodos de tiempo pudiendo ser estos anuales, mensuales, trimestrales, etc.

$$C_n = R \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Dónde:

C_n ; *capital futuro*

R ; *renta*

n ; *años*

i ; *tasadeinterès*

4.4.6 Flujo Financiero

Determinación de ingresos y egresos.

$$C_o = (R_i - R_e) \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Dónde:

C_o ; *capital inicial*

R_i ; *renta ingreso*

R_e ; *renta egreso*

n ; *años*

i ; *tasadeinterès*

Los indicadores económicos describen el flujo de fondos neto proyectado y el valor del dinero en el tiempo son:

4.4.7 Valor Actual Líquido (VAL)

Resultante de la sumatoria de inversión, ingresos y egresos.

$$VAL = -I + \sum_{i=1}^n R_i \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \sum_{i=1}^n R_e \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Dónde:

VAL ; Valor Actual Líquido

R_i ; renta ingreso

R_e ; renta egreso

n ; años

i ; tasa de interés

I ; Inversión

4.4.8 Tasa Interna de Rentabilidad o Tasa interna de Retorno (TIR)

Es el Indicador de rentabilidad del proyecto, si este es mayor a la tasa de interés indica la viabilidad del proyecto a desarrollarse.

4.4.9 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Permite determinar el tiempo en que se recupera el capital invertido en un proyecto. La tendencia será recuperar la inversión en menor tiempo.

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS COSTO - BENEFICIO

El análisis de costo beneficio se maneja en base a tres indicadores importantes que a continuación se detallan:

VAL (VALOR ACTUAL LÍQUIDO)

Inversión	\$8.890,00
-----------	------------

Ei (ahorro)	\$5.500,00
Ee (mantenimiento)	\$3.000,00
Interés (I)	4,60%
Inflación (t)	6,12%
Inom (i)	8,17%
Años	1
$(1+i)^n$	1,0460
VAL	\$13.776,60

Tabla 4.2 Cálculo del VAL¹⁸⁶

El VAL tiene un valor de \$ 13,776.60 siendo un proyecto viable evaluado con un valor mayor o igual a cero.

PRI (PERIODO DE RECUPERACIÓN INTERNA)

N(meses)	$(1+i)^n$	Val
1	1.0460	-\$6,499.94
2	1.0941	-\$4,214.99
3	1.1444	-\$2,030.53
4	1.1971	\$57.87
5	1.2522	\$2,054.43
6	1.3098	\$3,963.18
7	1.3700	\$5,787.99
8	1.4330	\$7,532.55
9	1.4989	\$9,200.40
10	1.5679	\$10,794.89
11	1.6400	\$12,319.26
12	1.7155	\$13,776.60

Tabla 4.3 Cálculo del PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión)¹⁸⁷

¹⁸⁶ Autoría

¹⁸⁷ Autoría

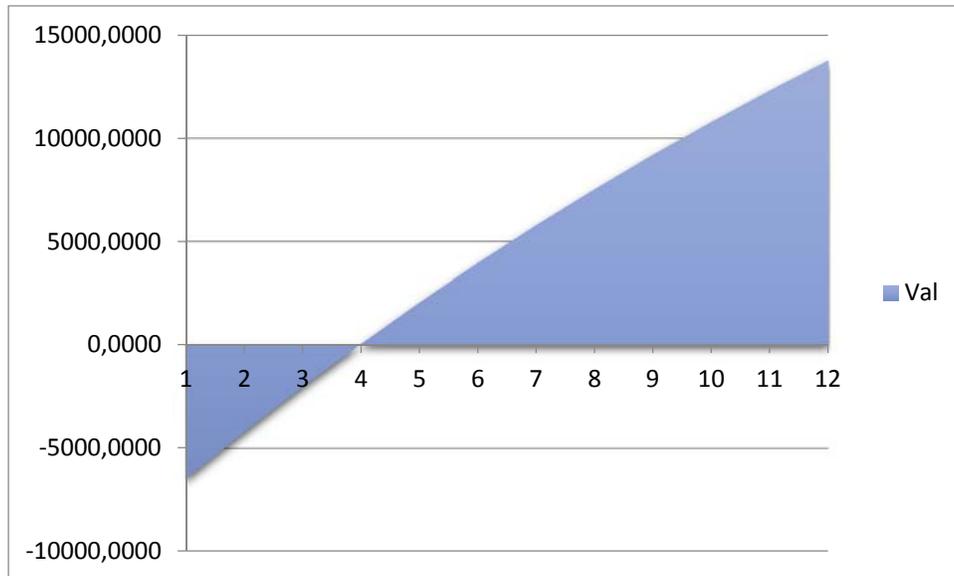


Fig. 4.2 Gráfico de La Recuperación De La Inversión¹⁸⁸

La inversión del proyecto se recupera en 4 meses con la rentabilidad de la tasa de interés.

TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)

Interés	(1+i)^n	Solución
0,1	1,1	12.524,18
0,2	1,2	2.724,76
0,3	1,3	1.293,88
0,4	1,4	229,41
0,5	1,5	-0,11

Tabla 4.4 Valores del TIR del Proyecto¹⁸⁹

El TIR del proyecto tiene un valor de 42.59% que es muy superior a la tasa de interés nominal de 8.37% por lo tanto el proyecto es viable.

Inicialmente se incrementa un curso por mes decisión que se aprobaría en reunión con el representante legal, se considera dictar los días sábados en horario intensivo de 9 am a

¹⁸⁸ Autoría

¹⁸⁹ Autoría

4pm ya que la temática amerita continuidad y esto permitirá un mayor aprendizaje del tema.

[\[19\]](#)

CONCLUSIONES.

- La utilización del Software Codesys nos permite brindar varios beneficios tanto al usuario como a los programadores, ya que industrialmente lo utilizamos para la programación y visualización de PLCs, también puede ser utilizado como elemento de aprendizaje de los diversos lenguajes de programación. De tal manera de crear un programador integro, que pueda interpretar y efectuar cambios en el programa de cualquier marca de PLC.
- El módulo didáctico cumple con la función de manejar tanto equipos neumáticos, electro neumáticos, sensores e instrumentos utilizados en el campo industrial.
- La utilización de las comunicaciones industriales permitió ampliar el conocimiento en protocolos de comunicación industriales utilizados en la industria ecuatoriana que son ETHERNET y PROFIBUS.
- Análisis de cada uno de los instrumentos industriales utilizados para la medición de variables de presión, nivel, temperatura, caudal.
- La programación de entradas y salidas análogas o digitales permitió verificar su comportamiento, realizando la visualización de estas en el entorno Codesys.
- La utilización de un sistema hidráulico flexible para instalar los diversos instrumentos y verificar su comportamiento industrial.
- La utilización de la válvula on-off y proporcionales permitió dar a conocer la diferencia de operación de estas en los procesos.
- Se determinó como realizar el proceso de imagen de las entradas y salidas analógicas para facilitar la programación de sus valores variables.
- Mediante la interfaz gráfica creada en el sistema Intouch nos permitió visualizar, forzar, crear base de datos de cada una de las variables de nuestro PLC.
- El tablero didáctico de electroneumática esta acoplado con los diferentes elementos neumáticos y eléctricos que nos dan la facilidad de conexiones con las entradas y salidas del PLC para realizar una simulación real.
- Cada una de las prácticas lleva una secuencia estructural lógica para un correcto aprendizaje y las tareas van enfocados a procesos industriales reales.

- Con este módulo didáctico la empresa será una de las precursoras en brindar una capacitación integral con elementos industriales, que optimizaran el tiempo en el desarrollo de proyectos y disminuirá errores de instalación y programación.

RECOMENDACIONES.

- Para identificar la entrada o salida designada a cada módulo que se encuentra conectado al PLC, se procederá a realizar en el software CODESYS la configuración de mando, que nos detallara las direcciones asignadas.
- Para una correcta conectividad entre el PLC y el computador recordar que la IP debe ser similar en sus tres primeros campos ya que el cuarto campo indica el número propio destinado para cada equipo.
- Al designar el IP al PLC mediante el software Bootp Server, recordar ingresar el MAC ID, la dirección IP y Start. Inmediatamente se deberá apagar el PLC y encenderlo nuevamente para que se grabe la IP designada; este procedimiento es detallado por fabrica.
- Antes de conectar cualquiera de los equipos de instrumentación se deberá revisar en las hojas técnicas del equipo, la conexión de cada uno de sus cables para evitar daños.
- No realizar conexiones con la fuente activa para evitar posibles cortocircuitos.
- Revisar que la fuente de alimentación disponga del fusible, para una correcta protección a cortocircuito.
- Seguir los pasos detallados en las hojas guías de tal manera de evitar problemas al momento de realizar la simulación de la práctica.
- Para la conexión tanto de la HMI Brainchild y de la interface Intouch con el PLC realizar una tabla en Excel de direcciones para así evitar problemas de mal direccionamiento.
- Al manipular las tarjetas de entradas y salidas del PLC evitar el contacto con la comunicación interna de cada módulo.
- La válvula proporcional antes de conectarse con la entrada análoga del PLC se recomienda realizar el auto tuning de la válvula y configurar el tipo de la entrada.
- En la programación del PLC en el software Codesys tomar muy en cuenta las declaraciones de las variables globales y locales. Si una variable está declarada como local y global nos presentara un conflicto en el programa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Domingo Peña, J. Gámiz Caro, A.Grau i Saldes y H. Martínez García, “Buses de campo” en Comunicaciones en el entorno industrial. Ediciones UOC, Aragón, 2003, pp. 103 – 183.
- [2] J. Balcells y J. Romeral, “Redes de comunicación industriales” en Autómatas Programables. Ediciones Marcombo, Barcelona, 1997, pp. 296 – 327.
- [3] A. Penin y J. Romeral, Sistemas SCADA, Ediciones Marcombo, Barcelona, 2012.
- [4] J. Domingo Peña, J. Gámiz Caro, A.Grau i Saldes y H. Martínez García, Introducción a los autómatas programables, Ediciones UOC, Aragón, 2003.
- [5] J. Balcells y J. Romeral, “El autómatas programable” en Autómatas Programables. Ediciones Marcombo, Barcelona, 1997, pp. 67 – 105.
- [6] Karl – Heinz John y Michael TiegelKamp, IEC 61131-3 Programming Industrial Automation Systems, Ediciones Springer Berlag, Alemania, 2001.
- [7] G. WAGO Kontakttechnik, IEC 61131-3 Programming Tool WAGO I/O PRO 32, Ediciones Minden, Alemania, 2000.
- [8] A. Creus, INSTRUMENTOS INDUSTRIALES su ajuste y calibración,3ª edición, Ediciones Marcombo, Barcelona, 2009.
- [9] A. Creus, INSTRUMENTACION INDUSTRIAL, 8ª edición, Ediciones Marcombo, Barcelona, 2011.
- [10] STAUSS Thomas, Technical Documentation, Ediciones Reinach, Suiza, 2008.
- [11] STAUSS Thomas, Tecnologías de medición, Ediciones Endress + Hauser Flowtec, Alemania, 2005.
- [12] Wim Van de Kamp, Teoría y práctica de medición de niveles, 23ª edición, Ediciones Endress + Hauser, España, 2008.
- [13] S. Hesse, Aire comprimido, fuente de energía, Ediciones Festo AG & Co, Alemania, 2002.
- [14] M. Pany y S. Scharf, Electroneumática, Ediciones Festo AG & Co, Alemania, 2005.
- [15] P. Croser, Neumática, Ediciones Festo AG & Co, Alemania, 1991.
- [16] J. Balcells y J. Romeral, “Sensores y actuadores” en Autómatas Programables. Ediciones Marcombo, Barcelona, 1997, pp. 113 – 136.
- [17] HESSE Stefan: Sensores en las técnicas de fabricación. Ediciones Festo & Co, Alemania 2001.

[18] Invensys Systems, Inc., Wonderware® FactorySuite™ InTouch™ User's, Invensys Systems, Inc., Foxboro 2002.

[19] J. Miranda, Gestión de Proyectos, 5ª Edición, Ediciones MM, Bogotá, 2005.

REFERENCIAS DE INTERNET

- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/759/eng_manu/333/m933300e.pdf
- www.wago.com / Technical Documentation.
- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/750/eng_manu/coupler_controller/m07500843_00000000_0en.pdf
- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/759/eng_manu/333/m933300e.pdf<http://www.infopl.net/>
- http://www.wago.com/wagoweb/documentation/759/eng_manu/122/m912205e.pdf.
- http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%202.3%20Nivel.pdf
- <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>
- www.festo.com / Festo Didactic Introducción a la electro neumática
- http://www.sick.com/es/es-es/home/products/product_portfolio/industrial_sensors/Pages/inductive_proximity_sensors.aspx
- http://www.arghys.com/articulos/senales_analogicas.htm
- http://www.burkert.es/products_data/datasheets/DS8792-PositSideCo-ES-ES.pdf
- http://www.burkert.com/products_data/manuals/MA8792-Standard-DE-DE.pdf
- <http://es.scribd.com/doc/50248575/teoria-de-valvulas>
- Manual de ayuda software Codesys
- Manual de ayuda software Fluidsim