

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
**PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL
CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE
SCADA”**

**TESIS PRESENTADA POR LOS
BACHILLERES:**

**CHACCA CUTI, EDGAR.
SILES NATES, FERNANDO DAVID.**

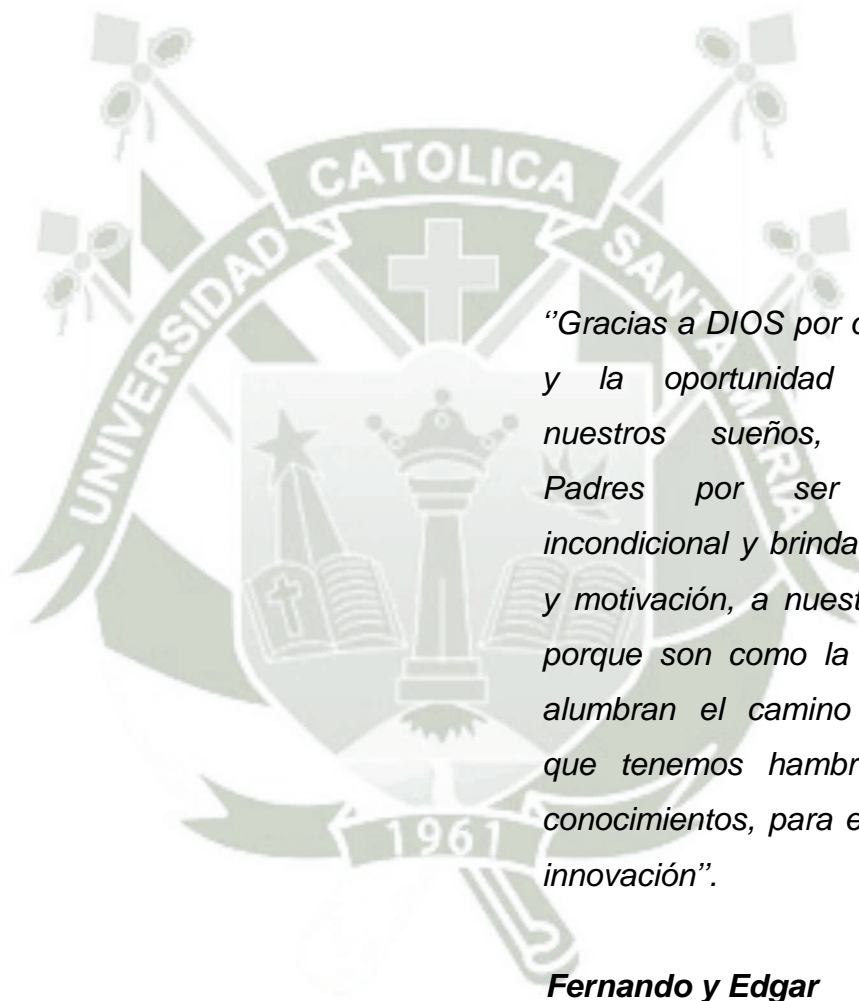
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE:**

INGENIERO MECATRÓNICO.

**AREQUIPA - PERÚ
2012**

*“Más fácil me ha sido encontrar las leyes
con que se mueven los Cuerpos celestes,
los que están a millones de kilómetros,
que definir las leyes de movimiento del
agua, que corre frente a mis ojos”*

Galileo Galilei



*“Gracias a DIOS por darnos la vida
y la oportunidad de realizar
nuestros sueños, a nuestros
Padres por ser el apoyo
incondicional y brindarnos su amor
y motivación, a nuestros maestros
porque son como la lámpara que
alumbran el camino de aquellos
que tenemos hambre y sed de
conocimientos, para el cambio y la
innovación”.*

Fernando y Edgar

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	.....	xxi
ABSTRACT	.....	xxiv
INTRODUCCIÓN	.....	xxvi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	.....	1
1.1.	TÍTULO.....	1
1.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3.1.	CAMPO , ÁREA , LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.	ANTECEDENTES	3
1.5.	OBJETIVOS	8
1.5.1.	OBJETIVO PRINCIPAL	8
1.5.2.	OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	8
1.6.	HIPÓTESIS.....	8
1.7.	VARIABLES.....	9
1.7.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	9
1.7.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	9
1.7.3.	DESARROLLO DE VARIABLES	9
1.8.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.9.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.10.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	11
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	.....	12
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	12
2.2.	AUTOMATIZACIÓN	12
2.2.1.	DEFINICIÓN.....	12
2.2.2.	PARTE OPERATIVA.....	13
2.2.2.1.	ACCIONADORES Y PREACCIONADORES	14
2.2.2.1.1.	EL ACCIONADOR	14
2.2.2.1.1.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIONADORES	15
2.2.2.1.2.	EL PREACCIONADOR	15
2.2.3.	PARTE DE MANDO	16

2.2.3.1.	TECNOLOGÍAS CABLEADAS	16
2.2.3.2.	TECNOLOGÍAS PROGRAMADAS.....	16
2.3.	OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN	17
2.4.	SISTEMA DE CONTROL	18
2.4.1.	DEFINICIÓN.....	18
2.4.2.	ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL .	19
2.4.3.	TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL	20
2.4.3.1.	CONTROL MANUAL	20
2.4.3.2.	CONTROL AUTOMÁTICO.....	21
2.4.3.3.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS	22
2.4.3.3.1.	SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO	22
2.4.3.3.2.	SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	23
2.5.	ACCIONES DE CONTROL	25
2.5.1.	CONTROL PROPORCIONAL- INTEGRAL –DERIVATIVO (PID) .	26
2.5.1.1.	FUNCIONAMIENTO DEL PID.....	28
2.5.1.2.	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN PID	29
2.5.1.3.	SINTONIZACIÓN DE LOS CONTROLADORES PID EN BUCLE CERRADO	31
2.5.1.3.1.	MÉTODO DE ZIEGLER NICHOLS CON IDENTIFICACIÓN EN BUCLE CERRADO	32
2.6.	EL PLC SIEMENS S7-1200	33
2.6.1.	FUNCIONES BÁSICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200.....	34
2.6.2.	CARACTERÍSTICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200.....	35
2.6.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA CPU DEL PLC SIEMENS S7-1200.	35
2.6.2.2.	CICLO DE TAREAS.....	36
2.6.2.3.	ESTADOS OPERATIVOS DE LA CPU.....	38
2.6.2.4.	TIPOS DE DATOS SOPORTADOS POR EL PLC SIEMENS S7-1200.....	39
2.6.2.5.	MEMORIA DE LA CPU	40
2.6.2.5.1.	GESTIÓN DE MEMORIA	40
2.6.2.6.	DISPOSITIVOS TÍPICOS DE ENTRADA Y SALIDA PARA PLC.....	41

2.6.2.7.	VENTAJAS GENERALES DE LOS PLC.....	48
2.6.2.8.	CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS PLC'S	49
2.7.	INTERFACES DE CONEXIÓN AUTÓMATA – USUARIO(H.M.I)	51
2.7.1.	TIPOS DE HMI	52
2.7.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS HMI	52
2.8.	PANEL TÁCTIL SIEMENS KTP 600 COLOR PN.....	53
2.8.1.	FUNCIONES DE LA PANTALLA TÁCTIL SIEMENS KTP600 COLOR PN.....	54
2.8.2.	BENEFICIOS DEL USO DEL LA PANTALLA TÁCTIL KTP 600 COLOR PN.....	56
2.9.	PROTOCOLO TCP	56
2.9.1.	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO TCP	57
2.10.	PROTOCOLO IP	57
2.10.1.	ENLACE ISO - ON - TCP	57
2.10.2.	COMPORTAMIENTO DEL PROTOCOLO TCP.....	58
2.11.	PROFINET DEL PLC SIEMENS S7-1200.....	58
2.11.1.	DEFINICIÓN.....	58
2.11.2.	OBJETIVOS Y VENTAJAS DE PROFINET.....	59
2.11.3.	ARQUITECTURA PROFINET	60
2.11.4.	TIPOS DE PROFINET	61
2.11.4.1.	PROFINET I.O.....	61
2.11.4.2.	PROFINET C.B.A.....	63
2.12.	MEDICIÓN DE FLUJO	64
2.12.1.	NÚMERO DE REYLNOLDS (Re).....	65
2.12.2.	FLUJO LAMINAR	66
2.12.3.	FLUJO TURBULENTO	68
2.12.4.	RÉGIMEN DE TRANSICIÓN.....	68
2.12.5.	MÉTODO DE CÁLCULO EN UN SISTEMA DE BOMBEO ..	69
2.12.5.1.	PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS	69
2.12.6.	CRITERIOS PARA EL CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS	71
2.12.6.1.	DEFINIR APLICACIÓN	72
2.12.6.2.	CAUDAL A MOVER.....	72

2.12.6.3.	ALTURA A DESARROLLAR	72
2.12.6.4.	ALTURA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN DISPONIBLE (NPSH)	72
2.12.6.5.	CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO	73
2.12.6.6.	VELOCIDAD DE LA BOMBA	73
2.12.6.7.	FORMAS DE CURVAS DE OPERACIÓN	73
2.12.6.8.	CONSTRUCCIÓN	73
2.12.7.	BOMBA CENTRÍFUGA.....	74
2.12.7.1.	FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS	74
2.12.8.	REDES DE DISTRIBUCIÓN EN TUBERÍAS	76
2.12.9.	PÉRDIDAS LOCALIZADAS EN SISTEMAS DE TUBERÍAS	78
2.12.10.	MEDIDORES DE FLUJO	81
2.12.10.1.	SENSOR DE CAUDAL TIPO TURBINA	82
2.12.10.1.1.	PRINCIPIO DE MEDICIÓN	82
2.12.10.1.2.	EXACTITUD	86
2.12.10.1.3.	MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA	87
2.12.10.1.4.	FACTORES DE INSTALACIÓN.....	87
2.12.10.1.5.	CAMPOS DE APLICACIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL TIPO TURBINA	91
2.12.11.	CUIDADOS EN PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS.....	92
2.12.12.	COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE FLUJO	93
2.12.13.	VÁLVULAS PARA FLUIDOS.....	95
2.12.13.1.	VÁLVULA DE BOLA.....	95
2.12.13.1.1.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS VÁLVULAS DE BOLA	96
2.12.13.2.	VÁLVULA DE RETENCIÓN O VÁLVULA CHECK	96
2.12.13.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA CHECK TIPO COLUMPIO	97
CAPÍTULO III DISEÑO DEL MÓDULO		99
3.1.	DISEÑO DEL MÓDULO	99
3.1.1.	LA ERGONOMÍA	99

3.1.1.1.	EL PUESTO DE TRABAJO	100
3.1.1.2.	LA MESA, SUPERFICIES Y ESPACIO DE TRABAJO	101
3.1.1.3.	LA ERGONOMÍA DEL SOFTWARE	102
3.1.2.	DISEÑO FÍSICO DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL ..	106
3.1.2.1.	SISTEMA ELECTRÓNICO.....	106
3.1.2.1.1.	ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES EN SENSORES	106
3.1.2.1.1.1.	PARÁMETROS DE LIMITE DE MEDIDA	107
3.1.2.1.1.1.1.	RANGO DE MEDIDA	107
3.1.2.1.1.1.2.	FONDO DE ESCALA	107
3.1.2.1.1.2.	CURVA DE TRANSFERENCIA ESTÁTICA.....	107
3.1.2.1.1.3.	LINEALIDAD	108
3.1.2.1.1.3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA LINEALIDAD EN SENSORES	108
3.1.2.1.1.4.	ALCANCE	109
3.1.2.1.1.5.	ERROR.....	109
3.1.2.1.1.6.	INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA.....	110
3.1.2.1.1.7.	RESOLUCIÓN.....	110
3.1.2.1.1.8.	ZONA MUERTA	111
3.1.2.1.1.9.	HISTÉRESIS	111
3.1.2.1.1.10.	SENSIBILIDAD	111
3.1.2.1.1.11.	SATURACIÓN.....	111
3.1.2.1.1.12.	EXACTITUD	111
3.1.2.1.1.13.	PRECISIÓN.....	111
3.1.2.1.1.14.	CAMPO DE MEDIDA DE APLICACIÓN	112
3.1.2.1.1.15.	CAMPO DE MEDIDA CON SUPRESIÓN CERO	112
3.1.2.1.1.16.	ELEVACIÓN DE CERO	112
3.1.2.1.1.17.	SUPRESIÓN DE CERO	112
3.1.2.1.1.18.	DERIVA	112
3.1.2.1.1.19.	FIABILIDAD	112
3.1.2.1.1.20.	TRAZABILIDAD	113
3.1.2.1.1.21.	RUIDO	113
3.1.2.1.1.22.	VIDA ÚTIL DE SERVICIO	113
3.1.2.1.1.23.	REPRODUCTIBILIDAD	113

3.1.2.1.1.24.	RESPUESTA FRECUENCIAL	113
3.1.2.1.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	114
3.1.2.1.3.	PLC SIEMENS S7-1200 CPU-1212C.....	115
3.1.2.1.3.1.	FUNCIONES DEL PLC SIEMENS S7-1200.....	118
3.1.2.1.3.2.	CPU 1212C	119
3.1.2.1.3.2.1.	DISEÑO	119
3.1.2.1.3.2.2.	FUNCIONES DEL CPU 1212C	121
3.1.2.1.4.	PANEL DE OPERADOR SIEMENS KTP 600 BASIC-COLOR...	127
3.1.2.1.4.1.	FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS PANELES HMI.....	128
3.1.2.1.4.2.	DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN (HMI-KTP 600).....	130
3.1.2.1.5.	MÓDULO ANALÓGICO SB 1232 DE I AO en U/I	134
3.1.2.1.5.1.	GAMA DE APLICACIÓN.....	134
3.1.2.1.5.2.	DATOS TÉCNICOS DEL MODULO ANALÓGICO SB 1232	135
3.1.2.1.6.	CRITERIO DE SELECCIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL	137
3.1.2.1.6.1.	SENSOR DE CAUDAL FOTEK KTM 15 SERIES	137
3.1.2.1.7.	VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER –ATV 12 H075M2.....	138
3.1.2.1.7.1.	APLICACIONES.....	139
3.1.2.1.7.1.1.	APLICACIONES PARA MÁQUINAS INDUSTRIALES SIMPLES.....	139
3.1.2.1.7.1.2.	APLICACIONES PARA MÁQUINAS DE CONSUMIDOR ...	140
3.1.2.1.7.2.	FUNCIONES.....	140
3.1.2.1.7.3.	DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER ATV 12 H075M3	141
3.1.2.1.8.	SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO STRONGER CM18-3008 PC DE TIPO PNP	144
3.1.2.1.8.1.	PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD.....	144
3.1.2.1.8.2.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO STRONGER CM18-3008PC	147
3.1.2.1.8.2.1.	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.....	147
3.1.2.1.8.2.2.	CONEXIONADO.....	147

3.1.2.2.	SISTEMA ELÉCTRICO	148
3.1.2.2.1.	CONEXIONADO DEL TABLERO GENERAL.....	148
3.1.2.2.1.1.	MATERIALES UTILIZADOS	148
3.1.2.2.1.2.	DISTRIBUCIÓN DE CONEXIONES DEL TABLERO GENERAL	150
3.1.2.2.2.	CONEXIONADO DEL PLC, SENSOR DE CAUDAL Y SENSOR DE PROXIMIDAD.....	151
3.1.2.2.3.	CONEXIONADO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD ATV 12 - H075M2.....	153
3.1.2.3.	SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA.....	155
3.1.2.4.	DISEÑO MECÁNICO DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL	156
3.1.2.4.1.	DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO	157
3.1.2.4.1.1.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS.....	157
3.1.2.4.1.1.1.	SELECCIÓN DE LA TUBERÍA Y ACCESORIOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA	157
3.1.2.4.1.1.2.	CRITERIO DE SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS Y ACCESORIOS.....	159
3.1.2.4.1.1.2.1.	ACERO INOXIDABLE ASTM 312.....	159
3.1.2.4.1.1.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL ACERO INOXIDABLE.....	160
3.1.2.4.1.2.	SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	169
3.1.2.4.1.2.1.	CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR	170
3.1.2.4.1.2.2.	CÁLCULO DEL FACTOR K PARA LA REDUCCIÓN DE $\frac{3}{4}$ " A $\frac{1}{2}$ ".	173
3.1.2.4.1.2.3.	CÁLCULO DEL FACTOR DE FRICCIÓN "f".....	177
3.1.2.4.1.3.	SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	182
3.1.2.4.2.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE	185
3.1.2.4.3.	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	191
3.1.2.4.3.1.	ANÁLISIS DEL PROCESO.....	191
3.1.2.4.3.2.	DIAGRAMAS DEL PROCESO.....	192
3.1.2.4.3.3.	DIAGRAMA DEL PROCESO PARA EL CONTROL DE CAUDAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	195

CAPÍTULO IV DISEÑO EN EL SOFTWARE Y CONFIGURACIÓN DE	
DISPOSITIVOS	197
4.1. INTRODUCCIÓN.....	197
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CPU	199
4.3. CONFIGURACIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL.....	204
4.4. CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD	206
4.5. DESARROLLO DEL PROGRAMA EN EL PLC.....	211
4.6. DETERMINACIÓN DEL MODELO DEL SISTEMA.....	213
4.7. DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN LA	
PANTALLA TÁCTIL.....	227
4.7.1. CREACIÓN DE LA PRIMERA PANTALLA	228
4.7.2. CONFIGURACIÓN DE LA SEGUNDA PANTALLA	231
CAPÍTULO V PRUEBAS Y RESULTADOS	233
5.1. PRUEBAS DE LABORATORIO.....	233
5.2. PRINCIPALES APLICACIONES DEL CONTROL DE CAUDAL.....	251
5.2.1. INDUSTRIA PETROLERA	251
5.2.1.1. EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO.....	252
5.2.2. INDUSTRIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE....	252
5.2.2.1. EQUIPOS UTILIZADOS.....	253
5.2.2.2. VENTAJAS DE LOS CAUDALÍMETROS A BATERÍAS ISOIL	
- FLOWIZ.....	253
5.2.3. INDUSTRIA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA.....	253
5.2.4. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DEL PAPEL.....	254
5.2.5. INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	254
5.2.6. INDUSTRIA NAVAL.....	254
5.2.7. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA.....	254
5.2.7.1. ALMACENAMIENTO DE CEBADA	255
5.2.7.2. ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE AGUA.....	255
5.2.7.3. CIRCUITOS DE CONTROL	256
5.2.8. APLICACIÓN EN SISTEMAS DE ENGRASE POR	
CIRCULACIÓN DE ACEITE	257
5.2.8.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	257

5.2.8.2. APLICACIONES.....	257
CONCLUSIONES.....	259
RECOMENDACIONES	263
BIBLIOGRAFÍA.....	265
DIRECCIONES WEB	268
ANEXOS	270
ANEXO 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE CAUDAL.....	271
ANEXO 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER ELECTRIC ATV12-H075M2....	279
ANEXO 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA LS	292
ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL POTENCIÓMETRO SCHNEIDER ELECTRIC 2.2 KOHM.....	293
ANEXO 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACCESORIOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE TUBERÍAS.....	294
ANEXO 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA DE BOLA GENEBRE.....	296
ANEXO 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN GENEBRE	297
ANEXO 8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ELECTROBOMBA ..	298
ANEXO 9 ESPECIFICACIONES DEL TUBO ELECTROSOLDADO LAF ASTM- 513 Tipo 2	301
ANEXO 10 PERFIL DEN C 60X30X10X2.5 -HIERRO NEGRO.....	302
ANEXO 11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANCHA ESTRIADA DE ACERO LAC	303
ANEXO 12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLATINA DE ALUMINO 1/8” x 1” y 1/8” x 2”	304
ANEXO 13 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PERFIL DE ALUMINIO TIPO BARANDA	305
ANEXO 14 FICHA TÉCNICA DE LOS TORNILLOS DE FIJACIÓN DIN 7985 CON CABEZA ALOMADA	306

ANEXO 15	FICHA TÉCNICA DE LOS TORNILLOS ROSCA CHAPA CABEZA AVELLANADA PLANA FORMA C-PHILIPS H DIN 7982.....	307
ANEXO 16	FICHA TÉCNICA DE LAS TUERCAS HEXAGONALES PASO FINO DIN 934.....	308
ANEXO 17	FICHA TÉCNICA DE LA ARANDELA PARA PERNOS DIN 1440.....	309
ANEXO 18	FICHA TÉCNICA DE LA ARANDELA GROWER DIN 7980	310
ANEXO 19	FICHA TÉCNICA DEL PERNO DE CABEZA HEXAGONAL DIN 933	311
ANEXO 20	FICHA TÉCNICA DE LA VARILLA ROSCADA DIN 975 ...	312
ANEXO 21	ESPECIFICACIONES DE LA ESCUADRA DE UNIÓN DE ACERO.....	313
ANEXO 22	GARRUCHA DE GOMA.....	314
ANEXO 23	PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.....	316
ANEXO 24	PLANOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO	317
ANEXO 25	GUÍA PRÁCTICA	321

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1 DESARROLLO DE VARIABLES	9
FIGURA No. 2: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	11
FIGURA No. 3: PARTES DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO	13
FIGURA No. 4: CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSDUCTORES.....	14
FIGURA No. 5: CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIONADORES.....	15
FIGURA No. 6: CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS CABLEADAS	16
FIGURA No. 7: CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PROGRAMADAS.....	17
FIGURA No. 8: PROCESO A CONTROLAR	18
FIGURA No. 9: ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL	19
FIGURA No. 10: SISTEMA DE CONTROL GENÉRICO.....	20
FIGURA No. 11: TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL.....	20
FIGURA No. 12: CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL ...	22
FIGURA No. 13: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO	23
FIGURA No. 14: ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	24
FIGURA No. 15: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	24
FIGURA No. 16: ACCIONES DE CONTROL.....	25
FIGURA No. 17:SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE UN REGULADOR PID	26
FIGURA No. 18: PARÁMETROS DEL CÁLCULO DE CONTROL PID.....	28
FIGURA No. 19: REQUERIMIENTOS DEL PID.....	29
FIGURA No. 20: DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN PID.....	29
FIGURA No. 21: COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS ESTABLES	30
FIGURA No. 22 : RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO $\frac{1}{4}$: a) Cambio de Consigna; b) Perturbación en Carga	31
FIGURA No. 23: PLC SIEMENS S7-1200	33
FIGURA No. 24: FUNCIONES DEL PLC.....	34
FIGURA No. 25: FUNCIONES DEL PLC.....	35
FIGURA No. 26: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200.....	36
FIGURA No. 27: SECUENCIA DE ARRANQUE EN LA CPU	37

FIGURA No. 28 : CUADRO DE FORMATO NUMÉRICO BCD	40
FIGURA No. 29: CUADRO DE DISPOSITIVOS DE ENTRADA DISCRETOS ..	41
FIGURA No. 30: DISPOSITIVOS DE ENTRADA ANALÓGICOS	43
FIGURA No. 31: CUADRO DE DISPOSITIVOS DE SALIDA DISCRETOS.....	45
FIGURA No. 32: CUADRO DE DISPOSITIVOS DE SALIDA ANALÓGICOS...	46
FIGURA No. 33: CUADRO DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC'S	48
FIGURA No. 34 : CUADRO DE LOS CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC'S.....	49
FIGURA No. 35: TIPOS DE H.M.I.....	52
FIGURA No. 36: ESQUEMA DE BLOQUES DE UN PANEL TÁCTIL.....	53
FIGURA No. 37 :PANTALLA TÁCTIL SIEMENS KTP 600 COLOR PN ...	53
FIGURA No. 38: CAMPOS DE APLICACIÓN DEL PROFINET	59
FIGURA No. 39: CUADRO DE TIPOS DE PROFINET	61
FIGURA No. 40: CUADRO DE SUBSISTEMAS PROFINET I.O.....	62
FIGURA No. 41: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA COMUNICACIÓN ISÓCRONA	63
FIGURA No. 42: FLUJO LAMINAR	67
FIGURA No. 43: FLUJO TURBULENTO	68
FIGURA No. 44: SISTEMA DE BOMBEO	69
FIGURA No. 45: CRITERIOS PARA EL CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS	71
FIGURA No. 46: SISTEMAS DE TUBERÍAS MÁS UTILIZADAS.....	76
FIGURA No. 47: RED DE TUBERÍAS EN SERIE.....	76
FIGURA No. 48: RED DE TUBERÍAS EN PARALELO	77
FIGURA No. 49: CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS EN TUBERÍAS	78
FIGURA No. 50: CURVA CARACTERÍSTICA TÍPICA DE UN CAUDALÍMETRO DE TURBINA.	85
FIGURA No. 51: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CAUDALÍMETRO DE TIPO TURBINA (LÍNEA CONTINUA) PARA DISTINTAS VISCOSIDADES.	86
FIGURA No. 52: VENTAJAS DEL USO DE UN MEDIDOR DE TURBINA.....	89

FIGURA No. 53: INCONVENIENTES DE LOS SENSORES DE CAUDAL.....	90
FIGURA No. 54: APLICACIONES DE LOS SENSORES DE CAUDAL TIPO TURBINA	91
FIGURA No. 55: SECCIÓN DE UNA VÁLVULA DE BOLA	95
FIGURA No. 56: ESQUEMA DE UNA VÁLVULA DE BOLA.....	96
FIGURA No. 57: CARACTERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE BOLA....	96
FIGURA No. 58: CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA CHECK TIPO COLUMPIO	97
FIGURA No. 59 : CUADRO CONCEPTUAL DEL DISEÑO DEL MODULO DE CONTROL DE CAUDAL.....	99
FIGURA No. 60: PRINCIPIOS DE ERGONOMÍA	100
FIGURA No. 61 :EQUIPO DE TRABAJO	100
FIGURA No. 62: ADECUACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO.....	101
FIGURA No. 63: PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO.....	103
FIGURA No. 64: DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO.....	104
FIGURA No. 65 :COMPONENTES DE LA PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	105
FIGURA No. 66: CUADRO CONCEPTUAL DEL DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL.....	106
FIGURA No. 67: GRÁFICA DEL RANGO DE MEDIDA	107
FIGURA No. 68: CURVAS DE RESPUESTA DEL SISTEMA	108
FIGURA No. 69: CURVA QUE MUESTRA EL ERROR DE NO LINEALIDAD	109
FIGURA No. 70 :CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	114
FIGURA No. 71: COMPOSICIÓN DEL CPU DEL PLC SIEMENS S7-1200	116
FIGURA No. 72 :CUADRO COMPARATIVO DE LOS CPU DEL PLC SIEMENS	117
FIGURA No. 73: CPU 1212C -SIEMENS S7-1200	119
FIGURA No. 74: CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DEL CPU 1212C – SIEMENS S7-1200.....	122
FIGURA No. 75: PANEL TÁCTIL HMI-KTP 600 COLORS	127

FIGURA No. 76 : CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN HMI-KTP600.....	130
FIGURA No. 77: MÓDULO ANALÓGICO SB 1232.....	134
FIGURA No. 78: DATOS TÉCNICOS DEL MODULO ANALÓGICO SB 1232.....	135
FIGURA No. 79: DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE CAUDAL FOTEK KTM-SERIES	138
FIGURA No. 80: VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER -ATV 12 H075M2.....	138
FIGURA No. 81 :CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD	141
FIGURA No. 82: SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO STRONGER CM18-3008 PC.....	147
FIGURA No. 83: CONEXIONADO DEL SENSOR DE PROXIMIDAD STRONGER CM18-3008 PC	147
FIGURA No. 84: CUADRO DE COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	148
FIGURA No. 8 : CUADRO DE COMPONENTES DEL CONEXIONADO DEL TABLERO GENERAL.....	148
FIGURA No. 86: DISTRIBUCIÓN DE CONEXIONES PROVENIENTES DEL TABLERO GENERAL.....	151
FIGURA No. 87: DISTRIBUCIÓN DE LAS BORNERAS DE CONEXIÓN EL PLC	152
FIGURA No. 88: BORNERAS DE CONEXIÓN PARA LOS SENSORES DE FLUJO Y PROXIMIDAD.	153
FIGURA No. 89: DISTRIBUCIÓN DE LAS BORNERAS DE CONEXIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD	153
FIGURA No. 90: SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DE CAUDAL	155
FIGURA No. 91: CUADRO DE LAS PARTES DE DISEÑO MECÁNICO DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL.....	156
FIGURA No. 92: CUADRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA SELECCIONADA.....	157
FIGURA No. 93: CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LA.....	158

FIGURA No. 94 : CUADRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESORIOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE TUBERÍAS	158
FIGURA No. 95: CUADRO DE NORMA DEL TUBO DE INOX A312 TP304L.	162
FIGURA No. 96: CUADRO QUE MUESTRA LA PRESIÓN DE TRABAJO ADMISIBLE EN Kg/cm² TUBERÍA SCH 40	163
FIGURA No. 97: TUBOS DE ACERO INOXIDABLE SCH 40	163
FIGURA No. 98: COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO)	164
FIGURA No. 99: PROPIEDADES MECÁNICAS ASTM	164
FIGURA No. 100: APLICACIONES DEL AISI 304L	165
FIGURA No. 101 :ESQUEMA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL.....	166
FIGURA No. 102: CUADRO DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE TUBERÍAS	166
FIGURA No. 103: SISTEMA DE TUBERÍAS DE PERTURBACIÓN	168
FIGURA No. 104: CUADRO DE ELEMENTOS ROSCADOS DE UNIÓN	171
FIGURA No. 105: DIAGRAMA DE FACTORES DE FRICCIÓN PARA TUBERÍAS COMERCIALES DE ACERO LIMPIAS ...	178
FIGURA No. 106: CURVA DE OPERACIÓN DE LA BOMBA.....	180
FIGURA No. 107: ELECTROBOMBA TRIFÁSICA PENTAX DE 1 HP	182
FIGURA No. 108: CUADRO DE PROPIEDADES DEL POLICARBONATO ...	183
FIGURA No. 109: TANQUE DE POLICARBONATO.....	184
FIGURA No. 110: MULTICONECTOR ETERNIT.....	184
FIGURA No. 111 : NIPLA DE REBOSE.....	185
FIGURA No. 112: DETALLE DE UNIÓN NIPLA-MULTICONECTOR	185
FIGURA No. 113 :CUADRO DE MATERIALES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL MODULO DE CONTROL DE CAUDAL.....	186
FIGURA No. 114: DETALLE Nro. 1 DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL.....	190
FIGURA No. 115: DETALLE Nro. 2 DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL.....	191

FIGURA No. 116: SÍMBOLOS DE GILBERTH, PARA LOS DIAGRAMAS DE PROCESO	192
FIGURA No. 117 : SIMBOLOGÍA SEGÚN ASME	193
FIGURA No. 118 : SIMBOLOGÍA SEGÚN ASME –CONTENIDO DETALLADO.....	194
FIGURA No. 119 :DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL CONTROL DE FLUJO EN EL MÓDULO DIDÁCTICO	195
FIGURA No. 120: EQUIPO PLC S7 1200 Y PANTALLA KTP-600	198
FIGURA No. 121: CUADRO DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CPU DEL PLC SIEMENS S7-1200	199
FIGURA No. 122: ESQUEMA DE CONTROL GENERAL	201
FIGURA No. 123: ESQUEMA DE CONTROL A IMPLEMENTARSE	202
FIGURA No. 124 :TERMINALES Y CONEXIONES DEL SENSOR DE CAUDAL	205
FIGURA No. 125 : GRÁFICA DE LINEALIDAD DEL SENSOR DE CAUDAL .	206
FIGURA No. 126 : PLACA DE DATOS DEL MOTOR	207
FIGURA No. 127: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL MOTOR EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD.....	208
FIGURA No. 128 : CONFIGURACIÓN DEL MODO DE REFERENCIA EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD.....	209
FIGURA No. 129 : CONFIGURACIÓN DEL MODO DE ARRANQUE EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD	210
FIGURA No. 130 :CONFIGURACIÓN DE RED DE LOS DISPOSITIVOS	211
FIGURA No. 131: ACTUALIZACIÓN DE EQUIPOS.....	212
FIGURA No. 132 :DISPOSITIVOS CONECTADOS.....	212
FIGURA No. 133: DETERMINACIÓN DEL MODELO DEL SISTEMA	213
FIGURA No. 134 :DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	215
FIGURA No. 135 : LISTA DE ORDENAMIENTO DE VARIABLES DEL PLC .	216
FIGURA No. 136 : CONEXIONADO GENERAL.....	220
FIGURA No. 137: LÍNEAS DE CONEXIÓN ELÉCTRICAS EXTERNAS..	221
FIGURA No. 138: PESTAÑA DE AJUSTES BÁSICOS	221

FIGURA No. 139: PESTAÑA DE AJUSTES DE VALOR REAL.....	222
FIGURA No. 140: PESTAÑA DE AJUSTES AVANZADOS	222
FIGURA No. 141: CÁLCULO DEL TIEMPO DE MUESTREO.....	223
FIGURA No. 142 :MODIFICACIÓN DEL LADDER PARA EL MODO MANUAL DEL PID.....	224
FIGURA No. 143: FORZADO DE LA VARIABLE DE MEMORIA PARA HABILITAR EL MODO MANUAL DEL PID.....	225
FIGURA No. 144: MEDICIÓN DEL PERIODO DE OSCILACIÓN DEL SISTEMA	225
FIGURA No. 145: INTRODUCCIÓN DE VALORES EN EL BLOQUE PID	226
FIGURA No. 146: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE CAMBIOS DE REFERENCIA.....	227
FIGURA No. 147: CUADRO DE VARIABLES EN EL HMI.....	228
FIGURA No. 148 :PRIMERA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN.....	228
FIGURA No. 149: SEGUNDA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN	231
FIGURA No. 150 :SEÑA DE GIRO DEL MOTOR DE LA ELECTROBOMBA ANTI-HORARIO.....	235
FIGURA No. 151: MEDICIÓN DE LAS RPM DEL MOTOR.....	235
FIGURA No. 152: DISTRIBUCIÓN DE CABLEADO DE CONTROL Y POTENCIA.....	237
FIGURA No. 153 :CONEXIONADO CON BORNERA	241
FIGURA No. 154: CONEXIONADO FÍSICO DEL SISTEMA	241
FIGURA No. 155 :RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE CAMBIO DE CONSIGNA DE 0 A 30 L/MIN.....	242
FIGURA No. 156 :RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE CAMBIO DE CONSIGNA DE 30 A 40 L/MIN.....	243
FIGURA No. 157: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 40 A 50 L/MIN.....	244
FIGURA No. 158: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 50 A 70 L/MIN.....	245
FIGURA No. 159: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE PERTURBACIÓN DE 50 %.....	246

FIGURA No. 160 :RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 70 A 50 L/min	247
FIGURA No. 161: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 50 A 40 L/MIN	248
FIGURA No. 162: VALORES DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA AUTO- SINTONIZACIÓN.....	249
FIGURA No. 163: VALORES CALCULADOS EXPERIMENTALMENTE	249
FIGURA No. 164: VISTAS DEL TUBO ELECTROMAGNÉTICO Y LA ELECTRÓNICA ML250 - FLOWIZ	252
FIGURA No. 165: ML250 FLOWIZ	253
FIGURA No. 166: PANTALLA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS Y VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.....	256



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I	TABLA DE AJUSTE EN EL BUCLE DE UN REGULADOR PIDE PROPUESTA POR ZIEGLER NICHOLS.....	33
TABLA II	TABLA DE DATOS CONTROLADOS POR EL PLC SIEMENS S7- 1200	39
TABLA III	COEFICIENTES DE PÉRDIDAS PARA VÁLVULAS , CODOS Y TEES	80
TABLA IV	TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SENSORES DE FLUJO	94
TABLA V	FACTOR CORRECTOR PARA DETECTORES CAPACITIVOS..	145
TABLA VI	CARÁCTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD STRONGER CM18 3008PC	147
TABLA VII	COEFICIENTES DE PÉRDIDAS PARA VÁLVULAS , CODOS Y TEES	172
TABLA VIII	FACTORES K PARA LOS ACCESORIOS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS	173
TABLA IX	TABLA DE FACTORES DE PERDIDAS'' K'' PARA ACCESORIOS DE REDUCCIÓN	175
TABLA X	FACTORES DE PERIDA K EN UNIONES UNIVERSALES	176
TABLA XI	TABULACIÓN DE VALORES PARA DETERMINAR EL PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	179
TABLA XII	TABLA DE AJUSTE DE PARÁMETROS PID.....	203
TABLA XIII	VALORES DE SALIDA DEL SENSOR EN FUNCIÓN DEL CAUDAL.....	205
TABLA XIV	VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS PPARÁMETROS.....	217
TABLA XV	TABLA DE AJUSTE DE PARÁMETROS PID.....	226

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad proporcionar al Centro de Automatización del Programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica (CAIME) un Módulo Didáctico de Control de Flujo de tal manera que sea funcional y utilicen el aprendizaje de quienes realizan Prácticas de Control y Procesos de Automatización. El Diseño del Módulo fue desarrollado tomando en cuenta los aspectos de Automatización y Control, en este caso existen tres componentes fundamentales los que forman un Sistema en Lazo Cerrado, El Controlador Lógico Programable (PLC) cuya función es la de controlar el Proceso, El Variador de Velocidad el cual cumple la función de Accionador y la Pantalla HMI que cumple la función de Visualización del proceso.

El funcionamiento del Proceso consiste en generar un valor deseado (SET POINT) que será ingresado en el PLC, conjuntamente a ello se tendrá un valor medido proveniente del sensor de caudal, ambos valores tienen que experimentar un proceso de regulación de tal forma que el Valor Medido sea similar o casi aproximado al Valor Deseado, ante ello el PLC enviará una señal hacia el Variador de Velocidad el cual realiza el preaccionamiento de la Electrobomba la cual entrega la cantidad de fluido necesario en el sistema.

El sistema utilizará un Controlador Proporcional Integral Derivativo – PID el cual será programado en el PLC, para fines del Control de Flujo.

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema se requiere que los parámetros del Controlador PID que son las constantes K_p (Constante Proporcional) y T_i (Constante Integral) tengan los valores óptimos y de esta forma hacer que el sistema funcione acorde a las condiciones de trabajo.

Para garantizar el correcto funcionamiento de la Electrobomba esta requiere tener líquido en la succión por lo que se ha utilizado un Sensor de

Proximidad PNP que permita garantizar en nivel de agua a la entrada de la Electrobomba.

El Módulo ha sido desarrollado considerando la Didáctica que será empleada para su Uso, Seguridad, Ergonomía y la Interacción Máquina – Operador.

Teniendo en cuenta estas consideraciones el presente trabajo de investigación se divide de la siguiente manera:

CAPÍTULO I “PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA” : El Capítulo inicia con la identificación del problema, cuyas interrogantes deberán ser respondidas en el proceso de la investigación, precisando con claridad del caso las variables del estudio para facilitar el desarrollo de las mismas, siendo en este caso el diseño de un Módulo Didáctico de control de CAUDAL como variable dependiente y los factores estimados de medición y control de Caudal en base al PLC como variable independiente, para luego precisar los objetivos del estudio y la hipótesis correspondiente que será contrastada con los resultados del trabajo de investigación.

CAPÍTULO II “MARCO TEÓRICO”: Se ha considerado un Marco Teórico el cual está relacionado fundamentalmente a tres factores; la automatización, manejo de los controladores Lógicos programables y el control de CAUDAL.

CAPÍTULO III “DISEÑO DEL MÓDULO”: En cuanto a lo referente al Diseño del Módulo se considerará el proceso de construcción del mismo y la selección y descripción de uso de los componentes que integran el diseño.

CAPÍTULO IV “DISEÑO EN EL SOFTWARE Y CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS”

Referente al diseño del programa se implementará el programa y la configuración de todo el proceso a desarrollar tanto para el PLC, El Variador de Velocidad y la Supervisión y Monitoreo mediante un Software SCADA, en

este Capítulo cabe resaltar que se elaborará una guía de uso para que el proceso pueda ser controlado en circunstancias futuras y permita al usuario tener un panorama más amplio del control mediante PLC.

CAPÍTULO V “PRUEBAS Y RESULTADOS”: El Capítulo V contiene un compendio de pruebas y resultados que han sido realizadas y obtenidos en el espacio de tiempo, de acuerdo al progreso de la implementación del Módulo de Control de Caudal.



ABSTRACT

The present research aims to provide the Center Automation Professional Program in Mechanical Engineering, Electrical Mechanics and Mechatronics (CAIME) Instructional Module Flow Control in such a way that is functional and useful in learning who conducts practices Process Control and Automation. The module design was developed taking into account the Automation and Control; in this case there are three fundamental components that form a Closed Loop System, Programmable Logic Controller (PLC) whose function is to control the process, the ESC Speed which serves as the actuator and the HMI screen that serves as the display of the process.

The operation of the process is to generate a desired value (SET POINT) to be entered into the PLC, this shall be taken jointly to a measured value from the flow sensor, both values have to undergo a regulatory process so that the value measured similar or nearly approximate the desired value, so the PLC to send a signal to the inverter which performs speed of the electric pump pre drive which delivers the necessary amount of fluid in the system.

The system uses a Proportional Integral Derivative-PID which will be programmed into the PLC, for purposes of flow Control.

To ensure the proper functioning of the system requires that the parameters of PID controller are the constants K_p (proportional constant) and T_i (Integral Constant) are the optimal values and thus make the system work according to working conditions.

To ensure proper operation of the pump is required to have the suction fluid that has been used a PNP Proximity sensor to guarantee, the water level at the input of the electric pump. The module has been developed considering the Teaching that will be employed for use, Safety, Ergonomics and the machine-operator interaction. Given these considerations, this research work

is divided as follows: CHAPTER I "THE PROBLEM APPROACH": The chapter begins by identifying the problem, which questions must be answered in the research process, stating clearly the case study variables to facilitate their development. Being in this case designing a training module flow control as the dependent variable and the factors estimated flow measurement and control based on PLC as an independent variable, and then specify the study objectives and corresponding hypotheses will be contrasted with the results of work research. CHAPTER II "Theoretical Framework" has been considered a theoretical frame which is related primarily to three factors: the automation, management of programmable logic controllers and flow control. CHAPTER III "MODULE DESIGN" As regards the design of the module will consider the process of building the module and the selection and usage description of the components that make up the design. CHAPTER IV "DESIGN SOFTWARE": Regarding the design of the program will implement the program and configuration of the process to develop both the PLC and the VFD and the supervision and monitoring by SCADA Software, in this chapter it is worth noting to develop a user guide for the process can be controlled in future circumstances and allow the user to have a broader picture of the PLC control. CHAPTER V TESTING AND RESULTS: Chapter V contains a summary of tests and results that have been made and obtained in the space of time, according to the progress of the implementation of Flow Control Module.

INTRODUCCIÓN

El avance en implementación de sistemas automatizados en la Industria ha significado la necesidad de conocer y manejar las principales aplicaciones y beneficios que poseen, dentro de ellas se encuentra el uso del PLC, el cual nos permite tener formas de control de manera secuencial y cíclica por medio de la Programación y Simulación de Procesos Industriales. El proceso que rige la Industria requiere ser supervisado a nivel de planta mediante el uso de un software de monitoreo SCADA y de esta forma mantener un control óptimo de procesos y con capacidad de verificar y corregir errores.

Por lo tanto el manejo y programación de PLC'S se convierten en una alternativa de Control de Procesos para ser aplicados en la Industria y usado para fines educativos, por lo que tomamos esta estratégica de control para la elaboración de un Módulo Didáctico en el cuál desarrollaremos el control de CAUDAL mediante el uso y programación del PLC Siemens S7-1200 y la interacción del mismo con un Variador de Velocidad Schneider ATV 12 - H075M2 un Sensor Analógico de Caudal FOTEK KTM Series y un Sensor Discreto de Proximidad de tipo PNP .Para realizar el monitoreo del sistema de se generará un software SCADA mediante el uso de un Panel Táctil SIEMENS KTP-600 Color PN.

La presente Investigación utiliza una Metodología de tipo Experimental por lo que la hipótesis será comprobada con el correcto funcionamiento del proceso de control de Flujo el cual será visto en las Pruebas que se realizarán en el Módulo y los resultados obtenidos de ellas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. TÍTULO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo de la Industria en base al avance tecnológico, se constituye la principal fuente del incremento de las capacidades de los que se forman en Ingeniería especialmente en la rama de la Mecatrónica, es así que existe una imperiosa necesidad de estimular este incremento de capacidades y habilidades, siendo los centros de educación superior como son las Universidades las encargadas de implementar actualmente cursos relacionados con las necesidades del sector empresarial en el desarrollo de la ingeniería, entendido que dentro de esta temática formativa hoy en día encontramos un divorcio entre la enseñanza y las necesidades de los sectores, más aún encontramos que la formación del docente está limitada específicamente a temas teóricos, de ello se desprende que la teoría debe estar engarzada con las habilidades prácticas.

La formación del Ingeniero Mecatrónico debe adecuarse a las expectativas y necesidades que actualmente reclama los sectores de desempeño de este profesional. En el caso de la Universidad Católica de Santa María podemos considerar que existe limitación en un conjunto de materias formativas que son exclusivamente teóricas, como es caso de cursos relacionados con el Control y Automatización de Procesos, donde la limitación del estudiante a poder responder a las expectativas del mercado

se ven limitadas por la falta de Práctica de esta materia que es necesaria en la actividad del ingeniero en el desempeño de aplicar sus conocimientos, debido a que:

El Centro de Automatización en Ingeniería Mecánica (CAIME) de la Universidad Católica de Santa María carece de la implementación de un Módulo Didáctico de Control de Flujo mediante el uso del PLC y Supervisión del Proceso mediante un Software SCADA.

La pregunta de investigación esta refería a:

¿El diseño e implementación de un módulo de caudal controlado por PLC y supervisión de proceso mediante SCADA, servirá para incrementar las habilidades prácticas de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la UCSM?

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La descripción de la problemática existente con relación a la presente investigación se sintetizará en dos dimensiones:

DIMENSIÓN SECTORIAL

Existe un divorcio entre la formación Teórica y Práctica del estudiante de ingeniería con las necesidades de los sectores que requieren profesionales que respondan a los requerimientos de habilidades tecnológicas en el manejo de sistemas de control de procesos con conocimientos teórico prácticos de tal manera que sean competitivos en la sociedad y las empresas.

DIMENSIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y CAPACIDADES DE FORMACIÓN DOCENTE

Existe una carencia de formación y preparación practica acorde con el avance de la tecnología, debido a que no existe módulos de sistemas de control implementados que sirvan de soporte a las materias teóricas que se

imparte en la Universidad, tal es el caso del Manejo del PLC , herramienta mediante la cual el estudiante podrá aplicar sus conocimientos teóricos de Control y Automatización para generar secuencias de Programación y Controladores como es el caso del PID, PD, PI y ser aplicados en Plantas Reales de Procesos para este caso La Planta de Control de Caudal.

En la actualidad los alumnos de Ingeniería Mecatrónica no manejan con frecuencia Software's SCADA, el cual permite realizar un interfaz Hombre – Máquina y de esta manera visualizar el Proceso de Control, para este caso el control de Flujo en tiempo real y permitir identificar la existencia de algún error producido durante el proceso.

En síntesis:

- No existe la implementación de infraestructura física de módulos operativos para la realización de prácticas en tema de control y automatización
- Carencia de material bibliográfico como guías, libros, etc. relativo al manejo de sistemas de control de automatización
- Carencia de asesoría técnica profesional relativos a la especialidad de sistemas operativos de control y automatización.

1.3.1. CAMPO , ÁREA , LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **CAMPO** : Ingeniería
- **ÁREA** : Ingeniería Mecatrónica
- **LÍNEA** : Automatización y Control

1.4. ANTECEDENTES

El desarrollo de la presente Investigación ha tomado como referencia las aplicaciones del Control de Flujo que han sido implementadas en Módulos de Control, los cuales han sido materia de Investigación en diferentes

Universidades tanto en el ámbito Nacional e Internacional como se detalla a continuación:

A. ÁMBITO INTERNACIONAL

En el ámbito internacional se da referencia a 3 trabajos de investigación, el primero es un Proyecto de Investigación presentado a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador y lleva por título “Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel”¹ siendo los autores de la misma Andrade, Rogger y Macas, Walter .La investigación consistió en el Diseño y Construcción de un Módulo de Control de Caudal y Nivel, ambos procesos controlados mediante el uso de un PLC y visualizados a través de un Software SCADA , por otro lado se utilizó para ello dos tipos de sensores los cuales forman el lazo cerrado del sistema, para el control de Flujo se utilizó un Sensor de Paletas y para el Control de Nivel un Sensor de Presión Diferencial. El proceso posee la capacidad de ser controlado de manera Remota o Local.

Como segundo Proyecto de Investigación del cual se tuvo una referencia ha sido presentado también a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador y lleva por título “Diseño y construcción de un módulo de control de flujo”²siendo los autores de la misma Melo, Jorge y Quillupangui Oscar .En este proyecto se diseñó y construyó un Módulo Didáctico de Control de Flujo, el Módulo fue diseñado y construido de tal manera que pueda tener varias alternativas de control de la planta, sean estas las diseñadas para esta aplicación, u otras alternativas de control que permitan probar otras propuestas de solución. Para medir el flujo se utilizó un sensor tipo turbina. Para el control de la planta se utilizó el Controlador Lógico

¹ ANDRADE, Rogger y MACAS, Walter. “*Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel*”. [en línea]. [Fecha de revisión 09/07/2012]. Disponible en : <http://es.scribd.com/doc/57161316/TESIS-MODULO-DIDACTICO-DE-CONTROL-DE-CAUDAL-Y-NIVEL>

² MELO, Jorge. , QUILLUPANGUI, Oscar. “*Diseño Módulo de Control de Flujo*”. [en línea]. [Fecha de revisión 09/07/2012]. Disponible en : <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2071>

Programable S7-200 CPU 224XP donde se implementó un algoritmo "PID" de control. El control del flujo se lo hace variando la velocidad de una bomba de inducción, mediante la utilización del variador de velocidad SINAMICS G110. Mediante un selector el flujo puede ser variado y monitoreado de manera local o remota.

Como tercera referencia se tiene un Proyecto de Investigación presentado al Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador y lleva por título "Diseño y construcción de un Módulo de Control y Monitorización de Caudal de Líquido a través de una red LAN con punto de acceso para comunicación inalámbrica; para el laboratorio de control eléctrico y PLC'S de la Escuela del Ejército Sede Latacunga"³, siendo los autores de la misma Tráves Willson, López Jhonatan y Tapia José.

El proyecto consistió en Diseñar y Construir un Sistema de Control y Monitorización de caudal mediante comunicación Ethernet además que se instaló un punto de acceso para comunicación inalámbrica. Se ha utilizado para ello un PLC Telemecanique Twido TWDLAA24DRF el cual tiene la posibilidad de comunicación Ethernet mediante otro dispositivo de expansión con la opción de aumentar los beneficios de comunicación pudiendo subir a la Red LAN mediante el protocolo de comunicación MODBUS, diseñado principalmente para un ambiente industrial. Posee una interfaz de comunicación RS-485. Los parámetros controlados fueron en tiempo real en sistemas SCADA.

B. ÁMBITO NACIONAL

Dentro del ámbito Nacional encontramos dos Proyectos de Investigación, el primero de los cuales fue presentado a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad

³ TRÁVES Willson, López Jhonatan, TAPIA José. *"DISEÑO y Construcción de un Módulo de Control y Monitorización de Caudal de Líquido a través de una Red Lan con punto de acceso para comunicación Inalámbrica; para el Laboratorio De Control Eléctrico y PLC'S de la Escuela del Ejército Sede Latacunga"*. [en línea]. [Fecha de revisión 09/07/2012]. Disponible en : <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3694>

Nacional de Ingeniería y lleva por título “Diseño de un Controlador Electrónico de Velocidad para la Regulación de Caudal en una Bomba Centrífuga de 1/3 de Hp”⁴, siendo el autor de la misma Dalmau, Jesús. El proyecto de Investigación consistió en Diseñar un controlador Electrónico de Velocidad, el cual fue capaz de regular el caudal de una Bomba Centrífuga, de tal forma que independiente de cuantas válvulas estén abiertas o cerradas siempre exista un caudal “q”. Para efectuar las pruebas se ha simulado un sistema motor-bomba-tuberías, lo que permitió averiguar rápidamente los valores de voltaje y frecuencia que permitieron que la bomba entregue caudales 1q, 2q, 3q, 4q.

Como segunda referencia tenemos el Proyecto de Investigación titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Control Difuso de Agua Temperada de uso Doméstico”⁵ siendo los autores de la misma Vilca Jesús, y Vidarde Carolina, el proyecto fue presentado al Programa Profesional de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo principal consistió en diseñar e implementar un controlador de agua temperada enfocado al uso doméstico. La investigación contiene información técnica sobre el desarrollo de un controlador difuso, basado en micro - controladores, elaborado con componentes electrónicos y circuitos integrados. Además se presentó información relacionada al modelamiento del controlador difuso, así como también muestra el diseño de circuitos para una etapa de censado y potencia las cuales son las encargadas de monitorear y controlar respectivamente el proceso de calentamiento del agua.

⁴ DALMAU, Jesús. “*Diseño de un Controlador Electrónico de Velocidad para la Regulación de Caudal en una Bomba Centrífuga de 1/3 de Hp*” [en línea]. [Fecha de revisión 09/07/2012]. Disponible en : <http://www.slideshare.net/augustodalmacam/diseo-de-un-controlador-electronico-de-velocidad-para-la-regulacion-de-caudal-en-una-bomba-centrifuga-de-13-hp>

⁵ VILCA Jesús, VIDARDE Carolina. “*Diseño e Implementación de un Sistema de Control Difuso de Agua Temperada de uso Doméstico*” [en línea]. [Fecha de revisión 09/07/2012]. Disponible en : <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/867>

C. ÁMBITO LOCAL.

En el ámbito Local se tuvo como primera referencia el Proyecto de Investigación titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Flujo usando PLC con conexión SCADA”⁶, siendo los autores de la misma Ananías Eduardo Aranivar Jorge, Eguiluz Julio, Rodríguez Olger y Tenorio Jorge, el proyecto fue presentado al Programa Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Santa María. El proyecto de Investigación tuvo como principal objetivo la construcción de una Planta de Control de Flujo cuyo proceso de control será desarrollado en base al uso del PLC y la interacción con dos tipos de sensores, de Nivel y de Caudal los cuales fueron encargados de censar la cantidad y el nivel del fluido a través del sistema. El proceso también pudo ser monitorizado desde una PC vía RS232 a través del sistema de supervisión SCADA.

El proyecto significó un aporte al laboratorio de Control y automatización con fines de aprendizaje de los estudiantes.

La segunda referencia que se ha tomado es el Proyecto de Investigación “Diseño e implantación de un Módulo Educativo de Control de Flujo y Nivel aplicando control Multivariable Cascada”⁷, siendo los autores de la misma Montánchez Mauricio y Ojeda Joseph, el proyecto fue presentado al Programa Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Santa María. El proyecto tuvo como finalidad la implementación de un Módulo Educativo de prueba el cuál realizó la simulación de control de flujo y nivel utilizando sistemas de control Multivariable en cascada mediante el uso de un PLC y supervisado por

⁶ ANANÍAS Eduardo, ARANIVAR Jorge, EGUILUZ Julio, RODRÍGUEZ Olger y TENORIO Jorge. **“Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Flujo usando PLC con conexión SCADA”**. Tesis. (Título Profesional de Ingeniero Electrónico). Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales. 2008.

⁷ MONTÁNCHEZ Mauricio, OJEDA Joseph, **“Diseño e implantación de un Módulo Educativo de Control de Flujo y Nivel aplicando control Multivariable Cascada”**. Tesis. (Título Profesional de Ingeniero Electrónico). Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales. 2009.

un control SCADA vía Ethernet o RS232, el cual permitió la supervisión, monitoreo y control del proceso de flujo y nivel.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar y construir un Módulo Didáctico de control de CAUDAL mediante el uso del PLC y supervisión del Proceso mediante SCADA de manera que se genere valor agregado a las capacidades y habilidades de los estudiantes en la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

1.5.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Implementar un Bloque de Control PID utilizando para ello un PLC y el software de Programación y Simulación de procesos para PLC TIA PORTAL SIEMENS V.11.
- Diseñar una HMI mediante un Software SCADA para la verificación del proceso a desarrollar.
- Proporcionar una Guía Práctica exclusiva para el manejo del módulo didáctico, los procedimientos para el control de CAUDAL, la programación del PLC usando el software TIA PORTAL SIEMENS V.11 y el manejo de un software de Monitoreo SCADA.

1.6. HIPÓTESIS

DADO: Que la Automatización Industrial de procesos constituye un factor importante en el desarrollo de la Ingeniería de Control, con el propósito de mejorar e incrementar el rendimiento y trabajo de los sistemas Industriales y además de ser un punto clave para el desarrollo de Investigación en el Control Automático de Procesos.

ES PROBABLE: “Controlar el CAUDAL de un proceso a través del PLC y realizar las tareas de supervisión y control mediante SCADA”.

1.7. VARIABLES

1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Diseño de un Módulo Didáctico de Control de Caudal

1.7.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Factores estimados de medición y control de Caudal en base al uso del PLC y la respectiva supervisión del proceso mediante SCADA.

1.7.3. DESARROLLO DE VARIABLES

FIGURA No. 1

DESARROLLO DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE		VAR	EX. VAR	EX. VAR.	EX. VAR.	INDICADOR	ÍNDICE
DISEÑO DEL MODULO	MEDICIÓN	CAUDAL	FLUJO	CANTIDAD DE LÍQUIDO SEGÚN DIÁMETRO DE TUBERÍA	SENSOR DE CAUDAL TIPO TURBINA	LITROS SOBRE MINUTO	DIÁMETRO EN DEL VOLUMEN
	SISTEMA DE CONTROL	CAUDAL	AUTOMÁTICO	INGRESO DE CAUDAL	VÁLVULA DE BOLA	FLUJO	LITRO SOBRE MINUTO
				SALIDA DE CAUDAL	VÁLVULA DE BOLA	FLUJO	LITRO SOBRE MINUTO

VARIABLE INDEPENDIENTE	V	EX. V	EX. V.	EX. V.	INDICADOR	ÍNDICE
FACTORES ESTIMADOS DE MEDICIÓN Y CONTROL E CAUDAL	ACADÉMICO	MANUAL DE OPERACIÓN	-	-	DIDÁCTICA DEL MANUAL	CONTENIDO
	INFRAESTRUCTURA	PLC		-	EQUIPOS ELECTRÓNICOS (PLC-PANTALLA TÁCTIL)-	CONSTRUCCIÓN EL MODULO IMPLEMENTADO
		PROGRAMA SCADA		-	PROGRAMACIÓN SCADA	IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMACIÓN

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica por la relevancia Contemporánea deducida de los avances tecnológicos en el rubro de la Ingeniería Mecatrónica lo que permite al estudiante de ingeniería estar al día con la tecnología e investigación. También se puede refrendar que el presente trabajo tiene relevancia Académica, porque permitirá al estudiante y al docente acoplar la teoría con la práctica de tal manera que responda a las necesidades de las empresas.

1.9. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

• LIMITACIONES ACADÉMICAS

En la presente investigación se observa que existen las siguientes limitaciones:

- Limitación de encontrar profesionales especializados en materia de automatización y control con tiempo disponible para realizar el asesoramiento técnico.

- Limitación de no encontrar módulos especializados en la materia en las instituciones que se imparte educación superior en tema de automatización y control.

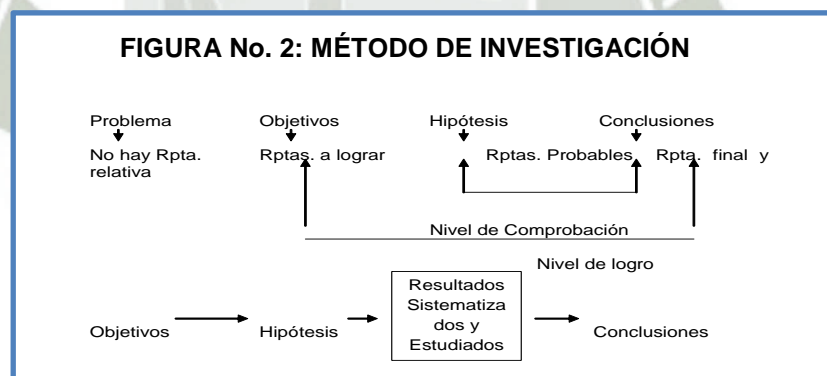
LIMITACIONES MATERIALES

- Limitación de material bibliográfico y hemerográfico en las diferentes fuentes de información tanto de la UCSM como las demás instituciones que brindan este servicio.
- Limitación de acceso logístico en la facilidad para adquirir material tecnológico para la construcción el módulo.

1.10. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El método a utilizar en la presente investigación está sustentado en el método científico.

La coherencia investigativa que culmina con la formulación de conclusiones se grafica a continuación:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El Presente Capítulo contiene los conceptos y definiciones que son desarrolladas en la Investigación, básicamente se han desarrollado los temas concernientes a la Automatización, Arquitectura y Manejo de PLC'S, Software SCADA y las definiciones de los elementos que integran los sistemas de Control, Eléctrico, Electrónico y parte Física del Módulo de Control de Caudal.

2.2. AUTOMATIZACIÓN

2.2.1. DEFINICIÓN⁸

Automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso. En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que remplazan las funciones que antes eran realizados por animales.

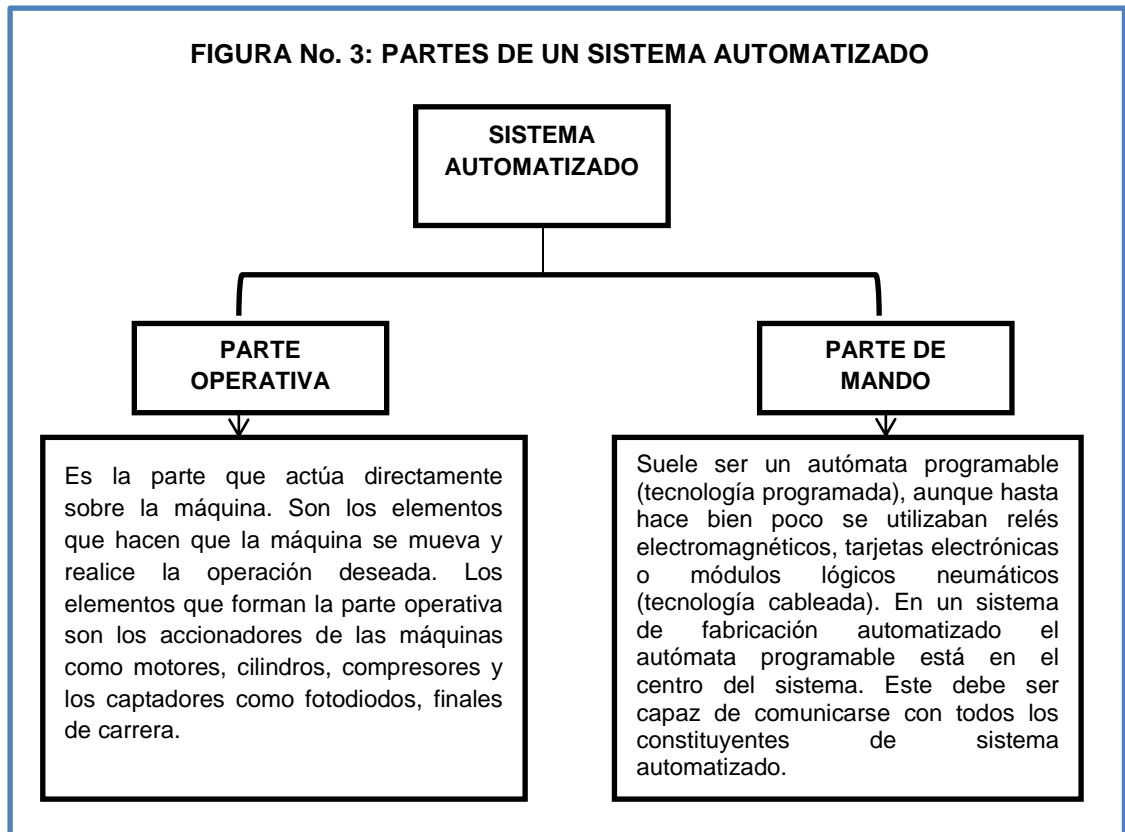
Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte Operativa⁹

⁸ ROCATEK. *¿Qué es la Automatización Industrial?* [en línea]. [Fecha de revisión 09/02/2012]. Disponible en : http://www.rocatek.com/forum_automatizacion_industrial.php

- Parte de Mando¹⁰



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

2.2.2. PARTE OPERATIVA¹¹

Como las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de:

- La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.
- El estado físico de sus componentes

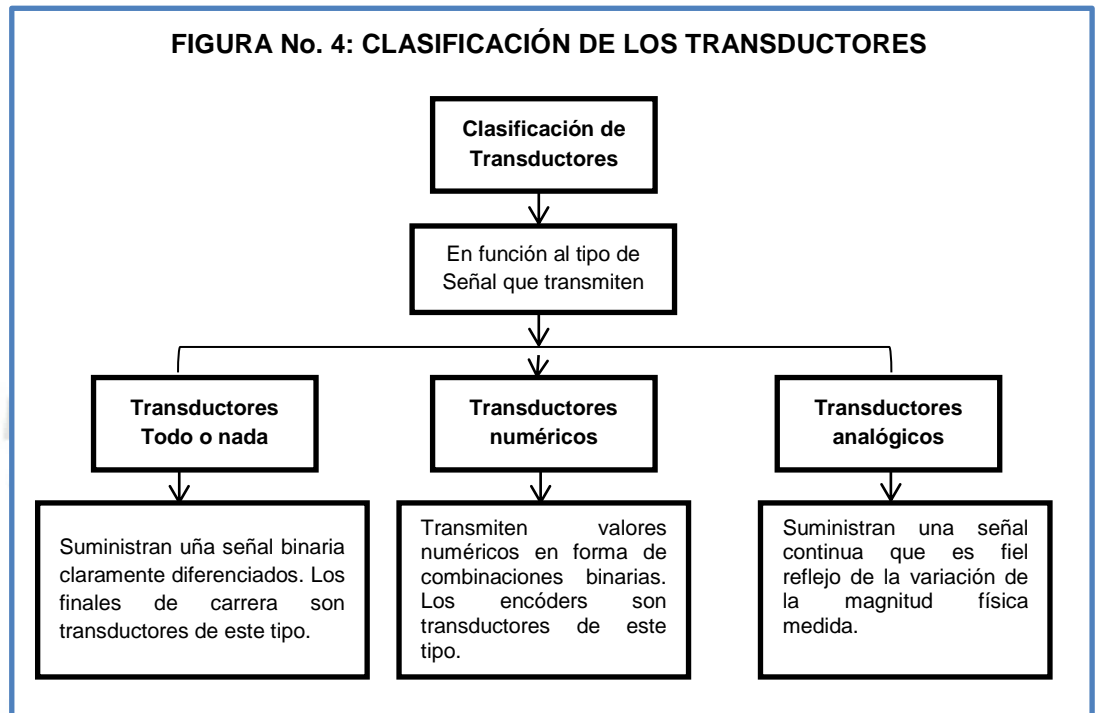
⁹ FLORES Ypenza, Abimael y TENORIO Gallegos, Aldo. *“Diseño e Implementación de un Módulo Educativo de Control de Nivel a Través de Computador Utilizando Lógica Difusa”*. Tesis. (Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico). Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales. 2011. pp. 5-9.

¹⁰ FLORES Ypenza, Abimael y TENORIO Gallegos, Aldo. *“Diseño e Implementación de un Módulo Educativo de Control de Nivel a Través de Computador Utilizando Lógica Difusa”*. Tesis. (Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico). Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales. 2011. pp. 5-9.

¹¹ LOIOLA Zubia, Iban. AUTÓMATAS PROGRAMABLES [en línea]. [fecha de revisión 9/02/2012]. *“El Autómata Programable”*. Parte Operativa. Disponible en: <http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Parte%20operativa/Tecnologia%20de%20la%20parte%20operativa.htm>

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

2.2.2.1. ACCIONADORES Y PREACCIONADORES¹²

2.2.2.1.1. EL ACCIONADOR

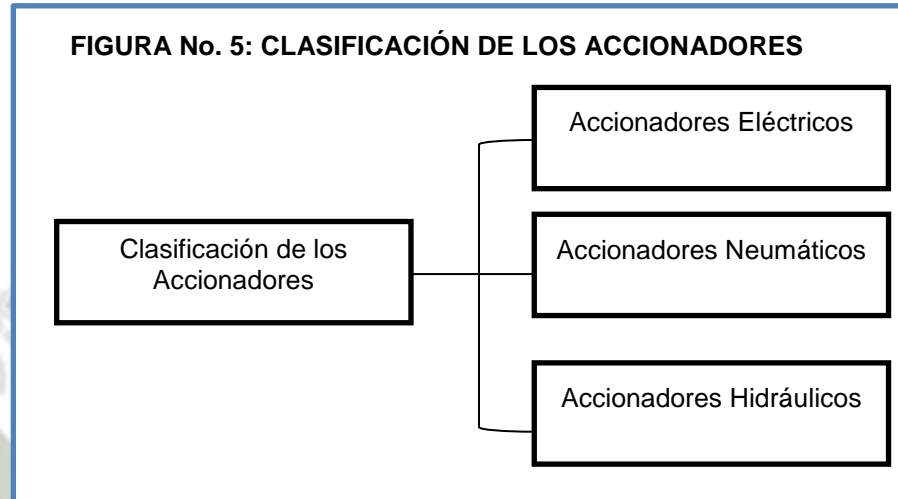
El accionador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal demanda que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

¹² LOIOLA ZUBIA, Iban. AUTÓMATAS PROGRAMABLES [en línea]. [fecha de revisión 9/02/2012]. “*El Autómata Programable*” .Parte Operativa. Disponible en:<http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Parte%20operativa/Tecnologia%20de%20la%20parte%20operativa.htm>

2.2.2.1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIONADORES

Los accionadores pueden ser clasificados en:



Fuente: AUTÓMATAS PROGRAMABLES
Autor: LOIOLA, Iban

Los accionadores son gobernados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando. Esta pre-amplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador.

2.2.2.1.2. EL PREACCIONADOR

Los refaccionadores disponen de:

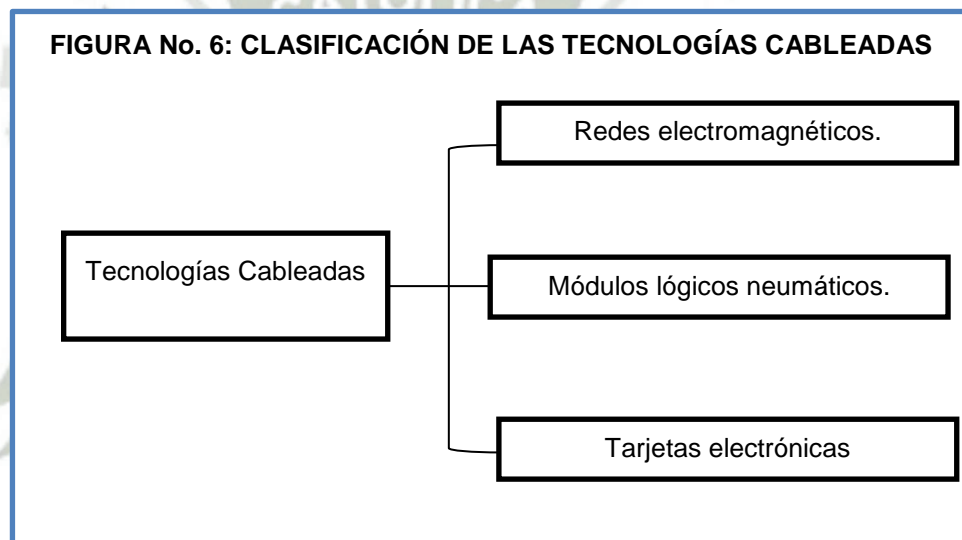
Parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia.

2.2.3. PARTE DE MANDO¹³

2.2.3.1. TECNOLOGÍAS CABLEADAS

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

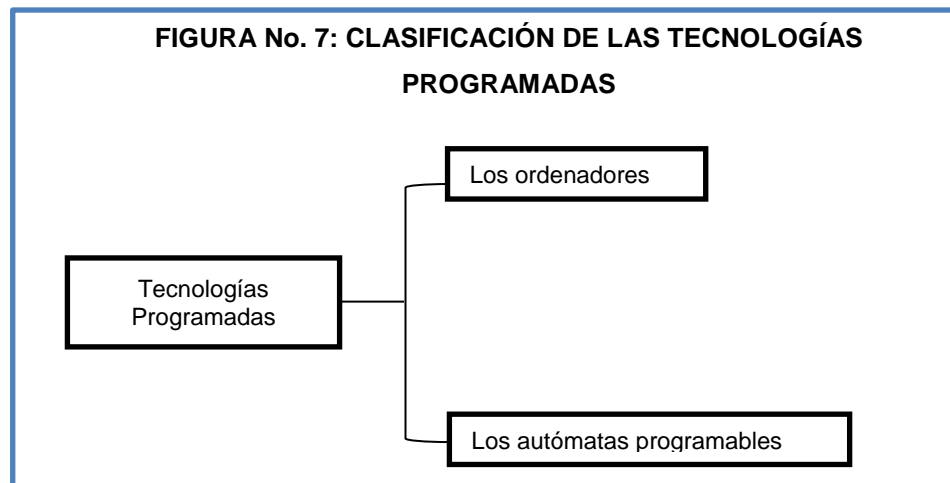


Fuente: AUTÓMATAS PROGRAMABLES
Autor: LOIOLA, Iban

2.2.3.2. TECNOLOGÍAS PROGRAMADAS

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas. En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

¹³ LOIOLA Zubia, Iban. AUTÓMATAS PROGRAMABLES [en línea]. [fecha de revisión 9/02/2012]. “*El Autómata Programable*”. Parte Operativa. Disponible en:<http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Parte%20operativa/Tecnologia%20de%20la%20parte%20operativa.htm>



Fuente: AUTÓMATAS PROGRAMABLES
Autor: LOIOLA. Iban

El ordenador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

Un autómatas programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

2.3. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN¹⁴

- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la productividad de la empresa, mejorando los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.

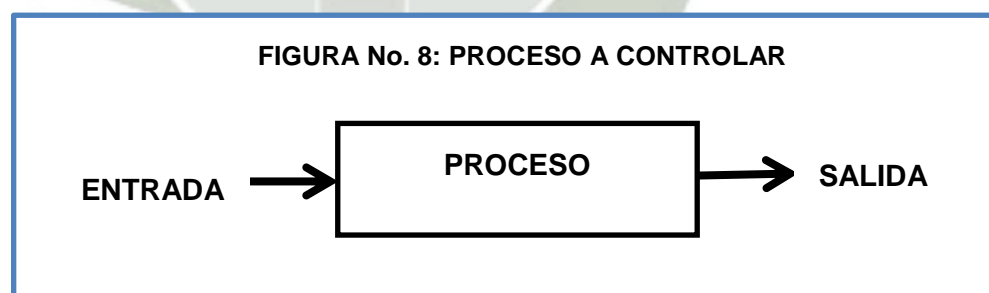
¹⁴ LOIOLA Zubia, Iban. AUTÓMATAS PROGRAMABLES [en línea]. [fecha de revisión 9/02/2012]. “*El Autómata Programable*”. Disponible en: <http://www.grupas.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Parte%20operativa/Tecnologia%20de%20la%20parte%20operativa.htm>

- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

2.4. SISTEMA DE CONTROL

2.4.1. DEFINICIÓN¹⁵

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada la base de un análisis del sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistema lineales que supone una relación entra causa y efecto para sus componentes. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque tal como se muestra en la figura 8. La relación entrada salida representa la relación causa y efecto del proceso que a su vez representa un procedimiento de la señal de entrada para proporcionar una señal de salida, frecuentemente con una amplificación de potencia.



Fuente: .Sistemas de Control Moderno
Autores: DORF, Richard y BISHOP, Robert

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

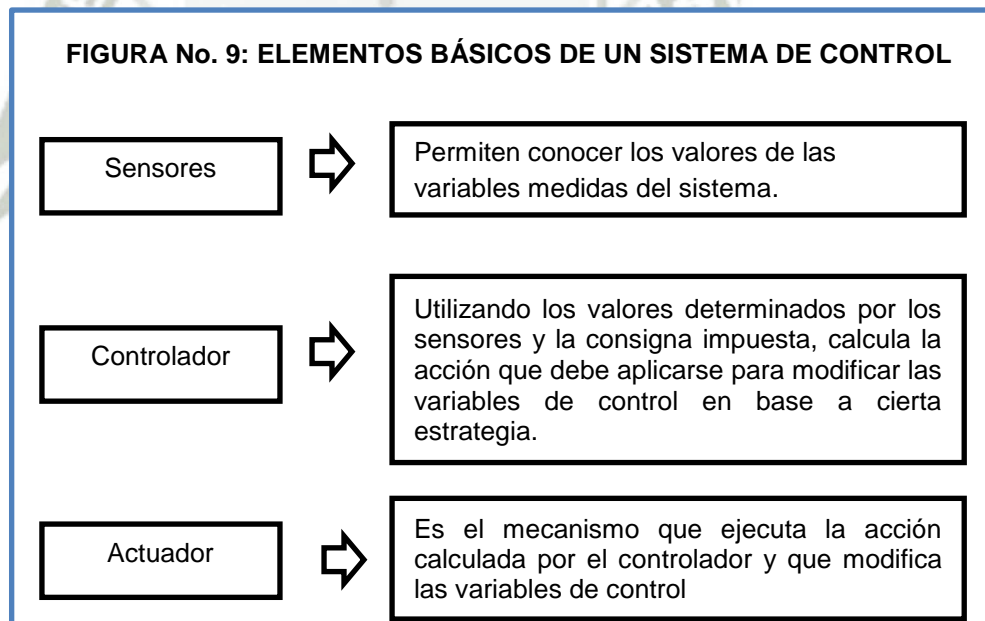
¹⁵ DORF, Richard y BISHOP, Robert. “*Sistemas de Control Moderno*”. 10 ma. Ed. Madrid. Pearson Education 2005 .pp. 2-3

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido.
Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
3. Ser fácilmente implementado y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

El sistema de control de un sistema automatizado permite ejecutar el programa y lograr que el proceso realice su función definida.

2.4.2. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL ¹⁶

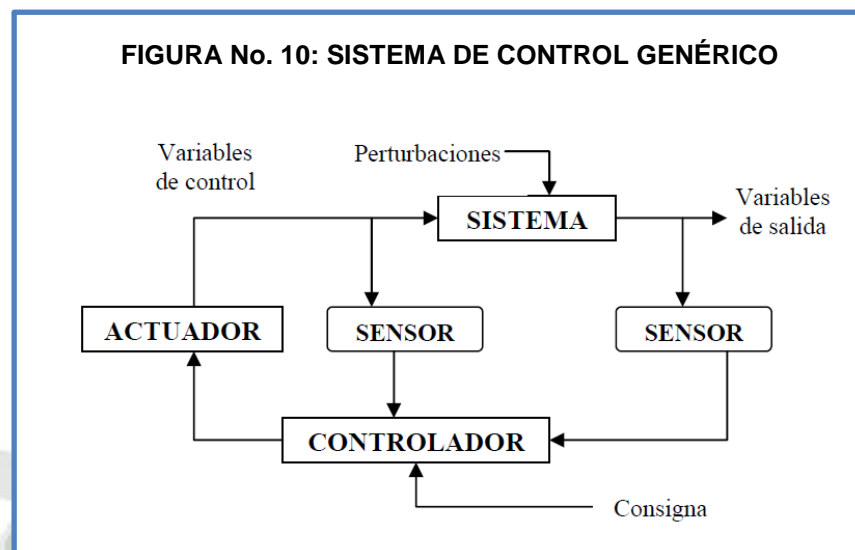
A continuación se describirán los elementos básicos de un sistema de control:



Fuente: Apuntes de Clase Sistemas Automáticos de Control
Autor: URRUTIA, Mario

La siguiente figura ilustra a través de un diagrama de bloques un sistema de control genérico siendo de la manera siguiente:

¹⁶ URRUTIA, Mario. **“Sistemas de Control”**. En: Clases Académicas Sistemas Automáticos de Control (2011, Arequipa, Perú). Apuntes de Clase .Arequipa, Perú. pp. 5-6



Fuente: Apuntes de Clase de Sistemas Automáticos de Control
Autor: URRUTIA, Mario

2.4.3. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

En el ambiente industrial se conocen 2 tipos de control:



Fuente: Apuntes de Clase de Sistemas Automáticos de Control
Autor: URRUTIA, Mario

2.4.3.1. CONTROL MANUAL¹⁷

En el control manual un operador detecta una condición no deseada en una variable de proceso y efectúa ajustes basado en las instrucciones del proceso y su pericia, es decir, mediante tanteos orientados por la intuición y la experiencia del mismo.

¹⁷ ANDRADE Cedeño, Rogger y MACAS Valdés, Walter. “*Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel*”. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. p. 24.

En la operación manual los sentidos humanos constituyen los elementos de medición, el cerebro humano el controlador y las señales son transmitidos a través del sistema nervioso.

2.4.3.2. CONTROL AUTOMÁTICO¹⁸

En este tipo de control, el hombre no interviene en las decisiones de control, su función es remplazada por un controlador, el mismo que se encarga de efectuarla acción de control pertinente.

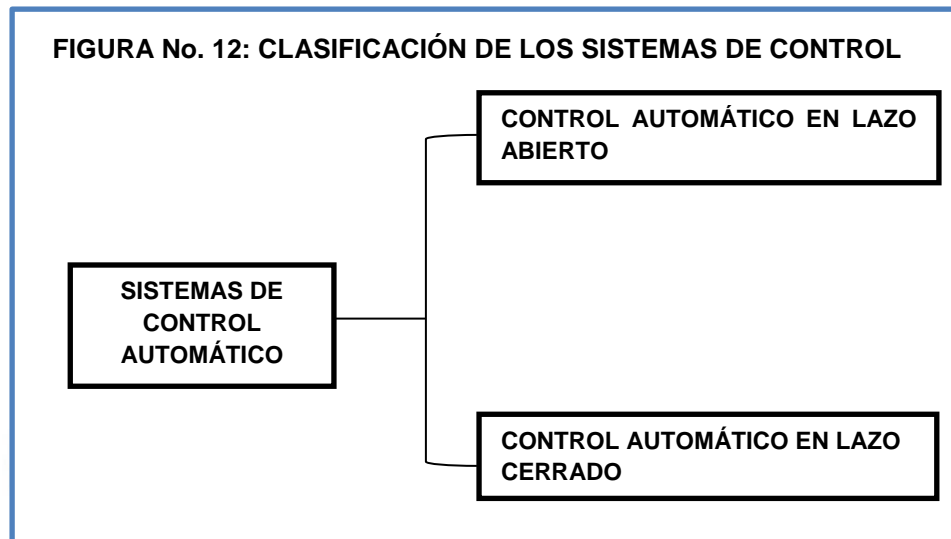
Este tipo de control es usado frecuentemente debido a que, comparado con el control manual, tiene las siguientes ventajas:

- Puede controlar un gran número de variables.
- Ayuda a reducir costos en la generación de bienes y servicios.
- Ayuda a mejorar calidad y aumentar volúmenes de producción.
- Posibilita la reducción de errores y aumento de la seguridad de los procesos.
- Permite manejar sistemas muy complejos.

¹⁸ ANDRADE Cedeño, Rogger y MACAS Valdés, Walter. *“Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel”*. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. p. 24.

2.4.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS¹⁹

Los sistemas de control automáticos se clasifican de dos maneras:



Fuente: Sistemas de Control Moderno

Autores: DORF, Richard y BISHOP, Robert

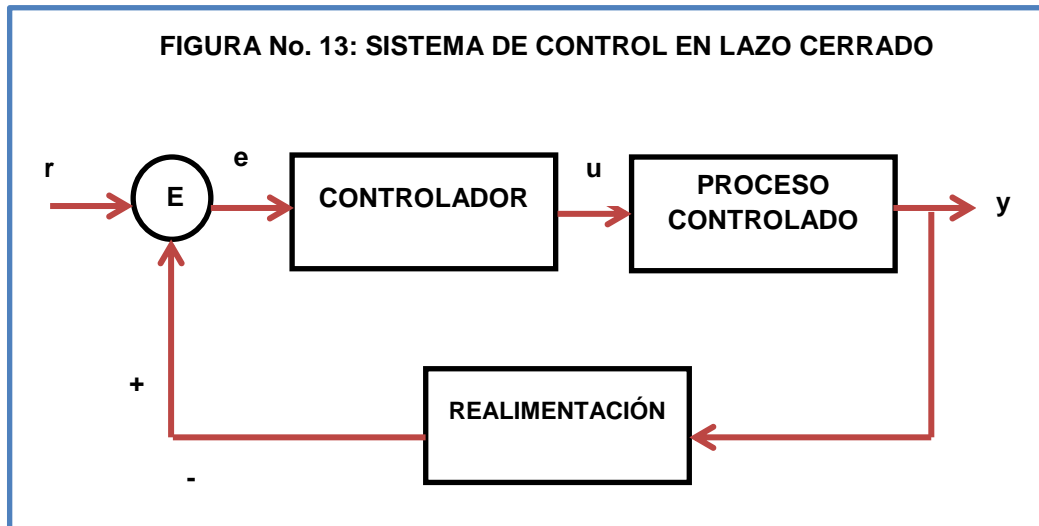
2.4.3.3.1. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO

Un sistema de control en lazo cerrado usa una medida de la salida y la realimentación de esta señal para compararla con la salida deseada (referencia de orden).

En un sistema de control en lazo cerrado se alimenta al controlador la señal de error de actuación que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales) con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

¹⁹ DORF, Richard y BISHOP, Robert. “*Sistemas de Control Moderno*”. 10 ma. Ed. Madrid. Pearson Education 2005 .pp. 2-3.

FIGURA No. 13: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO



Fuente: Sistemas de Control Moderno

Autores: DORF, Richard y BISHOP, Robert

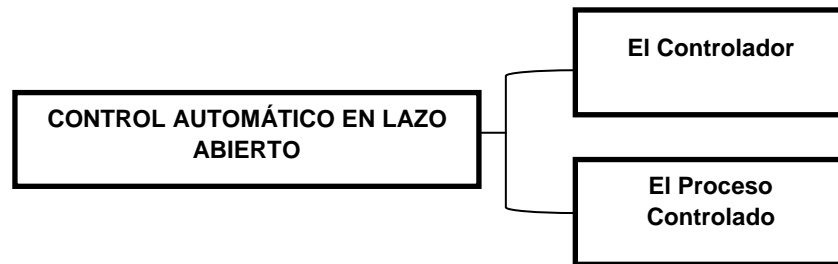
2.4.3.3.2. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

Un sistema de control en lazo abierto utiliza un dispositivo de actuación para controlar el proceso directamente sin emplear realimentación.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica el control en lazo abierto solo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas.

Los elementos de un sistema de control en lazo abierto se pueden dividir en dos partes:

FIGURA No. 14: ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

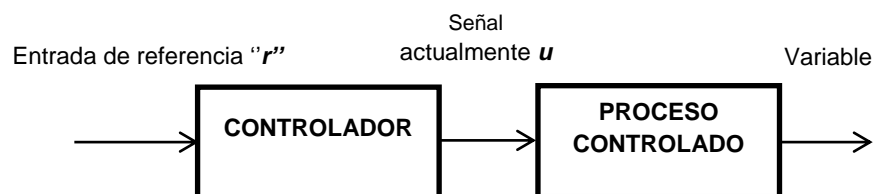


Fuente: .Sistemas de Control Moderno
Autores: DORF, Richard y BISHOP, Robert

El diagrama de bloques se muestra en la Figura 15. Una señal de entrada o comando r se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante u ; la señal actuante controla el proceso controlado de tal forma que la variable controlada se desempeñe de acuerdo con estándares preestablecidos.

En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, unión mecánica, filtro u otro elemento de control. En los casos más complejos, el controlador puede ser una computadora tal como un microprocesador. Debido a la simplicidad y economía de los sistemas de control en lazo abierto, se les encuentra en muchas aplicaciones no críticas²⁰.

FIGURA No. 15: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

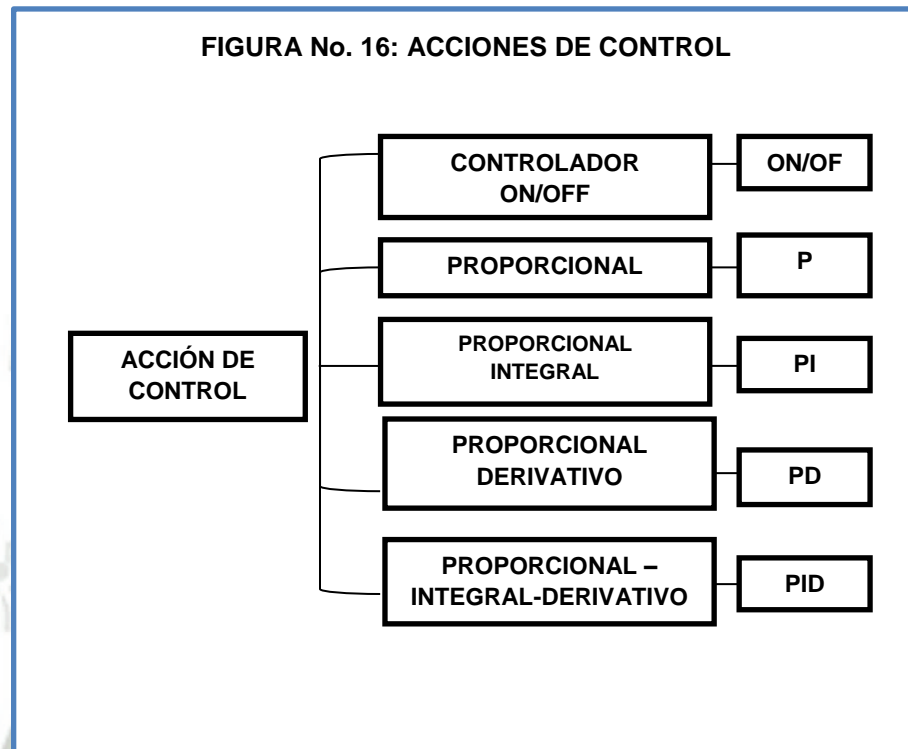


Fuente: .Sistemas de Control Moderno
Autores: DORF, Richard y BISHOP, Robert

²⁰ ANDRADE Cedeño Rogger y MACAS Valdez Walter “*Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel*”. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. p. 25.

2.5. ACCIONES DE CONTROL²¹

Las acciones básicas de control se muestran a continuación:

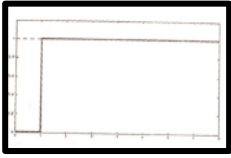
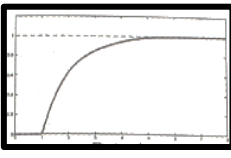
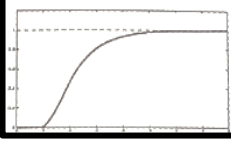
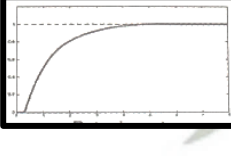
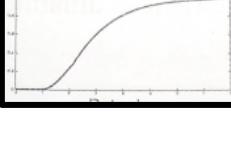


Fuente: Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para medir y Controlar Caudal y Nivel
Autores: ANDRADE y MACAS

Para efectos del proyecto de investigación se ha implementado un controlador PID para el Control de Caudal de la Planta el cual se describirá a continuación:

²¹ ANDRADE Cedeño, Rogger y MACAS Valdez, Walter. *“Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel”*. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. p. 26.

FIGURA No. 17: SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE UN REGULADOR PID

Tiempo de Respuesta en el Espacio	TIPO DE NIVEL			
	P	PD	PI	PID
	No satisfactorio	No satisfactorio	Satisfactorio ante cambios del punto de consigna y perturbaciones	No satisfactorio
	No satisfactorio	No satisfactorio	Ligeramente peor que el PID	Satisfactorio ante cambios del punto de consigna y perturbaciones
	No satisfactorio	Poco satisfactorio	Peor que el PID	Satisfactorio ante cambios del punto de consigna y perturbaciones
	Satisfactorio ante cambios del punto de control	Satisfactorio ante cambios del punto de consigna y retardos	Satisfactorio ante el efecto de perturbaciones	Satisfactorio ante perturbaciones y retardos
	No satisfactorio	No satisfactorio	Ligeramente peor que el PID	Satisfactorio ante cambios del punto de consigna y perturbaciones

Fuente: Autómatas Programables y Sistemas de Automatización
Autor: MANDADO Enrique, ACEVEDO Marcos, ARMESTO José

2.5.1. CONTROL PROPORCIONAL- INTEGRAL –DERIVATIVO (PID)²²

Algunas veces se añade otro modo de control al controlador PI, este nuevo modo de control es la acción derivativa, que también se conoce como rapidez de derivación o pre-actuación; tiene como propósito

²² CORRIPIO, Armando y SMITH, Carlos. "Control Automático de Procesos Teoría y Práctica" .1ra. Ed. México. Limusa Noriega Editores. 1996. pp. 203-214

anticipar hacia dónde va el proceso, mediante la observación de la rapidez para el cambio del error, su derivada. La ecuación descriptiva es la siguiente:

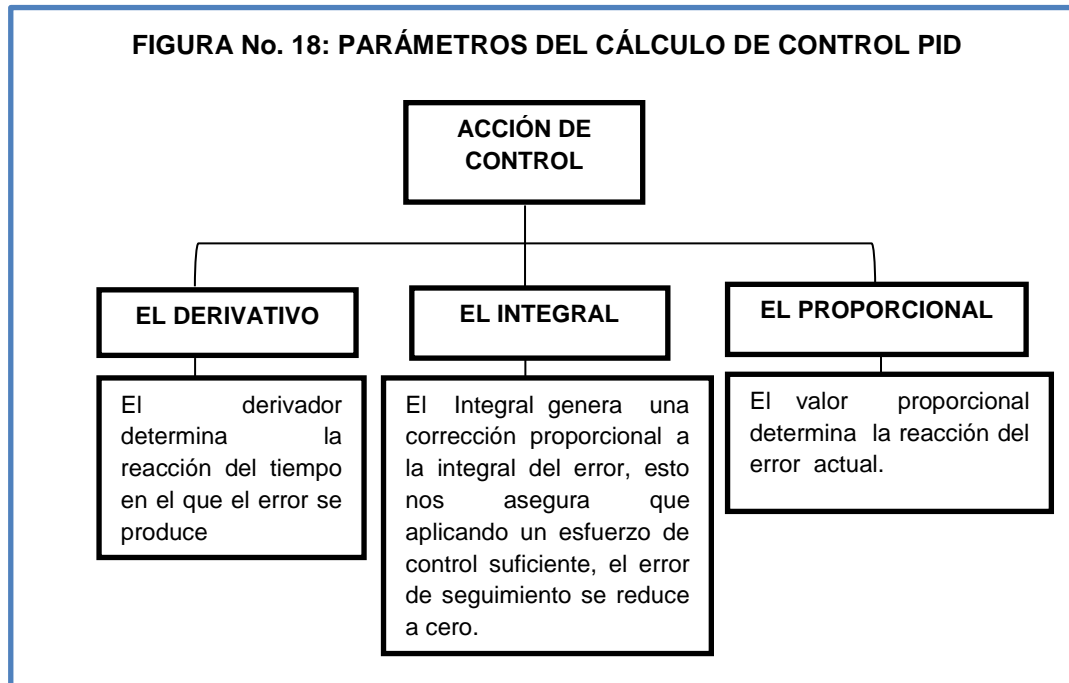
$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int e(t) dt + K_c \tau_D \frac{de(t)}{dt}$$

Donde τ_D = rapidez de derivación en minutos.

Por lo tanto, el controlador PID tiene tres parámetros, K_c o PB, τ_I o τ_I^R y τ_D , que se deben ajustar para obtener un control satisfactorio. Nótese que sólo existe un parámetro para ajuste de derivación, τ_D el cual tiene las mismas unidades, minutos, para todos los fabricantes.

Como se acaba de mencionar, con la acción derivativa se da al controlador la capacidad de anticipar hacia dónde se dirige el proceso, es decir, “ver hacia adelante”, mediante el cálculo de la derivada del error. La cantidad de “anticipación” se decide mediante el valor del parámetro de ajuste, τ_D .

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo de control PID se da en tres parámetros distintos:



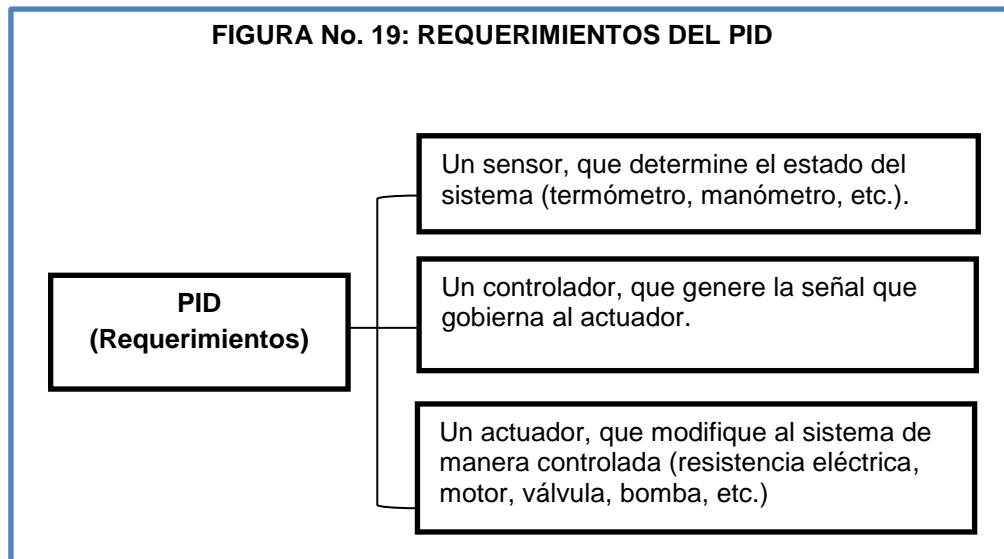
Fuente: Control Automático de Procesos
Autor: SMITH v CORRIPIO

Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado al cual se controla llega al "set point" y el grado de oscilación del sistema.

2.5.1.1. FUNCIONAMIENTO DEL PID²³

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

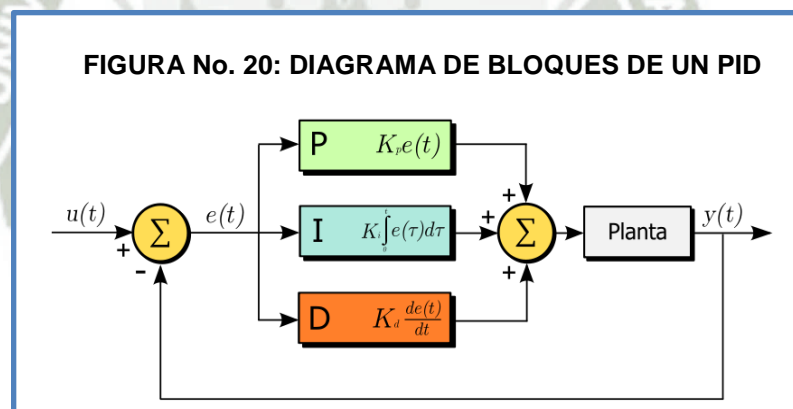
²³ WIKIPEDIA. "*Proporcional Integral Derivativo*".[en línea].[Fecha de Revisión: 09/02/2012].Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/proporcional_integral_derivativo



Fuente: WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre
Autor: WIKIPEDIA

2.5.1.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN PID

A continuación se observa un diagrama de bloques que contiene al PID:



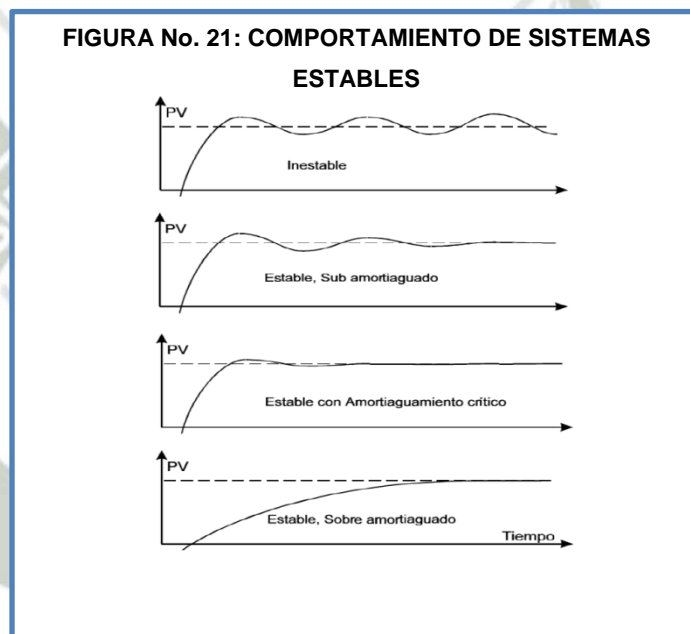
Fuente: WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre
Autor: WIKIPEDIA

Siempre se busca que el sistema de control sea estable, pero además, dentro de las condiciones de estabilidad existen tres tipos de comportamiento bien definidos: control sub-amortiguado, control con amortiguamiento crítico y control sobre-amortiguado.

En la siguiente Figura se muestran ejemplos de estos comportamientos. En cada uno de estos casos varía la velocidad de

respuesta del sistema ante perturbaciones y a la vez la propensión a tener comportamiento inestable u oscilatorio.

El sistema sobre-amortiguado tiene una velocidad de respuesta lenta. Después que ocurra una perturbación, el sistema puede tardar en volver al valor deseado, pero la ventaja es que el sistema es muy estable y no adquiere comportamientos oscilatorios indeseables. Esta condición tiende a ocurrir cuando la banda proporcional es más grande de lo necesario. También puede deberse a una constante derivativa D muy grande²⁴.



Fuente: Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel

Autor: ANDRADE, Rogger y MACAS, Walter

En el otro extremo, cuando un sistema se comporta de modo sub-amortiguado, la velocidad de respuesta es muy buena pero pueden ocurrir varias oscilaciones de cierta amplitud antes que la variable llegue a un valor estable. Suele ocurrir esta condición cuando la banda proporcional es pequeña, la constante derivativa D chica y la constante de integración I grande.

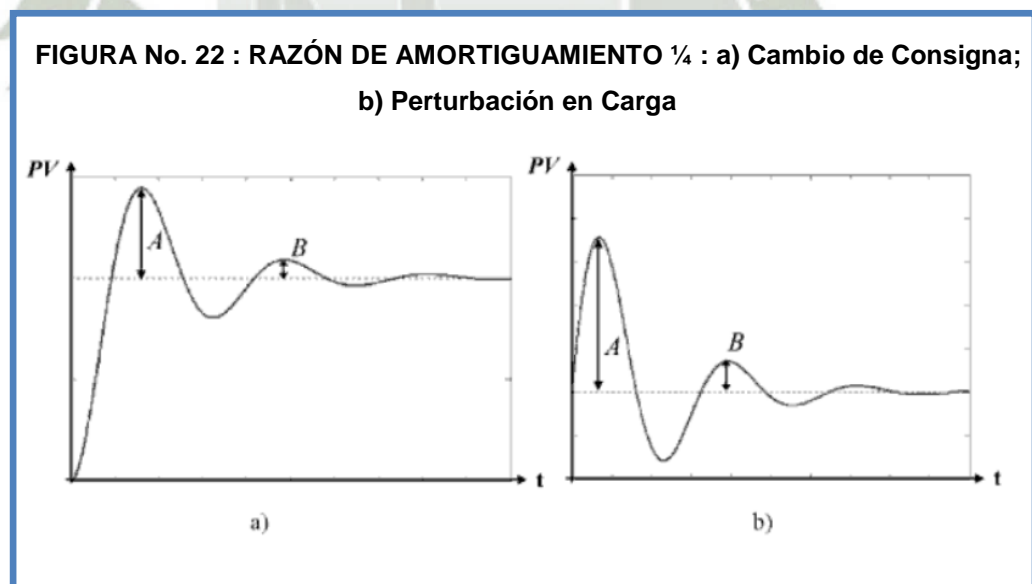
²⁴ ANDRADE Cedeño, Rogger y MACAS Valdés, Walter. “*Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel*”. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. pp. 31-32.

El punto medio entre las condiciones anteriores es el amortiguamiento crítico. A esta condición corresponden los valores óptimos de los parámetros **P**, **D**, **I**. En este caso el sistema es bastante estable y la velocidad de respuesta es la mejor que se puede lograr.

2.5.1.3. SINTONIZACIÓN DE LOS CONTROLADORES PID EN BUCLE CERRADO²⁵

Los métodos de sintonización de controladores PID en bucle cerrado se basan en medir determinadas características de la respuesta del sistema en bucle cerrado en lugar de un bucle abierto y ajustar los parámetros del regulador mediante el uso de tablas, a partir de los resultados obtenidos.

El criterio de optimización utilizado para realizar el ajuste en estos métodos es lograr que, al igual que en los métodos de bucle abierto, el sistema de bucle cerrado responda con una razón de amortiguamiento de 1/4 ante un cambio de señal de consigna ante una perturbación en la carga, tal como se presenta en la siguiente Figura.



Fuente: Automatas Programables y Sistemas de Automatización
Autor: MANDADO Enrique, ACEVEDO y Marcos, ARMESTO José

²⁵ JARAMILLO, Jorge. "Sintonización de Controladores PID". [en línea],[fecha de revisión 9/02/2012].Diseño y Sintonización de Controladores PID Disponible en: <<http://www.slideshare.net/quasar.0360.7912/sintonizacion-de-controladores-pid>>

A continuación se describe el método Ziegler Nichols en bucle cerrado el cual fue implementado en el sistema de Control de Flujo.

2.5.1.3.1. MÉTODO DE ZIEGLER NICHOLS CON IDENTIFICACIÓN EN BUCLE CERRADO²⁶

El objetivo que se persigue al sintonizar el regulador PID mediante el método ZN en bucle cerrado, conocido también como el método de oscilación, es el mismo que el método ZN en bucle abierto, es decir ajustar mediante el uso de tablas los parámetros del regulador para conseguir que el sistema en bucle cerrado responda con una razón de amortiguamiento de $\frac{1}{4}$.

Mediante este método se determinan dos parámetros denominados ganancia última K_u , y periodo último T_u , a partir de los cuales se obtienen los valores K_p , T_i y T_d .

La sintonía del PID mediante el método consiste en:

1. Ajustar con el bucle cerrado, la ganancia proporcional K_p a un valor inicial pequeño y anular las ganancias integral ($T_i \rightarrow \infty$) y derivativa ($T_d = 0$).
2. Incrementar paulatinamente la ganancia proporcional K_p hasta que el sistema presente una oscilación permanente de amplitud constante. Puede ser necesario realizar cambios en el punto de consigna para obtener la oscilación.
3. Asignar a K_u el valor de K_p que origina la situación del punto anterior.
4. Medir el periodo de oscilación. Este periodo es el periodo último T_u .

²⁶ MANDADO, Enrique, MARCOS, Jorge, FERNÁNDEZ, Celso, ARMESTO, José. *“Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”*. 2 da .Ed. México. Marcombo-Alfaomega. 2009 .p. 404

5. Ajustar los parámetros del regulador de acuerdo a la Tabla siguiente.

TABLA I

TABLA DE AJUSTE EN BUCLE CERRADO DE LOS PARÁMETROS DE UN REGULADOR PID PROPUESTA POR ZIEGLER NICHOLS

REGULADOR	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$	-	-
PI	$0.4 K_u$	$0.8 T_u$	-
PID	$0.6 K_u$	$0.5 T_u$	$0.125 T_u$

Fuente: Automatas Programables y Sistemas de Automatización
Autor: MANDADO Enrique, ACEVEDO Marcos, ARMESTO José

2.6. EL PLC SIEMENS S7-1200²⁷

Un PLC tal como se aprecia en la Figura siguiente es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como:

- Lógica
- Secuenciación
- Registro
- Control de tiempos
- Conteo y Operaciones Aritméticas

FIGURA No. 23: PLC SIEMENS S7-1200



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

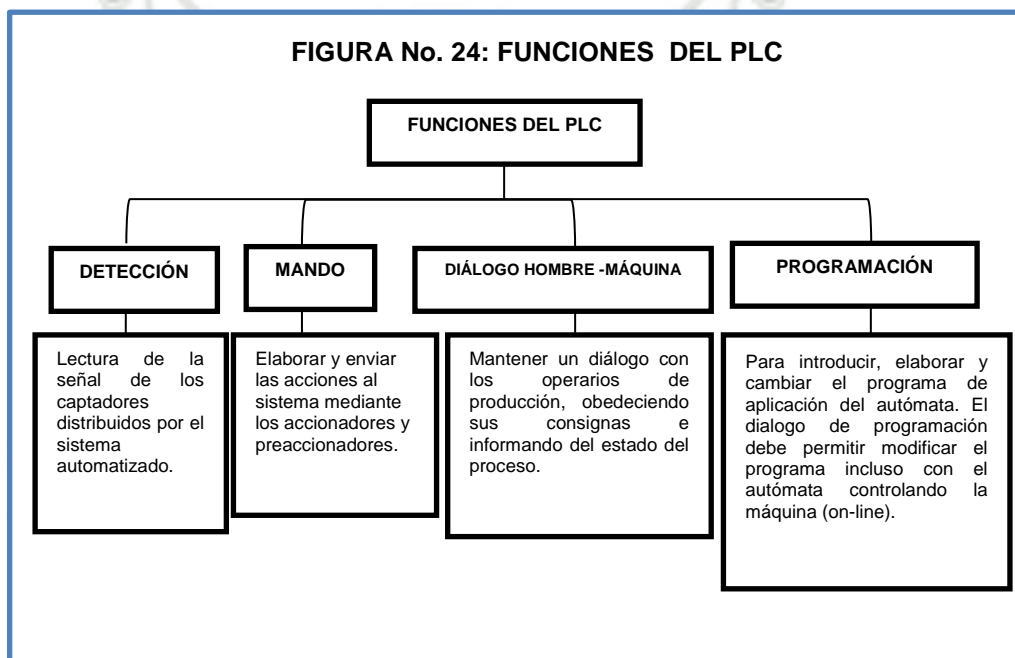
²⁷ URRUTIA, Mario. “Controlador Lógico Programable PLC”. En: Clases Académicas de Sistemas Automáticos de Control (2011, Arequipa, Perú).Apuntes de Clase .Arequipa, Perú. pp. 39-40

Todo ello para controlar a través de entradas o salidas analógicas varios tipos de máquinas o procesos.

Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.

2.6.1. FUNCIONES BÁSICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200²⁸

El autómata programable debe realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente. Las funciones más clásicas son:

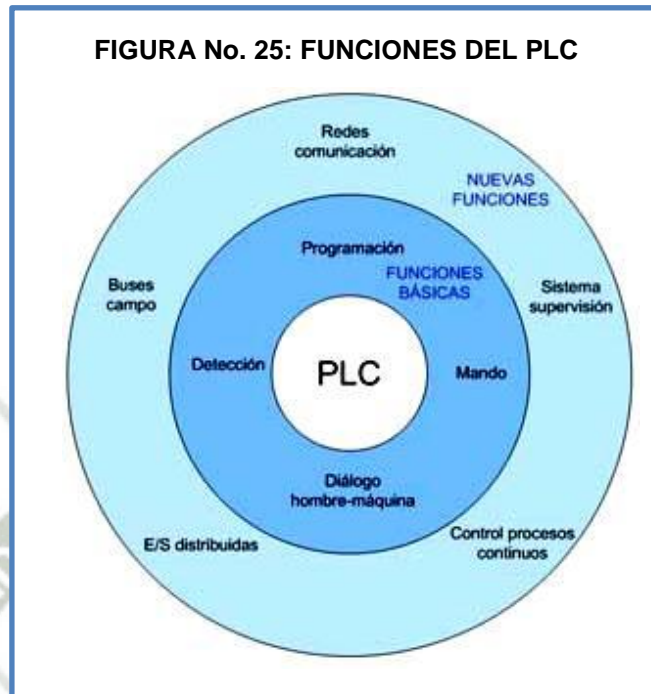


Fuente: Apuntes de clase Sistemas Automáticos de Control / Fundamentos de PLC.

Autor: URRUTIA, Mario

²⁸ URRUTIA, Mario. *“Fundamentos de PLC”*. En: Clases Académicas de Sistemas Automáticos de Control (2011, Arequipa, Perú). Apuntes de Clase .Arequipa, Perú. p. 6

En los últimos años, en el campo de la automatización industrial se ha incorporado toda una gama de nuevas funcionalidades que se citan a continuación:



Fuente: Apuntes de clase Sistemas Automáticos de Control/
Fundamentos de PLC.
Autor: URRUTIA, Mario

2.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200²⁹

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

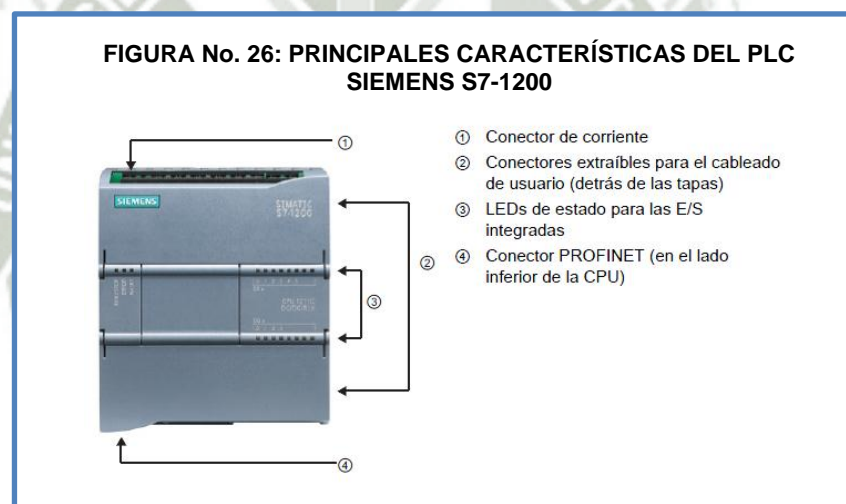
2.6.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CPU DEL PLC SIEMENS S7-1200

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así

²⁹ SIEMENS. “*Simatic S7-1200 Easy Book Manual del Producto*”. 2009. p. 7

un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET. Para garantizar seguridad en la aplicación, todas las CPU's S7-1200 disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso a sus funciones.



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

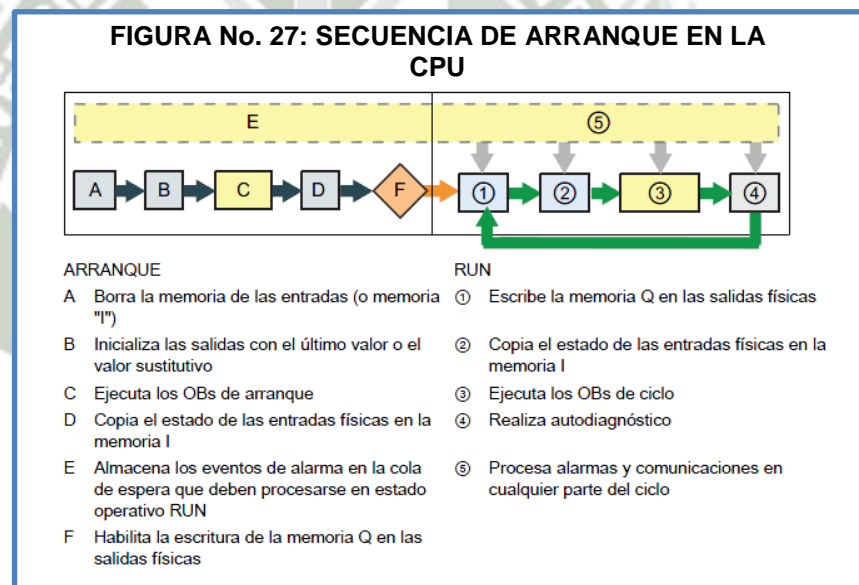
Autor: SIEMENS

2.6.2.2. CICLO DE TAREAS

En cada ciclo se escribe en las salidas, se leen las entradas, se ejecutan las instrucciones del programa de usuario y se realiza el mantenimiento del sistema o procesamiento en segundo plano. En inglés, el ciclo también se llama "scancycle" o "scan". En condiciones estándar, todas las E/S digitales y analógicas se actualizan de forma síncrona con el ciclo, utilizando un área de memoria interna

denominada memoria imagen de proceso. La memoria imagen de proceso contiene una instantánea de las entradas y salidas físicas de la CPU, de la Signal Board y de los módulos de señales.

La CPU lee las entradas físicas inmediatamente antes de ejecutar el programa de usuario y almacena los valores de entrada en la memoria imagen de proceso de las entradas. Así se garantiza que estos valores sean coherentes durante la ejecución de las instrucciones programadas. La CPU ejecuta la lógica de las instrucciones programadas y actualiza los valores de salida en la memoria imagen de proceso de las salidas, en vez de escribirlos en las salidas físicas reales. Tras ejecutar el programa de usuario, la CPU escribe las salidas resultantes de la memoria imagen de proceso de las salidas en las salidas físicas.



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

Este proceso ofrece una lógica coherente al ejecutar las instrucciones programadas durante un ciclo determinado y previene la fluctuación de las salidas físicas cuyo estado puede cambiar varias veces en la memoria imagen de proceso de las salidas.

La reacción predeterminada de un módulo se puede cambiar excluyéndolo de la actualización automática de E/S. También es posible leer y escribir inmediatamente valores de E/S digitales y analógicas en los módulos cuando se ejecuta una instrucción. La lectura inmediata de las entradas físicas no actualiza la memoria imagen de proceso de las entradas. La escritura inmediata en las salidas físicas actualiza tanto la memoria imagen de proceso de las salidas como las salidas físicas.

2.6.2.3. ESTADOS OPERATIVOS DE LA CPU

La CPU tiene tres estados operativos, a saber: STOP, ARRANQUE y RUN. Los LED's de estado en el frente de la CPU indican el estado operativo actual.

En estado operativo STOP, la CPU no ejecuta el programa. Entonces es posible cargar un proyecto en la CPU.

En el modo ARRANQUE, la CPU ejecuta cualquier lógica de arranque existente. Los eventos de alarma no se procesan durante el modo de arranque.

El ciclo se ejecuta repetidamente en estado operativo RUN. Los eventos de alarma pueden ocurrir y procesarse en cualquier fase del ciclo del programa.

La CPU soporta el arranque en caliente para pasar a estado operativo RUN. El arranque en caliente no incluye un borrado total. No obstante, el borrado total puede iniciarse desde el software de programación. El borrado total borra toda la memoria de trabajo, así como las áreas de memoria remanentes y no remanentes. Además, copia la memoria de carga en la memoria de trabajo. El borrado total no borra el búfer de diagnóstico ni tampoco la dirección IP almacenada permanentemente. Los datos de sistema no remanentes y los datos de usuario se inicializan en un arranque en caliente.

El tipo de arranque y método de reinicio de la CPU se pueden determinar mediante el software de programación. Este ajuste se encuentra en la "Configuración de dispositivos" de la CPU en "Arranque". Cuando se aplica tensión, la CPU ejecuta una secuencia de tests de diagnóstico de arranque e inicialización del sistema. A continuación, la CPU conmuta al tipo de arranque configurado. Determinados errores impiden que la CPU pase a estado operativo RUN. La CPU soporta los tipos de arranque siguientes: Estado operativo STOP, "Cambio a estado operativo RUN después del arranque en caliente", y "Cambio a estado operativo anterior después del arranque en caliente".

2.6.2.4. TIPOS DE DATOS SOPORTADOS POR EL PLC SIEMENS S7-1200

Los tipos de datos se utilizan para determinar el tamaño de un elemento de datos y cómo deben interpretarse los datos. Todo parámetro de instrucción soporta como mínimo un tipo de datos. Algunos parámetros soportan varios tipos de datos. Sitúe el cursor sobre el campo de parámetro de una instrucción para ver qué tipos de datos soporta el parámetro en cuestión.

TABLA II TABLA DE DATOS CONTROLADOS POR EL PLC SIEMENS S7-1200

Tipo de datos	Tamaño (bits)	Rango	Ejemplos de entrada de constantes
Bool	1	0 a 1	TRUE, FALSE, 0, 1
Byte	8	16#00 a 16#FF	16#12, 16#AB
Word	16	16#0000 a 16#FFFF	16#ABCD, 16#0001
DWord	32	16#00000000 a 16#FFFFFFFF	16#02468ACE
Char	8	16#00 a 16#FF	'A', '!', '@'
Sint	8	128 a 127	123, -123
Int	16	32.768 a 32.767	123, -123
Dint	32	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	123, -123
USInt	8	0 a 255	123
UInt	16	0 a 65.535	123
UDInt	32	0 a 4.294.967.295	123
Real	32	+/-1,18 x 10 ⁻³⁸ a +/-3,40 x 10 ³⁸	123,456, -3,4, -1,2E+12, 3,4E-3
LReal	64	+/-2,23 x 10 ⁻³⁰⁸ a +/-1,79 x 10 ³⁰⁸	12345,123456789 -1,2E+40
Time	32	T#-24d_20h_31m_23s_648ms to T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2,147,483,648 ms to +2,147,483,647 ms	T#5m_30s 5#-2d T#1d_2h_15m_30x_45ms
String	Variable	0 a 254 caracteres en tamaño de byte	'ABC'
DTL ¹	12 bytes	Mínima: DTL#1970-01-01-00:00:00.0 Máxima: DTL#2554-12-31-23:59:59.999 999 999	DTL#2008-12-16-20:30:20.250

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

El tipo de datos DTL es una estructura de 12 bytes que almacena información de fecha y hora en una estructura predefinida. Un DTL se puede definir en la memoria temporal del bloque o en un DB.

Aunque no están disponibles como tipos de datos, las instrucciones de conversión soportan el siguiente formato numérico BCD.

FIGURA No. 28 : CUADRO DE FORMATO NUMÉRICO BCD

Formato	Tamaño (bits)	Rango numérico	Ejemplos
BCD16	16	-999 a 999	123, -123
BCD32	32	-9999999 a 9999999	1234567, -1234567

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

2.6.2.5. MEMORIA DE LA CPU

2.6.2.5.1. GESTIÓN DE MEMORIA

La CPU provee las áreas de memoria siguientes para almacenar el programa de usuario, los datos y la configuración:

- **La Memoria de Carga:** Permite almacenar de forma no volátil el programa de usuario, los datos y la configuración. Cuando un proyecto se carga en la CPU, se almacena primero en el área de memoria de carga. Esta área se encuentra bien sea en una Memory Card (si está disponible) o en la CPU. Esta área de memoria no volátil se conserva incluso tras una pérdida de potencia. La Memory Card ofrece mayor espacio de almacenamiento que el integrado en la CPU.
- **La memoria de Trabajo:** Ofrece almacenamiento volátil para algunos elementos del proyecto mientras se ejecuta el programa de usuario. La CPU copia algunos elementos del proyecto desde la memoria de carga en la memoria de trabajo. Esta área volátil

se pierde si se desconecta la alimentación. La CPU la restablece al retornar la alimentación.

- **La Memoria Remanente:** Permite almacenar de forma no volátil un número limitado de valores de la memoria de trabajo. El área de memoria remanente se utiliza para almacenar los valores de algunas posiciones de memoria durante una pérdida de potencia. Si ocurre un corte de alimentación, la CPU dispone de suficiente tiempo de retención para respaldar los valores de un número limitado de posiciones de memoria definidas. Estos valores remanentes se restablecen al retornar la alimentación.

2.6.2.6. DISPOSITIVOS TÍPICOS DE ENTRADA Y SALIDA PARA PLC³⁰

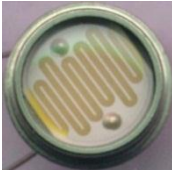
A continuación mediante un cuadro se mostraran los principales dispositivos analógicos y discretos de entrada y salida al PLC.

FIGURA No. 29 : CUADRO DE DISPOSITIVOS DE ENTRADA DISCRETOS

DISPOSITIVOS DE ENTRADA	
DISPOSITIVOS DISCRETOS	
NOMBRE	FIGURA
Botón de empuje (Push Button)	
Relevador de contactos	
Interruptor Selector	
Interruptor de Límite	

³⁰ ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo, ORDAZ Damián. *“Controladores Lógicos Programables”*. 1ra .Ed. México. Trillas 2009 .pp. 18-19






<p>Interruptor de Presión</p>	
<p>Interruptor de Temperatura</p>	
<p>Sensor capacitivo</p>	
<p>Sensor Inductivo</p>	
<p>Sensor Magnético</p>	
<p>Sensor Fotoeléctrico</p>	
<p>Sensor Fototransistor</p>	
<p>Sensor Ultrasónico</p>	
<p>Sensor Rayo Laser</p>	

Fotocelda	
-----------	---

Fuente: Controladores Lógicos Programables

Autores: ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo y ORDAZ, Damián

FIGURA No. 30 : DISPOSITIVOS DE ENTRADA ANALÓGICOS

DISPOSITIVOS DE ENTRADA	
DISPOSITIVOS ANALÓGICOS	
NOMBRE	FIGURA
Transductor de Vibración	
Transductor de Fuerza	
Transductor Óptico	
Transductor de Vacío	
Transductor de Presión/Corriente	

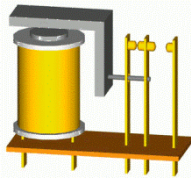


<p>Transductor de Presión/Voltaje</p>	
<p>Transmisor de Presión</p>	
<p>Transmisor de Temperatura</p>	
<p>Transmisor de Nivel</p>	
<p>Transmisor de Punto de Rocío</p>	
<p>Termómetro Infrarrojo</p>	
<p>Medidor de flujo</p>	

Galga extensiométrica	
Celda de Carga	

Fuente: Controladores Lógicos Programables
Autores: ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo y ORDAZ, Damián


FIGURA No. 31 : CUADRO DE DISPOSITIVOS DE SALIDA DISCRETOS







DISPOSITIVOS DE SALIDA	
DISPOSITIVOS DISCRETOS	
NOMBRE	FIGURA
Válvula Solenoide	
Arrancado de motor	
Panel Indicador	
Contador de fuerza	

Bobina de Relevador	
Indicador LED	
Bocina	
Timbre	

Fuente: Controladores Lógicos Programables
Autores: ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo y ORDAZ, Damián

FIGURA No. 32: CUADRO DE DISPOSITIVOS DE SALIDA ANALÓGICOS

DISPOSITIVOS DE SALIDA	
DISPOSITIVOS ANALÓGICOS	
NOMBRE	FIGURA
Variador de CA	

Variador de Velocidad	
Variador de frecuencia	
Transductor de I/P	
Transductor de E/P	
Posicionador Electro-neumático	
Controlador de Temperatura	

Controlador Multilazos	
Variador de CD	

Fuente: Controladores Lógicos Programables

Autores: ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo y ORDAZ, Damián

2.6.2.7. VENTAJAS GENERALES DE LOS PLC³¹

Según Ordaz-Ríos-Ordaz consideran que un Controlador Lógico Programable (PLC) posee las siguientes ventajas e inconvenientes:

FIGURA No. 33: CUADRO DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC'S

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Menor costo con un alto rendimiento.	Costo Inicial. Puede o no ser una desventaja, esto dependerá del sistema por automatizar.
Capacidad de Entrada/Salida Remota.	
Diseño Modular para facilitar el cambio de hardware.	
Comunicación Serial.	
Funciones Matemáticas Extensas.	
Menor Tiempo en el diseño de un proyecto.	
Modificaciones a la operación sin cambiar el cableado.	
Ocupa poco espacio.	

³¹ ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo, ORDAZ Damián. "Controladores Lógicos Programables". 1ra .Ed. México. Trillas 2009 .pp. 18-19

Menor Costo de la mano de obra de instalación.	
Facilidad de Montaje.	
Fiabilidad del sistema al eliminar contactos móviles.	
Requiere poco o nulo mantenimiento	
Posibilidad de controlar varias máquinas con un solo PLC.	
Incorpora indicadores de estados para facilitar el diagnóstico de fallas.	
Menor tiempo en la puesta en marcha del sistema automatizado.	Se requiere personal capacitado en la instalación y programación.
Posibilidad de poder reutilizarlo en otra aplicación.	

Fuente: Controladores Lógicos Programables

Autores: ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo y ORDAZ, Damián

2.6.2.8. CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS PLC'S ³²

Debido a sus características de diseño, el PLC tiene un concepto de aplicación muy extenso. Además, la continua evolución de su hardware y software hace que constantemente se amplíe su campo de aplicación, ya que satisface las necesidades que se tienen en el campo industrial en las áreas siguientes:

FIGURA No. 34 : CUADRO DE LOS CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC'S

PROCESOS DE MANIOBRA	Maquinarias en la industria Refresquera
	Maquinarias en la industria de Muebles
	Maquinarias en la industria del Plástico
	Maquinaria en la industria Vidriera

³² ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo, ORDAZ Damián. "Controladores Lógicos Programables". 1ra .Ed. México. Trillas 2009 .pp. 18-19

	Maquinaria de control Numérico
	Maquinarias de industrias Textil y de Confección
	Maquinaria de la industria Automotriz
	Maquinarias de la industria de Ensamblaje
PROCESOS DE INDICACIÓN Y CONTROL	Calderas
	Aire Acondicionado
	Calefacción
	Refrigeración
	Seguridad
	Embotelladoras
	Tratamiento Térmicos
PROCESOS POR LOTES O BATCH	Columnas de Destilación
	Mezcladoras
OTROS	Petroquímicas
	Alumbrado Público
	Semáforos
	Automatización de edificios
	Automatización Residencial

Fuente: Controladores Lógicos Programables

Autores: ORDAZ, Ubaldo, RÍOS Edmundo y ORDAZ, Damián

2.7.INTERFACES DE CONEXIÓN AUTÓMATA – USUARIO(H.M.I)³³

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

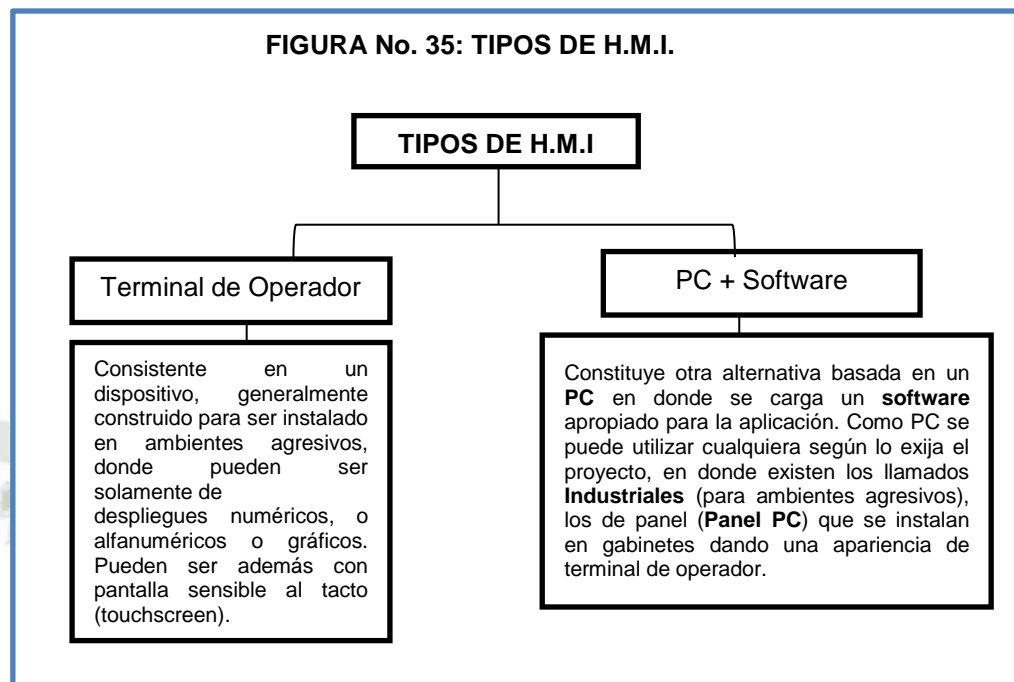
Los usuarios de los autómatas necesitan comunicarse con ellos para llevar a cabo dos funciones principales:

- Utilizar las herramientas de diseño asistido por computador (CAD TOOLS) que el fabricante del PLC pone a su disposición para lo cual se necesita una unidad de programación.
- Modificar parámetros y observar el estado de determinadas variables (Visualización), en especial cuando el proceso controlado es complejo, para lo cual es necesaria una unidad de acoplamiento (interfaz) entre el usuario y la máquina H.M.I., a ello está asociado el programa SCADA.

³³ MANDADO, Enrique, MARCOS, Jorge, FERNÁNDEZ, Celso, ARMESTO, José. *“Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”*. 2 da .Ed. México. Marcombo-Alfaomega. 2009 .pp. 635-646

2.7.1. TIPOS DE HMI

A Continuación veremos los principales tipos de Interfaces Hombre Máquina:



Fuente: Autómatas Programables y Sistemas de Automatización

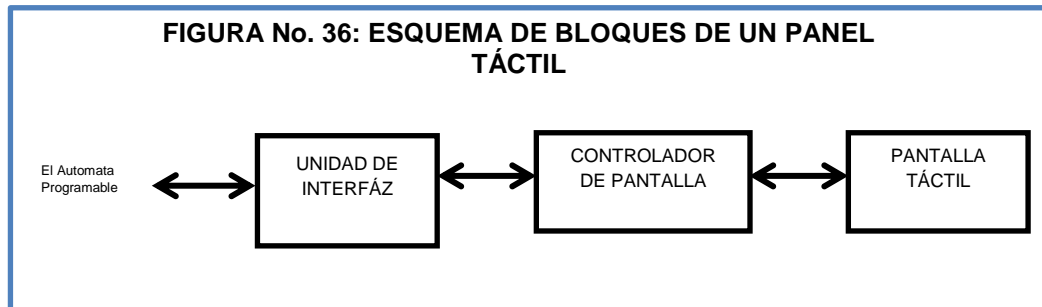
Autores: MANDADO, Enrique, MARCOS ,Jorge, FERNÁNDEZ Celso y ARMESTO, José

2.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS HMI

La utilización de los sistemas H.M.I es necesaria cuando la aplicación exige que el usuario pueda:

- Modificar parámetros del programa de control y dar órdenes a los actuadores a través de él.
- Recibir información del estado del proceso controlado por el autómata programable.
- Detectar fallos en el conjunto formado por el autómata programable y el proceso controlado por él, que dan lugar a alarmas ante las cuales el operador debe realizar las acciones oportunas.

En el caso de los paneles o pantallas táctiles conocidos por las siglas TP (Touch Panel) utilizan una pantalla gráfica que posee elementos sensores sensibles al tacto. De esta forma la pantalla realiza la función de entrada y de salida.



Fuente: Automatas Programables y Sistemas de Automatización

Autores: MANDADO Enrique, MARCOS Jorge, FERNÁNDEZ Celso y ARMESTO, José

2.8. PANEL TÁCTIL SIEMENS KTP 600 COLOR PN³⁴

Los SIMATIC HMI Basic Panel sirven para todo tipo de aplicaciones con manejo y visualización local de máquinas e instalaciones sencillas, tanto en la industria manufacturera como en la Industria de procesos, al igual que en la Automatización de Edificios. Se utilizan en los más diversos sectores y aplicaciones.



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

³⁴ SIEMENS. “*Simatic S7-1200 microcontrolador para el Totally Integrated Automation*”.2009.pp.78-80

2.8.1. FUNCIONES DE LA PANTALLA TÁCTIL SIEMENS KTP600 COLOR PN

- Ventana permanente y uso de plantillas para crear patrones de pantalla.
- Campo de entrada/salida para visualizar y cambiar parámetros de proceso.
- Botones que sirven para activar directamente funciones y acciones. Es posible configurar simultáneamente hasta 16 funciones en botones.
- Gráficos que pueden usarse en calidad de ICONO para "rotular" teclas de función o botones. También pueden crearse a modo de imágenes de fondo que ocupen toda la pantalla. La herramienta de configuración incluye una librería con una variada gama de gráficos y diversos objetos. Como editores gráficos pueden aplicarse todos los editores con interfaz "OLE", p. ej. Paint-Shop, Designer, Corel Draw, etc.
- Gráficos vectoriales posibilidad de crear formas geométricas simples (p. ej.: líneas, círculos y rectángulos) directamente en la herramienta de configuración.
- Textos fijos para rotular teclas de función, sinópticos de proceso y valores de proceso en caracteres de varios tamaños.
- Funciones con curvas y barras que sirven para visualizar gráficamente valores dinámicos.
- Conmutación de idioma:
 - 5 idiomas online, 32 idiomas de configuración incl. Juegos de caracteres asiáticos y cirílicos.

- Textos y gráficos dependientes del idioma.
- Administración de usuarios (Seguridad) de acuerdo con los requisitos de los distintos sectores.
 - Autenticación por identificador de usuario y contraseña.
 - Derechos específicos para determinados grupos de usuarios.
- Sistema de alarmas
 - Avisos de bit
 - Avisos analógicos
 - Clases de avisos de libre elección (p. ej.: avisos de evento/fallo) para definir el modo de acuse y la representación de eventos de aviso
 - Historial de avisos
- Administración de recetas.
- Textos de ayuda para sinópticos de proceso, avisos y variables.
- Funciones de cálculo.
- Monitoreo de límites para conducción segura del proceso en entradas y salidas.
- Pilotos para señalar el estado de máquinas e instalaciones.
- Planificador de tareas para la ejecución cíclica de funciones.
- Sistema de plantillas.
- Creación de plantillas de pantalla (los elementos de pantalla con figurados en la plantilla aparecen en cada pantalla).

2.8.2. BENEFICIOS DEL USO DEL LA PANTALLA TÁCTIL KTP 600 COLOR PN

- Parte integral de Totally Integrated Automation (TIA): Incremento de la productividad, minimización de la ingeniería, reducción de los costes de ciclo de vida - Gracias a la posibilidad de configurar en modo "retrato" también puede utilizarse/montarse con el lado corto horizontal, ideal para espacios reducidos (equipos de 4" y de 6").
 - Breves tiempos de configuración y puesta en marcha.
 - Facilidad de servicio técnico gracias al diseño libre de mantenimiento y a la gran durabilidad de la retroiluminación.
- Presentación de valores de proceso sencilla y confortable para el usuario gracias al uso de, por ejemplo, cuadros de entrada y salida, gráficos vectoriales, curvas, barras, textos y mapas de bits.
- Librería gráfica con objetos pre-programados
- Aplicación universal:
 - 32 idiomas de configuración (incl. juegos de caracteres asiáticos y cirílicos).
 - Posibilidad de conmutar online entre un máximo de cinco idiomas
 - Textos y gráficos dependientes del idioma.

2.9. PROTOCOLO TCP³⁵

El protocolo TCP es el responsable de enlazar los datagramas para constituir un paquete (segment) y viceversa. También se encarga de detectar los paquetes perdidos y de reenviarlos. Opera en los nodos

³⁵ MANDADO, Enrique, MARCOS, Jorge, FERNÁNDEZ, Celso, ARMESTO, José. *"Autómatas Programables y Sistemas de Automatización"*. 2 da .Ed. México. Marcombo-Alfaomega. 2009 .pp. 635-646

externos de un canal de comunicación de una red de datos y complementa al protocolo IP que selecciona la ruta más adecuada para cada uno de los paquetes que forman parte de una transacción.

2.9.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO TCP

TCP es un protocolo que proporciona un servicio de transporte de datos que ofrece:

- Fiabilidad
- Control de Flujo
- Orientación a conexión
- Multiplexación
- Orientación a flujo de octetos
- Transferencia con almacenamiento

2.10. PROTOCOLO IP

Su función es la del suministro de paquetes de información mediante mensajes llamados datagramas, por lo que se dice que no es un protocolo que no está orientado a la conexión. Este protocolo se especifica mediante un conjunto de campos, la red y el computador al que se envía información.

2.10.1. ENLACE ISO - ON - TCP

- ISO-ON-TCP está previsto para transferir datos de forma segura a través de diferentes redes.
- El servicio ISO-ON-TCP cumple con la norma TCP/IP con la conexión RFC 1006 de acuerdo al nivel 4 del modelo de referencia ISO.
- La seguridad de la transferencia es muy alta gracias a los mecanismos de repetición automática y de verificación adicionales.

El interlocutor tiene que confirmar la recepción de los datos; al emisor la señalización es en el interface SEND/RECEIVE.

2.10.2. COMPORTAMIENTO DEL PROTOCOLO TCP

Si se transfieren datos con ayuda del protocolo TCP, la transferencia se realiza orientada a datos. No se transfiere ninguna información sobre la longitud de los datos o sobre el inicio o fin de los mismos. Esto no representa ningún problema en el envío, ya que emisor conoce los bytes de datos que quiere enviar. Pero el receptor no reconoce donde termina un paquete de datos y dónde empieza el siguiente.

2.11. PROFINET DEL PLC SIEMENS S7-1200³⁶

2.11.1. DEFINICIÓN

PROFINET es el estándar Ethernet innovador y abierto (IEC 61158) para la automatización industrial. PROFINET permite conectar equipos desde el nivel del campo hasta el nivel de gestión PROFINET permite una comunicación homogénea, una ingeniería cubriendo toda la planta y aprovecha las tecnologías de la información hasta el nivel del campo.

En el contexto del TIA PORTAL PROFINET es la continuación consecuente de:

- PROFIBUS DP, el acreditado bus de campo
- Industrial Ethernet, el bus de comunicación para el nivel de célula

La experiencia de ambos sistemas ha sido y está siendo integrada en PROFINET.

³⁶ SIEMENS. “*Simatic-Profinet Descripción del Sistema/Manual del Sistema*” .2006. p. 14

PROFINET como estándar de automatización basado en Ethernet de PROFIBUS International (PROFIBUS User Organization) define así un modelo abierto de comunicación e ingeniería.

La siguiente gráfica muestra el campo de aplicación de PROFINET:



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

2.11.2. OBJETIVOS Y VENTAJAS DE PROFINET

Los objetivos de PROFINET son:

- Estándar abierto para la automatización basado en Industrial Ethernet:

Los componentes de Industrial Ethernet y Standard Ethernet pueden utilizarse conjuntamente, aunque los equipos de Industrial Ethernet son más robustos y, por consiguiente, más apropiados para el entorno industrial (temperatura, seguridad de funcionamiento, etc.).

- Uso de estándares TCP/IP e IT.
- Automatización con Ethernet en tiempo real.
- Integración directa de sistemas con bus de campo.

PROFINET especifica las funciones para la realización de una solución total de automatización desde la instalación de la red hasta el

diagnóstico basado en la web. Gracias a su estructura modular, PROFINET puede ampliarse fácilmente con funciones futuras.

De ello resultan las ventajas siguientes:

- Flexibilidad gracias al empleo de Ethernet y de los acreditados estándares IT.
- Ahorro de Ingeniería y puesta en marcha gracias a la modularización.
- Protección de la inversión para equipos y aplicaciones PROFIBUS.
- Más rápido que los actuales buses especiales en el ámbito de Motion Control.
- Amplio abanico de productos disponible en el mercado.

2.11.3. ARQUITECTURA PROFINET

La PROFIBUS International tuvo en cuenta principalmente los siguientes aspectos para la arquitectura de PROFINET:

- Comunicación entre aparatos de campo como p. ej. los aparatos de la periferia y los accionamientos

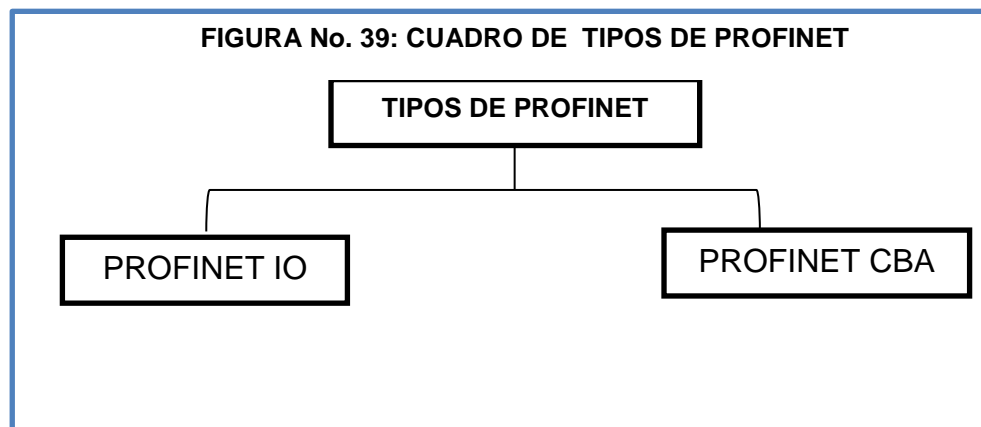
Las arquitecturas PROFIBUS existentes pueden integrarse. De este modo, se protege la inversión para equipos PROFIBUS y aplicaciones.

- Comunicación entre autómatas como componentes de sistemas distribuidos. La estructura modular técnica es una garantía de ahorro tanto en Ingeniería como en el Mantenimiento.

- Técnica de instalación con conectores y componentes de red estandarizados, así se aprovecha el potencial innovador de Ethernet y de los estándares de TI.

2.11.4. TIPOS DE PROFINET

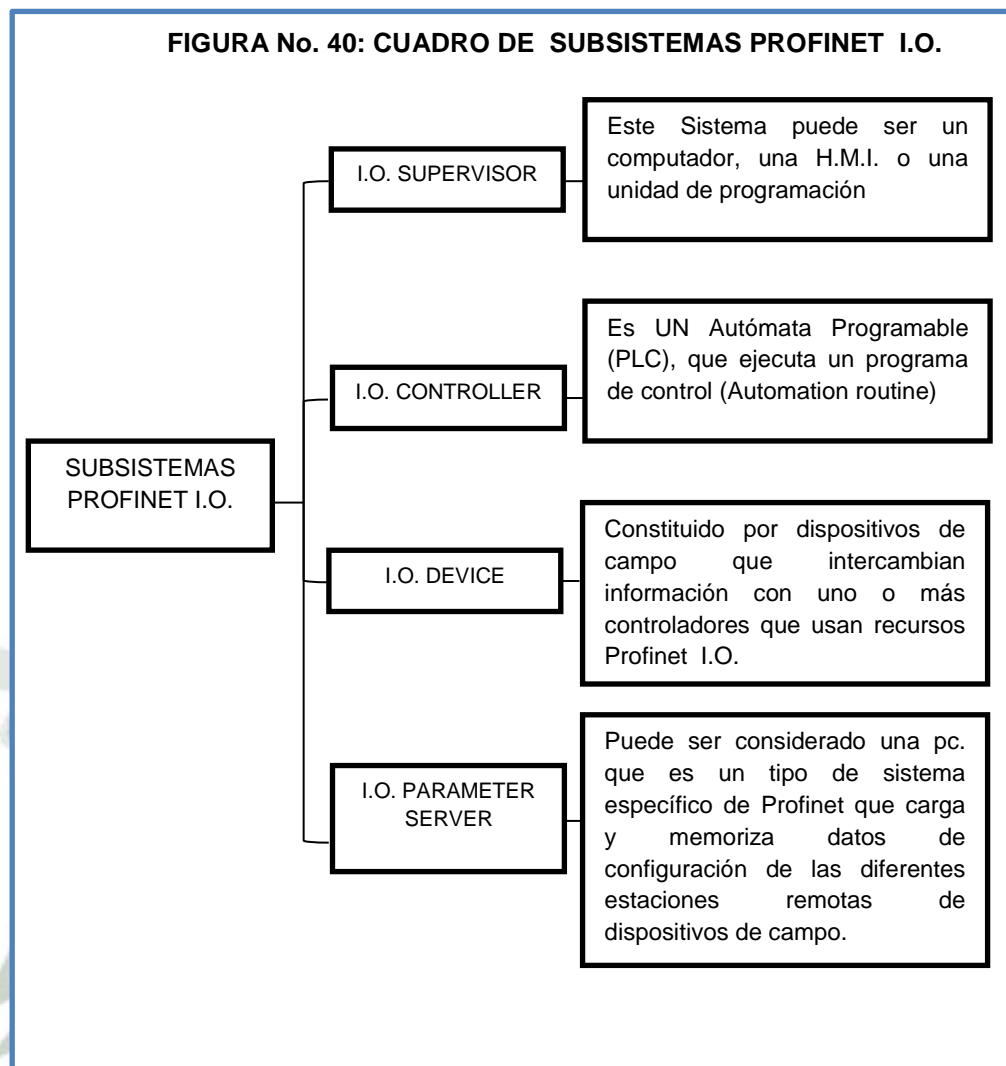
PROFINET está constituido por dos sistemas tecnológicos que son un conjunto de recursos físicos y de programación, así tenemos:



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

2.11.4.1. PROFINET I.O.

También conocido como PROFINET Entrada/Salida (PROFINET I/O), es un sistema tecnológico constituido por un conjunto de elementos o módulos físicos y programas que facilitan la conexión directa de los dispositivos de campo situados en diferentes puntos de la planta Industrial (Distributed field devices) con la red Profinet y garantizan un tiempo de respuesta típico entre 1 y 10 ms, es por ello que existen 4 subsistemas, los cuales se verán a continuación:

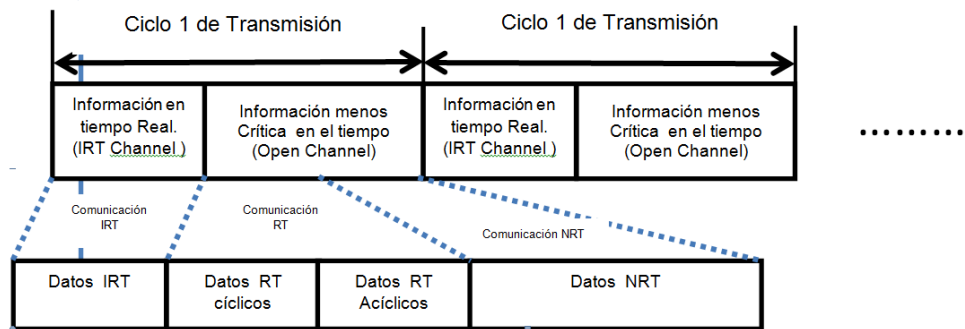


Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

Para proporcionar un tiempo de respuesta inferior a 1 ms, Profinet I.O. utiliza una red Ethernet Isócrona.

La comunicación isócrona en tiempo real conocida en Profinet como IRT (Isochronous Real –Time Communication) se representa gráficamente en la siguiente Figura.

FIGURA No. 41: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA COMUNICACIÓN ISÓCRONA EN TIEMPO REAL (IRT) DE LA RED PROFINET



Fuente: Autómatas Programables y Sistemas de Automatización

Autores: MANDADO Enrique, MARCOS Jorge, FERNÁNDEZ Celso y ARMESTO José

2.11.4.2. PROFINET C.B.A

PROFINET C.B.A (acrónimo de Component Based Automation) el cual está constituido por un conjunto de elementos y módulos físicos y programas que facilitan la conexión directa a la Red PROFINET de los controladores situados en diferentes puntos de una planta industrial (Distributed Controller) y garantiza un tiempo de respuesta comprendido entre 1 y 100 ms (Niveles RT y NRT de PROFINET).

PROFINET, reúne conceptos fundamentales de Automatización y posee los siguientes puntos centrales:

- Realización de Aplicaciones Modulares
- Comunicación entre Máquinas

PROFINET CBA nos permite crear una situación de automatización distribuida basadas en componentes y soluciones parciales preparadas, este concepto responde a las exigencias de tener una mayor modularización en la Ingeniería de Máquinas e Instalaciones, mediante una máxima descentralización del procesamiento inteligente.

Está basada en la norma I.E.C.61499 (INTE 05) y describe un método para implementar sistemas de control automático mediante componentes predefinidos denominados módulos tecnológicos constituidos en el caso más general por:

- Un sistema electromecánico, electrohidráulico o electro-neumático.
- Un sistema electrónico de control (Controller)
- Un programa de Control (User-application)

2.12. MEDICIÓN DE FLUJO

La medición de flujo está relacionada con la razón de flujo y con el flujo total de gases y líquidos. También puede ser descrito para el movimiento de sólidos; sin embargo, la razón de flujo de sólidos y el flujo total de sólidos no es común y la inmensa mayoría de las industrias manejan flujos de gases y líquidos.

Razones para la medición del flujo:

- Transferencia custodiada.
- Control de inventario.
- Detección de filtración.
- Control del proceso.

Con la mayoría de los instrumentos de medición de caudal de líquidos o también llamados caudalímetros, el caudal se determina mediante la medición de la velocidad del líquido o mediante el cambio en la energía cinética. La velocidad depende de la presión diferencial que está obligando a que el líquido circule a través de un tubo o conducto.

Debido a que la cañería de la sección transversal es conocida y se mantiene constante, el promedio de velocidad es una indicación de la

velocidad de flujo. La relación básica para la determinación del caudal del líquido en estos casos es:

$$Q=V \times A$$

Donde:

Q= flujo de líquido a través de la tubería (m^3 / s)

V = velocidad promedio del flujo (m / s)

A = sección transversal de la tubería (m^2)

“Otros factores que afectan el caudal del líquido son la viscosidad y la densidad, y la fricción del líquido en contacto con la tubería”³⁷.

2.12.1. NÚMERO DE REYNOLDS (Re)³⁸

El número de Reynolds (Re) es un número adimensional utilizado en Mecánica de Fluidos, Diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Este número recibe su nombre en honor de Osborne Reynolds (1842-1912), quien lo describió en 1883.

El número de Reynolds relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).

Desde un punto de vista matemático el número de Reynolds de un problema o situación concreta se define por medio de la siguiente fórmula:

³⁷ ANDRADE Cedeño, Rogger y MACAS Valdés, Walter. “*Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel*”. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. pp. 16-18

³⁸ OJEDA, SERGIO, DE LA CRUZ, Daniel, BARRAGÁN Daniel, MANJARRES, TORRES Carlos. “*Informe de Laboratorio del Numero de Reynolds*”. Desarrollo de Práctica-MECÁNICA DE FLUIDOS, Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería Mecánica. Colombia. 2010. pp. 5-7

$$R_e = \frac{\rho v_s D}{\mu}$$

O equivalente a :

$$R_e = \frac{v_s D}{\nu}$$

Donde:

ρ : Densidad del fluido

v_s : Velocidad característica del fluido.

D : Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema.

μ : Viscosidad dinámica del fluido.

ν : Viscosidad cinemática del fluido.

El número de Reynolds permite predecir el carácter turbulento o laminar en ciertos casos. Así por ejemplo en conductos si el número de Reynolds es menor de 2000 el flujo será laminar y si es mayor de 4000 el flujo será turbulento. El mecanismo y muchas de las razones por las cuales un flujo es laminar o turbulento es todavía hoy objeto de especulación.

2.12.2. FLUJO LAMINAR³⁹

Es uno de los dos tipos principales de flujo en fluido. Se llama flujo laminar o corriente laminar, al tipo de movimiento de un fluido cuando éste es perfectamente ordenado, estratificado, suave, de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse si la corriente tiene lugar entre dos planos paralelos, o en capas cilíndricas

³⁹ OJEDA, Sergio, DE LA CRUZ, Daniel, BARRAGÁN Daniel, MANJARRES, Carlos. *“Informe de Laboratorio del Número de Reynolds”*. Desarrollo de Práctica-MECÁNICA DE FLUIDOS, Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería Mecánica. Colombia. 2010. p. 6

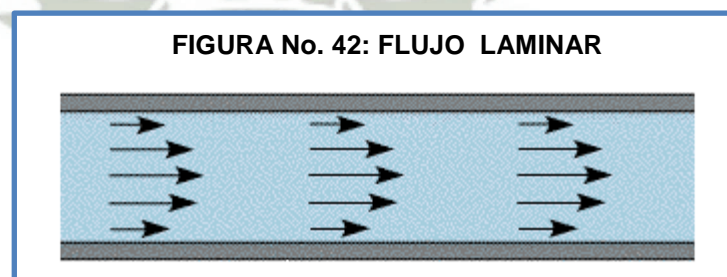
coaxiales como, por ejemplo la glicerina en un tubo de sección circular. Las capas no se mezclan entre sí.

El mecanismo de transporte es exclusivamente molecular. Se dice que este flujo es aerodinámico. En el flujo aerodinámico, cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente. La pérdida de energía es proporcional a la velocidad media.

El perfil de velocidades tiene forma de una parábola, donde la velocidad máxima se encuentra en el eje del tubo y la velocidad es igual a cero en la pared del tubo. Se da en fluidos con velocidades bajas o viscosidades altas, cuando se cumple que el número de Reynolds es inferior a 2300. Más allá de este número, será un flujo turbulento. La ley de Newton de la viscosidad es la que rige el flujo laminar.

Esta ley establece la relación existente entre el esfuerzo cortante y la rapidez de deformación angular. La acción de la viscosidad puede amortiguar cualquier tendencia turbulenta que pueda ocurrir en el flujo laminar.

En situaciones que involucren combinaciones de baja viscosidad, alta velocidad o grandes caudales, el flujo laminar no es estable, lo que hace que se transforme en flujo turbulento.



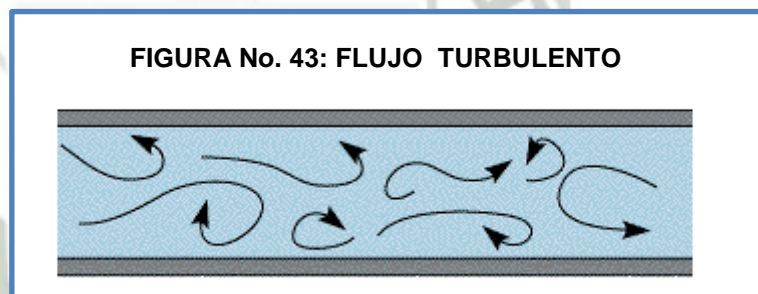
Fuente: Informe de Laboratorio de Numero de Reynolds

Autores: OJEDA, Sergio, DE LA CRUZ, Daniel y BARRAGÁN Daniel y MANJARRES, Carlos.

2.12.3. FLUJO TURBULENTO⁴⁰

En mecánica de fluidos, se llama flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente.

Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente caótica. Las primeras explicaciones científicas de la formación del flujo turbulento proceden de Andréi Kolmogórov y Lev D. Landau (teoría de Hopf-Landau). Aunque la teoría modernamente aceptada de la turbulencia fue propuesta en 1974 por David Ruelle y Floris Takens.



Fuente: .Informe de Laboratorio de Número de Reynolds

Autores: OJEDA, Sergio, DE LA CRUZ, Daniel , BARRAGÁN Daniel y MANJARRES, Carlos.

2.12.4. RÉGIMEN DE TRANSICIÓN⁴¹

Para valores de $2000 < Re < 4000$ la línea del colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose sin embargo delgada. Este régimen se denomina de transición.

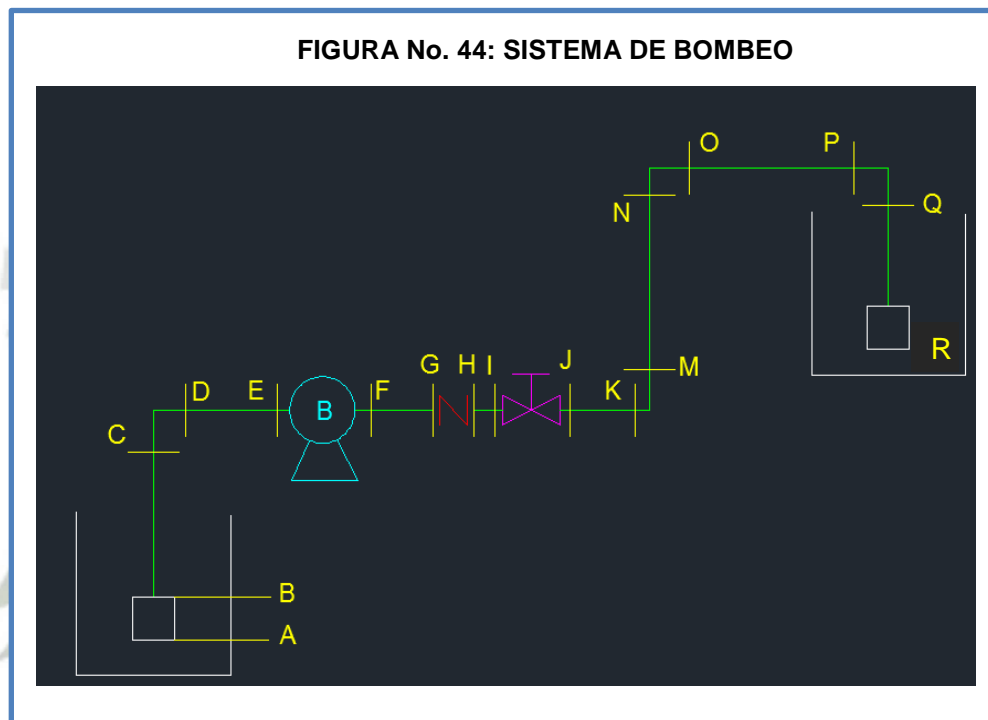
⁴⁰ OJEDA, SERGIO, DE LA CRUZ, Daniel, BARRAGÁN Daniel, MANJARRES, TORRES Carlos. *"Informe de laboratorio del Número de Reynolds"*. Desarrollo de Práctica-MECÁNICA DE FLUIDOS, Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería Mecánica. Colombia. 2010. p. 7

⁴¹ OJEDA, SERGIO, DE LA CRUZ, Daniel, BARRAGÁN Daniel, MANJARRES, TORRES Carlos. *"Informe De Laboratorio del Numero de Reynolds"*. Desarrollo de Práctica-MECÁNICA DE FLUIDOS, Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería Mecánica. Colombia. 2010. p. 7

2.12.5. MÉTODO DE CÁLCULO EN UN SISTEMA DE BOMBEO

2.12.5.1. PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS⁴²

El sistema mostrado a continuación presenta una serie de puntos donde se producen ciertas pérdidas que serán analizadas en base al método que se presentara líneas abajo.



Fuente: Mecánica de Fluidos I
Autor: VALENCIA, Mario

Del gráfico deducimos lo siguiente:

Perdidas Primarias: BC-DE-FG-HI-JK-MN-OP-QR

A) Perdidas Secundarias: AB-CD-GH-IT-KM-NO-PQ

A) Pérdidas Primarias: Son aquellas que están relacionadas con las pérdidas de Energía que se genera por fricción entre partículas del mismo fluido al desplazarse en las tuberías y la fricción del fluido con las paredes de dicha tubería.

⁴² VALENCIA, Mario. *“Mecánica de Fluidos I”*. ESTUDIO DEL FLUJO VISCOZO A TRAVÉS DE TUBERÍAS. Selección de Bombas Centrífugas. En: Clases Académicas de Mecánica de Fluidos I (2009, Arequipa, Perú).Apuntes de Clase .Arequipa, Perú. pp. 135-137.

B) Pérdidas Secundarias: Llamadas también pérdidas menores, son aquellas caídas o pérdidas menores de presión que se produce cuando el flujo atraviesa, válvulas, codos, cambio de sección en los conductos, caudalímetros, etc.

Utilizamos la siguiente relación para determinar el cálculo en el sistema de bombeo:

$$H_B = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \left(f \frac{L}{D} + \Sigma K + f \frac{\Sigma leq}{D} \right) \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g}$$

Donde:

H_B = Altura de Bombeo (**m**)

$P_2 - P_1 / \gamma$ = Altura de pérdidas Hidráulicas total en 1 y 2 (**m**)

$Z_2 - Z_1$ = Diferencia de Alturas geodésicas (**m**)

$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$: Diferencia de Alturas de Velocidad (**m**)

f: Factor de fricción (Adimensional)

L: Longitud del conducto (**m**)

D: Diámetro Interno del Conducto (**m**)

ΣK : Sumatoria de Coeficientes adimensionales de Carga (Adimensional)

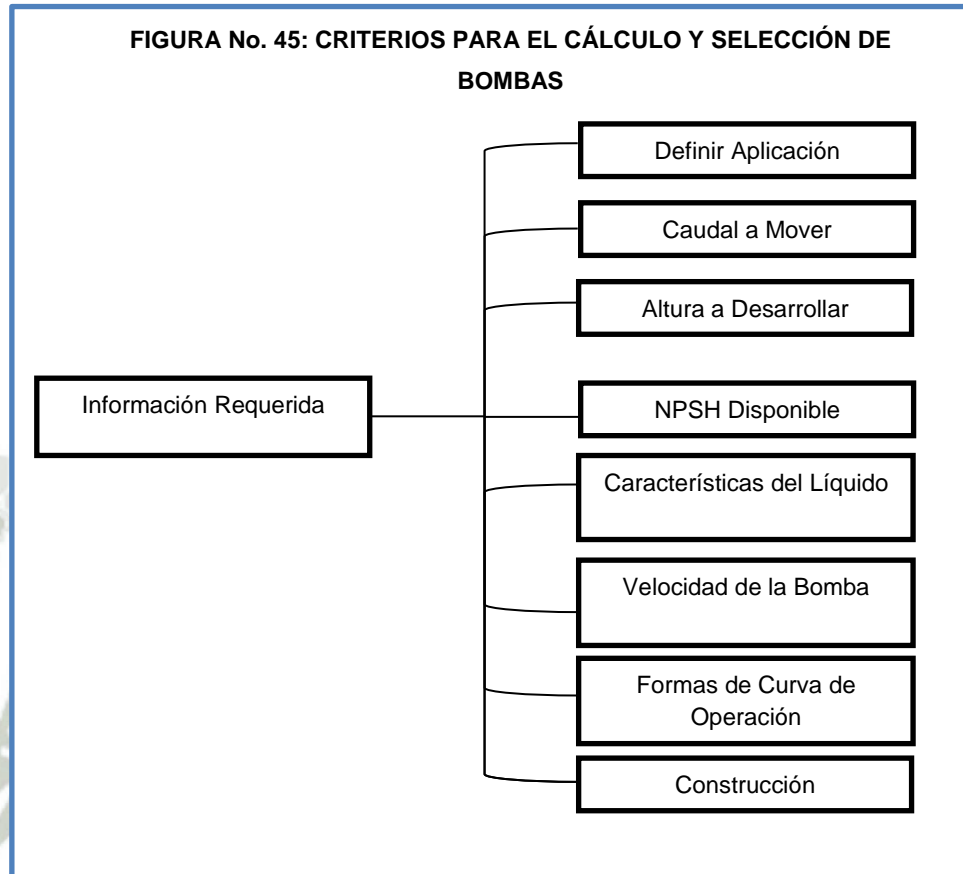
Σleq : Sumatorias de Longitudes Equivalentes (**m**)

Q: Caudal DEL Fluido (m³/seg.)

g: Aceleración de la gravedad

2.12.6. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS⁴³

Para seleccionar bombas correctamente se deben de seguir algunos pasos esenciales es los cuales se muestran a continuación:



Fuente: Mecánica de Fluidos I
Autor: VALENCIA, Mario

⁴³ VALENCIA, Mario. *"Mecánica de Fluidos I"*. ESTUDIO DEL FLUJO VISCOSO A TRAVÉS DE TUBERÍAS. Selección de Bombas Centrífugas. En: Clases Académicas de Mecánica de Fluidos (2009, Arequipa, Perú).Apuntes de Clase .Arequipa, Perú. pp. 135-137.

2.12.6.1. DEFINIR APLICACIÓN

- Antes de Seleccionar una bomba debe definirse claramente la aplicación.
- Puede ser una simple circulación o una compleja distribución de tuberías.
- Lo único común en las aplicaciones es la necesidad de mover el líquido de un punto a otro punto.
- Por esta razón es responsabilidad del usuario revisar la configuración de su sistema (Tuberías, Accesorios y presiones requeridas) para solicitar la bomba que mejor se adapte a su necesidad.

2.12.6.2. CAUDAL A MOVER

- Definir que cantidad de agua y en que tiempo se necesita mover en el sistema, lo cual puede expresarse en :
 - Litros/segundo
 - Metros cúbicos /segundo
 - Galones/minuto

2.12.6.3. ALTURA A DESARROLLAR

Denominada altura de bomba (HB), también altura dinámica total (ADT) es la altura que la bomba necesita desarrollar para vencer la altura estática y fricciones de la tubería y accesorios.

2.12.6.4. ALTURA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN DISPONIBLE (NPSH)

Se deberá calcular de la instalación ara compararlo con el NPSH requerido que nos da el fabricante para que no exista cavitación.

2.12.6.5. CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO

- Los materiales de la bomba deben ser compatibles con el líquido.
- Es importante que el usuario brinde la mayor cantidad de información al respecto.
- Tipo de Líquido.
- Temperatura.
- Viscosidad.
- Gravedad Específica.
- PH.
- Presencia de Sólidos.

2.12.6.6. VELOCIDAD DE LA BOMBA

- La velocidad de la bomba puede ser sugerida por el usuario para ajustarse con alguna velocidad estándar de motor eléctrico o por disponibilidad del mismo.
- Sin embargo el fabricante tiene al final la responsabilidad de confirmar que la velocidad deseada sea compatible con el NFSH y satisfice una Óptima eficiencia de Selección.

2.12.6.7. FORMAS DE CURVAS DE OPERACIÓN

Existen casos especiales como un bombeo de salidas en suspensión en los cuales es importante seleccionar bombas que tengan sus curvas de operación, como altura, potencia NPSH, con forma que sea conveniente para una operación óptima y segura.

2.12.6.8. CONSTRUCCIÓN

- Se refiere al diseño de la bomba.
- Para la mayoría de las aplicaciones , la construcción , está determinada por el tipo de líquido a bombear y el espacio de instalación , características de operación , etc.

2.12.7. BOMBA CENTRÍFUGA⁴⁴

Las bombas centrífugas prevén su nombre al hecho de que elevan el líquido por la acción de la fuerza centrífuga, que la imprime un rotor, colocado en su interior, el cual es accionado por un motor eléctrico.

Las bombas centrífugas, debido a sus características, son las bombas que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- Son aparatos giratorios.
- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

2.12.7.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; la bomba centrífuga es capaz de transformar un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

Los elementos constructivos de que constan son:

- a) Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.

⁴⁴ GUTIÉRREZ, Tuxtla. “*Bombas y sus Aplicaciones*” [en línea]. [fecha de revisión 17/04/2012]. Bomba Centrífuga Disponible en: <<http://html.rincondelvago.com/bombas-y-sus-aplicaciones.html> >

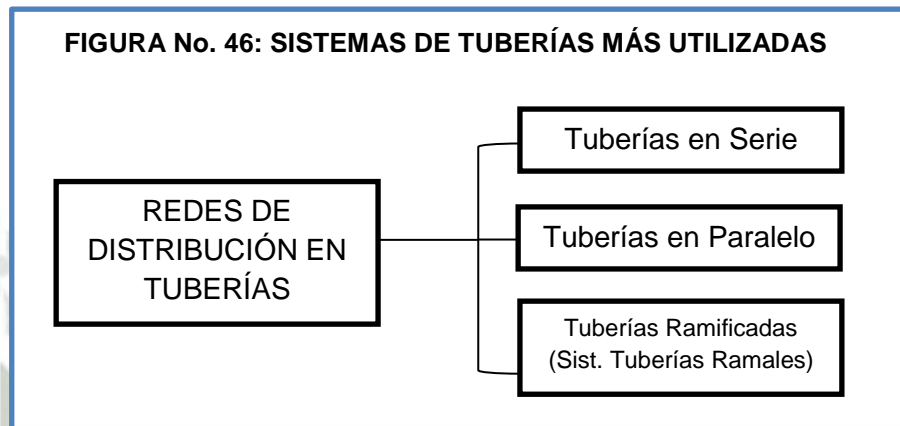
b) El impulsor o rodete, formado por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzados los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

c) La carcasa, (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una directriz de alabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta.

2.12.8. REDES DE DISTRIBUCIÓN EN TUBERÍAS⁴⁵

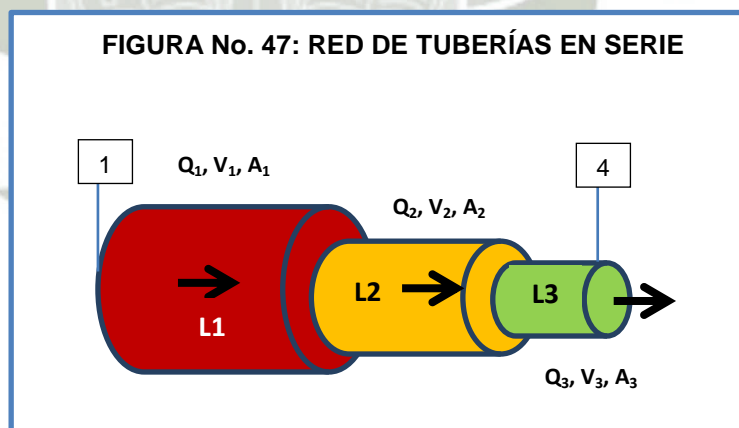
En un sistema de tuberías se pueden presentar diversas configuraciones en cuanto a su disposición en el sistema las más utilizadas son las siguientes:



Fuente: Mecánica de Fluidos I
Autor: VALENCIA. Mario

Del diagrama conceptual analizaremos los dos casos más importantes y usados:

A) TUBERÍAS EN SERIE: En el caso de la tuberías en serie poseen el mismo caudal tal como se muestra:



Fuente: Mecánica de Fluidos I
Autor: VALENCIA, Mario

⁴⁵ VALENCIA, Mario. "Mecánica de Fluidos I". ESTUDIO DEL FLUJO VISCOZO A TRAVÉS DE TUBERÍAS. Selección de Bombas Centrífugas. En: Clases Académicas de Mecánica de Fluidos (2009, Arequipa, Perú).Apuntes de Clase .Arequipa, Perú. p.140.

Del sistema visto deducimos la relación siguiente:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Por lo tanto en los puntos 1 y 4 se tiene el siguiente comportamiento:

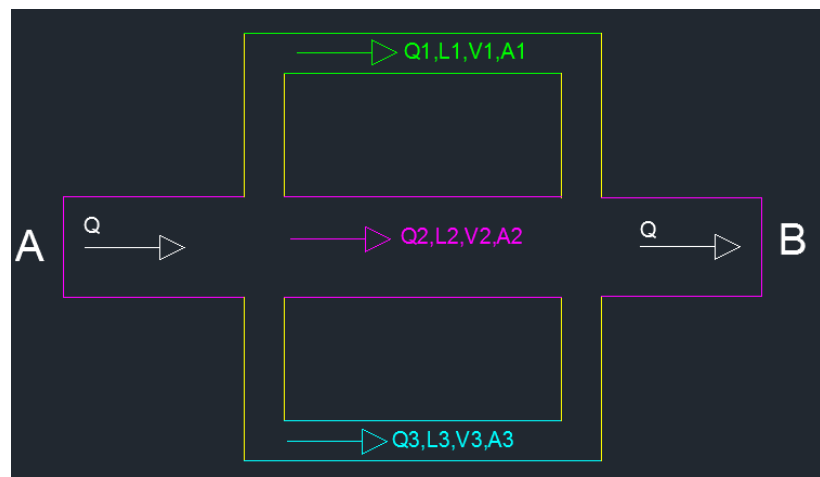
$$H_{P1-4} = H_{P1} + H_{P2} + H_{P3}$$

Por lo que H_{P4} es:

$$H_{P4} = \left(f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + \Sigma k + f_1 \cdot \frac{\Sigma l e q}{D_1} \right) \cdot \frac{8 \cdot Q_1^2}{\pi^2 \cdot D_1^4 \cdot g}$$

B) TUBERÍAS EN PARALELO: Para el caso de tuberías en paralelo se tiene la siguiente forma :

FIGURA No. 48: RED DE TUBERÍAS EN PARALELO



Fuente: Mecánica de Fluidos I
Autor: VALENCIA, Mario

Del sistema visto en la Figura anterior, deducimos la relación siguiente:

$$Q_{TOTAL} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Por lo tanto en los puntos A y B se tiene el siguiente comportamiento:

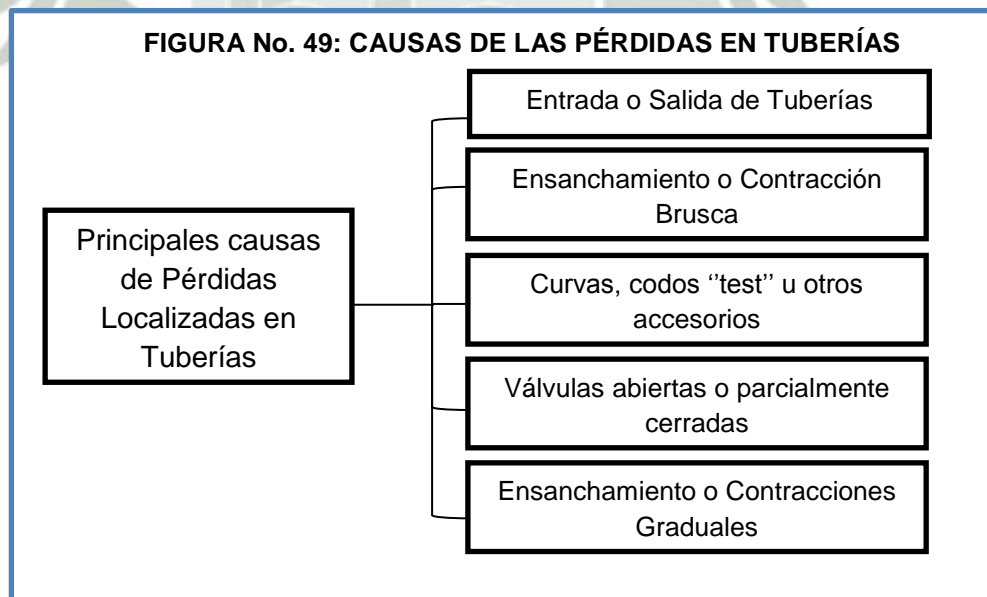
$$H_{PA-B} = H_{P1} = H_{P2} = H_{P3}$$

Por lo que H_{P1} es:

$$H_{P1} = h_{p1} + h_{s1} \left(f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + \Sigma k + f_1 \cdot \frac{\Sigma leq}{D_1} \right) \cdot \frac{8 \cdot Q_1^2}{\pi^2 \cdot D_1^4 \cdot g}$$

2.12.9. PÉRDIDAS LOCALIZADAS EN SISTEMAS DE TUBERÍAS⁴⁶

En cualquier sistema de tuberías, además de la pérdida de carga por fricción a lo largo de aquellas existen pérdidas localizadas debidas a:



Fuente: Mecánica de Fluidos
Autor: WHITE, Frank

⁴⁶ WHITE, Frank. "Mecánica de Fluidos". 5 ta. Ed. Madrid. McGraw-Hill. 2004 .pp. 377-378.

Las pérdidas no tienen por qué ser pequeñas; por ejemplo, una válvula parcialmente cerrada puede producir una mayor caída de presión que una tubería muy larga.

Las pérdidas localizadas vienen dadas generalmente como cociente entre la pérdida de carga $h_m = \Delta p / (\rho g)$ a través del elemento y la altura cinética o de velocidad $V^2 / (2g)$ del sistema de tuberías.

$$\text{Coeficiente de pérdida } K = \frac{h_m}{V^2/2g} = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho \cdot V^2}$$

Una tubería puede tener varias pérdidas localizadas. Como todos los términos están referidos a $V^2 / (2g)$ se puede efectuar la suma de todos ellos si el diámetro de la tubería es constante:

$$\Delta h_{tot} = h_f + \Sigma h_m = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{fL}{d} + \Sigma K \right)$$

La tabla siguiente muestra los coeficientes de pérdida de carga K para cuatro tipos comunes de válvulas, tres codos y tees, los elementos pueden estar roscados o acoplados de ahí las dos listas. Vemos que K disminuye generalmente al aumentar el tamaño de la tubería lo cual es consistente con el aumento del número de Reynolds y la disminución de la rugosidad relativa, los valores de la tabla son pérdidas promediadas entre distintos fabricantes, por lo que los errores pueden ser de hasta 50 por 100.

TABLA III
COEFICIENTES DE PÉRDIDA $K=H_M/[V^2/(2G)]$, PARA VÁLVULAS ABIERTAS , CODOS Y
<<TEES>>

Diámetro Nominal (in)									
VÁLVULAS ABIERTAS									
Tipos de Válvulas	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Globo	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5
Compuerta	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
De retención	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
De ángulo	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0
CODOS									
Tipo de Codos	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
45° normal	0.39	0.32	0.30	0.29	-	-	-	-	-
45° suave	-	-	-	-	0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90° normal	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90° suave	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180° normal	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180° suave	-	-	-	-	0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
<<TEES>>									
Tipos de <<TEES>>	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Flujo Directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Flujo Lateral	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64	0.58	0.41

Fuente: Mecánica De Fluidos

Autor: WHITE, Frank

2.12.10. MEDIDORES DE FLUJO⁴⁷

La medida de caudal en conducciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan, habitualmente, caudalímetros o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción, básicamente, existen dos formas de medir el flujo:

- **EL CAUDAL** es la cantidad de fluido que pasa por un punto determinado en cualquier momento dado.
- **EL FLUJO TOTAL** de la cantidad de fluido por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico. Veamos a continuación algunos de los métodos empleados para medir caudal⁴⁸.

Para efectos del desarrollo del trabajo de investigación se ha seleccionado un sensor de caudal de tipo Rueda de Paleta cuyo principio de funcionamiento es de que cada tela o palas que figuran en la rueda de paletas es un imán montado para producir una forma de onda sinusoidal cuando pasa el detector que se coloca en la cabeza del sensor. Para convertir la señal de onda sinusoidal para un uso variable de voltaje de la señal de convertidor de frecuencia a voltaje es necesario y permitir el medidor de rueda de paletas para medir con precisión que necesita para ser montado en un tramo recto de tubería donde el flujo es laminar. La rueda es un sensor de bajo costo que pueden utilizarse en aplicaciones que no necesitan tener

⁴⁷ GARCÍA, Luis. *"Teoría De La Medición de Caudales y Volúmenes de Agua e Instrumental Necesario Disponible en el Mercado"*. Guía Práctica .p. 22

⁴⁸ TECSUP. *"Medición De Presión"*. Guía Práctica. 2007 .p. 10

una gran precisión. El sensor de Rueda de Paletas forma parte de la familia de Sensores de Caudal tipo turbina y posee el mismo principio de funcionamiento por lo que describiremos sus características a continuación:

2.12.10.1. SENSOR DE CAUDAL TIPO TURBINA⁴⁹

Un instrumento de este tipo consiste de una rueda de turbina de precisión, montada en cojinetes de una porción de tubería, y una bobina electromagnética colocada en la pared de la tubería, causa el giro de la turbina a una velocidad que varía directamente con el caudal del fluido de proceso. La interrupción del campo magnético, con cada paso de cada hoja de la turbina produce un pulso eléctrico. La frecuencia de estos pulsos determina la velocidad del fluido.

Estos medidores proveen una gran precisión para medir flujos de líquidos limpios y gases. Como desventaja, se tiene el hecho que causan una caída de presión y al tener partes móviles, están sujetas al desgaste.

Puesto que los medidores de turbina son muy específicos es absolutamente necesario calibrarlos para el flujo que vamos a medir. Los medidores de turbina también se pueden emplear en flujos no confinados como vientos o corrientes oceánicas, pueden ser muy compactos midiendo en dos o tres direcciones.

2.12.10.1.1. PRINCIPIO DE MEDICIÓN⁵⁰

Todos los tipos de contadores de turbina constan de un grupo de aspas giratorias fijado con pivotes a un eje central. El grupo va montado en el centro del cuerpo del caudalímetro. La energía cinética

⁴⁹ VILLAJULCA, José. *“Introducción a la Instrumentación Industrial para El Control De Procesos”*. [en línea].[fecha de revisión 11/02/2012].Medidores de Nivel , un interesante resumen y muy completo .Disponible en: http://es.scribd.com/fabiolab_8/d/51102679/32-MEDIDOR-A-TURBINA.p.33

⁵⁰ INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL. *“Curso de Medición de Flujo”*. [en línea].[fecha de revisión 11/02/2012].Contadores de caudal por Turbina Exactitud ,Exactitud y Exactitud. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-medicion-flujo-caudal/311-contadores-de-caudal-por-turbina-exactitud-exactitud-y-exactitud.html>

del fluido se transmite a la rueda de la turbina, que gira con una velocidad proporcional al caudal. La rueda de la turbina se conoce con el nombre de "rotor" en los contadores de turbina convencionales y "molinete" en los contadores mecánicos.

La velocidad del rotor se cuenta por medios mecánicos o inductivos según el modelo. En contadores de turbina convencionales, cada vez que una aspa de la hélice pasa por el sensor, se genera un impulso que corresponde a un volumen fijo de fluido. El número de impulsos da la cantidad de fluido que ha circulado en un intervalo de tiempo conocido y la frecuencia de los impulsos es un indicador de la velocidad del caudal.

El eje del rotor suele ser paralelo a la dirección de circulación del fluido. En algunos modelos, sin embargo, el rotor está montado en posición vertical respecto a la dirección del caudal (véase la Fig. siguiente). Las aspás están inclinadas un ángulo (ρ) respecto a la dirección del caudal para que el fluido ejerza un momento de fuerza sobre el rotor. El caudal volumétrico se calcula a partir de la rotación resultante, según la expresión siguiente:

$$Q_v = V_m \cdot A = 2\pi \cdot N \cdot r_m \cot \beta \cdot A$$

Q_v : Caudal Volumetrico

V_m : Velocidad Media del caudal

A : Sección trasnversal del caudal

n : Numero de revoluciones del rotor

r_m : Radio del rotor

β : Inclinacionm de las aspás

Esta expresión tan simple muestra que el número y la forma de las aspás de la turbina son los factores más importantes en la

velocidad del rotor. Por otra parte, la velocidad del fluido no es constante para todo el diámetro de la tubería. Lo cual nos permite observar que las fuerzas que actúan sobre las aspas de la turbina son complejas.

La mayor velocidad se genera cerca del centro y en las puntas se produce un cierto arrastre. El equilibrio entre la fuerza impulsora y la fuerza de arrastre (a la cual contribuye también el rozamiento de los pivotes) mantiene el rotor a velocidad constante para un caudal fijo.

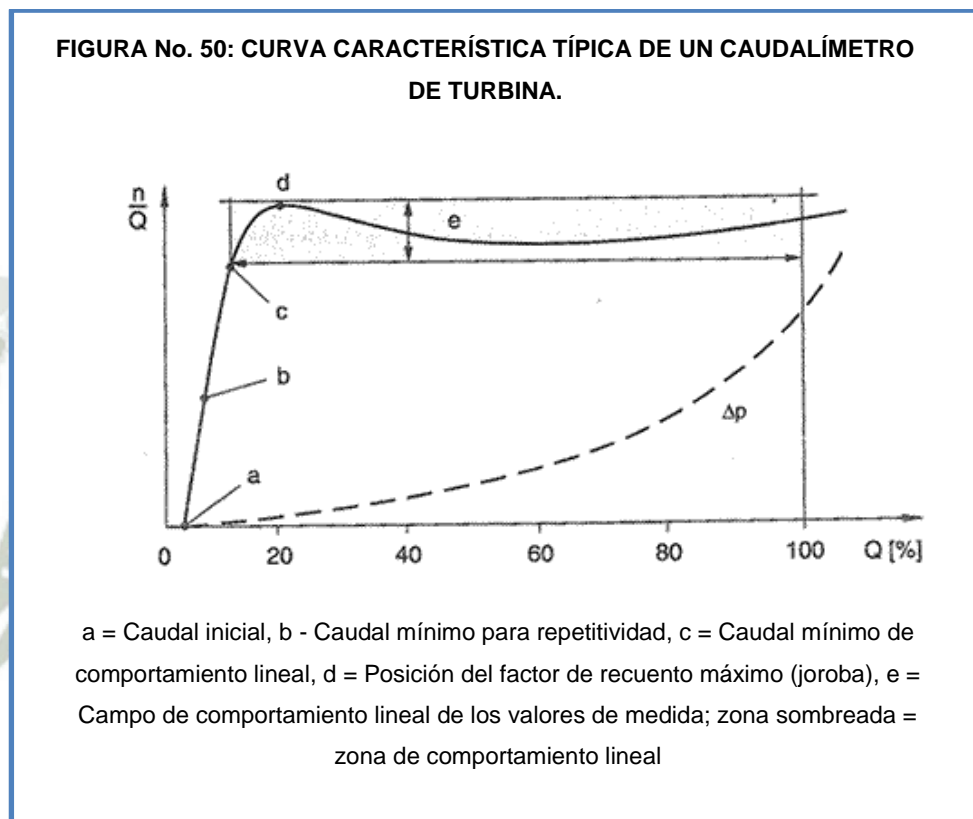
La teoría permite escribir una expresión general que relaciona el número de impulsos generados (n) y el caudal (Q). La siguiente ecuación expresa esta relación:

$$\frac{n}{Q} = A + \frac{B}{Q} - \frac{C}{Q^2}$$

El primer sumando del segundo miembro (A) depende de la cantidad de movimiento lineal y es el término dominante para velocidades altas del caudal. El segundo sumando (B/Q) da cuenta de los efectos de la viscosidad y del flujo en los extremos de las aspas. Adquiere importancia en el tercio inferior de la curva característica. El último sumando (C/Q^2) depende de las fuerzas de arrastre mecánicas, aerodinámicas y de los pivotes sobre él sensor. Es el sumando dominante a velocidades bajas del caudal y es un término de retardo.

El balance relativo de estos tres sumandos se corresponde con un valor bajo de n/Q para caudales bajos que aumenta hasta alcanzar un máximo ("joroba") y luego tiende hacia un valor constante de n/Q para caudales altos. La teoría completa es en realidad mucho más

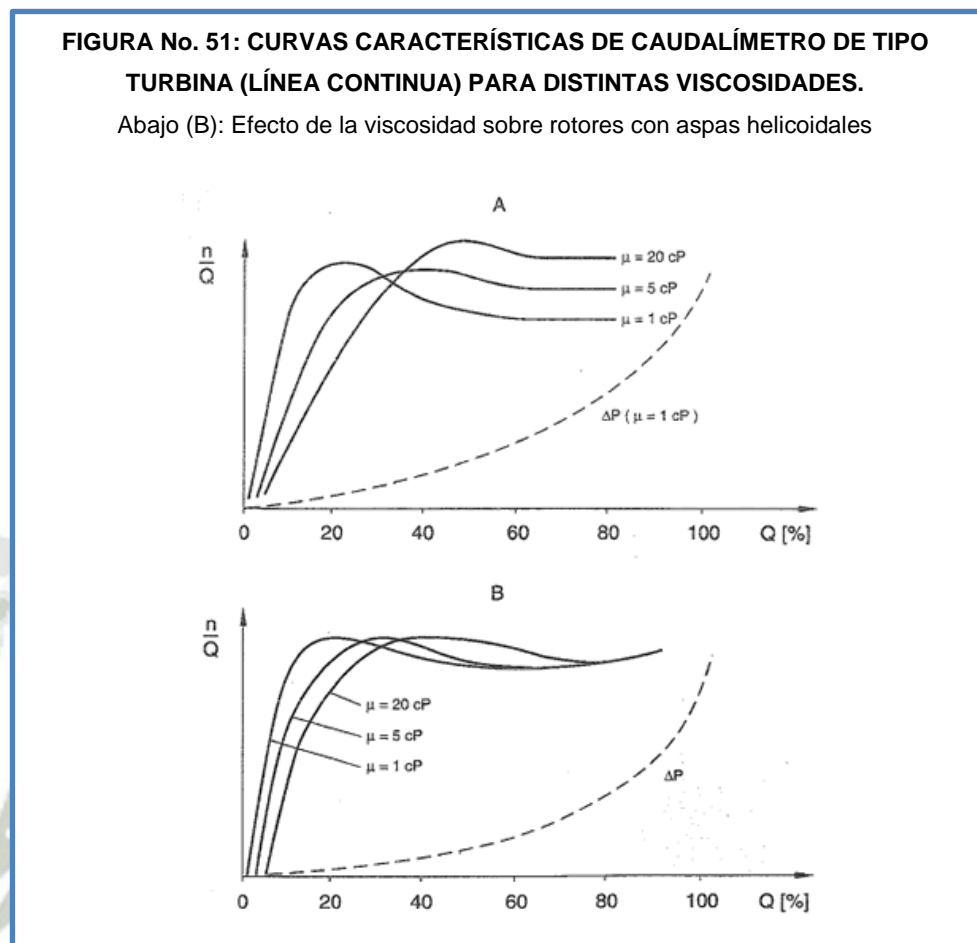
compleja porque la influencia del perfil de velocidades y de la geometría de las aspas implica el cálculo de complicadas integrales para hallar los valores de las constantes A, B y C de la ecuación anterior. La Figura siguiente muestra la curva característica del caudalímetro de turbina. La pérdida de carga (Δp) se corresponde con la ecuación de Bemoulli, aumentando con el cuadrado del caudal Q.



Fuente: Curso de Medición de Flujo
Autores: INSTRUMENTACIÓN y CONTROL

De lo dicho se deduce que los contadores de turbina son sensibles a los efectos de la viscosidad, en particular en relación con los distintos modelos de aspas. Las aspas en ángulo recto proporcionan mayor velocidad angular, pero las helicoidales (oblicuas) son mucho menos sensibles a los efectos de la viscosidad. Todos los modelos deberían mantenerse por debajo de un valor de viscosidad máximo de 30 cPo., de lo contrario, el contador pierde comportamiento lineal.

La Figura siguiente muestra el cambio en la curva característica para dos tipos de aspa para varios fluidos viscosos.



Fuente: Curso de Medición de Flujo
Autores: INSTRUMENTACIÓN y CONTROL

En general, los contadores pequeños ($DN < 50/2''$) se ven más afectados por la viscosidad y no alcanzan campos de valores de medida tan amplios como los grandes, incluso con fluidos poco viscosos como los aceites ligeros. Esto es porque los momentos de fuerza de retardo y del pivote son proporcionalmente superiores.

2.12.10.1.2. EXACTITUD⁵¹

Los contadores de turbina pueden alcanzar una exactitud de menos del 0,2% si los valores de la viscosidad se mantienen en

⁵¹ INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL. “Curso de Medición de Flujo”. [en línea]. [fecha de revisión 11/02/2012]. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-medicion-flujo-caudal/313-ventajas-desventajas-y-principales-aplicaciones-de-los-caudalimetros-de-turbina.html>

un estrecho margen. No obstante, el error de medición tiende a ser superior para el extremo inferior del campo de valores de velocidad del fluido. Si la viscosidad se aparta de las condiciones de calibración, los efectos sobre la exactitud de la medición son significativos y hay que volver a ajustar el factor de calibración.

2.12.10.1.3. MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA⁵²

Todos los contadores de turbina nuevos se han calibrado en bancos de ensayos de gran precisión. En aplicaciones de la industria química, estos contadores deberían ser calibrados con una frecuencia de, por lo menos, dos veces al año o incluso superior. La frecuencia dependerá en cada caso del nivel de exactitud requerido y las recomendaciones del fabricante. Una vez al año debería efectuarse un examen rutinario de tareas de mantenimiento.

Dichas tareas rutinarias pueden consistir en retirar el contador de la línea y comprobar que el rotor gira libremente; eliminar los pozos de sedimentos que pudiera haber en el interior del contador, y limpiar todas las superficies.

La contaminación en los pivotes suele ser la causa más común de una medición defectuosa. Por ello, es preciso prestar una atención especial a este aspecto.

2.12.10.1.4. FACTORES DE INSTALACIÓN⁵³

Los contadores de turbina son fácilmente afectados por los efectos de vórtices o de perfiles de velocidad perturbadores procedentes de los accesorios que pueda haber corriente arriba.

⁵² INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL. “Curso de Medición de Flujo”. [en línea]. [fecha de revisión 11/02/2012]. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-medicion-flujo-caudal/313-ventajas-desventajas-y-principales-aplicaciones-de-los-caudalímetros-de-turbina.html>

⁵³ INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL. “Curso de Medición de Flujo”. [en línea]. [fecha de revisión 11/02/2012]. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-medicion-flujo-caudal/313-ventajas-desventajas-y-principales-aplicaciones-de-los-caudalímetros-de-turbina.html>

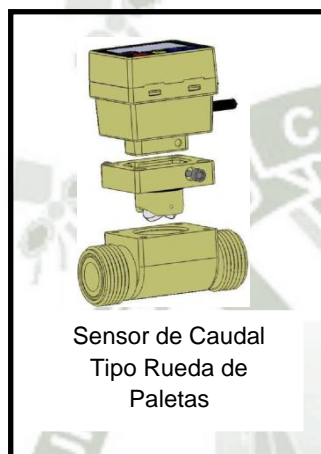
Para eliminar las perturbaciones de flujo del fluido de esta naturaleza, son necesarios tramos de entrada rectos muy largos y/o acondicionadores de flujo. Muchos contadores de turbina se suministran con complementos rectificadores, que permiten tramos de entrada correspondientemente más cortos. Como siempre, es importante seguir las instrucciones especificadas por el fabricante.

Más adelante se detallaran la secuencia sugerida para la instalación de sensores de caudal.

Para efectos de la construcción del módulo de caudal se ha seleccionado el flujómetro de tipo turbina, para lo cual presentaremos las ventajas y características primordiales para su selección lo cual se muestra a continuación:



FIGURA No. 52: VENTAJAS DEL USO DE UN MEDIDOR DE TURBINA



VENTAJAS

Ofrecen una excelente repetibilidad a corto plazo.

Presentan un amplio campo de valores de medida y un buen comportamiento lineal.

Hay modelos de diseño compacto para velocidades de caudal establecidas.

Ofrecen alta exactitud en determinadas condiciones (de campo de valores de medida, de viscosidad).

La temperatura y la presión no imponen virtualmente límites de uso.

Alta fidelidad y resultados positivos en aplicaciones de fluidos lubricantes.

Permiten la medición con fluidos agresivos y fluidos no conductores, incluidos los gases

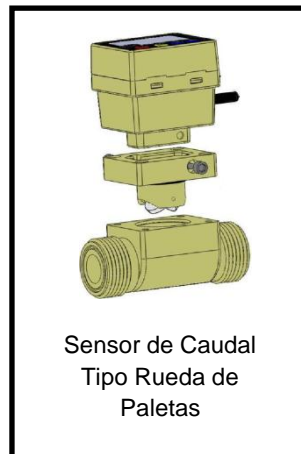
Pérdidas de carga bajas.

Ofrecen una respuesta puntual excelente.

Costos adecuados de adquisición.

Fuente: .Curso de Medición de Flujo
Autores: INSTRUMENTACIÓN y CONTROL

FIGURA No. 53: INCONVENIENTES DE LOS SENSORES DE CAUDAL



Sensor de Caudal
Tipo Rueda de
Paletas

INCONVENIENTES

Requieren tramos de entrada y de salida largos (20 veces el diámetro nominal para los tramos de entrada y 5 veces para los de salida, respectivamente)

Los vórtices en el flujo les afectan fácilmente (esta situación se puede rectificar con acondicionadores de flujo)

El desgaste de los pivotes (en general, por velocidades del fluido demasiado altas) causa desviaciones en la ejecución de estos caudalímetros y reduce su vida operativa.

Los modelos de pequeño tamaño presentan limitaciones en su campo de valores de medida

Los fluidos pulsantes afectan a su correcto funcionamiento. En general, los valores dados por el caudalímetro en estos casos suelen ser demasiado altos.

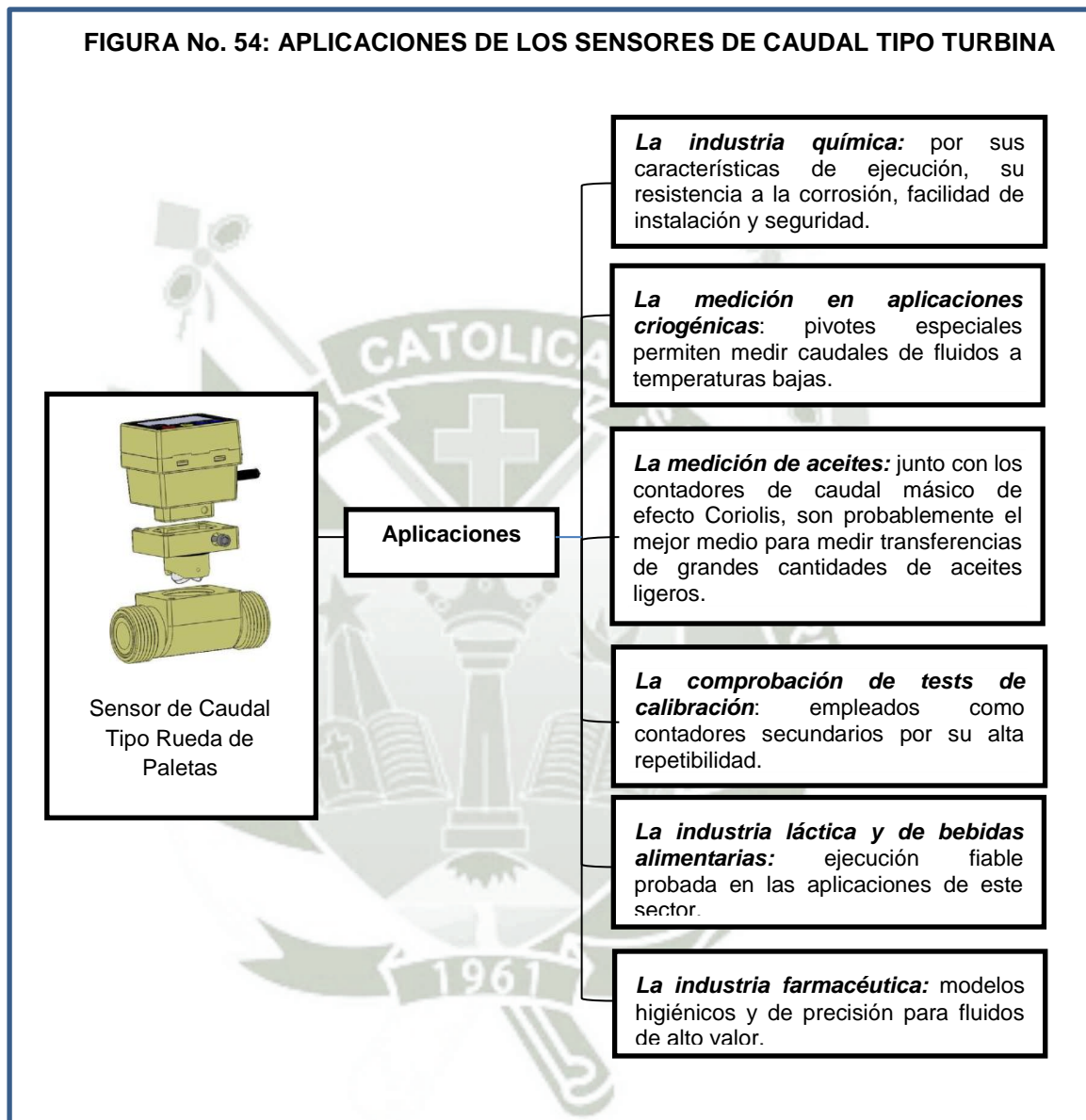
Si el fluido contiene partículas sólidas intrusas (caída de presión) es necesario un filtro corriente arriba.

Todo el equipo ha de estar perfectamente limpio antes de iniciar los trabajos en el sistema (eliminar las virutas de soldadura, etc.).

Fuente: Curso de Medición de Flujo
Autores: INSTRUMENTACIÓN y CONTROL

2.12.10.1.5. CAMPOS DE APLICACIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL TIPO TURBINA⁵⁴

El campo de valores de aplicación comprende los ámbitos siguientes:



Fuente: Curso de Medición de Flujo
Autores: INSTRUMENTACIÓN y CONTROL

⁵⁴ INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL. “Curso de Medición de Flujo”. [en línea]. [fecha de revisión 11/02/2012]. Ventajas, Desventajas y principales aplicaciones de los caudalímetros de turbina. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-medicion-flujo-caudal/313-ventajas-desventajas-y-principales-aplicaciones-de-los-caudalimetros-de-turbina.html>

Las ventajas enumeradas en la sección anterior permiten entender por qué esta clase de contadores se haya ampliamente difundido en aplicaciones de supervisión de caudal, procesamiento por lotes y medición de alta precisión de hidrocarburos. Su repetitividad es casi tan alta como en el equipamiento empleado para su calibrado. Por esta característica, recientemente también se emplean como contadores estándares para control o transferencia.

Los contadores de turbina se ven fácilmente afectados por los contaminantes. Los constituyentes fibrosos de un fluido pueden provocar el atasco del pivote y las partículas granulares pueden dañar el borde de la paleta y la superficie de la hélice. Las intrusiones de aire en el fluido pueden comunicar una velocidad excesiva al rotor. Si esto sucede con frecuencia, el pivote falla y el factor de calibración cambia.

En nuestro caso la selección del sensor de turbina se debe a la disponibilidad en el mercado y a los costos que incurren su adquisición.

2.12.11. CUIDADOS EN PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN DE FLUJÓMETROS⁵⁵

Los sensores de flujo presentan algunos cuidados a ser tomados en cuenta al momento de realizar la instalación.

La mayoría de los medidores de caudal necesitan de longitudes mínimas en ambos sentidos de la corriente con el fin de evitar que posibles torbellinos aleatorios influyan en el elemento sensor, lo que puede originar errores de medición. Por ejemplo, dispositivos a turbina requieren de una longitud mínima equivalente a 20 veces el diámetro del sensor y antes del mismo (siguiendo la dirección del fluido) y de 5 veces el diámetro del sensor después de la turbina.

⁵⁵ TECSUP. *“Medición de Presión”*. Guía Práctica. 2007. p. 20.

Otra consideración a tener en cuenta es la relacionada al efecto de la gravedad terrestre, la que puede afectar los sensores con elementos mecánicos, debido a que son instalados en lugares diferentes en el que fueron calibrados.

Para esto se requiere verificar la orientación, como por ejemplo en los medidores unidireccionales en los que el fabricante coloca flechas marcadas en el cuerpo del instrumento. También es interesante no superar la velocidad de los elementos rotativos, como en los medidores de turbina. La presencia de gases en los fluidos puede provocar excesos de velocidad.

2.12.12. COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES DE FLUJO⁵⁶

La siguiente Tabla contiene una comparación de las características de los sensores de flujo, teniendo en cuenta que sólo están presentados los elementos primarios, sin considerar los transmisores ni los receptores correspondientes.

En base a esta comparación son orientados los procedimientos de selección, los que son delineadas según el tipo de fluido, el alcance de medición, la temperatura y presión máximas a la que el sensor estará operando.

Note que son incluidas las ventajas y desventajas en cuanto a consideraciones económicas, de precisión en la medición y en el tipo de fluido.

⁵⁶ TECSUP. “*Medición de Presión y Flujo*”. Guía Práctica. 2007. p. 22.

TABLA IV TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SENSORES DE FLUJO

	Caudal máx./ mín.	Precisión en % de toda la escala	Escala	Presión máx. bar	Temp. máx. °C	Pérdida de carga máx. m = m c. de a b = bar	Servicio	Materiales de construcción	Coste relativo	Ventajas	Desventajas
Placa	3 : 1	1-2 %	√	400	500	20 m	Líqu./vapor gas	Metales y plásticos	Bajo	Simple, económica	ΔP, fluidos limpios
Tobera	"	0,9-1,5 %	"	"	"	16 m	"	"	Medio	Simple, precisión	ΔP, cara, "
Tubo Venturi	"	0,75 %	"	"	"	4 m	"	"	Muy alto	Precisión, poca Δp	Muy caro, "
Tubo Pitot	"	1,5-4 %	"	"	"	—	"	"	Bajo	Simple, económico	Poca precisión, "
Tubo Annubar	"	1 %	"	"	"	—	"	"	"	"	"
Rotámetro	10 : 1	1-2 %	lineal	"	250	5 m	"	y vidrio/ cerám.	"	" " más preciso	Golpe ariete causa daños
Vertedero	3 : 1	"	especial	Atmosf.	60	—	Líquidos	Metales	Alto	" " coste medio	Caro
Turbina	15 : 1	0,3 %	lineal	200	250	0,7 b	Líqu./gas	"	"	Precisión, margen amplio	Caro, calibre., fluidos limpios
Sónico	20 : 1	2 %	"	100	250	nula	Líquidos	Metal. plast.	"	Cualquier líquido, baja Δp	Caro, calibración sensible a densidad
Placa de impacto	10 : 1	1 %	√	100	400	0,5 b	"	Metales	Medio	Fluidos viscosos	Poca capacidad
Magnético	100 : 1	0,5-1 %	lineal	20-200	150	nula	"	Teflón, fibr: vidrio (tubo	Alto	Baja Δp	Caro, líquidos conductores
Disco oscilante	5 : 1	1-2 %	"	10-150	120	0,3 m	"	Metales	Bajo	Barato	Par pequeño
Pistón oscilante	"	0,2-0,5 %	"	25	150	10 b	"	"	Medio	Líqu. viscosos, corrosivos	ΔP
Pistón alternativo	"	0,2 %	"	25	100	0,2 m	"	"	Alto	Precisión	Caro, voluminoso, ΔP
Cicloidal	10 : 1	1 %	"	100	150	0,3 b	Líqu./gas	"	Medio	Poca Δp	Poca precisión en caudales bajos
Birrotor	5 : 1	0,2 %	"	100	60-200	0,4 b	Líquido	"	"	Precisión, reversible	Margen pequeño
Oval	10 : 1	0,5 %	"	100	180	1 b	"	"	"	Indep. dens. y visc.	ΔP
Paredes deformables	10 : 1	± 0,3 %	Lineal	—	—	—	Gas	Metal, plásticos	Medio	Precisión	Voluminoso, Δp
Torbellino	100 : 1	0,2 % caudal instantáneo	"	50	100	0,4 b	Líqu./gas	"	"	Margen, Δp	Caro
Vórtex	10 : 1	1 %	"	50	400		Líqu./gas	"	"	Vibraciones	Insensible a bajo caudal
Oscilante		0,5 %	"				Líqu./gas	"	"	Propano, butano	
Térmico	10 : 1	1 %	"	100	65	5 m	Líqu./gas	"	Alto	Δp	Caro, gases, bajos caudales
Axial	5 : 1	1 %	"	100	120	0,2 b	Líqu./gas	"	"	Δp	Caro, margen, poco preciso, caudales bajos
Coriolis	10 : 1	± 0,5 %	"	400	200	0,1 a 3 b	Líqu./gas	"	"	Independiente, presión, temp., dens.	Caudales medios

Fuente: TECSUP VIRTUAL-Medición de Presión y de flujo

Autor: TECSUP

2.12.13. VÁLVULAS PARA FLUIDOS⁵⁷

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

2.12.13.1. VÁLVULA DE BOLA⁵⁸

Las aplicaciones más frecuentes de la válvula de bola son de obertura/cierre. No son recomendables usarlas en servicios de parcialmente abiertas por un largo tiempo bajo condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.

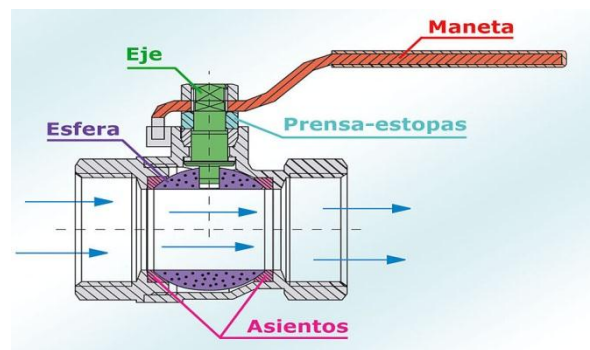


Fuente: VALVIAS
Autor: VALVIAS

⁵⁷ CAROLI, Enrique. *“Válvulas, Instrumentación y Control”*. Introducción. [en línea]. [fecha de revisión 13/02/2012]. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>>

⁵⁸ VALVIAS. Válvula de Bola [en línea]. [fecha de revisión 13/02/2012]. Disponible en: <<http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-bola.php>>

FIGURA No. 56: ESQUEMA DE UNA VÁLVULA DE BOLA



Fuente: .VALVIAS
Autor: VALVIAS

2.12.13.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS VÁLVULAS DE BOLA

El siguiente cuadro describe las principales características de construcción de las Válvulas de Bola de la siguiente manera:

FIGURA No. 57: CARACTERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE BOLA

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Conexión a la tubería	Brida, wafer, roscada, socket welding.
Materiales para el Cuerpo	Aceros al Carbono Forjado: ASTM A-350 LF2, ASTM A-105 Fundición de Aceros al Carbono: ASTM A-216 WCB Aceros Inoxidable: ASTM A-351 CF8M (AISI-316) Fundición Dúctil de Hierro: ASTM A-536 GR. 65-45-12
Materiales para la Bola	AISI 4140 Aceros al Carbono Forjado: ASTM A-105 Aceros Inoxidable: AISI-304, ASTM A-351 CF8M (AISI-316), ASTM 316Ti
Materiales para recubrir superficialmente la Bola	Cromo, Níquel electrolito
Materiales para el Asiento	AISI 1018 Aceros al Carbono Forjado: ASTM A-105 Aceros Inoxidable: ASTM 316Ti Plásticos: PTFE, PTFA

Fuente: En Válvulas, Accesorios y Tuberías
Autor: CRANE

2.12.13.2. VÁLVULA DE RETENCIÓN O VÁLVULA CHECK⁵⁹

Las válvulas de retención tienen el propósito de permitir el flujo en un solo sentido y su aplicación principal es en la descarga de

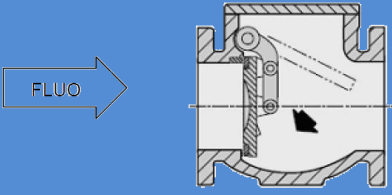
⁵⁹ LUNA, Mario. "Guía de Selección de Válvulas de Retención-Urbaca".pp. 2-4

bombas. Su función es prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que las bombas se detienen. También evitan que el flujo de retorno provoque un giro inverso de las bombas, lo cual puede en algunos casos, dañar los equipos de bombeo.

2.12.13.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA CHECK TIPO COLUMPIO

El siguiente cuadro muestra las características de la Válvula Check tipo columpio utilizada para el sistema de tuberías.

FIGURA No. 58: CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA CHECK TIPO COLUMPIO

NOMBRE DE VÁLVULA	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
<p>VÁLVULA DE RETENCIÓN DE COLUMPIO, VRC</p>		<ul style="list-style-type: none"> • El disco abre 90° en su posición totalmente abierta por lo que tiene un desplazamiento muy largo (principalmente en diámetros muy grandes). • El peso del disco (principalmente en diámetros mayores) genera una alta oposición al flujo y por lo tanto una alta caída de presión. • Para disminuir la caída de presión y compensar la obstrucción que causa el disco, el cuerpo de la válvula es ensanchado (aspecto de bola) para proporcionar al menos la misma área libre de flujo de la tubería • El pasador (normalmente de acero inoxidable) genera mucha fricción con los cojinetes (bujes) en los extremos del cuerpo, lo cual hace más lento el desplazamiento del disco. • Debido a su cierre lento, algunos fabricantes le han adicionado accesorios que aceleran su cierre como es el caso de palancas, contrapesos y resortes. Estos accesorios aceleran el cierre de la válvula pero

		<p>incrementan significativamente la caída de presión.</p> <ul style="list-style-type: none">• No es recomendable para aplicaciones de diámetros grandes (digamos mayores de 12" o mayores), ni para aplicaciones de alta presión o alta velocidad de flujo.• Potencialmente es la válvula check con mayor potencial de presentar problemas de golpe de ariete.• Puede ser usada en aplicaciones de aguas residuales o con sólidos
--	--	--

Fuente: Guía de Selección de Válvulas de Retención
Autores: LUNA, Mario

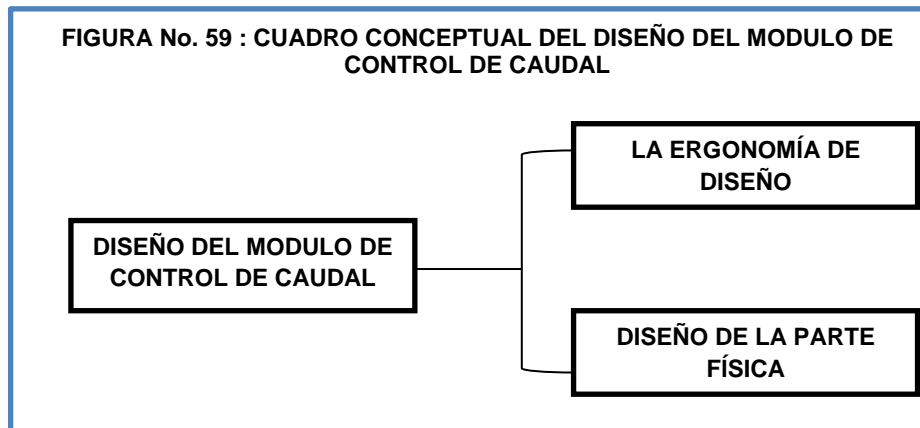


CAPÍTULO III

DISEÑO DEL MÓDULO

3.1. DISEÑO DEL MÓDULO

El diseño del prototipo abarca dos aspectos fundamentales:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

De manera complementaria al tema, se ha realizado un análisis sobre el estudio de tiempos y movimientos que se presentan en el uso del Módulo Didáctico de tal manera que el estudiante pueda guiarse mediante una secuencia de acciones el procedimiento correcto a seguir.

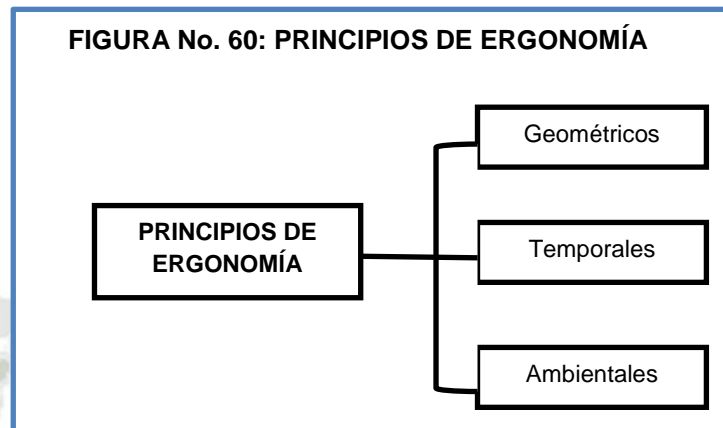
3.1.1. LA ERGONOMÍA⁶⁰

La ergonomía es la ciencia que estudia como adaptar el entorno a las condiciones óptimas para que el ser humano pueda desarrollar su labor con la mayor eficacia posible sin que ello afecte su salud (Física ni Psíquica).

Dentro del concepto de ergonomía se contemplan aspectos tales como la temperatura y humedad del ambiente, disposición y forma de equipamiento, iluminación y ruido, entre otros.

⁶⁰ RODRÍGUEZ Aquilino. “**Sistemas SCADA**”. 2 da ed. Barcelona/España. Marcombo. 2007 .p. 101.

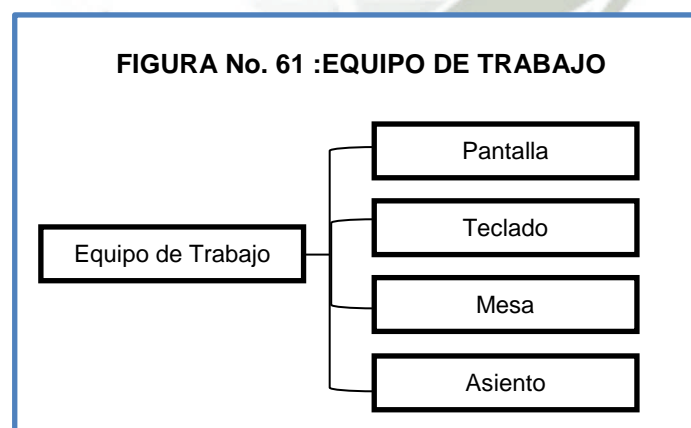
Los principios generales de ergonomía se pueden encontrar en la norma “Principios ergonómicos a considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo” (ISO 6385-1981). Los principios ergonómicos que se especifican en la norma son de aplicación en el diseño de unas condiciones de trabajo óptimas en relación con el bienestar de la persona, su salud y su seguridad. Dichos principios de ergonomía se clasifican en los siguientes tipos:



Fuente: Sistemas Scada
Autor: RODRÍGUEZ, Aquilino

3.1.1.1. EL PUESTO DE TRABAJO

La primera observación básica es que el equipo en sí mismo, y su uso no debe implicar riesgo para los trabajadores, como equipo de trabajo se entiende:



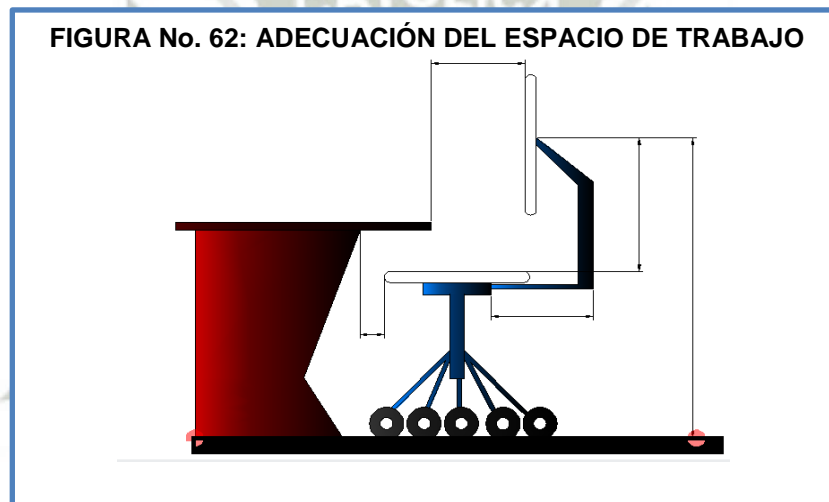
Fuente: Sistemas Scada
Autor: RODRÍGUEZ, Aquilino

3.1.1.2. LA MESA, SUPERFICIES Y ESPACIO DE TRABAJO

La mesa o superficie de trabajo deberán ser poco refractantes, tener dimensiones suficientes y permitir una colocación flexible de la pantalla, del teclado, de los documentos y del material accesorio.

El soporte de los documentos deberá ser estable y regulable y estará colocado detrás de tal modo que se reduzcan al mínimo los movimientos incómodos de la cabeza y los ojos.

El espacio deberá ser lo suficiente para permitir a los trabajadores una posición cómoda.



Fuente: Sistemas Scada
Autor: RODRÍGUEZ, Aquilino

A Continuación veremos algunas recomendaciones que debe de tener un espacio de trabajo:

- Las dimensiones deben de permitir una distribución cómoda de todos los elementos habituales de trabajo (Recomendado: 160 x 190 cm.) y una posición cómoda de trabajo (Altura: 68 a 84 cm.).
- Las superficies de las mesas deben ser antirreflejo, mate y de color neutro.
- Las esquinas y los cantos redondeados (radio de curvatura >2 mm.)

- El material de los mismos de baja transmisión térmica.
- El puesto de trabajo debe ser tan que permita fácilmente cambiar de postura y de movimientos.
- Los miembros inferiores deben de disponer un espacio de 60 cm de ancho por 65 de profundidad
- La situación de la CPU debe ser tal que su acceso sea sencillo y no estorbe el sentarnos a trabajar.
- La altura de la silla este comprendida entre 42 y 52 cm, para permitir que los hombros queden relajados y los codos descansen sobre la superficie de trabajo.
- Los dispositivos señaladores (Ratones) deben ser del diseño y tamaño adecuado a la mano del usuario para evitar traumatismos en las articulaciones.
- El teclado deberá ser inclinable e independiente de la pantalla para permitir que el trabajador adopte una postura cómoda que no se provoque cansancio en los brazos o las manos.
- Los caracteres de la pantalla deberán estar bien definidos y configurados de forma clara y tener una dimensión suficiente, disponiendo de un espacio adecuado entre los caracteres y los reglones.

3.1.1.3. LA ERGONOMÍA DEL SOFTWARE ⁶¹

La incorporación de los principios de diseño ergonómico aplicado al diseño del software se considera actualmente imprescindible para facilitar su utilización por amplios colectivos. Este proceso conlleva un progresivo acercamiento entre el modo de funcionamiento de los

⁶¹ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO-ESPAÑA. “*Manual de Normas Técnicas para el Diseño Ergonómico de puestos con Pantallas de Visualización*”. 2 da. Edición. Madrid-España. pp. 53-58

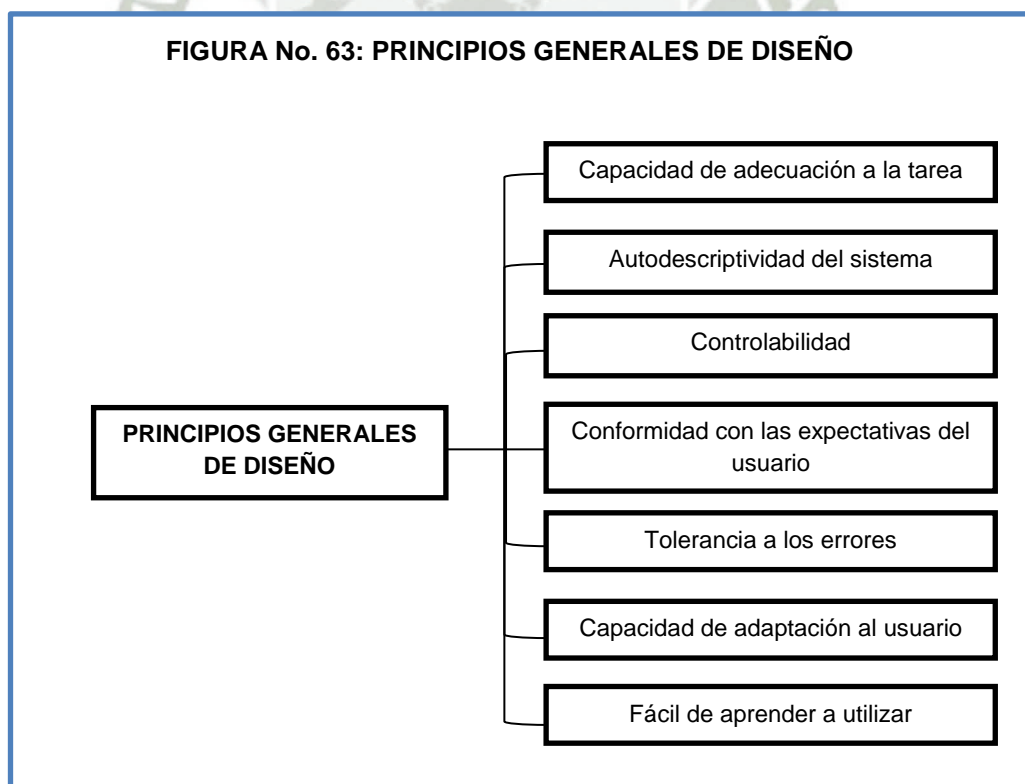
programas concebidos por el programador y la forma en que habitualmente el operador humano desarrolla su trabajo; esto requiere prestar una atención especial al diseño de la interfaz de diálogo persona/ordenador.

En las aplicaciones informáticas se pueden emplear distintas técnicas de diálogo mediante las cuales el usuario interacciona con la máquina; entre ellas se encuentran los comandos, los menús, la manipulación de objetos y los formularios.

Dichas técnicas de diálogo, que pueden ser utilizadas por separado o combinadas en una misma aplicación informática, constituyen uno de los principales objetos del diseño ergonómico del software.

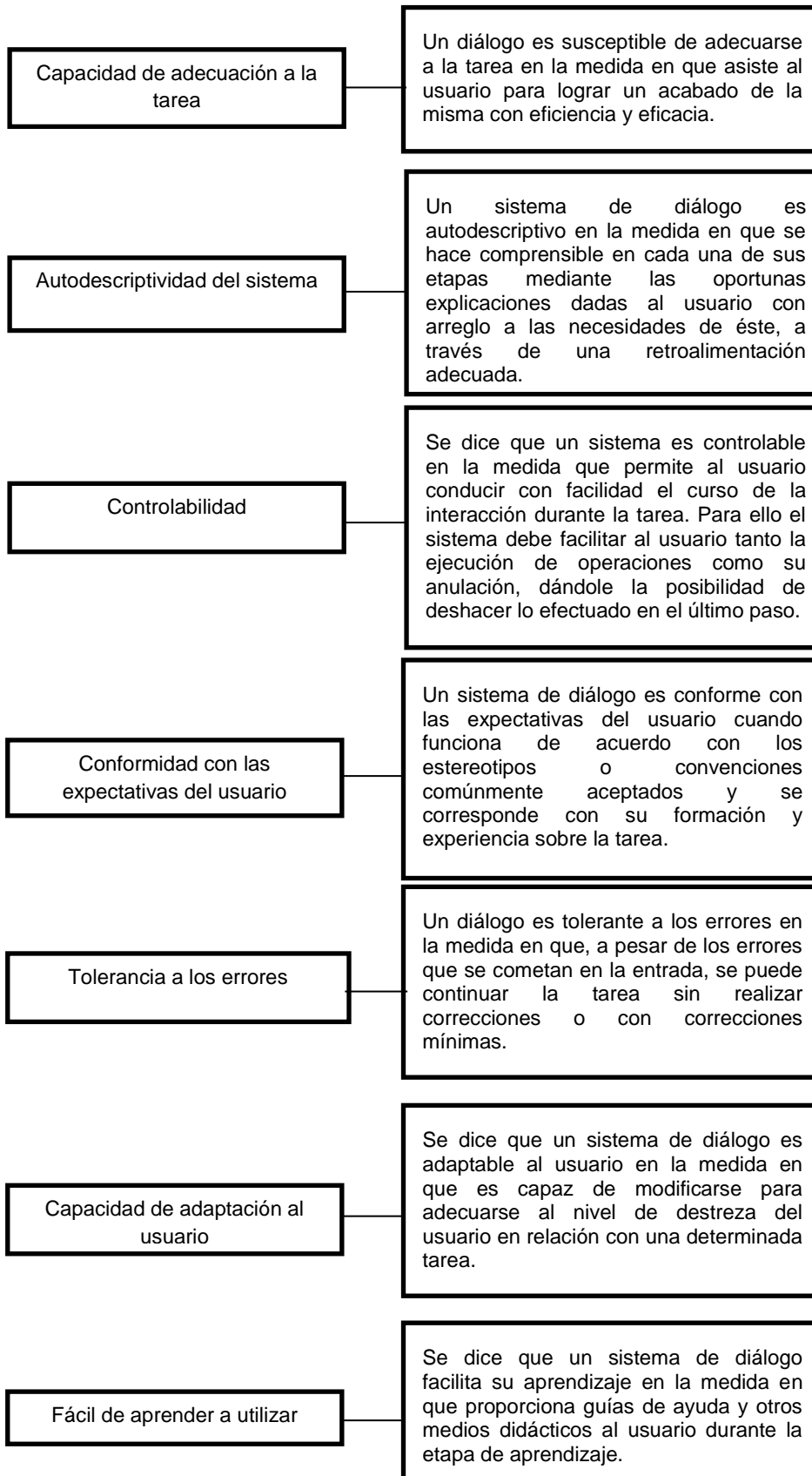
A) CRITERIOS DE DISEÑO

En la ergonomía del software se consideran siete principios generales de diseño, aplicables a cualquier técnica específica de diálogo:



Fuente: Sistemas Scada
Autor: RODRÍGUEZ, Aquilino

FIGURA No. 64: DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO



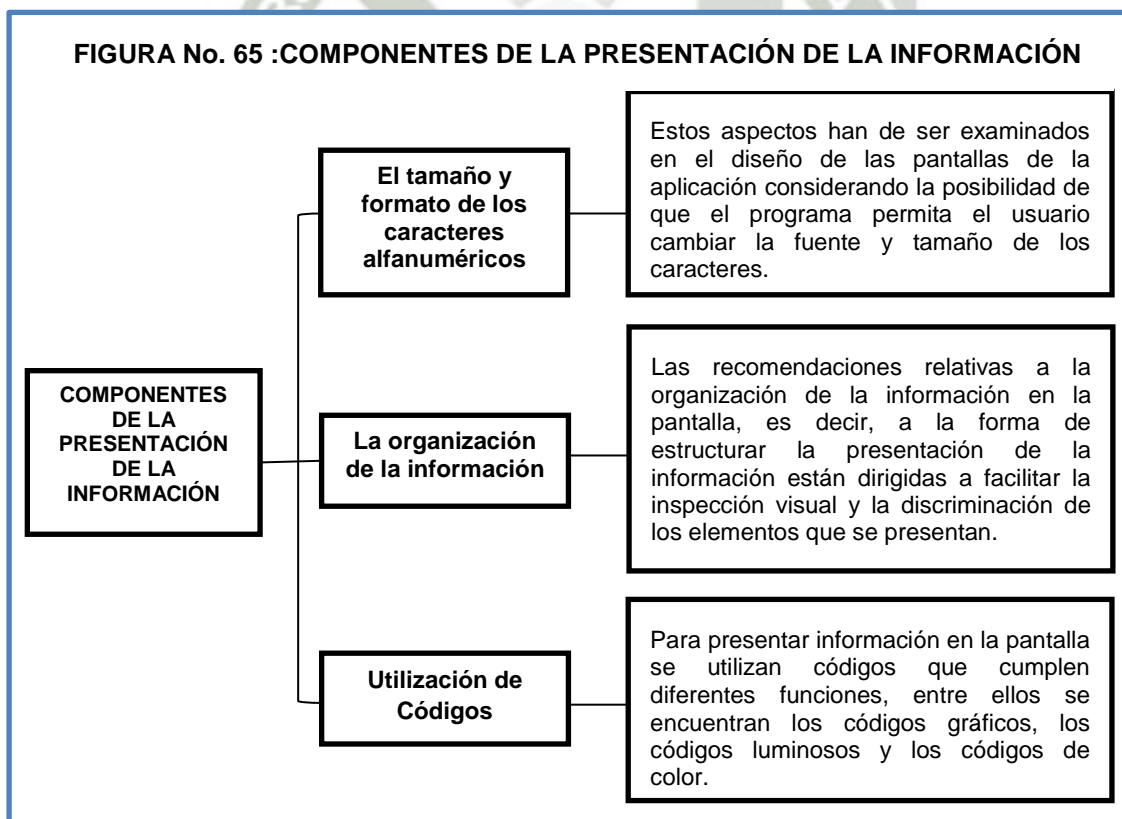
Fuente: Sistemas Scada
Autor: RODRIGUEZ, Aquilino

B) PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La presentación de la información debe permitir que el usuario realice la tarea visual de forma satisfactoria y eficiente. Para ello, la información debe ser legible, comprensible y fácilmente interpretable. Por otro lado, debe estar de acuerdo con las expectativas del usuario y con las convenciones comúnmente aceptadas. En el conjunto de recomendaciones relativas a la presentación de la información en la pantalla cabe distinguir tres categorías:

- El tamaño y formato de los caracteres alfanuméricos.
- La organización de la información.
- La utilización de códigos técnicos.

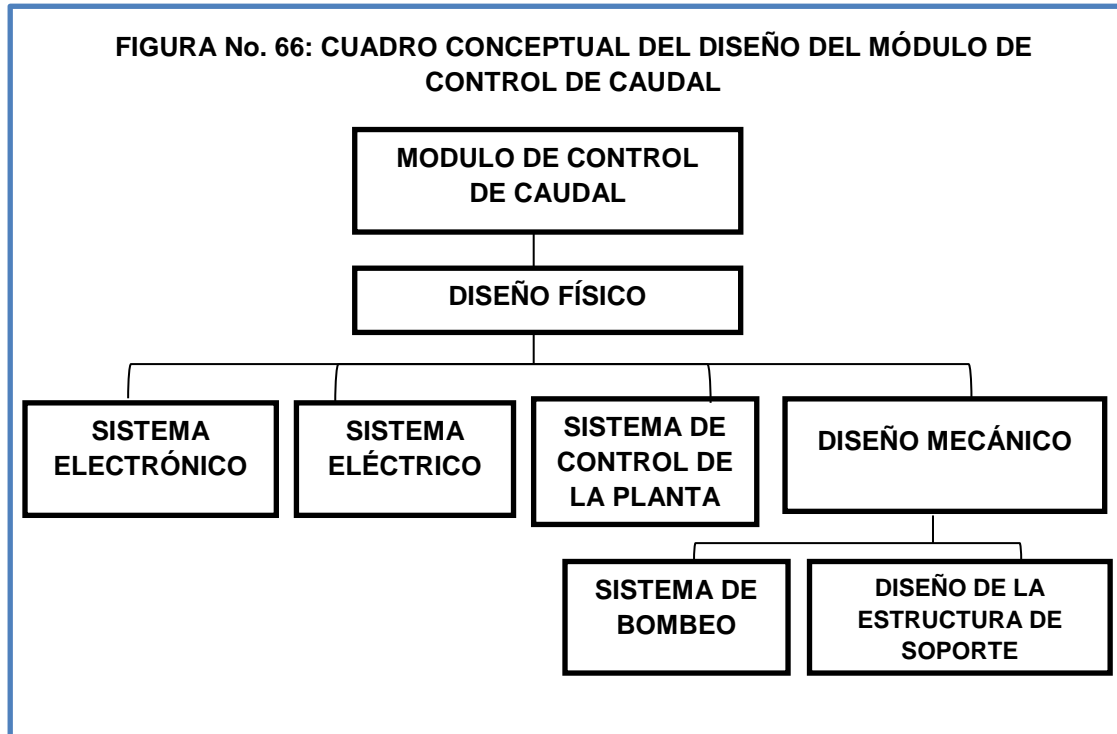
A continuación describiremos cada uno de los componentes que forman parte de la presentación de la Información:



Fuente: Sistemas Scada
Autor: RODRÍGUEZ, Aquilino

3.1.2. DISEÑO FÍSICO DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL

El diseño físico del módulo de control de Caudal estará dividido de la siguiente manera:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

3.1.2.1. SISTEMA ELECTRÓNICO

3.1.2.1.1. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES EN SENSORES ⁶²

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general se debe de procesar en una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal por ejemplo puede ser demasiado pequeña y sería necesario amplificarla; podría contener interferencias que necesitan ser eliminadas; ser no lineal y requerir su linealización, ser analógica y requerir su digitalización; ser digital y convertirla a analógica, ser un cambio en el valor de la resistencia y convertirla en un cambio a corriente; consistir en un cambio de voltaje y convertirla a un cambio de corriente de magnitud adecuada. A todas estas

⁶² BOLTON, William. “*Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica*”. 2 da Ed. México. Alfaomega. 2001 .p. 54.

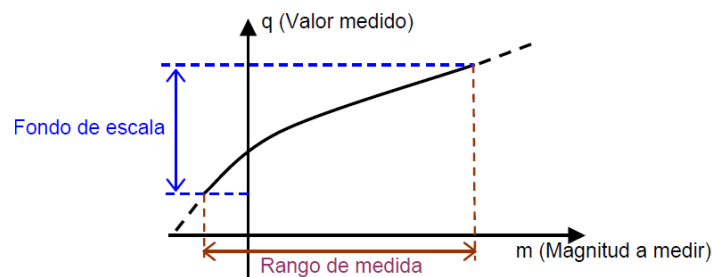
modificaciones se les designa con el nombre de acondicionamiento de señal.

3.1.2.1.1.1. PARÁMETROS DE LIMITE DE MEDIDA⁶³

3.1.2.1.1.1.1. RANGO DE MEDIDA

Conjunto de valores de la magnitud que se mide para los que el sistema de instrumentación proporcione una respuesta correcta. También se suele denominar Rango Dinámico del instrumento.

FIGURA No. 67: GRÁFICA DEL RANGO DE MEDIDA



Fuente: Curso de Ingeniería de Telecomunicación
Autores: DRAKE, José

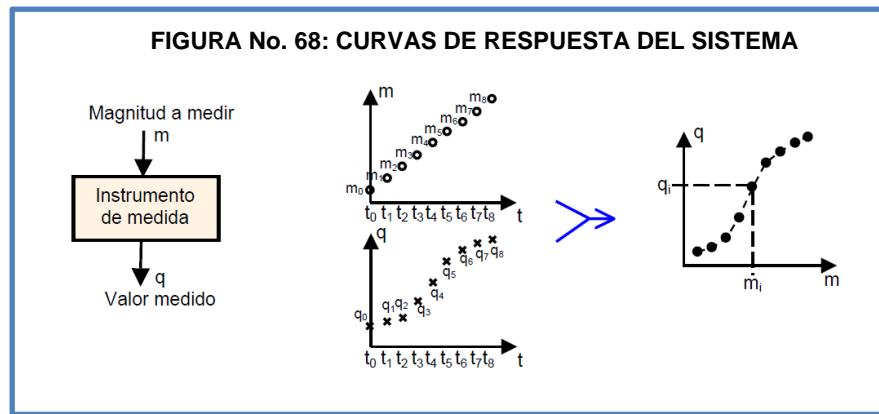
3.1.2.1.1.1.2. FONDO DE ESCALA

Conjunto de respuestas que proporciona el sistema de instrumentación cuando su entrada varía en el rango de medida.

3.1.2.1.1.2. CURVA DE TRANSFERENCIA ESTÁTICA

Es la curva experimental que relaciona cuantitativamente cada valor "m" dentro del rango de medida que se mide, y los valores de respuesta "q" que resultan de la medida de los mismos. Habitualmente se representa mediante una curva de calibrado que representa las respuestas del sistema a estímulos patrones.

⁶³ DRAKE, José. *"Instrumentación Electrónica de Comunicaciones"*. 5to Curso de Ingeniería de Telecomunicación. Cantabria, Colombia. Universidad de Cantabria -Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicación. 2005. p. 15-20



Fuente: Curso de Ingeniería de Telecomunicación
Autor: DRAKE, José

3.1.2.1.1.3. LINEALIDAD

Capacidad de un instrumento de medición para proporcionar una indicación que tenga una relación lineal con una magnitud determinada distinta de una magnitud de influencia.

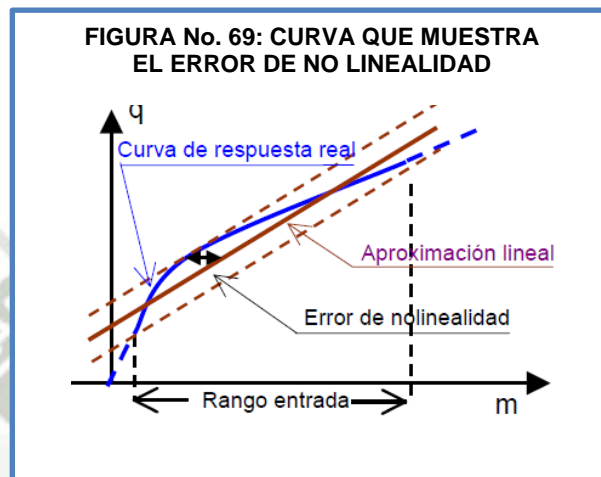
Cuando la curva de transferencia es una recta el sistema se dice que es lineal.

$$q = a \cdot m + b$$

3.1.2.1.1.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA LINEALIDAD EN SENSORES

- Ningún sistema real nunca es exactamente lineal, la tecnología actual hace posible diseñar sistemas que tenga un comportamiento muy próximo al comportamiento lineal.
- El uso de componentes lineales permite construir sistemas con comportamiento analizable analíticamente.
- Un sistema lineal puede caracterizarse por dos únicos parámetros:
 - La sensibilidad o ganancia: que es la pendiente de la curva de transferencia.
 - El nivel para entrada nula: Que es la intersección de la curva de transferencia o su extrapolación con la línea $m = 0$.

- A veces no es posible plantear un comportamiento lineal global del instrumento, sino que se utiliza un comportamiento lineal diferente para cada rango parcial de entrada (curva de transferencia lineal por tramos o poligonal).
- Error de no linealidad: En la máxima desviación de la curva de transferencia real de un sistema respecto del comportamiento lineal con que se ha aproximado.



Fuente: Curso de Ingeniería de Telecomunicación
Autor: DRAKE, José

- El error de linealidad siempre está referido a lo que el diseñador considera comportamiento lineal, lo cual depende del contexto en que está trabajando.

3.1.2.1.1.4. ALCANCE

El alcance es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

3.1.2.1.1.5. ERROR

Es la medida de la desviación que presentan las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas teóricas, como resultado de las imperfecciones de los aparatos y de las variables parásitas que afectan el proceso, es decir:

- $\text{Error} = \text{Valor leído en el instrumento} - \text{Valor ideal de la variable medida}$
- $\text{Error Absoluto} = \text{Valor leído} - \text{Valor Verdadero}$
- $\text{Error Relativo} = \text{Error Absoluto} / \text{Error Verdadero}$

Si el proceso está en régimen permanente se dice que está en un error estático.

3.1.2.1.1.6. INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA

Al realizar la calibración de un instrumento, este proceso se realiza comparando el instrumento a calibrar con un instrumento patrón, para averiguar si el error se encuentra dentro de los parámetros dados por el fabricante. Existe un problema debido a que el instrumento Patrón no puede medir exactamente un valor verdadero y además existen errores en la operación de comparación, por lo tanto no es posible caracterizar la medida por un único valor, lo que da lugar a lo que se le conoce como incertidumbre de medida. Entre las fuentes que generan la incertidumbre se encuentran:

- Influencia de las condiciones ambientales.
- Lecturas diferentes de instrumentos analógicos realizadas por los operadores.
- Variaciones en las observaciones repetidas de la medida en condiciones aparentemente idénticas.
- Valores inexactos de los instrumentos Patrón.
- Muestra del Producto no representativa.

3.1.2.1.1.7. RESOLUCIÓN

Mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir.

3.1.2.1.1.8. ZONA MUERTA

Es el rango de valores de la magnitud que se mide alrededor del valor nulo, para el que el instrumento no proporcione respuesta.

3.1.2.1.1.9. HISTÉRESIS

Es la diferencia que se obtiene en la respuesta del instrumento de medida en función del sentido en que se ha alcanzado la magnitud que se mide.

3.1.2.1.1.10. SENSIBILIDAD

La sensibilidad de un instrumento de medición es considerada como la Variación de la salida producida por una variación de entrada. Pendiente de la curva de calibración. Cuanto mayor sea la pendiente es mucho más adecuado para el sistema.

3.1.2.1.1.11. SATURACIÓN

Es el nivel de entrada a partir del cual la sensibilidad del instrumento disminuye de forma significativa. Se suele expresar con referencia a un determinado error de linealidad.

3.1.2.1.1.12. EXACTITUD

Diferencia entre la salida real y el valor teórico de dicha salida (valor verdadero). Se suele dar en valor absoluto o relativo.

3.1.2.1.1.13. PRECISIÓN

Capacidad de obtener la misma salida cuando se realizan varias lecturas de la misma entrada y en las mismas condiciones.

3.1.2.1.1.14. CAMPO DE MEDIDA DE APLICACIÓN

Es el campo de medida en que el valor cero de la variable o señal medida es mayor que el valor inferior del campo.

3.1.2.1.1.15. CAMPO DE MEDIDA CON SUPRESIÓN CERO

Es aquel campo de medida en que el valor cero de la variable o señal medida es menor que el valor inferior del campo.

3.1.2.1.1.16. ELEVACIÓN DE CERO

Es la cantidad con que el valor cero de variable supera el valor inferior del campo. Puede expresarse en unidades de la variable de medida o en % del alcance.

3.1.2.1.1.17. SUPRESIÓN DE CERO

Es a la cantidad con que el valor inferior del campo supera el valor cero de la variable. Puede expresarse en unidades de variable medida o en % de alcance.

3.1.2.1.1.18. DERIVA

Es una variación en la señal de salida que se presenta en un periodo de tiempo determinado mientras se mantienen constantes la variable medida y las condiciones ambientales.

3.1.2.1.1.19. FIABILIDAD

Medida de la probabilidad de que un instrumento continúe comportándose dentro de límites específicos de error a lo largo de un tiempo determinado y bajo unas condiciones especificadas.

3.1.2.1.1.20. TRAZABILIDAD

Propiedad del resultado de las mediciones efectuadas con un instrumento o con un patrón, tal que puede relacionarse con patrones nacionales o internacionales, mediante una cadena ininterrumpida de comparaciones y con todas las incertidumbres determinadas.

3.1.2.1.1.21. RUIDO

Cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseada que modifica la transmisión, indicación o registro de los datos deseado.

3.1.2.1.1.22. VIDA ÚTIL DE SERVICIO

Tiempo mínimo especificado durante el cual se aplican las características de servicio continuo e intermitente del instrumento, sin que se presenten cambios en su comportamiento, más allá de tolerancias especificadas.

3.1.2.1.1.23. REPRODUCTIBILIDAD

Capacidad de reproducción de un instrumento de las medidas repetitivas de la lectura o señal de salida para el mismo valor de la variable medida alcanzando en ambos sentidos, en las mismas condiciones de servicio y a lo largo de un tiempo determinado.

3.1.2.1.1.24. RESPUESTA FRECUENCIAL

Variación con la frecuencia de relación de amplitudes señal de salida /variable medida para un medida de variación senoidal aplicada a un instrumento dentro de un campo establecido de frecuencias de la variable medida.

3.1.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

El siguiente cuadro muestra una clasificación de los instrumentos de medición en función al tipo de instrumento y a la variable del proceso.

FIGURA No. 70 : CUADRO DE CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

EN FUNCIÓN DEL INSTRUMENTO	Instrumentos Ciegos	No poseen indicación visible de la variable
	Instrumentos Indicadores	Disponen de un índice o escala graduada en que puede leerse el valor de la variable.
	Instrumentos Registradores	Registan con trazo continuo o puntos de variable. Pueden ser circulares o de gráfico rectangular o alargado según sea la forma del gráfico.
	Instrumentos Sensores	Captan el valor de la variable del proceso y envían una señal de salida predeterminada.
	Instrumentos Transmisores	Instrumentos que captan la variable de proceso a través del elemento primario y transmiten a distancia en forma de señal neumática (3-15 psi) o electrónica (4-20 mA.)
	Instrumentos Transductores	Reciben una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida.
	Instrumentos Convertidores	Reciben una señal de entrada neumática (3-15 psi) o electrónica (4-20 mA. c.c.) procedente de un instrumento y después de modificarla envía la resultante en forma de señal de salida estándar.
	Instrumentos Receptores	Reciben la señal procedente de los transmisores y la indican o registran.

	Instrumentos Controladores	Comparan la variable controlada con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.
EN FUNCION DE LA VARIABLE DE PROCESO	Instrumentos de Medición de Caudal.	
	Instrumentos de Medición de Nivel.	
	Instrumentos de Medición de Temperatura.	
	Instrumentos de Medición de Densidad.	
	Instrumentos de Medición de Peso Específico.	
	Instrumentos de Medición de Humedad.	
	Instrumentos de Medición de Punto de Rocío.	
	Instrumentos de Medición de Viscosidad.	
	Instrumentos de Medición de Posición.	
	Instrumentos de Medición de Velocidad.	
	Instrumentos de Medición de pH.	
	Instrumentos de Medición de Conductividad.	
	Instrumentos de Medición de Frecuencia.	
	Instrumentos de Medición de Fuerza.	
Instrumentos de Medición de Turbidez.		

Fuente: Instrumentación Industrial
Autor: CREUS, Antonio

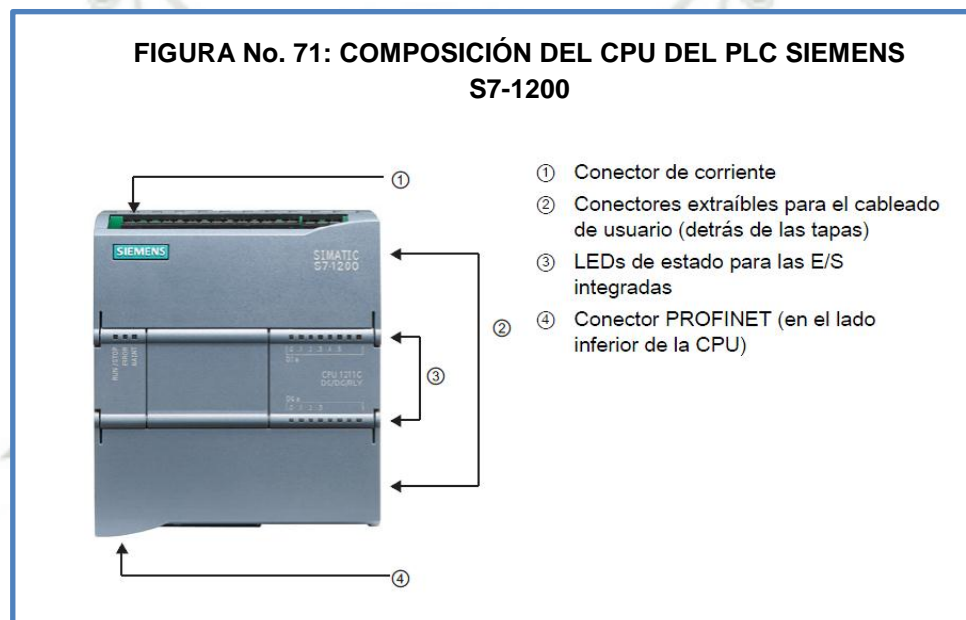
3.1.2.1.3. PLC SIEMENS S7-1200 CPU-1212C⁶⁴

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las

⁶⁴ SIEMENS. “Manual del Producto Simatic. S7-1200 Easy Book”. Abril 2009. pp. 7

salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

Para garantizar seguridad en la aplicación, todas las CPU's S7-1200 disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso a sus funciones.



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

A continuación presentaremos un cuadro comparativo en función a los distintos CPU del PLC Siemens S7-1200

FIGURA No. 72 :CUADRO COMPARATIVO DE LOS CPU DEL PLC SIEMENS

S7-1200

FUNCIÓN	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas	90 x 100 x75	90 x 100 x75	110 x 100x 75
Memoria de usuario			
<input type="checkbox"/> Memoria de trabajo	<input type="checkbox"/> 25 KB	<input type="checkbox"/> 25 KB	<input type="checkbox"/> 50 KB
<input type="checkbox"/> Memoria de carga	<input type="checkbox"/> 1 MB	<input type="checkbox"/> 1 MB	<input type="checkbox"/> 2 MB
<input type="checkbox"/> Memoria remanente	<input type="checkbox"/> 2 KB	<input type="checkbox"/> 2 KB	<input type="checkbox"/> 2 KB
E/S integradas locales			
<input type="checkbox"/> Digital	<input type="checkbox"/> 6 entradas 4 salidas	<input type="checkbox"/> 8 entradas 6 salidas	<input type="checkbox"/> 14 entradas 10 salidas
<input type="checkbox"/> Analógico	<input type="checkbox"/> 2 entradas	<input type="checkbox"/> 2 entradas	<input type="checkbox"/> 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	<input type="checkbox"/> 1024 bytes	<input type="checkbox"/> 1024 bytes	<input type="checkbox"/> 1024 bytes
<input type="checkbox"/> Entradas	<input type="checkbox"/> 1024 bytes	<input type="checkbox"/> 1024 bytes	<input type="checkbox"/> 1024 bytes
<input type="checkbox"/> Salidas			
Área de marcas (M)	4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguno	2	8
Signal Board	1	1	1
Módulos de comunicación	3	3	3
Contadores rápidos	3	4	6
<input type="checkbox"/> Fase simple	<input type="checkbox"/> 3 a 100 kHz	<input type="checkbox"/> 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	<input type="checkbox"/> 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
<input type="checkbox"/> Fase en cuadratura	<input type="checkbox"/> 3 a 80 kHz	<input type="checkbox"/> 3 a 80 kHz	<input type="checkbox"/> 3 a 80 kHz
Salidas de impulsos	2	2	2
Memory Card (opcional)	Sí	Sí	Sí
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
Velocidad de ejecución de funciones	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución	0,1 µs/instrucción		

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

3.1.2.1.3.1. FUNCIONES DEL PLC SIEMENS S7-1200⁶⁵

El PLC S7-1200 se destaca por lo siguiente:

- **FÁCIL INICIACIÓN:**

Paquetes de iniciación especial y manual que facilitan la familiarización.

- **MANEJO SIN COMPLICACIONES:**

Potentes comandos estándar de fácil utilización y cómodo software de programación que reducen al mínimo el trabajo de programación.

- **EXCEPCIONALES PROPIEDADES DE TIEMPO REAL:**

Funciones de interrupción especiales, rápidos contadores y salidas de impulsos que permiten el uso incluso en procesos de tiempo crítico.

- **POTENTES POSIBILIDADES DE COMUNICACIÓN:**

En particular, con la conexión opcional PROFIBUS DP, el S7-1200 puede desplegar toda su potencia al usarse en soluciones de automatización descentralizadas.

El SIMATIC S7-1200 cumple numerosas normas nacionales e internacionales:

- UL 508
- CSA C22.2 No. 142
- FM Class I, div. 2, group A, B, C, D; T4A Class I, Zone 2, IIC, T4
- VDE 0160
- EN 61131-2

⁶⁵ SIEMENS. “*Manual del Producto Simatic.S7-1200 Easy Book*” .Abril 2009. pp. 14.

- Requisitos de la ley sobre CEM según EN 50081-1, 50081-2 y 50082-2

3.1.2.1.3.2. CPU 1212C⁶⁶

Para el diseño del módulo se ha utilizado el CPU 1212C para el PLC siemens S7-1200.



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

3.1.2.1.3.2.1. DISEÑO

La CPU compacta 1212C dispone de:

- 3 variantes con distintas tensiones de alimentación y mando.
- Fuente de alimentación integrada, a elegir con entrada de corriente alterna de rango amplio o de continua (85 ... 264 VAC o 24 V DC).
- Fuente de alimentación integrada de 24 V para sensores/carga:

Permite conectar directamente sensores y encóders. Con una intensidad de salida de 300 mA. , también sirve para alimentar la carga.

- 8 entradas digitales integradas de 24 V DC (sumidero/fuente (IEC tipo 1, sumidero)).
- 6 salidas digitales integradas, a elegir entre 24 V DC o relé.

⁶⁶ SIEMENS. “Manual del Producto Simatic.S7-1200 Easy Book” .Abril 2009. pp. 25.

- 2 entradas analógicas integradas 0 ... 10 V.
- 2 salidas de impulsos (PTO) con una frecuencia hasta de 100 kHz.
- Salidas con modulación de ancho de impulsos (PWM) con una frecuencia hasta de 100 kHz.
- Interfaz Ethernet integrada (TCP/IP nativa, ISO-on-TCP).
- 4 contadores rápidos (3 con máx. 100 kHz; 1 con máx. 30 kHz), con entrada parametrizable para habilitación y reset, simultáneamente pueden funcionar como contadores hacia adelante y hacia atrás con 2 entradas separadas o para conectar encoders incrementales.
- Ampliación con interfaces de comunicación adicionales, p. ej., RS485 o RS232.
- Ampliación con señales analógicas o digitales directamente en la CPU mediante Signal Board (respetando la dimensión de montaje de la CPU).
- Ampliación con numerosas señales de entrada y salida analógicas y digitales mediante Signal Modules.
- Ampliación opcional de la memoria (SIMATIC Memory Card).
- Regulador PID con funcionalidad de autoajuste.
- Reloj de tiempo real integrado.
- Entradas de alarma: Para reacciones extremadamente rápidas y flancos ascendentes o descendentes de señales de proceso.
- Bornes desmontables en todos los módulos.
- Simulador (opcional): para simular las entradas integradas y probar el programa de usuario.

3.1.2.1.3.2.2. FUNCIONES DEL CPU 1212C

- **AMPLIO JUEGO DE INSTRUCCIONES:**

Multitud de operaciones que facilitan la programación:

- Operaciones básicas tales como funciones lógicas, asignación de resultados, memorización, contaje, formación de tiempos, carga, transferencia, comparación, desplazamiento, rotación, formación de complementos, llamada a subprogramas (con variables locales).
- Comandos de comunicación integrados (p. ej., protocolo USS, Modbus RTU, comunicación S7, "T-Send/T-Receive" o Freeport).
- Cómodas funciones como modulación de ancho de impulsos, trenes de impulsos, funciones aritméticas, aritmética en coma flotante, regulación PID, funciones de salto y bucle y conversión de códigos, - funciones matemáticas, p. ej., SIN, COS, TAN, LN, EXP.

- **CONTAJE**

Confortables funciones de contaje en combinación con contadores integrados y comandos especiales para contadores de alta velocidad (High Speed Counter) que ofrecen al usuario nuevos campos de aplicación.

- **EJECUCIÓN CONTROLADA POR ALARMAS**

- Las alarmas (interrupciones) activadas por flancos (disparadas por la subida o bajada de los flancos de las señales del proceso en entradas de alarma) posibilitan una reacción muy rápida ante los eventos del proceso.
- Alarmas controladas por tiempo.
- Al alcanzarse un valor fijado o al cambiar la dirección de contaje pueden lanzarse interrupciones de contador.

- Las alarmas de comunicación proporcionan un intercambio de información rápido y sencillo con unidades periféricas, por ejemplo, impresoras o lectores de códigos de barras.

El siguiente cuadro muestra los datos técnicos del CPU 1212C de SIEMENS, así tenemos:

FIGURA No. 74: CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DEL CPU 1212C –SIEMENS S7-1200

Nombre del producto	6ES7 212-1BD30-0XB0 CPU 1212C AC/DC/relé	6ES7 212-1AD30-0XB0 CPU 1212C DC/DC/DC	6ES7 212-1HD30-0XB0 CPU 1212C DC/DC/relé
Versión			
Paquete de programas correspondiente	STEP 7 Basic V10.5	STEP 7 Basic V10.5	STEP 7 Basic V10.5
Tensiones de alimentación			
Valor nominal			
•24 VDC		Sí	Sí
•120 VAC			
•230 VAC			
•Rango admisible, límite inferior (DC)	Sí		
•Rango admisible, límite superior (DC)	Sí		
•Rango admisible, límite inferior (AC)		20,4 V	20,4 V
•Rango admisible, límite superior (AC)		28,8 V	28,8 V
•Rango admisible de frecuencias, límite inferior	85 V		
•Rango admisible de frecuencias, límite superior	264 V		
	47 Hz		
	63 Hz		
Tensión de carga +			
•Valor nominal (DC)	24 V	24 V	24 V
•Rango admisible, límite inferior (DC)	5 V	20,4 V	5 V
•Rango admisible, límite superior (DC)	250 V	28,8 V	250 V
Consumo			
Consumo (valor nominal)	80 mA con 120 VAC 40 mA con 240 VAC		175 mA; típico
Consumo máx.	240 mA con 120 VAC 120 mA con 240 VAC	1,2 A; 24 VDC	1,2 A; 24 VDC
Intensidad conectar, máx.	20 A; con 264 V	12 A; 28,8 VDC	12 A; con 28,8 V
Corriente suministrada al bus de fondo(5 VDC), máx.	1000 mA; máx. 5 VDC para SM y CM	1000 mA; máx. 5 VDC para SM y CM	1000 mA; máx. 5 VDC para SM y CM
Consumo/pérdidas			
Pérdidas, típ.	11 W	9 W	9 W
Memoria			
Memoria útil para datos de usuario	25 kbytes	25 kbytes	25 kbytes
Memoria de trabajo			
•Integrada	25 kbytes	25 kbytes	25 kbytes
•Ampliable	No	No	No
Memoria de carga			
•Integrada	1 Mbyte; memoria de carga ampliable mediante SIEMENS Memory Card	1 Mbyte; memoria de carga ampliable mediante SIEMENS Memory Card	1 Mbyte; memoria de carga ampliable mediante SIEMENS Memory Card
•Ampliable, máx.	24 Mbytes con SIEMENS Memory Card	24 Mbytes con SIEMENS Memory Card	24 Mbytes con SIEMENS Memory Card

Respaldo •Disponible	Sí; todo el proyecto en la EEPROM integrada (solución libre de mantenimiento) S	Sí; todo el proyecto en la EEPROM integrada (solución libre de mantenimiento) Sí	Sí; todo el proyecto en la EEPROM integrada (solución libre de mantenimiento) SI
•sin pila			
Configuración de hardware			
Número de módulos por sistema, máx.	3 Communication Modules 1 Signal Board 2 Signal Modules	3 Communication Modules 1 Signal Board 2 Signal Modules	3 Communication Modules 1 Signal Board 2 Signal Modules
Hora			
Reloj •Reloj en hardware(reloj tiempo real) •Duración del respaldo •Desviación diaria, máx.	Sí 240 h; típica 60 s/mes a 25 °C	Sí 240 h; típica 60 s/mes a 25 °C	Sí 240 h; típica 60 s/mes a 25 °C
Funciones de test y puesta en marcha			
Estado/forzado •Estado/Forzado de variables •Variables	Sí Entradas/salidas, marcas, DB, entradas/salidas de la periferia, temporizadores ,contadores	Sí Entradas/salidas, marcas, DB, entradas/salidas de la periferia, temporizadores, contadores	Sí Entradas/salidas, marcas, DB, entradas/salidas de la periferia, temporizadores, contadores
Forzado permanente •Forzado permanente	Sí	Sí	Sí
Funciones de comunicación			
Comunicación S7 •Soportada •como servidor •como cliente	Si Si Si	Si Si Si	Si Si Si
Comunicación IE abierta •TCP/IP •ISO-on-TCP(RFC1006)	Sí Sí	Sí Sí	Sí Sí
Número de conexiones •Total	16; dinámicas	16; dinámicas	16; dinámicas
1ª interfaz			
Tipo de interfaz	PROFINET	PROFINET	PROFINET
Física	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Con aislamiento galvánico	Sí	Sí	Sí
Cálculo automático de la velocidad de transferencia	Sí	Sí	Sí
Autonegotiation	Sí	Sí	Sí
Autocrossing	Sí	Sí	Sí
CPU/programación			
Software de configuración •STEP7	STEP 7 Basic V10.5	STEP 7 Basic V10.5	STEP 7 Basic V10.5
Lenguaje de programación •KOP •FUP	Sí Sí	Sí Sí	Sí Sí
Vigilancia del tiempo de ciclo ajustable	Sí	Sí	Sí
Entradas digitales			
Nº de entradas digitales •De ellas, entradas útiles para las funciones tecnológicas	8; integradas 4; HSC (High Speed Counting)	8; integradas 4; HSC (High Speed Counting)	8; integradas 4; HSC (High Speed Counting)
Fuente/sumidero	Sí	Sí	Sí
Cantidad de entradas accesibles simultáneamente •todas las posiciones de montaje -cantidad de entradas accesibles simultáneamente, hasta 40 °C	8	8	8
Tensión de entrada •Valor nominal, DC •para señal "0" •para señal "1"	24 V 5 VDC con 1 mA	24 V 5 VDC con 1 mA	24 V 5 VDC con 1 mA

	15 VDC con 2,5 mA	15 VDC con 2,5 mA	15 VDC con 2,5 mA
Intensidad de entrada •para señal "1", típ.	1 mA	1 mA	1 mA
Retardo a la entrada (con valor nominal de la tensión de entrada) •para entradas estándar -parametrizable -para "0" hasta "1", mín. -para "0" hasta "1", máx. •para entradas de alarmas -parametrizable •para contadores/funciones tecnológicas -parametrizable	0,2,0,4,0,8,1,6,3,2,6,4y12,8ms, seleccionable en grupos de 4 0,2 ms 12,8 ms Sí Monofásico:3 para 100 kHz, 1 para 30 kHz Diferencial:3 para 80 kHz, 1 para 30 kHz	0,2,0,4,0,8,1,6,3,2,6,4y12,8 ms, seleccionable en grupos de 4 0,2 ms 12,8 ms Sí Monofásico:3 para 100 kHz, 1 para 30 kHz Diferencial:3 para 80 kHz, 1 para 30 kHz	0,2,0,4,0,8,1,6,3,2,6,4y12,8ms, seleccionable en grupos de 4 0,2 ms 12,8 ms Sí Monofásico:3 para 100 kHz, 1 para 30 kHz Diferencial:3 para 80 kHz, 1 para 30 kHz
Longitud de cable •Longitudes del cable con pantalla, máx. •Longitudes del cable sin pantalla, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas 300 m; Para funciones tecnológicas: No	500 m; 50 m para funciones tecnológicas 300 m; Para funciones tecnológicas :No	500 m; 50 m para funciones tecnológicas 300 m; Para funciones tecnológicas: No
Salidas digitales Número de salidas digitales •de ellas, salidas rápidas	6;relé	6 2; Salida de tren de pulsos de 100 kHz	6;relé
Protección contra cortocircuitos	No; debe preverse externamente	No; debe preverse externamente L+(-48 V)	No; debe preverse externamente
Limitación de la sobretensión inductiva de corte Poder de corte de las salidas •con carga óhmica, máx. •con carga de lámparas ,máx.	2 A 30 WDC; 200 WAC	0,5 A 5 W	2 A 30 WDC; 200 WAC
Tensión de salida •para señal "0"(DC), máx. •para señal "1", mín.		0,1 V; con carga de 10 kohmios 20 V	
Intensidad de salida •para señal "1" valor nominal •para señal "0" intensidad residual, máx.		0,5 A 0,1 mA	
Retardo a la salida con carga óhmica •"0" hasta "1", máx. •"1" hasta "0", máx.	10 ms; máx. 10 ms; máx.	1 µs 5 µs	10 ms; máx. 10 ms; máx.
Frecuencia de conmutación •de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	1 Hz	100 kHz	1 Hz
Longitud de cable •Longitudes del cable con pantalla, máx. •Longitudes del cable sin pantalla, máx.	500 m 150 m	500 m 150 m	500 m 150 m
Salidas de relé Número de salidas de relé	6		6
Número de ciclos de maniobra	Mecánicos 10 millones, con tensión de carga nominal, 100000		Mecánicos 10 millones, con tensión de carga nominal, 100000
Entradas analógicas Número de entradas analógicas	2	2	2
Longitudes del cable con pantalla, máx.	10 m; trenzado y apantallado	10 m; trenzado y apantallado	10 m; trenzado y apantallado
Rangos de entrada •Tensión	Sí	Sí	Sí

Rangos de entrada(valores nominales), tensiones •0 ... +10V •Resistencia de entrada(0...10V)	Sí ≥100 kohmios	Sí ≥100 kohmios	Sí ≥100 kohmios
Formación de valores analógicos Tiempo de integración y de conversión/resolución por canal •Resolución con rango de rebase (bits más signo), máx. •Tiempo de integración parametrizable •Tiempo de conversión (por canal)	10 bits Sí 625 µs	10 bits Sí 625 µs	10 bits Sí 625 µs
Formación de valores analógicos (en modo isócrono) Longitud de cable •Longitudes del cable con pantalla, máx.	10 m; trenzado	10 m; trenzado	10 m; trenzado
Alimentación de sensores Alimentación de sensores con 24 V •24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V
Sensores Sensores compatibles •Detectores de proximidad a 2 hilos	Sí	Sí	Sí
Funciones integradas Número de contadores	4	4	4
Frecuencia de contaje(contadores) máx.	100	100	100
Frecuencímetro	Sí	Sí	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí	Sí	Sí
Regulador PID	Sí	Sí	Sí
Número de entradas de alarma	4	4	4
Número de salidas de impulsos		2	
Frecuencia de corte(impulsos)		100 kHz	
Manejo y visualización (HMI) Pantalla •Integrada	No	No	No
Aislamiento galvánico Aislamiento galvánico entradas digitales •Aislamiento galvánico entradas digitales •Entre los canales, en grupos de 2	500 VAC durante 1 minuto 1	500 VAC durante 1 minuto 1	500 VAC durante 1 minuto 1
Aislamiento galvánico salidas digitales •Aislamiento galvánico salidas digitales •Entre los canales •Entre los canales, en grupos de 2	Sí; relé No 2	Sí No 2	Relé No 1
Diferencia de potencial admisible Entre circuitos diferentes	500 VDC entre 24 VDC y 5 VDC	500 VDC entre 24 VDC y 5 VDC	500 VDC entre 24 VDC y 5 VDC
CEM Inmunidad a descargas de electricidad estática •Inmunidades a cargas de electricidad estática según IEC 61000-4-2 -tensión de ensayo para descarga en aire -tensión de ensayo para descarga de contacto	Sí 8 kV 6 kV	Sí 8 kV 6 kV	Sí 8 kV 6 kV
Inmunidad a perturbaciones conducidas •por cables de alimentación según			

IEC 61000-4-4 •Inmunidad a perturbaciones conducidas por cables de señal según IEC 61000-4-4	Sí	Sí	Sí
Inmunidad frente a tensiones de impulso(ráfaga) •por cables de alimentación según IEC 61000-4-5	Sí	Sí	Sí
Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas por campos de alta frecuencia •Inmunidad frente a campo radiante electromagnéticos según IEC 61000-4-6	Sí	Sí	Sí
Emisión de perturbaciones radio-eléctricas según EN55 011 •Emisión de perturbaciones radio-eléctricas según EN55011 (clase límite A)	Sí; grupo 1	Sí; grupo 1	Sí; grupo 1
Condiciones climáticas y mecánicas para el almacenamiento y transporte Condiciones climáticas para el almacenamiento y transporte •Caída libre -altura decaída máx. (en el embalaje) •Temperatura -rango de temperatura admisible •Humedad relativa -rango admisible(sin condensación) a 25 °C	0,3 m; cinco veces, en el embalaje del envío -40 °C ... + 70°C 95%	0,3 m; cinco veces, en el embalaje del envío -40 °C ... + 70°C 95%	0,3 m; cinco veces, en el embalaje del envío -40 °C ... + 70°C 95%
Condiciones mecánicas y climáticas durante el funcionamiento Condiciones climáticas durante el funcionamiento •Temperatura -rango de temperatura admisible -variación de temperatura admisible •Presión atmosférica según IEC 60068-2-13 -presión atmosférica admisible -altitud de funcionamiento admisible •Grado de polución -SO ₂ para RH<60% sin condensación	0 °C ... 55 °C montaje horizontal; 0 °C ... 45 °C montaje vertical 5 °C ... 55 °C, 3 °C/min 1080 ... 795 hPa -1000 m ... 2000 m SO ₂ :<0,5 ppm;H2S:<0,1 ppm; RH<60% sin condensación	0 °C ... 55 °C montaje horizontal; 0 °C ... 45 °C montaje vertical 5 °C ... 55 °C, 3 °C/min 1080 ... 795 hPa -1000 m ... 2000 m SO ₂ :<0,5 ppm;H2S:<0,1 ppm; RH<60% sin condensación	0 °C ... 55 °C montaje horizontal; 0 °C ... 45 °C montaje vertical 5 °C ... 55 °C, 3 °C/min 1080 ... 795 hPa -1000 m ... 2000 m SO ₂ :<0,5 ppm;H2S:<0,1 ppm; RH<60% sin condensación
Requisitos ambientales Temperatura de empleo •mín. •máx. •Montaje vertical, mín. •Montaje vertical, máx. •Montaje horizontal, mín. •Montaje horizontal, máx.	0 °C 55 °C 0 °C 45 °C 0 °C 55 °C	0 °C 55 °C 0 °C 45 °C 0 °C 55 °C	0 °C 55 °C 0 °C 45 °C 0 °C 55 °C
Temperatura de almacenamiento/transporte •mín. •máx.	-40 °C +70°C	-40 °C +70°C	-40 °C +70°C
Presión atmosférica •en funcionamiento, mín. •en funcionamiento, máx. •Almacenamiento/transporte, mín. •Almacenamiento/transporte, máx.	795 hPa 1080 hPa 660 hPa 1080 hPa	795 hPa 1080 hPa 660 hPa 1080 hPa	795 hPa 1080 hPa 660 hPa 1080 hPa

Humedad relativa •en funcionamiento, máx.	95%; sin condensación	95%; sin condensación	95%; sin condensación
Vibraciones •Vibraciones •en servicio, ensayadas según IEC 60068-2-6	2 g(montaje en panel), 1 g(montaje en perfil normalizado) Sí	2 g(montaje en panel), 1 g(montaje en perfil normalizado) Sí	2 g(montaje en panel), 1 g(montaje en perfil normalizado) Sí
Prueba de choques •ensayada según IEC 60068-2-27	Sí; aceleración del choque 15g (valor de cresta), duración 11 ms, 6 choques en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí	Sí; aceleración del choque 15g (valor de cresta), duración 11 ms, 6 choques en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí	Sí; aceleración del choque 15g (valor de cresta), duración 11 ms, 6 choques en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí
Grado de protección IP20	Sí	Sí	Sí
Normas, homologaciones, certificados Marca CE	Sí	Sí	Sí
C-TICK	Sí	Sí	Sí
cULus	Sí	Sí	Sí
Homologación FM	Sí	Sí	Sí
Dimensiones y peso Dimensiones y peso •Ancho •Alto •Fondo	90 mm 100 mm 75 mm	90 mm 100 mm 75 mm	90 mm 100 mm 75 mm
Peso •Peso, aprox.	425 g	370 g	385 g

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

3.1.2.1.4. PANEL DE OPERADOR SIEMENS KTP 600 BASIC-COLOR⁶⁷

FIGURA No. 75: PANEL TÁCTIL HMI-KTP 600 COLORS



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

⁶⁷ SIEMENS. “*Simatic HMI Panel de Operador KTP 600 Basic-Instrucciones de Servicio*”. Abril 2009. pp. 11-20

3.1.2.1.4.1. FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS PANELES HMI

- Ventana permanente y uso de plantillas para crear patrones de pantalla.
- Campo de entrada/salida para visualizar y cambiar parámetros de proceso.
- Botones que sirven para activar directamente funciones y acciones. Es posible configurar simultáneamente hasta 16 funciones en botones.
- Gráficos que pueden usarse en calidad de ICONO para "rotular" teclas de función o botones. También pueden crearse a modo de imágenes de fondo que ocupen toda la pantalla. La herramienta de configuración incluye una librería con una variada gama de gráficos y diversos objetos. Como editores gráficos pueden aplicarse todos los editores con interfaz "OLE", p. ej. Paint-Shop, Designer, Corel Draw, etc.
- Gráficos vectoriales posibilidad de crear formas geométricas simples (p. ej.: líneas, círculos y rectángulos) directamente en la herramienta de configuración.
- Textos fijos para rotular teclas de función, sinópticos de proceso y valores de proceso en caracteres de varios tamaños.
- Funciones con curvas y barras que sirven para visualizar gráficamente valores dinámicos.
- Conmutación de idioma:
 - 5 idiomas online, 32 idiomas de configuración incl. Juegos de caracteres asiáticos y cirílicos
 - Textos y gráficos dependientes del idioma

- Administración de usuarios (Seguridad) de acuerdo con los requisitos de los distintos sectores.
- Autenticación por identificador de usuario y contraseña.
- Sistema de Alarmas:
 - Avisos de bit
 - Avisos analógicos
 - Clases de avisos de libre elección (p. ej.: avisos de evento/fallo) para definir el modo de acuse y la representación de eventos de aviso
 - Historial de avisos
- Administración de recetas
- Textos de ayuda para sinópticos de proceso, avisos y variables
- Funciones de cálculo
- Monitoreo de límites para conducción segura del proceso en entradas y salidas
- Pilotos para señalar el estado de máquinas e instalaciones
- Planificador de tareas para la ejecución cíclica de funciones
- Sistema de plantillas
- Creación de plantillas de pantalla (los elementos de pantalla configurados en la plantilla aparecen en cada pantalla)
- De fácil y cómodo mantenimiento y configuración, gracias a:
 - Posibilidad de salvar y restaurar (backup/restore) la configuración, el sistema operativo y el firmware en un PC utilizando Pro Save.

- Descarga de la configuración vía MPI/PROFIBUS DP o Ethernet
- Detección automática de transferencia
- Ajuste personalizado del contraste y calibración
- Imagen de limpieza
- No requiere pila

3.1.2.1.4.2. DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN (HMI-KTP 600)

FIGURA No. 76 : CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN

HMI-KTP600

	6AV6 647-0AA11- 647-0AG11- 3AX0	6AV6 647-0AB11- 3AX0	6AV6 647-0AD11- 3AX0	6AV6 647-0AF11- 3AX0	6AV6 3AX0
Nombre del producto SIMATIC TP1500	SIMATIC KTP400 Basic mono PN	SIMATIC KTP600 Basic mono PN	SIMATIC KTP600 Basic color PN	SIMATIC KTP1000 Basic color PN	
Tensión de alimentación	24 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC
Tensión de alimentación					
Rango permitido	+19,2 Va +28,8 VDC	+19,2 Va +28,8 VDC	+19,2 Va +28,8 VDC	+19,2 Va +28,8 VDC	+19,2 Va +28,8 VDC
Intensidad nominal	0,07 A	0,24 A	0,35 A	0,6 A	0,24 A
Memoria					
Tipo de memoria					
Tipo	Flash/ RAM	Flash/ RAM	Flash/ RAM	Flash/ RAM	Flash/ RAM
Memoria usable para datos de proyecto/Opciones	512 kbytes de memoria de usuario	512 kbytes de memoria de usuario	512 kbytes de memoria de usuario	1024 kbytes de memoria de usuario	1024 kbytes de memoria de usuario
Hora					
Reloj •Tipo	Reloj por software, sin respaldo	Reloj por software, sin respaldo	Reloj por software, sin respaldo	Reloj por software, sin respaldo	Reloj por software, sin respaldo
Informes (logs)					
Protocolos(conexión a terminal) •Sm@rt Access	No	No	No	No	No
Configuración	WinCC flexible	WinCC flexible	WinCC flexible	WinCC flexible	WinCC flexible
Herramienta de	Compacta partir de	Compacta partir de	Compacta partir	Compacta partir de	Compacta partir de

configuración	versión 2008 (debe adquirirse por separado)	versión 2008 (debe adquirirse por separado)	de versión 2008 (debe adquirirse por separado)	versión 2008 (debe adquirirse por separado)	versión 2008 (debe adquirirse por separado)
Display					
Tipo de display	STN, tonos de gris	STN, tonos de gris	TFT,256 colores	TFT,256 colores	TFT,256 colores
Tamaño	3,8 pulgadas	5,7 pulgadas	5,7 pulgadas	10,4 pulgadas	15 pulgadas
Resolución (An x Al en píxeles)	320 x 240 aprox. 30000 h	320 x 240 aprox. 50000h	320 x 240 aprox. 5000h	640 x 480 aprox. 50000h	1024 x 768 aprox. 50000h
•MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)					
Modo de operación					
Elementos de mando	Teclado de membrana	Teclado de membrana	Teclado de membrana	Teclado de membrana	Pantalla táctil
Teclas de función, programables	4 teclas de función	6 teclas de función	6 teclas de función	8 teclas de función	ninguno
Conexión para ratón/teclado/lector de códigos de barra	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
•Pantalla táctil •Teclado numérico/alfanumérico	analógica, resistiva Sí/ Sí	analógica, resistiva Sí/ Sí	analógica, resistiva Sí/ Sí	analógica, resistiva Sí/ Sí	analógica, resistiva Sí/ Sí
Condiciones ambientales					
Posición de montaje	vertical	vertical	vertical	vertical	vertical
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	+/-35 °	+/-35 °	+/-35 °	+/-35 °	+/-35 °
Humedad relativa máx. (En %)	90%	90%	90%	90%	90%
Temperatura					
•En servicio(montaje vertical)	0 °C a +50°C	0 °C a +50°C	0 °C a +50°C	0 °C a +50°C	0 °C a +50°C
•En servicio(máx. ángulo de inclinación)	0 °C a +40°C	0 °C a +40°C	0 °C a +40°C	0 °C a +40°C	0 °C a +40°C
•En transporte, almacenamiento	-20 °C a +60°C	-20 °C a +60°C	-20 °C a +60°C	-20 °C a +60°C	-20 °C a +60°C
Grado de protección					
Frente	IP65,NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12 (montado)	IP65,NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12 (montado)	IP65,NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12 (montado)	IP65,NEMA 4x, NEMA 12 (montado)	IP65,NEMA 4x, NEMA 12 (montado)
Lado posterior	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Certificaciones y normas	CE,UL, cULus, NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12	CE,UL, cULus, NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12	CE,UL, cULus, NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12	CE,UL, cULus, NEMA 4x, NEMA 12	CE,UL, cULus, NEMA 4x, NEMA 12
Periferias/Opciones					
Periféricos	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno

Tipo de salida					
Colores LED	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno
Acústica	Señal acústica	Señal acústica	Señal acústica	Señal acústica	Señal acústica
Interfaces					
Interfaces	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)
Slot para tarjeta PC	No	No	No	No	No
Slot para tarjeta CF	No	No	No	No	No
Slot para tarjeta Multimedia	No	No	No	No	No
USB	No	No	No	No	No
Ethernet	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)	1 x Ethernet(RJ45)
Sistemas operativos					
Sistema operativo				LINUX	LINUX
Procesador					
Procesador	RISC32 bits,75	RISC32 bits, 75 MHz	RISC32 bits, 75 MHz	RISC32 bits	RISC32 bits,200
Funcionalidad bajo WinCC flexible					
Aplicaciones/opciones	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno
N° de scripts Visual Basic	no es posible	no es posible	no es posible	no es posible	no es posible
Planificador de tareas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Sistema de ayuda	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estado/forzado	no es posible	no es posible	no es posible	no es posible	no es posible
Sistema de alarmas (avisos)					
•Número de avisos	200	200	200	200	200
•Avisos de bit	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
•Avisos analógicos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
•Búfer de avisos	Búfer de avisos (n x 256 entradas), no remanente	Búfer de avisos (n x 256 entradas), no remanente	Búfer de avisos (n x 256 entradas), no remanente	Búfer de avisos (n x 256 entradas), no remanente	Búfer de avisos (n x 256 entradas), no remanente
Recetas					
•Recetas					
•Registros por receta	5	5	5	5	5
•Entradas por registro	20	20	20	20	20
•Memoria de recetas	40 kbytes en Flash integrada	40 kbytes en Flash integrada	40 kbytes en Flash integrada	32 kbytes en Flash integrada	32 kbytes en Flash integrada
N° de sinópticos de proceso					
•Sinópticos de proceso	50	50	50	50	50
•Variables	128	128	128	256	256
•Valores límite	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
•Multiplexar	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Elementos de imagen					
•Objetos gráficos	Mapas de bits, iconos, icono (pantalla completa),	Mapas de bits, iconos, icono (pantalla	Mapas de bits, iconos ,icono (pantalla	Mapas de bits, iconos, icono (pantalla completa),	Mapas de bits, iconos, icono (pantalla completa),

•Objetos dinámicos	gráficos vectoriales Diagramas	completa), gráficos vectoriales Diagramas	completa), gráficos vectoriales Diagramas	gráficos vectoriales Diagramas	gráficos vectoriales Diagramas
Listas					
•Listas de textos					
•Listas de gráficos	150	150	150	150	150
•Librerías	100	100	100	100	100
	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Seguridad					
•Número de grupos de usuarios	50	50	50	50	50
•Contraseñas	No	No	No	No	No
exportables	32	32	32	32	32
•Número de derechos de usuario					
Soporte de datos posibles					
•Tarjeta PC	No	No	No	No	No
•Tarjeta CF	No	No	No	No	No
•Multimedia Card	No	No	No	No	No
Listado					
•Listado/impresión	PROFINET	PROFINET	PROFINET	PROFINET	PROFINET
Fuentes					
•Fuentes de teclado	USA(inglés)	USA(inglés)	USA(inglés)	USA(inglés)	USA(inglés)
Idiomas					
•Idiomas online	5	5	5	5	5
•Idiomas de proyecto	D, GB, F,I, E,CHN "tradicional", CHN "simplificado", DK, FIN,GR,J, KP/ROK,NL,N,PL, P,RUS,S,CZ / SK, TR,H WinCC flexible- Standard,	D, GB, F,I, E,CHN "tradicional", CHN "simplificado", DK, FIN,GR,J, KP/ROK,NL,N,PL, P,RUS,S,CZ / SK, TR,H WinCC flexible	D, GB, F,I, E,CHN "tradicional", CHN "simplificado", DK, FIN,GR,J, KP/ROK,NL,N,PL, P,RUS,S,CZ / SK, TR,H WinCC flexible	D, GB, F,I, E,CHN "tradicional", CHN "simplificado", DK, FIN,GR,J, KP/ROK,NL,N,PL, P,RUS,S,CZ / SK, TR,H WinCC flexible Standard,	D, GB, F,I, E,CHN "tradicional", CHN "simplificado", DK, FIN,GR,J, KP/ROK,NL,N,PL, P,RUS,S,CZ / SK, TR,H WinCC flexible Standard,
•Juegos de caracteres	ideogramas	Standard, ideogramas	Standard, ideogramas	ideogramas	ideogramas
Transferencia(carga/de scarga)					
•Transferencia de la configuración	Ethernet, detección automática de transferencia	Ethernet, detección automática de trans- ferencia	Ethernet, detección automática de transferencia	Ethernet, detección automática de trans- ferencia	Ethernet, detección automática de trans- ferencia
Acoplamiento al proceso					
•Conexión al PLC	S7-200, S7-300/400, WinAC, PC(TCP/IP) ver Catálogo ST 80	S7-200, S7-300/400, WinAC, PC(TCP/IP) ver Catálogo ST 80	S7-200, S7-300/400, WinAC, PC(TCP/IP) ver Catálogo ST 80	S7-200, S7-300/400, WinAC, PC(TCP/IP) ver Catálogo ST 80	S7-200, S7-300/400, WinAC,PC(TCP/IP) ver Catálogo ST 80
Ampliabilidad/compatib ilidad					
•Open Platform Program	No	No	No	No	No

Dimensiones					
Frente de la caja(An x Al)	140 mm x 116 mm	214 mm x 158 mm	214 mm x 158 mm	335 mm x 275 mm	400 mm x 310 mm
Hueco de montaje/ profundidad del equipo (An x Al/P)en mm	123 mm x 99 mm / 40 mm de profundidad del equipo	197 mm x 141 mm / 44 mm de profundidad del equipo	197 mm x 141 mm / /	310 mm x 248 mm / 60 mm de profundidad del equipo	367 mm x 289 mm / 60 mm de profundidad del equipo
Dimensiones y peso					
Peso					
•Peso	0,33 kg	1,1 kg	1,1 kg	2,5 kg	4,2 kg

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

3.1.2.1.5. MÓDULO ANALÓGICO SB 1232 DE I AO en U/I⁶⁸

FIGURA No. 77: MÓDULO ANALÓGICO SB 1232



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

3.1.2.1.5.1. GAMA DE APLICACIÓN

La Signal Board SB 1232 de salida analógica ofrece la posibilidad de utilizar salidas analógicas.

Esto otorga al usuario las siguientes ventajas:

⁶⁸ SIEMENS. “*Simatic S7 Controlador Programable S7-1200-Manual del Sistema*”. Abril 2009. Pp. 13-14.

- **Adaptación óptima:**

Cuando se dispone de poco espacio, o si se requieren sólo unas pocas entradas/salidas adicionales, se pueden utilizar Signal Boards. Cada CPU S7-1200 se puede ampliar modularmente con una Signal Board. Esto no aumenta las necesidades de espacio para el montaje del controlador.

- **Conexión directa de sensores y actuadores:**

Hasta 14 bits de resolución y diferentes rangos de salida permiten la conexión de actuadores sin amplificadores adicionales.

- **Flexibilidad:**

En caso de ampliar posteriormente la tarea, el controlador se puede actualizar. Entonces la corrección del programa de usuario resulta sumamente sencilla.

3.1.2.1.5.2. DATOS TÉCNICOS DEL MODULO ANALÓGICO SB 1232

FIGURA No. 78: DATOS TÉCNICOS DEL MODULO ANALÓGICO SB 1232

6ES7 232-4HA30-0XB0	
Nombre del producto	SB 1232 1 x AO
Tensiones de alimentación	
Alimentación de transductores de medida	
• Intensidad de alimentación, máx.	25 mA
Consumo	
del bus de fondo, 5 V DC, típ.	15 mA
Consumo/pérdidas	
Pérdidas, típ.	1,5 W
Entradas analógicas	
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• -10 ... +10 V	Sí
• Resistencia de entrada (-10 ... +10 V)	1000 ohmios
Salidas analógicas	
Número de salidas analógicas	1
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx.	Tensión: 300 μ s (R), 750 μ s (1 μ F) Intensidad: 600 μ s (1 mH), 2 ms (10 mH)
Rangos de salida, tensión	
• -10 ... +10 V	Sí

Rangos de salida, intensidad	
• 0 ... 20 mA	Sí
Resistencia de carga (en área nominal de la salida)	
• para salidas de tensión, mín.	1000 ohmios
• para salidas de intensidad, máx.	600 ohmios
Formación de valores analógicos	
Principio de medición	Diferencial
Tiempo de integración y de conversión/resolución por canal	
• Resolución (inclusive rango de rebase)	U / 12 bits, I / 11 bits
Filtrado de valores medidos	
• parametrizable	Sí
Formación de valores analógicos (en modo isócrono)	
Longitud de cable	
• Longitudes del cable con pantalla, máx.	10 m; trenzado
Error/precisión	
Error por temperatura (referido al rango de salida)	25°C ± 0,5% a 55°C ± 1%
Información de estado/ alarmas/diagnóstico	
Alarmas	
• Alarmas	Sí
Diagnósticos	
• Funciones de diagnóstico	Sí
LED señalizadores para diagnóstico	
• del estado de las salidas	Sí
Condiciones climáticas y mecánicas para el almacenamiento y transporte	
Condiciones climáticas para el almacenamiento y transporte	
• Caída libre	
- altura de caída máx. (en el embalaje)	0,3 m; cinco veces, en el embalaje del envío
• Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
- presión atmosférica admisible	1080 ... 660 hPa
• Humedad relativa	
- rango admisible (sin condensación) a 25 °C	95%
Condiciones mecánicas y climáticas durante el funcionamiento	
Condiciones climáticas durante el funcionamiento	
• Temperatura	
- rango de temperatura admisible	0° C ... 55° C montaje horizontal 0° C ... 45° C montaje vertical

Grado de protección	
IP20	Sí
Mecánica	
Tipo de caja (en frente)	
• Plástico	Sí
Dimensiones y peso	
Dimensiones y peso	
• Ancho	38 mm
• Alto	62 mm
• Fondo	21 mm
Peso	
• Peso, aprox.	40 g

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200
Autor: SIEMENS

3.1.2.1.6. CRITERIO DE SELECCIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL

Se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- Caudal del punto de operación del sistema: 47 L/min
- Fluido de trabajo: Agua a temperatura ambiente
- Tipo de sensor de preferencia: Tipo turbina (más usado y comercial)
- Diámetro de ingreso y salida del sensor: rango entre ½" y ¾".
- Señal de transmisión del transmisor: 0 -10 VDC o 4 20 mA.

De acuerdo con las anteriores características se ha empleado el siguiente sensor:

3.1.2.1.6.1. SENSOR DE CAUDAL FOTEK KTM 15 SERIES

El sensor seleccionado para la implementación del módulo didáctico de control es un sensor de caudal tipo turbina el cual será conectado al PLC –Siemens S7-1200, registrará datos en forma de señales de Voltaje. A continuación se presentan las características técnicas del sensor. Para una mayor información del Sensor seleccionado revisar el Anexo 1.

FIGURA No. 79 :DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE CAUDAL FOTEK KTM-SERIES

◆ General data / 共同規格		Description		
Specification	規格			
Fluid	量測液體	Water or Chemical fluid		
Accuracy	量測精度	± 1.0% of F.S. @ 25°C		
Flow velocity	最大流速	10 m / s max.		
Low cut	最小流速	0.3 m / s min.		
Operating press.	工作壓力	5 kg / cm ²		
Range ability	流量範圍	10 : 1		
Response time	反應時間	Real time		
Material	材質	Paddle : Tefzel ; Body : PP		
Operating temperature	工作溫度	*PVC, < 50°C / *PP, < 80°C / *PF, < 100°C / *ST, < 120°C		
Operating circumstance	工作環境	-20°C ~ +80°C ; 35% ~ 85% RH		
Protection class	保護等級	IP-65		
Approval	認證	CE		
◆ Specification / 規格		Flow meter		Flow sensor
Product	產品			
Model	型號	KTS-□□	KTP-□□	KTM-□□
Operating voltage	工作電壓	10 ~ 30VDC		12~24VDC
Current consumption	消耗電流	60mA max.		60mA max.
Flow rate meter(LPM) 瞬間流量計		0.0 ~ 999.9 LPM (4 digits)		Non
Control output (LPM) 控制輸出	Relay	NPN (150mA max.)		Non
Flow Total meter (FTM) 總流量計	Non	0 ~ 999999 (6 digits)		Non
Control output (FTM) 控制輸出	Non	NPN (150mA max.)		Non
Transmitter 傳感器	NPN Pulse output	Non	4~20mA / 0~5V	4~20mA / 0~5V
Communication 通訊模式	Non	RS-485(Optional)	Non	Non
Approval	認證	CE		

Fuente: Manual de Instrucción
 Autor: FOTEK

De acuerdo con el fabricante, la solución de conversión de la señal de corriente de 4 -20 mA para señal de voltaje de 2 – 10 V, aconseja que la solución más simple y precisa es la de colocar una resistencia de 500 ohm.

3.1.2.1.7. VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER –ATV 12 H075M2⁶⁹

FIGURA No. 80: VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER -ATV 12 H075M2



Fuente: Manual del Usuario ATV-12
 Autor: Schneider Electric

⁶⁹ SCHNEIDER ELECTRIC. “Altivar 12. Variadores de Velocidad –Catálogo 2009”.2009 .pp. 13-14

El variador utilizado para la implementación del módulo de control de Caudal es un Variador de Velocidad Schneider Altivar 12.

El variador Altivar 12 es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de 200...240 V de potencia comprendida entre 0,18 kW y 4 kW. La sencilla instalación de Altivar 12, basada en el principio de "plug & play" (enchufar y usar), su tamaño compacto, sus funciones integradas y su versión sin radiador lo hace especialmente adecuado para aplicaciones que impliquen el uso de máquinas industriales simples y ciertas máquinas de consumidor.

Ejemplos de soluciones ofrecidas:

- Variador configurado en fábrica para arranque sin necesidad de ajuste.
- Herramienta de configuración "Multi-Loader" para cargar una configuración en el variador sin sacarlo de su embalaje.
- Terminales etiquetados para reducir el tiempo de cableado; identificación del variador en el panel frontal.

3.1.2.1.7.1. APLICACIONES

3.1.2.1.7.1.1. APLICACIONES PARA MÁQUINAS INDUSTRIALES SIMPLES

- Manutención (transportadores pequeños, etc.).
- Embalaje (máquinas de etiquetado pequeñas, máquinas de embolsadas pequeñas, etc.).
- Aplicaciones de bombeo (bombas de succión, bombas centrifugas, bombas de circulación, estaciones mono bomba y multi bomba, etc.)

- Maquinas equipadas con un ventilador (extracción de aire o humo, máquinas para fabricación de película de plástico, hornos, calderas, máquinas de lavado, etc.).

3.1.2.1.7.1.2. APLICACIONES PARA MÁQUINAS DE CONSUMIDOR

- Mantenimiento (barreras de acceso, vallas publicitarias giratorias, etc.)
- Máquinas para áreas relacionadas con la salud (camas médicas , equipos de hidromasaje , máquinas de correr , etc.).
- Máquinas para la industria alimenticia y de bebidas (trituradoras, amasadoras, mezcladoras, etc.).

3.1.2.1.7.2. FUNCIONES

Además de las funciones normalmente disponibles en este tipo de variador, el variador Altivar 12 también ofrece lo siguiente:

- Cambio entre control local y control a través de los terminales.
- Leyes de control de motor: estándar, prestaciones y bomba/ventilador.
- Frecuencias ocultas.
- Velocidades preseleccionadas.
- Regulador PID.
- Rampa en S, rampa en U, conmutación de rampa.
- Parada en rueda libre, parada rápida.
- Marcha Jog.
- Configuración de las entradas/salidas lógicas y analógicas.
- Detección de sub carga y sobrecarga.

- Visualización del estado de las entradas lógicas en la pantalla del variador.
- Configuración del modo de visualización de los parámetros.
- Registro de errores, etc.

Para verificar los datos técnicos detallados, de programación, instalación y de control estarán registrados en el Anexo 2.

3.1.2.1.7.3. DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER ATV 12 H075M3

A continuación veremos las principales características Técnicas del Variador de Velocidad, así tenemos:

FIGURA No. 81 : CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

CARACTERÍSTICAS DE ACCIONAMIENTO		
Rango de frecuencia de salida	Hz	0.5.....400
Frecuencia de conmutación configurable	Khz	<p>Frecuencia de conmutación nominal: 4 kHz sin desclasificación de corriente en funcionamiento continuo.</p> <p>Ajustable durante el funcionamiento desde 2 hasta 16 kHz</p> <p>Por encima de 4 kHz en funcionamiento continuo, desclasificar la corriente nominal del variador:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10% para 8 kHz • 20% para 12 kHz • 30% para 16 kHz <p>Por encima de 4 kHz, el variador reducirá la frecuencia de conmutación automáticamente en caso de un aumento excesivo de la temperatura.</p>

Rango de velocidad		1...20
Sobrepasar transitorio		150...170% del par nominal en función del rango del variador y del tipo de motor
Par de frenado		<ul style="list-style-type: none"> Hasta el 70% del par nominal sin resistencia Hasta el 150% del par del motor nominal con unidad de frenado a inercia alta
Corriente transitoria máx.		150% de la corriente nominal del variador durante 60 segundos
Leyes de control de motor		<ul style="list-style-type: none"> Perfil estándar (relación tensión/frecuencia) Perfil de prestaciones (control de vector de flujo sin sensor) Perfil de bomba/ventilador (relación cuadrática de Kn^2)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA

Fuente de Alimentación	Tensión	V	Monofásica de 100 – 15% a 120 + 10% para ATV 12.....F1 Monofásica de 200 – 15% a 240 + 10% para ATV 12.....F1 Trifásica de 200 – 15% a 240 + 10% para ATV 12.....F1	
	Frecuencia	Hz	50...60 +- 5%	
	Isc (Corriente de Corto Circuito)	A	≤ 1000 (Isc en el punto de conexión) para tensión de alimentación monofásica ≤ 5000 (Isc en el punto de conexión) para tensión de alimentación trifásica	
Tensiones de suministro y salidas del variador			Tensión de Alimentación	Tensión de salida del Variador
	ATV 12.....F1	V	Monofásica de 100...120	Trifásica de 200...240

	ATV 12.....M2	V	Monofásica de 200...240
	ATV 12.....M3	V	Trifásica de 200...240
Longitud Máxima del Cable del Motor	Cable Apantallado	m	50
	Cable No Apantallado	m	100
Nivel de Ruido del Variador	ATV 12 H018F1, H037F1 ATV 12H018M2...H0 75M2 ATV 12 H018M3...H075 M3 ATV 12P.....	dBA	0
	ATV 12H075F1 ATV 12HU15M2, HU22M2	dBA	45
	ATV 12HU15M3...H U40M3	dBA	50
Aislamiento Galvánico			Aislamiento galvánico entre potencia y control (entradas, salidas, suministros de tensión)

REFERENCIAS

Variador de Velocidad Schneider ATV-12 H075M2

Tensión de alimentación monofásica: 200...240 V 50/60 Hz

MOTOR	RED	Potencia	ICC máx.	Corriente	Corriente	Potencia	Referencia	Peso
Potencia indicada en la placa	Corriente de línea máx.	Aparente	posible de línea	de salida continua máxima	Corriente transitoria máxima durante	disipada con corriente		

						60 s	de salida máxima (In)			
Kw	Hp	A	A	KVA	kA	A	A	W	Modelo	Kg
0.75	1	10.2	8.5	3.5	1	4.2	6.3	44	ATV 12 H075M2	0.8

Fuente: Manual del Usuario ATV-12
Autor: Schneider Electric

3.1.2.1.8. SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO STRONGER CM18-3008 PC DE TIPO PNP

Un sensor capacitivo permite la detección sin contacto de materiales conductores y no conductores, como pueden ser madera vidrio, cartón, plástico, cerámica, fluidos , entre otros .

Al ser de tipo PNP posee una característica importante, el polo positivo del sensor conmuta únicamente a la carga.

Al poseer cuatro hilos del sensor, dos de ellos son utilizados para alimentación y los otros dos proporcionan dos señales de salida una antivalente a la otra. Para el caso que se presenta únicamente se conectarán tres hilos, marrón (Terminal Positivo), azul (Terminal Negativo) y el hilo negro (Salida de Señal), debido a la disposición en el Tablero del Diseño Eléctrico del Módulo.

3.1.2.1.8.1. PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS SENSORES DE PROXIMIDAD⁷⁰

- Control de Nivel de Depósitos
- Control de Nivel de Tolvas o Silos
- En bobinados de hilo , señalización de la rotura de hilo
- En bobinados de papel , señalización de la rotura de hilo

⁷⁰ PIEDRAFITA, Ramón. *"Ingeniería de la Automatización Industrial"*. 2 da ed. Madrid/España. Alfaomega RA-MA. 2004 .pp. 65-67

La carga activa del sensor de Proximidad o Detector de Proximidad Capacitivo está formada por dos electrodos metálicos colocados concéntricamente, esto es similar como dos electrodos de un condensador abierto. Las caras de este condensador forman un acoplamiento reactivo con un oscilador de alta frecuencia, regulado de tal forma que no provoca interferencias en el caso de la cara activa libre. Si el objeto se aproxima a la cara activa se introduce en el campo eléctrico de los electrodos lo que provoca un aumento del acoplamiento capacitivo de los electrodos y el oscilador comienza a oscilar. Los sensores capacitivos pueden ser influenciados tanto por objetos conductores como por lo que no son conductores.

La distancia de trabajo de un detector dependerá del valor de la constante dieléctrica (ϵ_r) del material a detectar. Cuanto mayor es más fácilmente se detectará el material. La distancia de trabajo depende de la naturaleza del objeto en cuestión.

La siguiente fórmula se utiliza para determinar la distancia de trabajo, así tenemos:

$$St = Sn * Fc$$

St=Distancia de Trabajo

Sn=Distancia Nominal del detector

Fc Factor de corrección relacionado con el material del objeto a detectar

La siguiente tabla muestra los valores de la constante dieléctrica y del factor de corrección de la distancia de detección de diversos materiales:

TABLA V

FACTOR CORRECTOR EN DETECTORES CAPACITIVOS

Material	ϵ_r	Fc
Aire	1	0
Alcohol	24	0.85
Acetona	20	0,8
Amoniaco	15...25	0,75...0,85

Madera Seca	2...7	0,2...0,6
Madera Húmeda	10...30	0,7...0,9
Caucho	2,5.....3	0,3
Cemento (Polvo)	4	0.35
Agua	80	1
Gasolina	2,2	0,2
Harina	2,5.....3	0,2...0,3
Aceite	2,2	0,2
Mica	6...7	0,5...0,6
Nylon	4...5	0,3...0,4
Papel	2...4	0,2...0,3
Parafina	2...2,5	0,2
Plexiglass	3,2	0,3
Resina Poliéster	2,8....8	0,2...0,6
Poliestireno	3	0,3
Arena	3...5	0,3...0,4
Sal	6	0,5
Azúcar	3	0,3
Teflón	2	0,2
Vidrio	3...10	0,3...0,7

Fuente: Ingeniería de la Automatización Industrial

Autor: PIEDRAFITA, Ramón

Para nuestro caso el material a detectar es Agua cuyo factor de Corrección (Fc) es de 1 y la distancia nominal del sensor es de 8 mm. , por lo tanto la distancia de trabajo es:

$$St= 8 \text{ mm} * 1$$

$$St= 8 \text{ mm.}$$

La aplicación de este sensor en el Proyecto de investigación es la detección del nivel de líquido en el tanque de depósito cuyo material es

de policarbonato o plástico, como el líquido en este caso el Agua posee una constante dieléctrica mucho mayor que el plástico. Esto permite que el sensor detecte el líquido “Atravesando” el envase o tanque.



Fuente: Datos Técnicos del Sensor
Autor: STRONGER

3.1.2.1.8.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO STRONGER CM18-3008PC

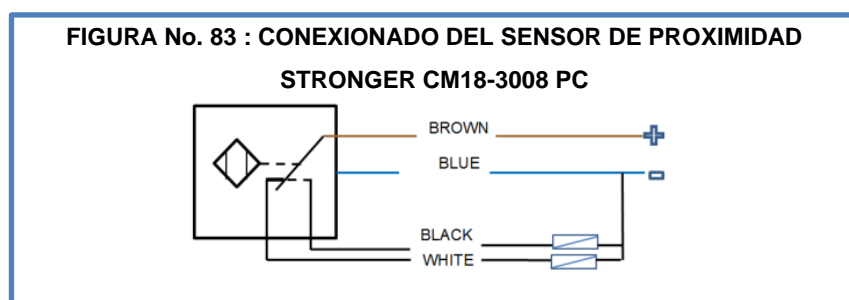
3.1.2.1.8.2.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

TABLA VI
**CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD
STRONGER CM18-3008 PC**

CARACTERÍSTICAS	VALOR
U	6-36VDC
I	200mA.
Sn	0-8mm.

Fuente: Placa de Datos Técnicos del Sensor
Autor: STRONGER

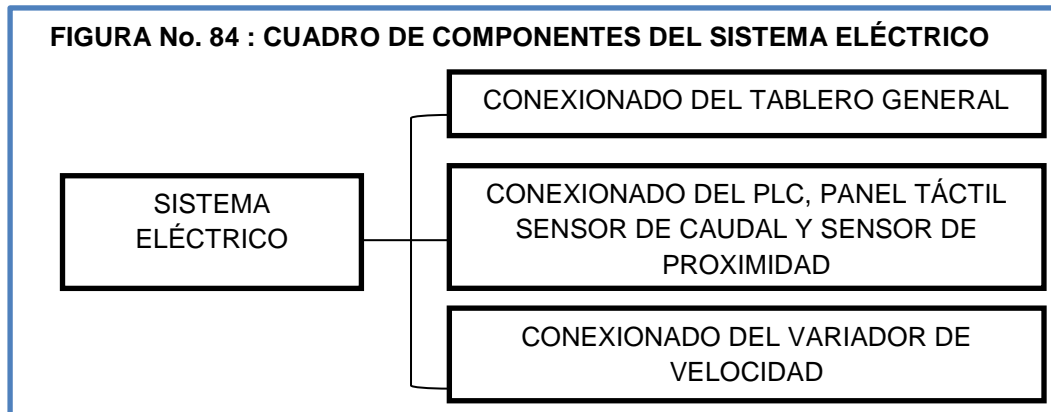
3.1.2.1.8.2.2. CONEXIONADO



Fuente: Placa de Datos Técnicos del Sensor
Autor: STRONGER

3.1.2.2. SISTEMA ELÉCTRICO

El diseño de la parte eléctrica del Módulo Didáctico está dividido de la siguiente manera:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

3.1.2.2.1. CONEXIONADO DEL TABLERO GENERAL

3.1.2.2.1.1. MATERIALES UTILIZADOS

El siguiente cuadro muestra la relación de Materiales utilizados para el conexionado del Tablero General, así tenemos:

FIGURA No. 85 :CUADRO DE COMPONENTES DEL CONEXIONADO DEL TABLERO GENERAL

COMPONENTE	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
TABLERO DE ACERO PARA CONEXIONES ELÉCTRICAS.		Dimensiones: 40 x 30 x 15 cm. Material: Acero

<p>INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO</p>	 	<p>Modelo: LS-BKN C-16 Voltaje : 600V~ VER ANEXO: 3</p>
<p>INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO</p>	 	<p>Modelo: Stronger SGMGK/2-C10. IEC 80898 Voltaje : 230/400 V</p>
<p>POTENCIÓMETRO SCHNEIDER</p>		<p>Modelo: Schneider Electric SZ1-RV-1202 Potencia: 2.2 kΩ VER ANEXO: 4</p>
<p>LÁMPARA LED-PILOTO</p>	 	<p>Modelo: Stronger AD 22- 22 DS Voltaje: 220 AC Corriente : ≤ 20 mA.</p>

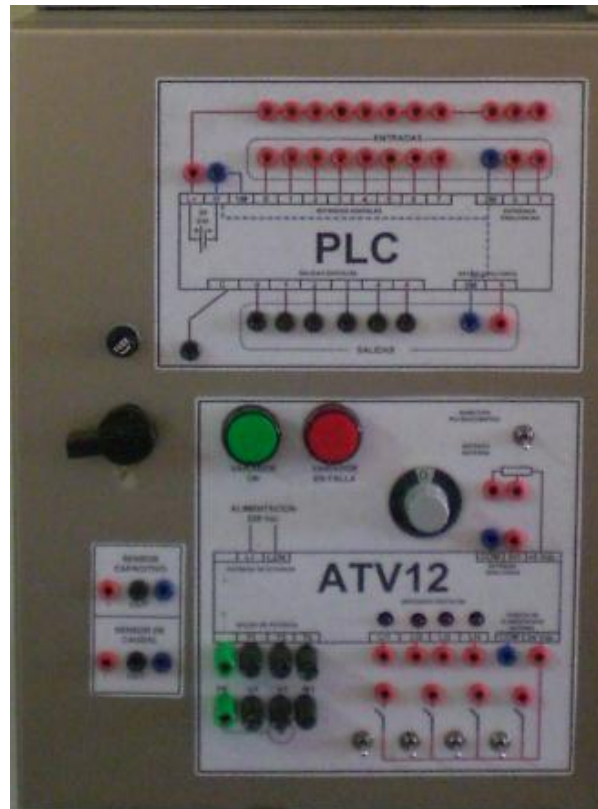
<p>BORNERA HEMBRA</p>		
<p>MANGUERA DE CONDUIT DE ½"</p>		
<p>PRENSAESTOPAS PARA TUBO CONDUIT DE ½"</p>		
<p>SWICH DE CODILLO</p>		<p>Corriente: 6A/3A. Voltaje : 126VAC/250VAC</p>
<p>PORTAFUSIBLE</p>		
<p>LED Y PORTALED</p>		

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

3.1.2.2.1.2. DISTRIBUCIÓN DE CONEXIONES DEL TABLERO GENERAL

A continuación se describirá la distribución de conexiones provenientes del Tablero General hacia la Planta de control tal como se puede mostrar en la siguiente figura:

**FIGURA No. 86: DISTRIBUCIÓN DE CONEXIONES
PROVENIENTES DEL TABLERO GENERAL**



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

La distribución del conexionado eléctrico se encuentra registrada en los Planos de Diseño Eléctrico en el Anexo 24.

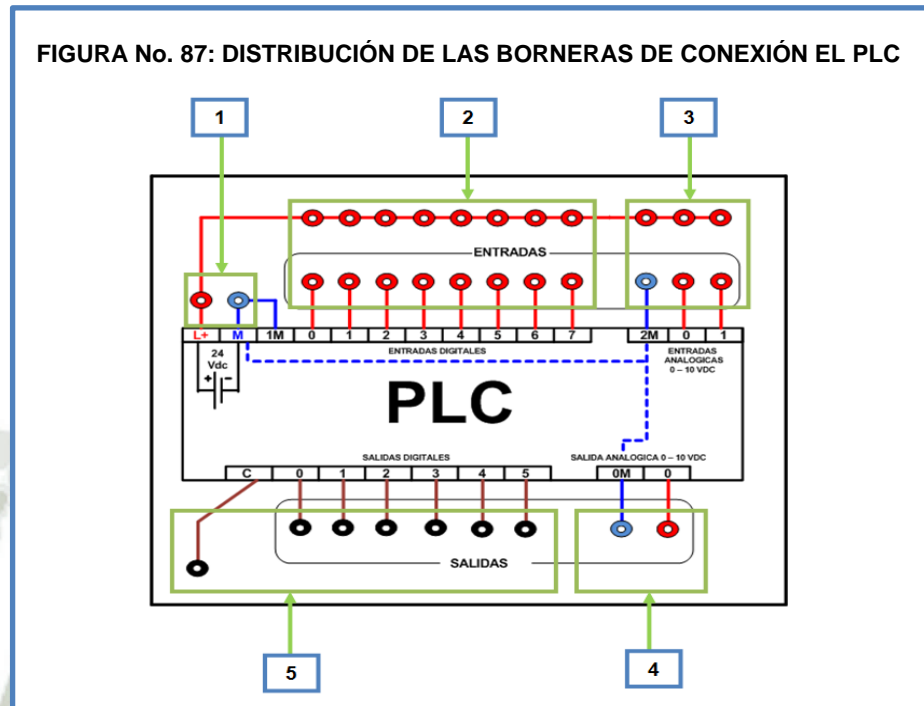
3.1.2.2.2. CONEXIONADO DEL PLC, SENSOR DE CAUDAL Y SENSOR DE PROXIMIDAD

Se ha dispuesto por conveniente la independización de los componentes del Módulo, esto con el fin de que el sistema no solo trabaje para el control de caudal trabajando todos los elementos del Módulo, por lo que el usuario pueda probar en forma aislada cada componente por separado.

Esto quiere decir que cuando el usuario quiere hacer una aplicación distinta en lo que se refiere al PLC lo puede trabajar debido a que se

tiene todos sus terminales de conexión, por lo que se podrá desarrollar tareas distintas a la que se concibe el Módulo.

A continuación se describe las borneras de conexión que se van a encontrar en la parte superior del tablero de conexión:

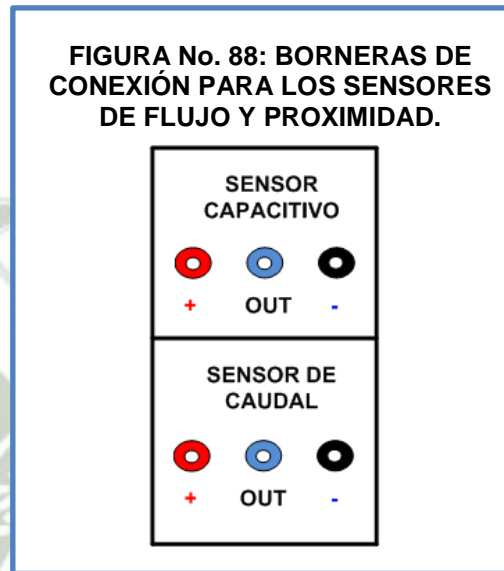


Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

1. Fuente de alimentación interna del PLC para la conexión de los sensores en la interfaz de entrada.
2. Bornera para conexión de sensores de tipo discreto, la tensión de funcionamiento es de 24 VDC. Como se puede ver en el tablero se dispone de 8 sensores de entrada.
3. Bornera de conexión de sensores de tipo analógico, la tensión de funcionamiento es de 0 – 10VDC. Se dispone de dos entradas analógicas.
4. Bornera de conexión para la salida de señal analógica de 0 – 10 VDC. Esta señal fue obtenida gracias al módulo de tarjeta de señal integrada que se acoplo al PLC.
5. Bornera de conexión de señales de salida de tipo relé. Se dispone de 6 salidas.

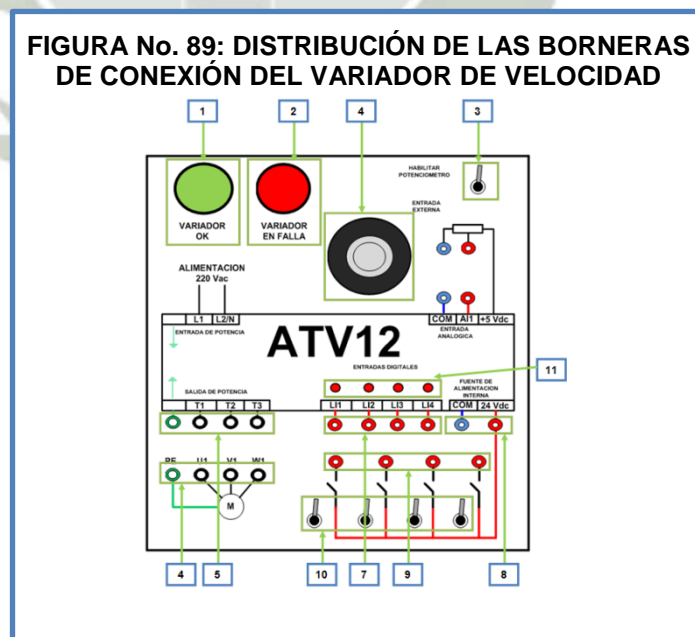
Nota: Para el circuito de salida se ha colocado un porta-fusible para proteger las conexiones del circuito de salida del PLC.

El siguiente esquema muestra las borneras para la conexión del sensor de Flujo y el sensor de Proximidad.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

3.1.2.2.3. CONEXIONADO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD ATV 12 -H075M2



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

1. Indicador luminoso del estado del variador de velocidad, si esta energizado quiere decir que no se presenta ningún problema en el equipo.
2. Indicador luminoso del estado en falla del variador de velocidad, si esta energizado nos indicará que ha ocurrido una falla en el funcionamiento en el variador de velocidad.
3. Interruptor de habilitación de conexión hacia la entrada analógica del variador. Si está en activado en la parte superior, se conectara el potenciómetro externo como elemento que dará la referencia de velocidad (conectar los terminales del potenciómetro mediante conectores bananas a las entradas COM y AI1). Si está activado en la parte inferior la conexión de la entrada analógica se encuentra libre, por lo que podemos conectar externamente una señal de referencia como por ejemplo 0 – 10 VDC (Se deberá conectar en las borneras COM y AI1).
4. Potenciómetro externo, trabajará como referencia de velocidad si se habilita con el interruptor de habilitación.
5. Terminales de potencia de salida del variador de velocidad. En estos terminales se puede conectar un motor para su respectivo control de velocidad. Cabe mencionar que la potencia máxima del motor a conectarse es de 1 HP.
6. Terminales del motor de la electrobomba del módulo.
7. Bornera de entradas digitales del variador de velocidad. Según sea el caso se configuran para que cumplan una determinada función.
8. Fuente interna del variador de velocidad. Su tensión de trabajo es de 24 VDC, se puede utilizar para conectar a elementos externos que pueden ir conectados a las entradas digitales del variador por ejemplo.

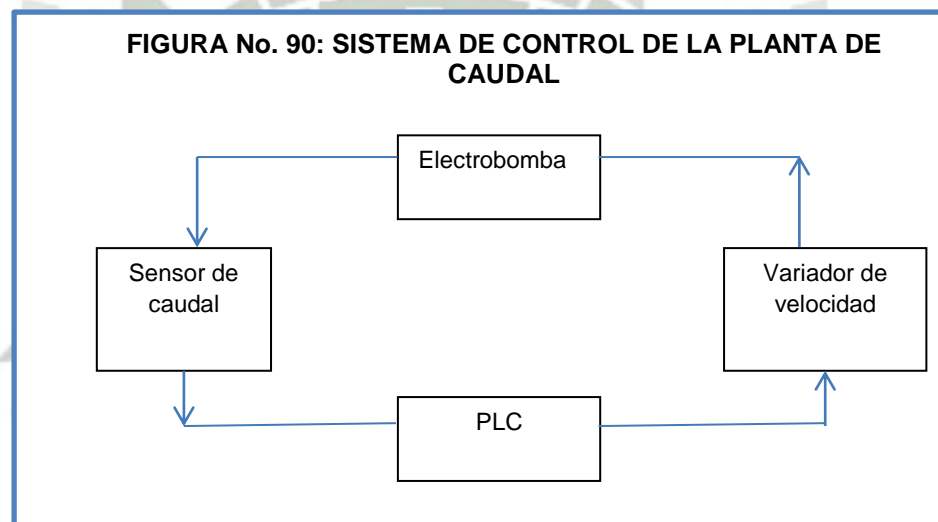
9. Borneras de salida de interruptores, estas borneras son adicionales cuando queremos trabajar con los interruptores, por ejemplo podemos conectarlas a las entradas digitales del variador y configurarlas para que hagan algo.

10. Interruptores que según conexasión pueden utilizarse para determinada función.

11. LED's de indicación, si están encendidos indican que la entrada lógica del variador correspondiente ha sido activada.

3.1.2.3. SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA

El sistema de control del módulo trabajara de la siguiente manera:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El sistema trabaja de la siguiente manera:

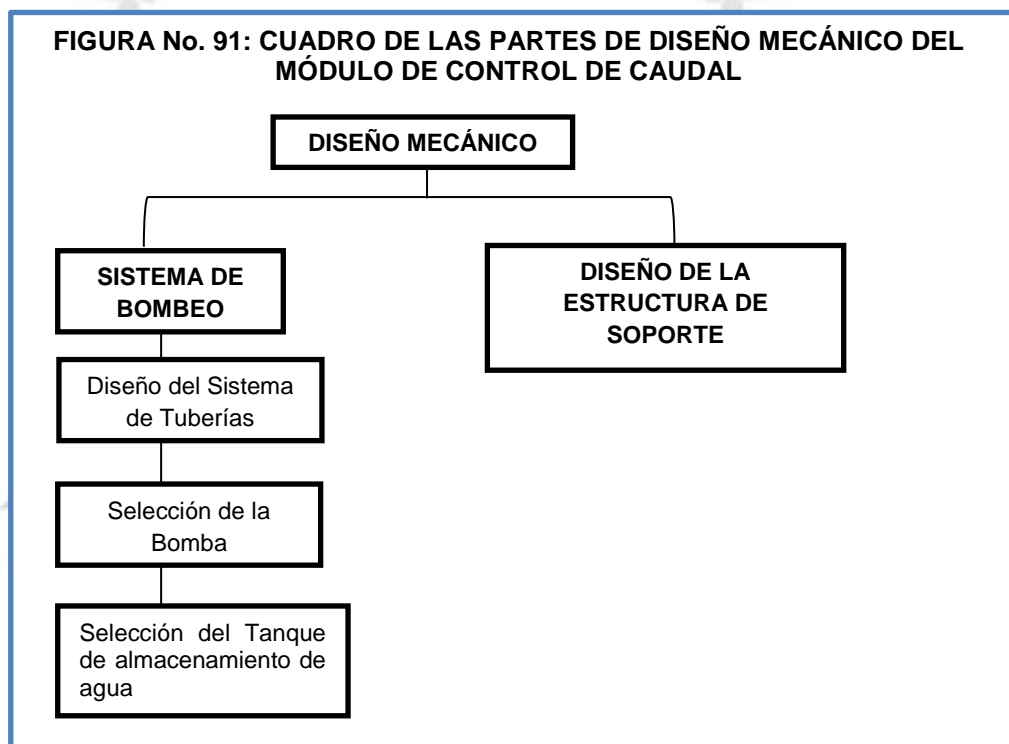
Se tiene un sistema de control de regulación, en este caso de caudal. El objetivo de la regulación es mantener la variable de caudal a un valor constante dado por un valor de consigna, que se debe mantener ante modificaciones de carga (perturbaciones).

Empleamos una electrobomba como elemento que da el caudal al sistema, existe un elemento de medición de caudal, el cual lo empleamos para saber cuanto es el caudal del sistema. La señal del

sensor se envía al controlador, el cual procesa la información y aplica el algoritmo de control (PID) para regular el sistema. La señal de respuesta del PLC es enviada como referencia del variador de velocidad que girara más o menos despacio según el caudal que se quiera regular.

3.1.2.4. DISEÑO MECÁNICO DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL

El diseño mecánico del Módulo Didáctico de Control de Caudal estará dividido de la siguiente manera:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El diseño del módulo didáctico está abocado únicamente a la selección de componentes y materiales que lo conforman, debido a que la finalidad de uso del módulo es el de la Automatización y Control, en este caso el uso del Sensor de Caudal, Manejo del PLC y el sistema SCADA. Por lo cual en la presente investigación sólo se mencionarán los materiales y componentes que han sido utilizados.

3.1.2.4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

3.1.2.4.1.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

Para el diseño de tuberías se han considerado dos factores:

- Factor 1 : Características de la tubería
- Factor 2 : El modelo del sistema de tuberías a construir

FACTOR 1: CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

Las características de la tubería seleccionada se muestran en el siguiente cuadro:

FIGURA No. 92: CUADRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA SELECCIONADA

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Material	Acero Inoxidable
Cédula	40
Diámetro de tubería	$\frac{3}{4}$ " ó 0.75 "

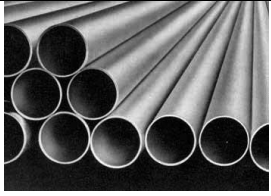
Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

La tubería seleccionada es de espesor Cédula 40 adecuado para trabajo a elevadas temperaturas y presión, por lo que dependiendo de este factor la tubería presenta variaciones en la presión expresada en kg/cm^2 a mayor temperatura de trabajo menor será la presión de trabajo ($29\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 268\text{ kg/cm}^2$ y $482\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 135\text{ kg/cm}^2$).

3.1.2.4.1.1.1. SELECCIÓN DE LA TUBERÍA Y ACCESORIOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA

La tubería que se utilizará en el sistema de Control de Flujo, tendrá las siguientes características:

**FIGURA No. 93 : CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LA
TUBERÍA SELECCIONADA**

MATERIAL DE LA TUBERÍA	DIÁMETRO	CARACTERÍSTICAS ADICIONALES	IMAGEN
Acero Inoxidable	¾" y 1"	La tubería es de tipo Schedule 40 para permitir realizar el roscado de la misma.	

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

En el caso de los accesorios que conforman el sistema de Conducción de Agua se tiene las siguientes características:

FIGURA No. 94 : CUADRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESORIOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE TUBERÍAS

COMPONENTE	MATERIAL	DIÁMETRO	CARACTERÍSTICA	IMAGEN
Codo de 90°	Acero Inoxidable	¾"	Roscado Interior (VER :ANEXO 5)	
Tee	Acero Inoxidable	¾"	Roscado Interior (VER :ANEXO 5)	
Unión Universal	Acero Inoxidable	¾" y 1"	Roscado Interior (VER :ANEXO 5)	

Reducción	Acero Inoxidable	1"-3/4 " 3/4"-1/2 "	Tipo Campana con roscado Interior (VER :ANEXO 5)	
Válvula de Paso	Acero Fundido	3/4"	Tipo Bola (VER :ANEXO 6)	
Válvula Check o de Retención	Acero Fundido	3/4"	(VER ANEXO: 7)	
Grifo	Latón cromado	1/2 "	(VER :ANEXO 5)	

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

3.1.2.4.1.1.2. CRITERIO DE SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS Y ACCESORIOS

La selección de la tubería y los accesorios que la conforman son de material en acero inoxidable, a continuación veremos las bondades que presentan el uso de este material y sus características.

3.1.2.4.1.1.2.1. ACERO INOXIDABLE ASTM 312

La ASTM A312, Especificación para tuberías de acero inoxidable austenítico sin costuras, soldadas y acabadas en frío, es una de las normas que se utiliza para la construcción de plantas.

La especificación A312 abarca las tuberías destinadas a servicios de alta temperatura y corrosivos e indica los requerimientos químicos, de templado, tensión y otros requerimientos para diferentes grados de tuberías, incluidas aquellas que cumplen con el American Society of Mechanical Engineers (Código de recipientes a presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) y el Código de tuberías para plantas químicas y refinerías del American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Normalización). El Subcomité A01.10 sobre Productos tubulares de acero de aleación mantiene esta norma en particular.

3.1.2.4.1.1.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO INOXIDABLE

- **RESISTENCIA A LA CORROSIÓN:** La formación de una fina capa de óxido en su superficie, le concede una elevada resistencia a la corrosión, defendiéndola de la acción de los medios más agresivos, y tornándolo inerte y de durabilidad comprobada.
- **CONFORMABILIDAD:** Se presenta en composiciones químicas con propiedades mecánicas específicas, que posibilitan diversas opciones de conformación. Puede ser plegado, cortado, estampado y soldado, adecuándose a diversas aplicaciones.
- **BELLEZA:** Desde el opaco al espejado, el acero inoxidable ofrece una gran gama de acabados superficiales, brindando recursos visuales y funcionalidad a los productos.
- **VERSATILIDAD:** El Acero Inoxidable es aplicado en diversos sectores de la Industria, atendiendo a las diversas exigencias de variados proyectos. Es suministrado en rollos, hojas, flejes preformas y perfiles.

- **100% RECICLABLE:** Como material noble, el Acero Inoxidable es totalmente reciclable y su reaprovechamiento no interfiere en su calidad.
- **FACILIDAD DE LIMPIEZA:** El material asegura calidad en la asepsia permitiendo total higiene, requisito indispensable en determinadas aplicaciones.

El acero inoxidable ASTM A312-TP340L es de tipo austenítico por lo que presenta las siguientes características:

Los aceros inoxidables austeníticos al Cromo-Níquel tienen un contenido de:

- **CARBONO:** entre 0,02% a 0,25%
- **CROMO:** entre 17,0% a 26,0%
- **NÍQUEL:** entre 7,0% a 22,0%

Poseen características mecánicas muy buenas de gran ductilidad, no son magnéticas y presentan excelente soldabilidad.

De gran aplicación en las industrias químicas, farmacéuticas, de alcohol, aeronáutica, naval, arquitectura, alimenticia, transporte, cubiertos, vajillas, piletas, revestimientos y un sin número de aplicaciones.

A continuación el siguiente cuadro muestra la norma y aplicaciones de fabricación del tubo de INOX A312 TP304L.

La sobra gris en el la tabla señala la norma a la que pertenece el Tubo de INOX seleccionado.

FIGURA No. 95: CUADRO DE NORMA DEL TUBO DE INOX A312 TP304L

Normas		A-554	A-312	A-269	A-249	A-778	A-409	A-358
Aplicación		Trabajos donde se requieren propiedades mecánicas, buenas terminaciones y resistencia a la corrosión	Trabajos en altas o bajas temperaturas Conducción de líquidos corrosivos	Trabajos en altas y bajas temperaturas Trabajos en ambientes corrosivos	Calderas, condensadores, intercambiadores de calor y calentadores	Trabajos en bajas y moderadas temperaturas	Trabajos en altas temperaturas Trabajos en ambientes corrosivos	Trabajos en altas y bajas temperaturas Trabajos en ambientes corrosivos
Diámetro mm.	Diámetro mm.	De 12.7 ± 0.10 a 406.4 (incl) ± 0.64	De 10.29 a 48.26 (incl) ± 0.4/-0.8	Hasta 38.10 (excl) ± 0.13 38.1 a 76.2 (excl) ± 0.25 6.20 a 127 (excl) ± 0.38 127 a 203.2 (excl) + 0.76	Hasta 25.40 (excl) ± 0.1 25.40 a 38.1 (incl) ± 0.15 38.10 a 50.8 a 63.5 (excl) ± 0.25 63.5 a 76.20 (excl) ± 0.3 76.20 a 101.6 (incl) + 0.38 101.6 a 127 (incl) + 0.38/-0.64	De 10.29 a 48.26 (incl) + 0.4/-0.8 48.26 a 114.3 (incl) + 0.8 114.3 a 219.08 (incl) + 1.6/-0.8 219.08 a 457.2 (incl) + 2.4/-0.8 457.2 a 660.4 a 863.6 (incl) + 4/-0.8 863.6 a 1219.2 (incl) + 4.8/-0.8	Para espesor hasta 4.8 (excl) ± 0.20 del O especificado. Para espesores mayores a 4.8 (incl) ± 0.40% del O especificado	± 0.50% del diámetro exterior especificado
	Espesor	+10% del espesor especificado	-12.5% del espesor especificado	Hasta 1/2" (excl) ± 15% Mayor de 1/2" (incl) ± 10	± 10% del espesor especificado	+4.5% -12.5% del espesor especificado	-0.46 mm del espesor especificado	-0.3 mm del espesor especificado
	Longitud	>3000 E < 7300 4.8	-0/+6 mm	hasta 38.1 (excl) - 0/+3.2 38.1 a 203.2 (excl) -0/+4.8	Hasta 50.8 (incl) -0 /+3 mayor de 50.8 0/+5	-0/+6 mm en largos especific. ± 100 mm en largos no especific.	-0/+6 mm en largos especific. ± 100 mm en largos no especific.	-0/+6 mm en largos especific. ± 100 mm en largos no especific.
	Ovalización	1.5% del diámetro exterior especificado	1.5% del diámetro exterior especificado	Doble de la variación permitida del diámetro para espesores hasta 3.8 mm (excl)	Hasta 25.40 (incl) ± 0.5 mayor de 25.4 ± 2%	1.5% del diámetro exterior especificado	1.5% del diámetro exterior especificado	1.5% del diámetro exterior especificado
Tolerancia	Flecha	0.76 mm por cada 900 mm	3.0 mm por cada 3 metros	Rectos	0.8 mm por cada 900 mm	6.0 mm por cada 3 metros	4.8 mm por cada 3 metros	3.00 mm por cada 3 metros
	Extremos	Planos libres de rebabas	Planos o cuando requerido biselados 37.1/2° ± 2.1/2°	Planos	Planos	Planos o cuando requerido biselados 37.1/2° ± 2.1/2°	Planos o cuando requerido biselados 37.1/2° ± 2.1/2°	Biselados 37.1/2° ± 2.1/2°
Proceso de Soldadura		Soldadura automática por fusión sin aporte de metal	Soldadura automática por fusión sin aporte de metal	Soldadura automática por fusión sin aporte de metal	Soldadura automática por fusión sin aporte de metal	Soldadura manual automática con o sin aporte de metal	Soldadura manual automática con o sin aporte de metal	Soldadura manual con aporte de metal
Dirección de Soldadura		Longitudinal	Longitudinal	Longitudinal	Longitudinal	Longitudinal	Longitudinal	Longitudinal
Tratamiento Térmico		Sin tratamiento	A 1040° mínimo Enfriado brusco	A 1040° mínimo Enfriado brusco	A 1040° mínimo Enfriado brusco	Sin tratamiento	A 1040° mínimo Enfriado brusco	A 1040° mínimo Enfriado brusco
Trabajo en Frío		-	-	-	Laminación interna de soldadura	-	-	-
Terminación		Decapado, libre de rebabas y superficie lisa	Decapado, libre de rebabas y superficie lisa	Decapado, libre de rebabas y superficie lisa	Decapado, libre de rebabas y superficie lisa	Decapado, libre de rebabas y superficie lisa	Decapado, libre de rebabas y superficie lisa	Decapado, libre de rebabas y superficie lisa
Ensayo	Destruivo	Expansión / Aplastamiento	Tracción Aplastamiento = / Ø hasta 8" (incl) Doblado =P/ Ø Más de 8"	Dureza Aplastamiento inverso, abridado	Tracción, dureza Aplastamiento abridado, doblado inverso	Tracción Aplastamiento = / Ø hasta 6" (incl) Doblado =P/ Ø Más de 6"	Tracción y doblado	Tracción y doblado
	No destructivo	-	Prueba Hidráulica	Prueba Hidráulica o Eddy Current	Prueba Hidráulica o Eddy Current	-	Prueba Hidráulica	Prueba Hidráulica radiografiada para clases 1.3 y 4 100% Clase 5 spot

Fuente:: Aceros Inoxidables -Guía de Productos
Autor: TKFortinox S.A.

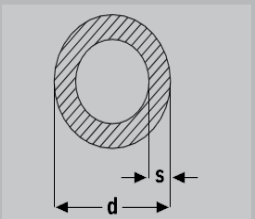
FIGURA No. 96: CUADRO QUE MUESTRA LA PRESIÓN DE TRABAJO ADMISIBLE EN Kg/cm² TUBERÍA SCH 40

Diám. nominal del caño	Sch. S N	Espesor de pared en mm.	Temperaturas de trabajo que no excedan de						
			29-38°C 20-100°F	93°C 200°F	204°C 400°F	260°C 500°F	316°C 600°F	399°C 750°F	482°C 900°F
1/2"	5	1.65	161	142	117	107	99	89	80
	10	2.1	208	185	151	139	129	116	104
	40	2.8	329	292	239	220	203	182	165
	80	3.75	460	409	335	307	287	255	231
3/4"	5	1.65	127	113	91	85	78	71	64
	10	2.1	164	146	119	109	102	97	82
	40	2.9	268	239	195	179	166	149	135
	80	3.9	377	335	275	251	233	209	189

Presión de trabajo admisible aproximado
Para temperaturas de trabajo indicadas, sin sobreespesor para corrosión ni esfuerzo mecánico.

Fuente: Aceros Inoxidables -Guía de Productos
Autor: TK Fortinox S.A.

FIGURA No. 97: TUBOS DE ACERO INOXIDABLE SCH 40

Caños diámetro exterior nominal sin costura (Stainless steel seamless pipes)												
TP 304 - 304L - Según Norma ASTM A312												
Terminación 2B Decapado y Pasivado Aplicación Conducción Largo estándar: 6000 mm Dimensiones según ANSI B 36.19 y ANSI B 36.10 Peso aprox. kg/mt. 	Diámetro ext. (d)				Espesor de Pared (s)							
	Pulgadas	mm.	sch 5S	kg./mt.	sch 10S	kg./mt.	sch 40S	kg./mt.	sch 80S	kg./mt.	sch 160S	kg./mt.
1/8"	10.3					0.280	1.73	0.370				
1/4"	13.75			1.65	0.510	2.24	0.670	3.02	0.840			
3/8"	17.2			1.65	0.660	2.31	0.880	3.20	1.160			
1/2"	21.5	1.65	0.817	2.11	1.040	2.77	1.330	3.73	1.690	4.78	1.980	
3/4"	26.6	1.65	1.038	2.11	1.330	2.87	1.750	3.91	2.200	5.56	2.942	
1"	33.4	1.65	1.317	2.77	2.170	3.38	2.590	4.55	3.350	6.35	4.300	
1"1/4	42.2	1.65	1.671	2.77	2.770	3.56	3.500	4.85	4.600	6.35	5.690	
1"1/2	48.3	1.65	1.933	2.77	3.200	3.69	4.170	5.08	5.570	7.14	7.350	
2"	60.3	1.65	2.433	2.77	4.040	3.91	5.590	5.54	7.680	8.74	11.100	
2"1/2	73	2.11	3.761	3.05	5.340	5.16	8.860	7.01	11.700	9.52	15.140	
3"	88.90	2.11	4.578	3.05	6.546	5.49	11.448	7.62	15.510	11.13	21.670	
3"1/2	101.60	2.11	5.248	3.05	7.514	5.74	13.756	8.08	18.920			
4"	114.30	2.11	5.918	3.05	8.483	6.02	16.296	8.56	22.660	13.49	34.050	
5"	141.30	2.77	9.593	3.40	11.722	6.55	22.065	9.53	31.410	15.88	49.870	
6"	168.30	2.77	11.462	3.40	14.015	7.11	28.648	10.97	43.210	18.26	68.590	
8"	219.10	2.77	14.979	3.76	20.240	8.18	43.129	12.70	66.630	23.01	112.96	
10"	273.10	3.40	22.920	4.19	28.163	9.27	61.131	14.27	92.70	31.75	163.20	

Fuente: Aceros Inoxidables -Guía de Productos
Autor: TK Fortinox S.A.

FIGURA No. 98: COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO)

Aceros Inoxidables Austeníticos											
AISI	W.-Nr.	C	Mn.	Si.	P.	S.	Cr.	Ni.	Mo.	N.	Otros
301	1.4310	0.15	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	6.0-8.0	-	0.10	
304	1.4301	0.08	2.00	0.75	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-10.5	-	0.10	
304L	1.4306	máx. 0.03	2.00	0.75	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-10.5	-	0.10	
310	1.4845	0.08	2.00	1.20	-	-	24.0-26.0	19.0-22.0	-	-	
316	1.4401	0.08	2.00	0.75	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	0.10	
316L	1.4404	máx. 0.03	2.00	0.75	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	0.10	
321	1.4541	0.08	2.00	0.75	0.045	0.03	17.0-19.0	9.0-12.0	-	0.10	5(C+N) Ti 0.70

Fuente: Aceros Inoxidables -Guía de Productos

Autor: TK Fortinox S.A.

FIGURA No. 99 : PROPIEDADES MECÁNICAS ASTM

Grado	ensayo de tracción	Rendimiento punto	EL.	Rockwell
	Min (Mpa)	Min (Mpa)	Min %	
TP 304	515	205	35	90
TP 304H	550	240	35	90
TP 304L	485	170	35	90
TP 309S	515	205	35	90
TP 310S	515	205	35	90
TP 316	515	205	35	90
TP 316L	485	170	35	90
TP 316Ti	515	205	35	90
TP 317	515	205	35	90
TP 321	515	205	35	90
TP 321H	515	205	35	90
TP 347	515	205	35	90
TP 347H	515	205	35	90

Fuente: Aceros Inoxidables -Guía de Productos

Autor: TK Fortinox S.A.

FIGURA No. 100 : APLICACIONES DEL AISI 304L

Aceros Inoxidables Austeníticos	APLICACIONES
301	Utilizado para finalidades estructurales, en equipos de la industria aeronáutica, ferroviaria, petrolera, en la confección de cuchillos, piletas y frisos.
304	Equipos de la industria aeronáutica, ferroviaria, naval, petroquímica, de papel, textil, frigorífica, de hospitales, lácteos, farmacéutica, cosmética, tubos, tanques, utensillos domésticos, estampados general y profundo.
304 L	Equipos de la industria aeronáutica, ferroviaria, naval, petroquímica, de papel, textil, frigorífica, de hospitales, lácteos, farmacéutica, cosmética, tubos, tanques, utensillos domésticos, estampados general y profundo.
310	Para altas temperaturas, hornos, incineradores, calderas, etc.
316	Construcción civil y uso para arquitectura, equipos para industrias aeronáutica, ferroviaria, naval, química, petroquímica, farmacéutica, cosmética, textil, de gomas, de tintas, láctea, de hospitales, minería, refinerías, tubos, tanques, destilerías y calderas.
316 L	Construcción civil y uso para arquitectura, equipos para industrias aeronáutica, ferroviaria, naval, química, petroquímica, farmacéutica, cosmética, textil, de gomas, de tintas, láctea, de hospitales, minería, refinerías, tubos, tanques, destilerías y calderas.
321	Componentes resistentes a temperaturas en industria de energía eléctrica, componentes soldados, industria alimenticia, tubos y tanques en general.

Fuente: Aceros Inoxidables -Guía de Productos
Autor: TKFortinox S.A.

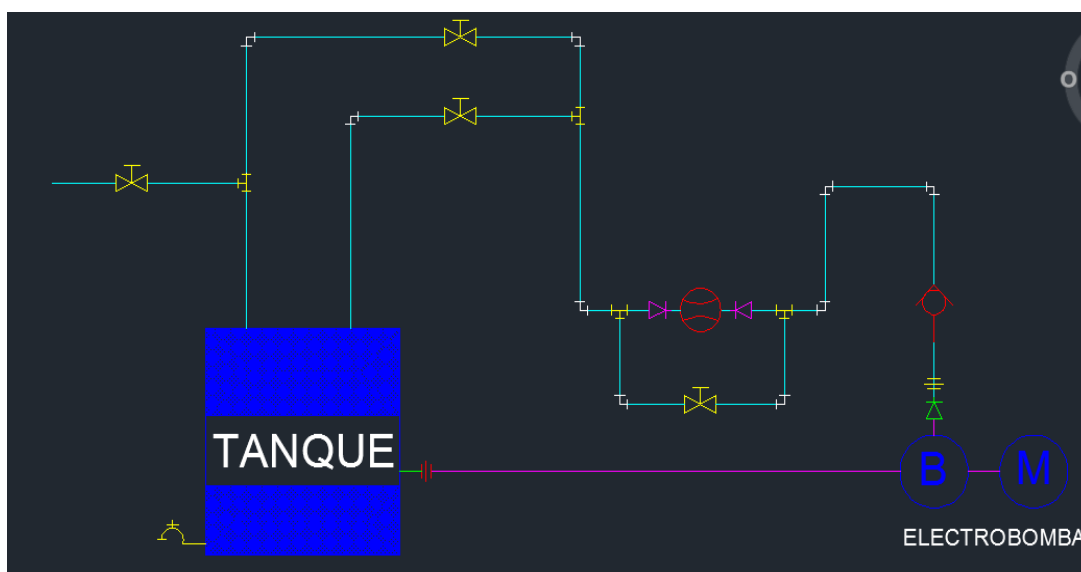
FACTOR 2: EL MODELO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS A CONSTRUIR

El modelo del sistema a construir se da en base a los requerimientos para realizar el control de caudal, es por ello que se ha diseñado un sistema de tuberías que considere dos elementos importantes:

- El diseño adecuado para colocar el Sensor de Caudal
- El diseño adecuado para generar Perturbaciones y de esta manera generar caídas de presión dentro del sistema y ver la respuesta que ofrece el controlador ante ello.

Por lo tanto a continuación veremos el sistema de Tuberías desarrollado en el Proyecto de Investigación:

FIGURA No. 101 :ESQUEMA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DEL MÓDULO DE CONTROL DE CAUDAL















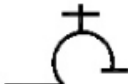





Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El esquema mostrado contiene los siguientes componentes:

FIGURA No. 102: CUADRO DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

NOMBRE	SÍMBOLO	IMAGEN	MEDIDA (DIÁMETRO)	MATERIAL	CANTIDAD DE PIEZAS
Tubería			3/4"	Acero Inoxidable	3.80 mts.
Tubería			1"	Acero Inoxidable	0.50 mts.
Codo de 90° grados			3/4"	Acero Inoxidable	9 Pzas.

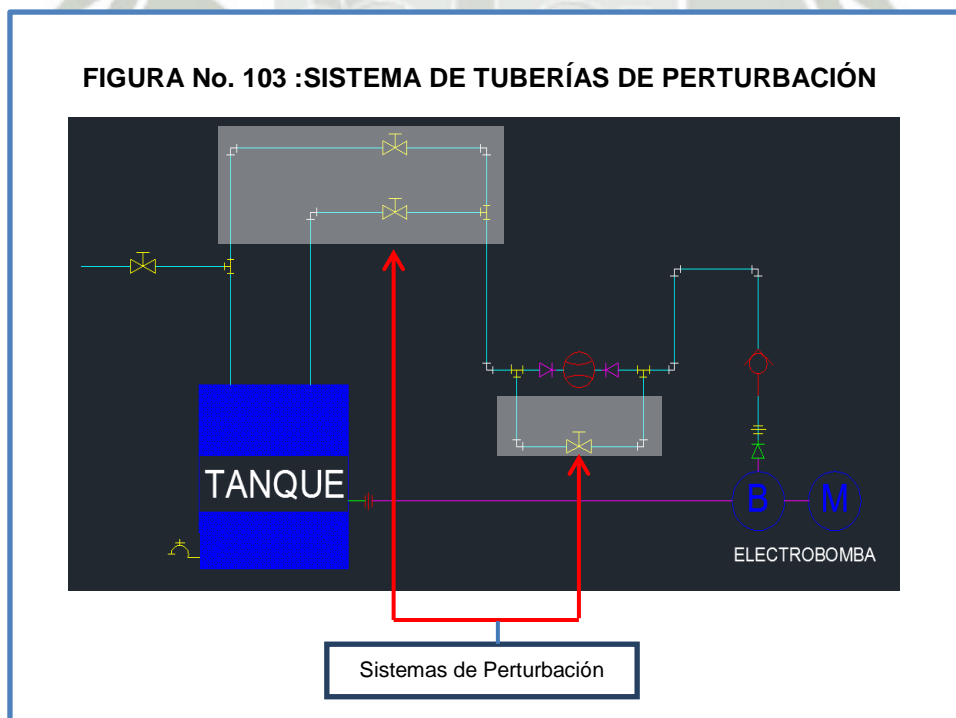
Tee			3/4"	Acero Inoxidable	4 Pzas.
Unión Universal			3/4"	Acero Inoxidable	1 Pza.
Unión Universal			1"	Acero Inoxidable	1 Pza.
Reducción			De 1" a 3/4"	Acero Inoxidable	1 Pza.
Reducción			De 3/4" a 1/2"	Acero Inoxidable	2 Pzas.
Válvula de Bola			3/4"	Acero comercial	4 Pzas
Válvula Check o de retención			3/4"	Acero comercial	1 Pza.
Grifo de Agua			1/2"	Latón Cromado	1 Pza.
Medidor de Caudal			1/2"	PVC	1 Pza.

Bomba			1 "	Acero Comercial	1 Pza.
Motor			Potencia: 1 Hp		1 Pza.

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Como se ve en el sistema, se muestra dos líneas que ingresan al tanque de almacenamiento de agua, también se ha diseñado un sistema en "U" por debajo del sensor de caudal, todos estos sistemas de tuberías generan caídas de presión o perturbaciones, las cuales son importantes para verificar cual es la actuación del controlador seleccionado, a ello se agrega la respuesta del PLC y del Variador de Velocidad, los cuales enviarán señales del PLC hacia el Variador y este a la bomba para que entregue la cantidad de agua necesaria y mantener el caudal deseado sin que disminuya.

A continuación veremos los sistemas de perturbación en el Sistema General de Tuberías:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

3.1.2.4.1.2. SELECCIÓN DE LA BOMBA

La selección de la bomba se ha dado en función tres factores:

- Factor 1 : El fluido a mover
- Factor 2: La potencia del motor
- Factor 3: El caudal necesario de debe alcanzar

FACTOR 1: EL FLUIDO A MOVER

En este caso se ha elegido mover únicamente agua a temperatura ambiente, debido a que es el fluido más abundante y representa un elemento básico para la realización de pruebas de control.

Características Principales:

- Peso Específico del Agua(γ): 1000 Kg/m^3
- Densidad: $1 \text{ g./c.c. a } 4 \text{ }^\circ\text{C}$
- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color: incolora
- Sabor: insípida
- Olor: inodoro
- Punto de congelación: $0 \text{ }^\circ\text{C}$
- Punto de ebullición: $100 \text{ }^\circ\text{C}$
- Presión crítica: $217,5 \text{ atm.}$
- Temperatura crítica: $374 \text{ }^\circ\text{C}$

FACTOR 2: LA POTENCIA DEL MOTOR

En este caso se ha seleccionado un tipo de bomba centrífuga-Electrobomba de 1 Hp.

La potencia seleccionada de la electrobomba ha de ser comprobada mediante el cálculo que se mostrará a continuación:

3.1.2.4.1.2.1. CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para realizar el cálculo correspondiente a la potencia del motor de la electrobomba en primer lugar se utilizará la siguiente relación:

$$H_B = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \left(f \frac{L}{D} + \Sigma K + f \frac{\Sigma l_{eq}}{D} \right) \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g}$$

Donde:

- H_B =Altura de Bombeo (**m**)
- $P_2 - P_1 / \gamma$ =Altura de perdidas Hidraulicas total en 1 y 2 (**m**)
- $Z_2 - Z_1$ =Diferencia de Alturas geodésicas (**m**)
- $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$: Diferencia de Alturas de Veocidad (**m**)
- f: Factor de fricción (Adimensional)
- L: Longitud del conducto (**m**)
- D: Diámetro Interno del Conducto (**m**)
- ΣK : Sumatoria de Coeficientes adimensionales de Carga (Adimensional)
- Σl_{eq} : Sumatorias de Longitudes Equivalentes (**m**)
- Q: Caudal DEL Fluido (m^3 /seg)
- g: Aceleración de la gravedad

En el Caso de la distancia de la altura Geodésica del sistema según el diseño de tuberías es de 0.6 m

$$Z_2 - Z_1 = 0.6 \text{ m}$$

Como vimos en el diseño del sistema de tuberías, se presentan dos caídas las cuales permitirán generar perturbaciones al sistema y de esta manera dar origen a caídas de presión por lo que se tendrá que considerar como tuberías en paralelo y utilizar las siguientes relaciones:

$$Q_{TOTAL} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$H_{PA-B} = H_{P1} = H_{P2} = H_{P3}$$

Como vemos el caudal total es la suma de caudales de las diferentes tuberías y la altura de la bomba es igual a las alturas generadas en el cálculo de cada tubería.

Por lo que reemplazando se tiene:

$$H_{p1} = H_{p2}$$

Por lo tanto:

$$f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + \sum K + f_1 \frac{\sum leq}{D_1} = f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} + \sum K + f_1 \frac{\sum leq}{D_1}$$

$$f_1 \frac{L_1}{D_1} = f_2 \frac{L_2}{D_2}$$

Despejando

$$\frac{f_1 \frac{L_1}{D_1}}{1} = \frac{f_2 \frac{L_2}{D_2}}{1}$$

$$1=1$$

Lo que comprueba que ambas tuberías tendrán el mismo factor de fricción (f) longitud y diámetro, por lo que la altura de trabajo de la bomba es la misma en ambas tuberías.

Según el diseño los accesorios roscados de unión a utilizar son los siguientes:

FIGURA No. 104 : CUADRO DE ELEMENTOS ROSCADOS DE UNIÓN

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO EN PULGADAS	MATERIAL	CANTIDAD
Codo de 90° Roscado	¾"	Acero Inoxidable	9
Tee Roscado	¾"	Acero Inoxidable	4
Unión Universal	¾"	Acero Inoxidable	1
Unión Universal	1"	Acero Inoxidable	1
Reducción en campana de ¾" a ½"	¾" a ½"	Acero Inoxidable	1
Reducción en campana de 1" a ¾"	1" a ¾"	Acero Inoxidable	1
Válvula de Bola	¾"	Acero Inoxidable	4
Válvula Check	¾"	Acero Inoxidable	1

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

De la tabla anterior comparamos y buscamos el valor de los coeficientes de pérdidas “K” de cada uno de los elementos de unión roscados que forman el sistema de tuberías.

TABLA VII

COEFICIENTES DE PÉRDIDA $K=H_M/[V^2/(2G)]$, PARA VÁLVULAS ABIERTAS, CODOS Y <<TES>>

Diámetro Nominal (in)									
VÁLVULAS ABIERTAS									
Tipos de Válvulas	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Globo	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5
Compuerta	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
De retención	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
De ángulo	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0
CODOS									
Tipo de Codos	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
45 ⁰ normal	0.39	0.32	0.30	0.29	-	-	-	-	-
45 ⁰ suave	-	-	-	-	0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90 ⁰ normal	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90 ⁰ suave	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180 ⁰ normal	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180 ⁰ suave	-	-	-	-	0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
<<TES>>									
Tipos de <<TES>>	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Flujo Directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Flujo Lateral	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64	0.58	0.41

Fuente: Mecánica De Fluidos

Autor: WHITE, Frank

De la tabla extraemos el valor del factor de pérdidas “K” para cada componente:

TABLA VIII

FACTORES K PARA LOS ACCESORIOS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO EN PULGADAS	MATERIAL	FACTOR DE PERDIDAS "K" (INTERPOLACION)	CANTIDAD	Σ FACTORES DE PERDIDAS "K"
Codo de 90⁰ Roscado	¾"	Acero Inoxidable	1.75	9	15.75
Tee Roscado	¾"	Acero Inoxidable	2.1	4	8.4
Unión Universal	¾"	Acero Inoxidable	0.89	1	0.89
Reducción en campana de ¾" a ½"	¾" a ½"	Acero Inoxidable	0.375	2	0.75
Reducción en campana de 1" a ¾"	1" a ¾"	Acero Inoxidable	0.21875	1	0.21875
Válvula de bola	¾"	Acero Inoxidable	11.1	4	44.4
Válvula check	¾"	Acero Inoxidable	4	1	4
Σ SUMATORIA					74.41

Fuentes: Mecánica De Fluidos, Cameron Hydraulic Data
Autores: WHITE Frank, C.R. Westaway A.W. Loomys

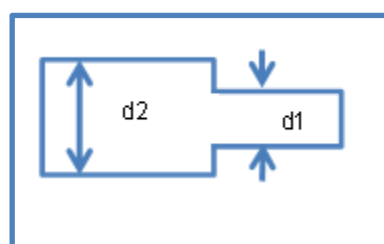
NOTA.

Para el cálculo de los factores de pérdidas de la reducción tipo campana y la unión universal son detalladas según CAMERON HIDRULIC DATA, de la siguiente manera:

3.1.2.4.1.2.2. CÁLCULO DEL FACTOR K PARA LA REDUCCIÓN DE ¾" A ½ ".

Según Cameron Hidraulic Data sugiere utilizar la siguiente tabla para el cálculo de reducciones de un diámetro de mayor dimensión a otro de menor dimensión, así tenemos:

Por formula tenemos:



$$K = 0.5 - \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)$$

Por lo tanto

El diámetro mayor es de $d_2 = \frac{3}{4}$ " y el diámetro menor es de $d_1 = \frac{1}{2}$ " por lo que el valor de K es de la siguiente manera:

$$K = 0.5 - \left(1 - \frac{3/4^2}{1^2}\right)$$

$$K = 0.21875 \text{ REDUCCION DE } 3/4'' \text{ A } 1/2''$$

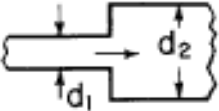
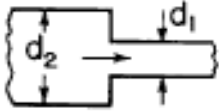
De igual manera para el caso de la reducción a la salida de la Electrobomba, el diámetro mayor es de $d_2 = 1$ " y el diámetro menor es de $d_1 = \frac{3}{4}$ " por lo que el valor de K es de la siguiente manera:

$$K = 0.5 - \left(1 - \frac{1/2^2}{1^2}\right)$$

$$K = 0.375 \text{ REDUCCION DE } 1'' \text{ A } 3/4''$$

TABLA IX TABLA DE FACTORES DE PERDIDAS" K" PARA ACCESORIOS DE REDUCCIÓN

Friction Loss Due to Change in Pipe Size—Feet of Liquid
Loss of head in ft of liquid **Based on velocity in smaller pipe**

Sudden Enlargements 										Sudden Contractions 									
Velocity of d1, fps	d1/d2									d1/d2									Velocity of d1, fps
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	
2	.00	.01	.02	.03	.03	.04	.05	.06	.06	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.03	.03	.03	2
3	.01	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.13	.14	.01	.03	.03	.04	.05	.06	.06	.07	.07	3
4	.01	.03	.06	.10	.14	.17	.21	.23	.24	.02	.04	.06	.06	.09	.10	.11	.12	.12	4
5	.01	.05	.10	.16	.22	.27	.32	.36	.38	.04	.07	.10	.12	.15	.16	.18	.19	.19	5
6	.02	.07	.15	.23	.31	.39	.46	.51	.55	.05	.10	.14	.18	.21	.23	.26	.27	.28	6
7	.03	.10	.20	.31	.43	.53	.63	.70	.75	.07	.14	.19	.24	.29	.32	.35	.37	.38	7
8	.04	.13	.26	.41	.56	.70	.83	.92	.97	.09	.18	.25	.32	.38	.42	.46	.48	.50	8
9	.05	.16	.33	.52	.70	.88	1.04	1.16	1.23	.12	.23	.31	.40	.48	.53	.56	.60	.63	9
10	.06	.20	.40	.64	.87	1.09	1.29	1.43	1.52	.15	.28	.38	.50	.59	.65	.71	.75	.77	10
12	.08	.29	.58	.92	1.25	1.57	1.86	2.06	2.19	.21	.40	.56	.72	.85	.94	1.03	1.07	1.12	12
15	.13	.45	.91	1.43	1.96	2.45	2.90	3.22	3.43	.33	.63	.87	1.12	1.33	1.47	1.61	1.68	1.75	15
20	.22	.80	1.62	2.56	3.48	4.35	5.16	5.72	6.09	.59	1.12	1.55	1.99	2.36	2.61	2.86	2.98	3.10	20
25	.35	1.26	2.53	3.98	5.44	6.80	8.06	8.94	9.52	.92	1.75	2.43	3.11	3.69	4.08	4.47	4.66	4.86	25
30	.50	1.82	3.64	5.73	7.83	9.79	11.8	12.9	13.7	1.32	2.52	3.50	4.48	5.31	5.87	6.43	6.71	6.99	30
40	.90	3.23	6.46	10.2	13.9	17.4	20.6	22.9	24.4	2.36	4.48	6.22	7.96	9.45	10.4	11.4	11.9	12.4	40
K value	.036	0.13	0.26	0.41	0.56	0.70	0.83	0.92	0.98	.095	0.18	0.25	0.32	0.38	0.42	0.46	0.48	0.50	K value

Friction of Water (Continued)

FRICTION - WATER-PIPE FITTINGS

8-117

Calculated from formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$

For sudden enlargements $K = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$

For sudden contractions $K = 0.5 \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)$

Example: Assume $d_1 = 6"$; $d_2 = 10"$; velocity $d_1 = 10$ fps. $\frac{d_1}{d_2} = 0.60$

From chart: for sudden enlargements: $h_f = 0.64$ feet
 from sudden contractions: $h_f = 0.50$ feet

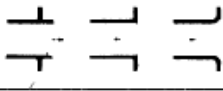

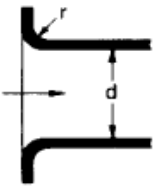
Fuente: Cameron Hydraulic Data
 Autor: C.R. Westaway A.W. Loomys

Para el caso de la unión universal según Cameron Hidraulic Data consideramos a una unión universal como un conjunto de entradas y salidas de tuberías por lo que el factor de pérdidas es considerado como un promedio de ambos:

TABLA X FACTORES DE PÉRDIDA K EN UNIONES UNIVERSALES

INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

Friction of Water (Continued)
Friction Loss in Pipe Fittings
Resistance coefficient (use in formula $h_r = K \frac{V^2}{2g}$)

Fitting	Description	All pipe sizes
		K value
Pipe exit 	projecting sharp edged rounded	1.0
Pipe entrance 	inward projecting	0.78
Pipe entrance flush 	sharp edged	0.5
	$r/d = 0.02$	0.28
	$r/d = 0.04$	0.24
	$r/d = 0.06$	0.15
	$r/d = 0.10$	0.09
	$r/d = 0.15$ & up	0.04

From Crane Co. Technical Paper 410.

Fuente: Cameron Hydraulic Data
Autor: C.R. Westaway A.W. Loomys

De tabla anterior se tiene lo siguiente:

$K=1$ para la salida de tubo

$K=0.78$ para la entrada del tubo

Por lo tanto el factor K es de 0.89 en promedio

$K=0.89$ UNIÓN UNIVERSAL

3.1.2.4.1.2.3. CÁLCULO DEL FACTOR DE FRICCIÓN “f”

Para el calcular el factor “f” se tiene que tomar en cuenta dos condiciones:

- Diámetro interno de la tubería a utilizar
- El número de Cédula de la Tubería

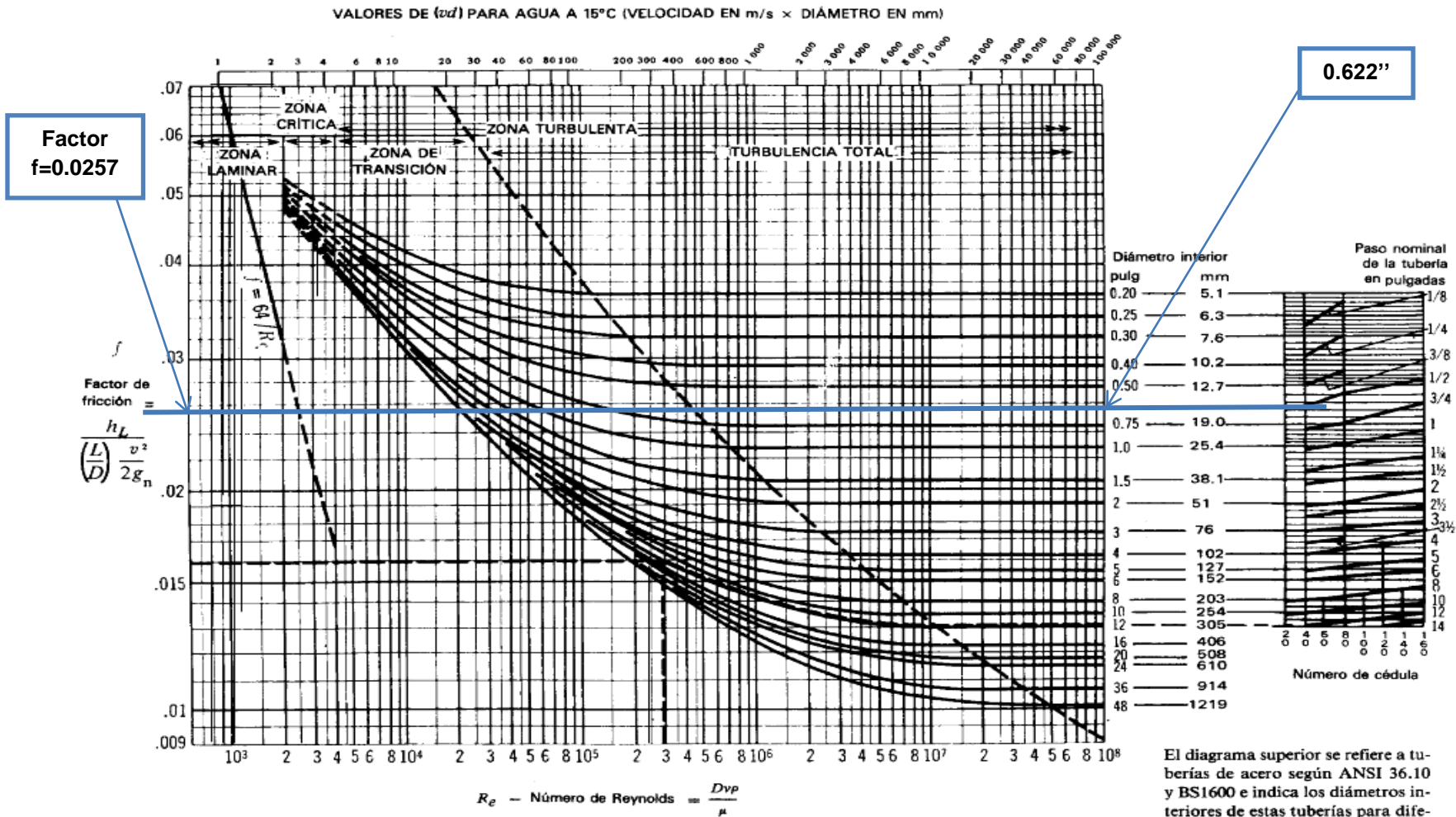
Diámetro interno de la tubería = **0.622”**

El número de Cédula de la Tubería = **40**

Teniendo estos dos valores recurrimos a la siguiente Figura:



FIGURA No. 105: DIAGRAMA DE FACTORES DE FRICCIÓN PARA TUBERÍAS COMERCIALES DE ACERO LIMPIAS



Problema: Determínese el factor de fricción para una tubería de 12 pulgadas, Cédula 40, para un flujo con Número de Reynolds = 300 000.

Solución: El factor de fricción (f) es igual a 0.016.

Fuente: Cameron Hydraulic Data
Autor: C.R. Westaway A.W. Loomys

Adaptación de datos extraídos de la referencia 18 de la Bibliografía.

El diagrama superior se refiere a tuberías de acero según ANSI 36.10 y BS1600 e indica los diámetros interiores de estas tuberías para diferentes números de cédula. Para otras tuberías de acero comerciales, hállese el diámetro interior y véase sólo la gráfica principal.

Por lo tanto el valor de “f” según el diagrama es de 0.0257”

$$f=0.0257$$

Teniendo estos datos remplazamos en la formula general para dar origen a una función de tabulación de la manera siguiente:

$$H_B = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \left(f \frac{L}{D} + \Sigma K + f \frac{\Sigma l_{eq}}{D} \right) \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g}$$

$$H_B = 0.6 + \left(0.0257 \frac{3.31}{0.01905} + 74.41 \right) \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot 0.01905^4 \cdot 9.81 \frac{m}{seg^2}}$$

$$H_B = 0.6 + 49489017.60 \cdot Q^2$$

Para determinar el punto de operación de la bomba tabularemos de la siguiente manera:

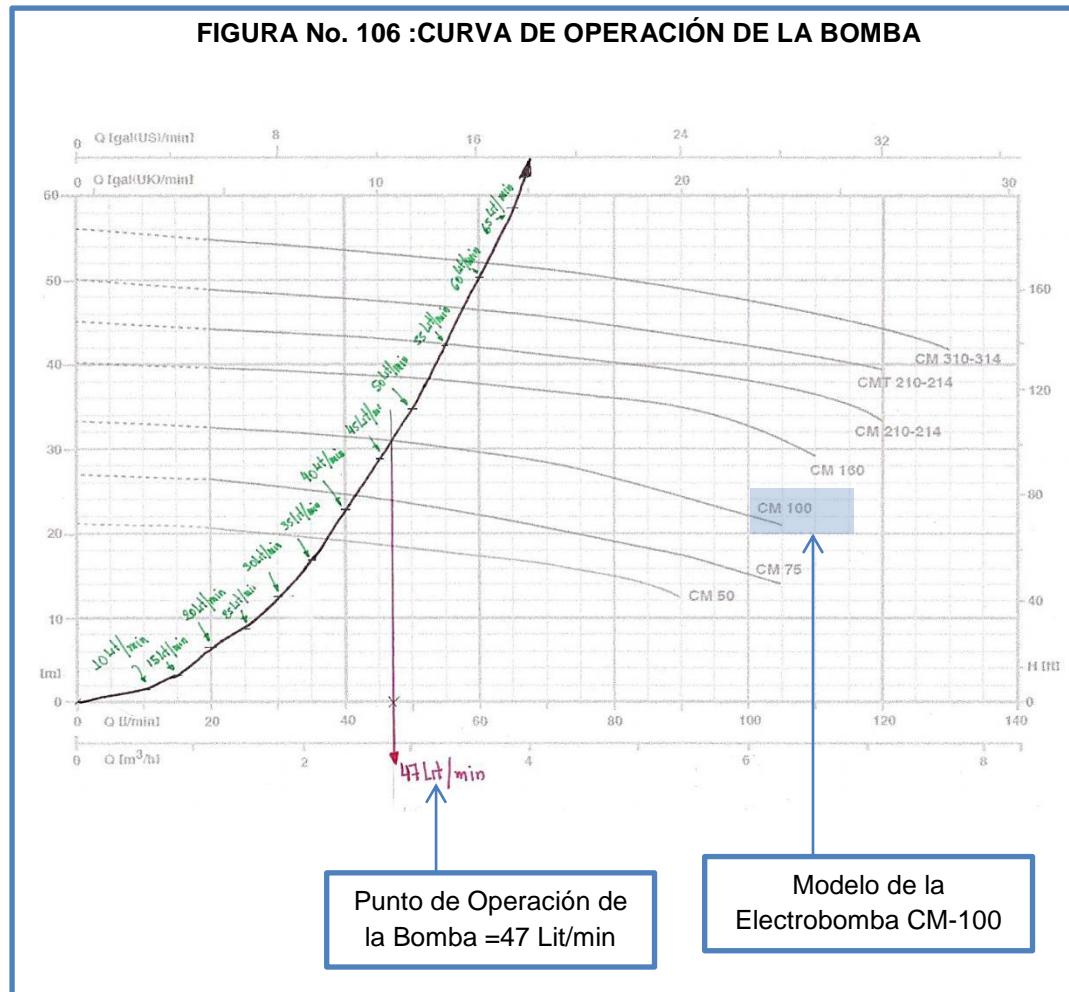
TABLA XI

TABULACIÓN DE VALORES PARA DETERMINAR EL PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA

Lit/min	m ³ /h	m ³ /seg	H(m)
10	0.600	0.0001666	1.97
15	0.900	0.00025	3.69
20	1.20	3.33 x10 ⁻⁴	6.09
25	1.50	4.166x10 ⁻⁴	9.19
30	1.80	0.0005	12.97
35	2.10	5.83x10 ⁻⁴	17.42
40	2.40	6.66x10 ⁻⁴	22.55
45	2.70	0.00075	28.44
50	3	8.33x10 ⁻⁴	34.94
55	3.30	9.166x10 ⁻⁴	42.18
60	3.60	0.001	50.09
65	3.90	1.083x10 ⁻³	58.65
70	4.20	1.16x10 ⁻³	67.19
75	4.50	0.00125	77.93

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

A continuación determinaremos el punto de operación de la bomba con el diagrama del fabricante:



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El punto de operación de la se da en 47 Lit/min, convertimos a m^3/seg y obtenemos:

$$47 \frac{Lit}{min} = 0.00078333 m^3/seg$$

Remplazando en la función tenemos:

$$H_B = 0.6 + (49489017.60 \times 0.00078333^2)$$

$$H_B = 0.6 + (49489017.60 \times 0.00078333^2)$$

$$H_B = 30.96 mts.$$

Por lo tanto para determinar la potencia requerida por la bomba se utilizará la siguiente relación:

$$P_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{76 \cdot \eta}$$

Donde:

γ =Peso específico del agua

Q=Caudal de la bomba

H_B =Altura en metros que alcanza la bomba

η = Eficiencia de la bomba (0.80 Sugerido por el fabricante)

Remplazando tenemos:

$$P_B = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \times 30.96m \times 0.00078333 m^3/seg}{76 \times 0.80}$$

$$P_B = 0.40 Hp$$

Consideramos en el caso de la potencia del motor la siguiente equivalencia:

$$P_M (\text{Potencia del Motor}) = 1.2 P_B$$

Remplazando tenemos:

$$P_M = 0.48 Hp$$

Por lo tanto la potencia del motor requerida y la de la bomba no sobrepasan a la bomba seleccionada por lo que el proceso es factible de ser realizado y cumple con las condiciones del sistema diseñado.

FACTOR 3: CAUDAL NECESARIO QUE LA BOMBA DEBE DE MOVER.

Como vimos anteriormente y según el cálculo realizado tenemos que el caudal a mover por la bomba es:

$$Q = 0.00078333 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Para este caso se ha seleccionado una Electrobomba centrífuga Trifásica de 1 HP Pentax cuyos datos se encuentran en el Anexo 8.

FIGURA No. 107: ELECTROBOMBA TRIFÁSICA PENTAX DE 1 HP



Fuente: Catalogo de Electrobombas Pentax 2012
Autor: Pentax

3.1.2.4.1.3. SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

El tanque que se ha seleccionado para el almacenamiento de agua es de material Policarbonato debido a que presenta las siguientes propiedades:

- Resistencia a golpes extremadamente elevada
- Resistencia y rigidez elevadas
- Elevada dureza
- Elevada resistencia a la deformación térmica
- Elevada estabilidad dimensional (elevada resistencia a la fluencia)
- Elevada resistencia a la intemperie

FIGURA No. 108: CUADRO DE PROPIEDADES DEL POLICARBONATO

Propiedades Generales	Propiedades Eléctricas
<ul style="list-style-type: none"> Densidad: 1,20 g/cm³ Rango de temperatura de uso: - 100 °C a +135 °C Punto de fusión: apróx. 250 °C Índice de refracción: 1,585 ± 0,001 Índice de transmisión lumínica: 90% ± 1% Característica de incombustibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Constante dieléctrica a 1 MHz 2,9 Factor de Disipación a 1 MHz 0,01 Resistencia Dieléctrica 15 - 67 kV/mm Resistividad Superficial 10¹⁵Ω·m Resistividad de Volumen 10¹⁴ - 10¹⁶ Ω/cm³
Propiedades Físicas	Propiedades Mecánicas
<ul style="list-style-type: none"> Absorción de Agua - Equilibrio 0,35 % Absorción de Agua - en 24 horas 0,1 % Densidad 1,20 g/cm³ Índice de refracción 1,584 - 1,586 Índice de Oxígeno Límite 5 - 27 % Inflamabilidad V0-V2 Número Abbe 34,0 Resistencia a los Ultra-violetas Aceptable 	<ul style="list-style-type: none"> Alargamiento a la Rotura 100-150 % Coefficiente de Fricción 0,31 Dureza - Rockwell M70 Módulo de Tracción 2,3 - 2,4 GPa Relación de Poisson 0,37 Resistencia a la Abrasión - ASTM D1044: 10-15 mg/1000 ciclos Resistencia a la Compresión >80 MPa Resistencia a la Tracción 55-75 MPa Resistencia al Impacto Izod 600-850 J/m Tensión de Fluencia / Limite Elástico 65 MPa.
Propiedades Térmicas	
<ul style="list-style-type: none"> Calor Específico: aprox. 1200 J/(K·kg) Coefficiente de Expansión Térmica: 65×10⁻⁶ - 70×10⁻⁶ K⁻¹ Conductividad Térmica a 23 °C: 0,19-0,22 W/(m·K) Temperatura Máxima de Utilización: 115 - 130 °C Temperatura Mínima de Utilización: -135 °C Temperatura de Deflección en Caliente - 0,45 MPa: 140 °C Temperatura de Deflección en Caliente - 1,8 MPa: 128 - 138 °C 	

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Polycarbonato>
Autor: Wikipedia

**FIGURA No. 109 :TANQUE DE
POLICARBONATO**



Fuente: Catálogo TOVSI Suministros Industriales
Autor: TOVSI

El tanque seleccionado tiene una altura de 57 cm. y cuenta con un multiconector el cual conectará a la tubería de 1" que proviene de la entrada de la Electrobomba.

FIGURA No. 110: MULTICONECTOR ETERNIT



Fuente: Catálogo de Accesorios para Tanques de Polietileno
Autor: ETERNIT

El multiconector estará sujeto a la salida del tanque mediante un niple de rebose.

FIGURA No. 111 : NIPLE DE REBOSE



Fuente: Catálogo de Accesorios para Tanques de Polietileno
Autor: ETHERNIT

**FIGURA No. 112: DETALLE DE UNIÓN NIPLE-
MULTICONECTOR**



Fuente: Catálogo de Accesorios para Tanques de Polietileno
Autor: ETHERNIT

3.1.2.4.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

El diseño de la Estructura de Soporte es un factor que complementa al objetivo principal de la investigación, que en este caso es El Control de Flujo, por lo cual únicamente se mencionarán los materiales que se han utilizado para la construcción del Módulo y se mostrará mediante planos (VER ANEXO: 23) la forma de la Estructura de soporte del Módulo.

La siguiente tabla contiene de manera dividida los materiales que han sido utilizados para la fabricación de la estructura de soporte, así tenemos:

FIGURA No. 113 :CUADRO DE MATERIALES QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL MODULO DE CONTROL DE CAUDAL

MATERIAL	FIGURA	DIMENSIONES	CARACTERÍSTICAS Y/O PROPIEDADES
Tubo ASTM A513 Cuadrado Tipo 2		1.1/2"X1.1/2"	Tubo electrosoldado fabricado con acero al carbono laminado en frío (LAF), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación pueden ser redondas, cuadradas y rectangulares. VER ANEXO: 9
Tubo ASTM A513 Rectangular		1" X 2"	Tubo electrosoldado fabricado con acero al carbono laminado en frío (LAF), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación pueden ser redondas, cuadradas y rectangulares. VER ANEXO:9
PERFIL EN C HIERRO NEGRO		60x30x10x2.5 2 cm de Longitud	Perfiles conformados en frío con aceros laminados en caliente (ACEROS DE CONSTRUCCIÓN) VER ANEXO: 10
Plancha Estriada LAC		2.5x1x2.4 mm	Posee usos en la construcción de plataformas, pisos, escaleras, equipamiento de transporte y circulación, y estructuras en general. VER ANEXO: 11

<p>Pletina de Aluminio</p>		<p>1/8"(Espesor) x1"(Ancho) 1/8"x2"</p>	<p>Son principalmente utilizadas para la manufactura y la fabricación en el mercado de perfiles, es un material sumamente manejable ya que puede doblarse dependiendo de la medida que se requiera. VER ANEXO: 12</p>
<p>Perfil de aluminio "Balaustre" PFK 042332 PFK042205</p>		<p>28 mm. x 28 mm. Espesor: 1.10 mm Espesor: 1.60 mm</p>	<p>El aluminio es el único metal que proporciona dureza con bajo peso, es sumamente fácil de pulir, tenaz, dúctil y maleable, posee una gran resistencia a la corrosión y alta conductividad térmica y eléctrica, teniendo la mejor relación beneficios- costo que cualquier otro metal común. VER ANEXO: 13</p>
<p>Tornillo de acero cabeza redonda DIN 7985</p>		<p>1/8"-1/4" Longitud de esparrago: 3" Tipo de Cabeza: Redonda -Philips</p> 	<p>Se denomina tornillo a un elemento u operador mecánico cilíndrico con una cabeza, generalmente metálico, aunque pueden ser de madera o plástico, utilizado en la fijación temporal de unas piezas con otras, que está dotado de una caña roscada con rosca triangular, que mediante una fuerza de torsión ejercida en su cabeza con una llave adecuada o con un destornillador, se puede introducir en un agujero roscado a su medida o atravesar las piezas y acoplarse a una tuerca VER ANEXO: 14</p>
<p>Tornillo Autorroscante DIN 7982</p>		<p>Tipo de Cabeza: Philips</p> 	<p>Un tornillo autorroscante o tirafondos es un tipo de tornillo que tiene la capacidad de avanzar a medida que se hace girar, creando al mismo tiempo su propia rosca. Esta capacidad es a veces posible gracias a un vacío en la continuidad de la rosca del tornillo.</p> <p>Los bordes del tornillo cortan una rosca a medida que el tornillo va entrando dentro del material. La punta cortante</p>

			perfora el material, dejando un agujero por el que pasa el tornillo. VER ANEXO: 15
Tuerca de acero DIN 934		1/8"-1/4"-5/16"	Una tuerca es una pieza con un orificio central, el cual presenta una rosca, que se utiliza para acoplar a un tornillo en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar y fijar uniones de elementos desmontables. En ocasiones puede agregarse una arandela para que la unión cierre mejor y quede fija. Las tuercas se fabrican en grandes producciones con máquinas y procesos muy automatizados. VER: ANEXO 16
Arandela de acero DIN 1440		1/8"-1/4"-5/16"	Una arandela es un disco delgado con un agujero, por lo común en el centro. Normalmente se utilizan para soportar una carga de apriete. Entre otros usos pueden estar el de espaciador, de resorte, dispositivo indicador de precarga y como dispositivo de seguro. VER :ANEXO 17
Arandela de presión DIN 7980		1/8"-1/4"-5/16"	Las arandelas de presión es un disco delgado con un agujero en el centro, y con una obertura en un lado, con forma curvada hacia arriba y su función es hacer presión para que no se afloje el tornillo. VER: ANEXO 18
Perno de Acero DIN 933		5/16" Longitud de esparrago: 2.5"	Pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro. Está relacionada con el tornillo pero tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la chaveta, tuerca, o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen. VER: ANEXO 19

<p>Varilla Rosca DIN 975</p>		<p>3/8"</p>	<p>Estos herrajes se usan para montar y/o fijar otros elementos; son de servicio continuo. Están formados por un cuerpo cilíndrico roscado. VER: ANEXO 20</p>
<p>Escuadra de unión de Acero</p>		<p>30. mm x 30.mm</p>	<p>Utilizada para unión de perfiles , madera y otros Posee muy buenas propiedades mecánicas de sujeción y ajuste de perfiles VER :ANEXO 21</p>
<p>Garrucha</p>		<p>4" de diámetro</p>	<p>Ruedas en goma standard, dureza 83 Shore A, núcleo conseguido por remachado de dos llantas de chapa zincadas electrolíticamente. Soportes industriales (NL). VER:ANEXO 22</p>
<p>Muebles en Melamina</p>		<p>Caja para Teclado: Caja Para CPU: Cajones Superiores:</p>	<p>La melamina es una molécula que se utiliza como base en los procesos de síntesis para fabricar resinas, plásticos o pegamentos. También es muy característica por tener una variedad de textura, la melamina se puede encontrar en textura rugosa, lisa, con mate o brillo. Para evitar el deterioro de los materiales con el paso del tiempo se está optando por aquellos materiales poli laminados, los cuales son muy flexibles para la moldura.</p>

Fuente: Proyecto de Investigación

Autores: Siles y Chacca

**FIGURA No. 114: DETALLE Nro. 1 DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE
CAUDAL**



Fuente: Proyecto de Investigación
Autor: Siles y Chacca

**FIGURA No. 115: DETALLE Nro. 2 DEL MÓDULO DIDÁCTICO
DE CONTROL DE CAUDAL**

Fuente: Proyecto de Investigación
Autor: Siles y Chacca

3.1.2.4.3. ANÁLISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

De manera complementaria a la investigación, se ha realizado un análisis de Tiempos y Movimientos requeridos para el manejo del Control de Caudal en el Módulo Didáctico, de tal forma que se establezca una secuencia detallada de procesos que debe de seguirse antes, durante y después de realizar una tarea o trabajo con el Módulo de Control de Caudal.

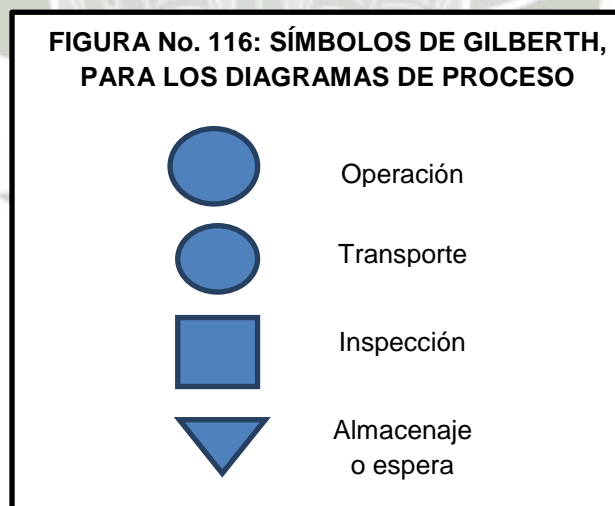
3.1.2.4.3.1. ANÁLISIS DEL PROCESO⁷¹

Antes de proceder a la investigación de una operación específica en un proceso, debe estudiarse el proceso completo de hacer un trabajo. Un estudio de conjunto de este tipo comprenderá generalmente un análisis de cada fase dentro del proceso a seguir.

⁷¹ BARNES, Ralph. “*Estudio de Movimiento y Tiempos*”. 5 ta. ed. Madrid/España. Aguilar 1979. p. 61

3.1.2.4.3.2. DIAGRAMAS DEL PROCESO

Estos diagramas sirven para recoger un proceso en forma resumida, a fin de adquirir un conocimiento superior del mismo y poder mejorarlo. Representan gráficamente las fases que atraviesan la ejecución de un trabajo o una serie de actos. El diagrama del proceso ayuda a. mostrar los efectos que los cambios introducidos en una parte de un proceso que producirán sobre otras partes o elementos del mismo. Además, puede conducir al descubrimiento de ciertas operaciones que deben someterse a un análisis más cuidadoso. El diagrama del proceso, al igual que otros métodos de representación gráfica, debe ser modificado para adaptarlo al caso particular en estudio. Los Gilbreth idearon una serie de cuarenta símbolos que emplearon para hacer los diagramas del proceso. En los últimos años se ha utilizado extensamente la serie abreviada de cuatro símbolos mostrada en la Figura de abajo, que resulta suficiente para muchas clases de trabajos. Estos símbolos sirven como una especie de taquigrafía para anotar rápidamente las fases o actividades de un proceso.







Fuente: Estudio de Movimientos y Tiempos


Autor: BARNES, Ralph

En 1947, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos estableció como típicos los cinco símbolos reproducidos en la Figura

siguiente que constituyen una modificación de la serie abreviada de Gilbreth, en la cual se ha sustituido el círculo pequeño por una flecha y se ha añadido un nuevo símbolo para representar las esperas.

FIGURA No. 117 : SIMBOLOGÍA SEGÚN ASME

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	<i>OPERACIÓN</i>	Tiene lugar una operación cuando se altera intencionadamente un objeto en una o más de sus características. Una operación representa una fase principal del proceso y generalmente se realiza en una máquina o en un puesto de trabajo.
	<i>TRANSPORTE</i>	Tiene lugar un transporte cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de una operación o de una inspección.
	<i>INSPECCIÓN</i>	Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación, o se verifica en cuanto a calidad o cantidad.
	<i>ESPERA</i>	Tiene lugar una espera cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata de la acción siguiente prevista

	<p>ALMACENAMIENTO</p>	<p>Tiene lugar un almacenamiento cuando se guarda un objeto de forma que no se pueda retirar sin la correspondiente autorización.</p>
---	------------------------------	---

Fuente: Estudio de Movimientos y Tiempos
Autor: BARNES, Ralph

FIGURA No. 118 : SIMBOLOGÍA SEGÚN ASME –CONTENIDO DETALLADO.


<p>OPERACIÓN</p>  <p>Un círculo grande representa una operación, tal como →</p>	 <p>Clavar un clavo</p>	 <p>Hacer un taladro</p>	 <p>Pulsar una tecla</p>
<p>TRANSPORTE</p>  <p>Una flecha indica un transporte, tal como →</p>	 <p>Llevar materiales en una carretilla</p>	 <p>Elevar materiales con una polea</p>	 <p>Llevar materiales a mano (ordenanza)</p>
<p>INSPECCIÓN</p>  <p>Un cuadrado representa una inspección, tal como →</p>	 <p>Examinar la cantidad y calidad de ciertos productos</p>	 <p>Leer el manómetro de una caldera</p>	 <p>Examinar un impreso informativo</p>
<p>ESPERA</p>  <p>La letra D indica una espera, tal como →</p>	 <p>Materiales colocados sobre una carretilla o en el suelo junto a la mesa o banco de trabajo, en espera de ser manipulados</p>	 <p>Empleado esperando el ascensor</p>	 <p>Documentos que esperan ser archivados</p>
<p>ALMACENAMIENTO</p>  <p>Un triángulo representa un almacenamiento, tal como →</p>	 <p>Materias primas amontonadas</p>	 <p>Producto acabado en almacén</p>	 <p>Documentos en cámara de seguridad</p>


Fuente: Estudio de Movimientos y Tiempos
Autor: BARNES, Ralph

3.1.2.4.3.3. DIAGRAMA DEL PROCESO PARA EL CONTROL DE CAUDAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO

A continuación veremos el diagrama de Proceso para el Control de Caudal en el Modulo didáctico:

FIGURA No. 119 :DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL CONTROL DE FLUJO EN EL MÓDULO DIDÁCTICO

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	El estudiante se dirige al Laboratorio de Automatización y Control.
	Abre la puerta.
	Se dirige a la ubicación del modulo Didáctico.
	Coge la Guía Práctica de Control de Flujo.
	Toma asiento.
	Realiza una lectura detallada de los requerimientos y restricciones del uso del Modulo Didáctico.
	Ubica la Práctica a desarrollar y realiza una lectura de los Objetivos Materiales y el Procedimiento a seguir.
	El estudiante espera la Aprobación del Docente encargado del Laboratorio antes de encender los equipos.
	El Docente Inspecciona los Requerimientos de la Práctica a desarrollar y emite la orden de encendido del equipo.
	El estudiante procede a encender la PC
	Apertura el Software de Programación para PLC Step 7-Básico V. 11
	El estudiante realizar una inspección del conexionado , el estado de la planta y otros antes del encendido del tablero de Control
	Enciende el Tablero de Control
	Conecta la PC con el PLC y la pantalla táctil mediante el uso de un Switch.

	Realiza la configuración de parámetros del Panel Táctil.
	Apertura el Sistema SCADA.
	El estudiante observa que los parámetros del variador de velocidad sean los correctos.
	El estudiante Ejecuta el Programa del PLC.
	Realiza la Lectura del Sensor de Caudal.
	Cierra la Válvula para generar una Perturbación.
	El estudiante realiza una nueva lectura del Sensor de Caudal.
	Observa el Funcionamiento del proceso por medio del Panel Táctil.
	Realiza los ajustes necesarios.
	Detiene la ejecución del Programa.
	Anota los resultados obtenidos.
	Guarda los Cambios Realizados.
	Cierra el Programa.
	Apaga el tablero General.
	Apaga la PC.
	Guarda la Guía de Laboratorio.
	Desconecta los equipos.
	Observar que el módulo quede completamente sin energía para evitar fugas de corriente o generar un cortocircuito que puedan ocasionar daños a los equipos.
	El estudiante sale de la Sala de Laboratorio.

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

CAPÍTULO IV

DISEÑO EN EL SOFTWARE Y CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS

4.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis presentado consiste en desarrollar un módulo de control de procesos para el Programa de Ingeniería Mecatrónica de la UCSM. La variable a controlar en este proceso es el Caudal de agua que pasa a través de un sistema de tuberías.

En el capítulo anterior se vio la construcción de la planta.

El objetivo de este módulo es que sea lo más modular posible y fácil de usar por los alumnos. Por lo que se seleccionaron los siguientes elementos para el desarrollo de este trabajo:

1. Controlador
2. Elemento de visualización
3. Variador de velocidad
4. Instalación de control de caudal

Con respecto al elemento 1 y 2, se seleccionó un controlador PLC S7 1200 - CPU 1212C AC/DC/RLY 6ES7 212-1BD30-0XB0 (Siemens) y una pantalla de visualización KTP 600 Panel Táctil + 6 teclas de función 5.7" LCD TFT display, 256 colores, IP 65 6AV6 647-0AD11-3AX0 (Siemens), las razones de su elección son las siguientes:

FIGURA No. 120: EQUIPO PLC S7 1200 Y PANTALLA KTP-600



Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

- El controlador es de tecnología nueva, es modular diseñado para tareas de automatización sencillas pero de alta precisión. Los paneles HMI son de alto rendimiento y su diseño los hace perfectamente compatibles con el controlador mencionado.
- Su sistema de ingeniería es totalmente integrado, esto simplifica la creación, acelera el arranque, optimiza la monitorización y ofrece la máxima comodidad para el usuario.
- Ambos dispositivos tienen comunicación industrial, la interfaz PROFINET integrada ofrece una comunicación sin fisuras con el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic en el caso del controlador y WinCC Basic en el caso de las pantallas táctiles y SCADA. Estos dos programas vienen integrado el TIA PORTAL V11.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CPU

FIGURA No. 121: CUADRO DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CPU DEL PLC SIEMENS S7-1200

Características de la CPU	Modelo 1212C
CPU	AC/DC/RLY
Memoria de trabajo	25 KB
Memoria de carga	1 MB
Memoria extraíble	Memoria de tipo tarjeta
Entradas y salidas digitales	8 entradas de 24 VDC, 6 salidas tipo relé.
Entradas analógicas	2 entradas de 0 – 10 VDC
Tamaño de imagen de proceso	1024 bytes para las entradas y 1024 bytes para las salidas.
Expansión de tarjeta de señal frontal	1 máx.
Expansión de módulos de señal	2 máx.
Máxima I/O digitales	82
Máxima I/O analógicas	15

Fuente: Manual del Producto SIMATIC S7-1200

Autor: SIEMENS

El software SIMATIC STEP 7 Basic es intuitivo, fácil de aprender y de manejo sencillo. Esto garantiza la máxima eficiencia en la ingeniería. Funciones inteligente, como por ejemplo los editores intuitivos, la funcionalidad “arrastrar y soltar”, permiten un trabajo de ingeniería rápido y sencillo. Esta nueva arquitectura de software ofrece con garantía de futuro.

Presenta las siguientes características:

- Árbol de proyecto unificado para controlador y HMI: Gracias a la vista de proyecto compartida ya no es necesario acceder a diferentes bases de datos para cada equipo de automatización. Esto significa que el conjunto del proyecto trabaja siempre con datos coherentes, incluso en el caso de que se realicen modificaciones puntuales. Esto garantiza la máxima calidad del proyecto.

- Funcionalidad de arrastrar y soltar inteligente entre los editores del controlador y el HMI: Mediante arrastrar y soltar, pueden asignarse iconos al hardware correspondiente, así como también conectar fácilmente etiquetas entre el controlador y el HMI. De este modo es posible utilizar de manera eficiente los editores del HMI y los editores del controlador en un entorno de ingeniería compartida.
- Ingeniería gráfica estructurada: Con ayuda de editores gráficos es posible configurar fácilmente los equipos por medio de líneas. En el modo online se muestran gráficamente las informaciones de diagnóstico. Esto permite manejar fácilmente sistemas complejos y mantener más la claridad en los proyectos grandes.
- Interfaz de usuario clara e intuitiva: El software está provisto de una interfaz de usuario orientada a tareas. Todos los editores están incluidos en un marco común.
- Alta calidad de los proyectos gracias a la gestión de datos y la simbología unificada.
- Reutilización gracias a un esquema unitario de librerías.
- Test de diagnóstico online.
- Inserción de objetos tecnológicos.

Para el elemento 3, seleccionamos un Variador de velocidad ATV 12 H075M2 1C2, que nos permite mover a nuestra electrobomba de potencia calculada anteriormente. Además que tiene las siguientes ventajas:

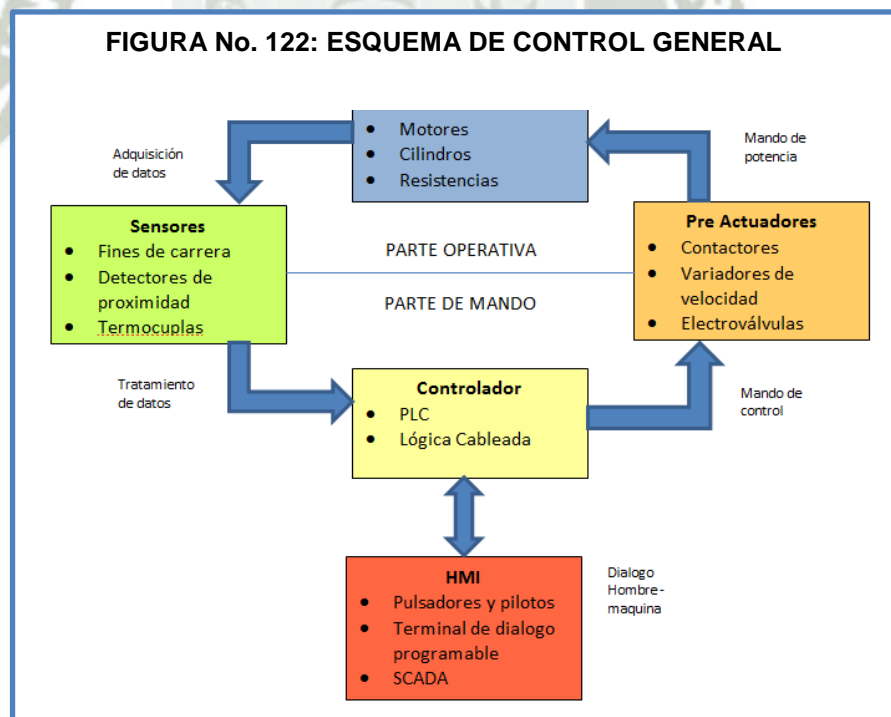
- Tiene un tamaño reducido pero de elevado rendimiento.
- Su configuración y puesta en marcha es mucho más rápida.
- Presenta varios perfiles de control configurables: Control estándar, Control Vectorial en lazo abierto y Control de perfil cuadrático ideal para sistemas de bombeo donde se da el máximo ahorro energético.

El ítem 4 fue diseñado de acuerdo a nuestros requerimientos.

Para la construcción del módulo se tuvo que tener una condición importante, la cual es: que los respectivos elementos que conforman el módulo deben ser independientes para poder realizar pruebas de laboratorio independientemente, además que pueda ser capaz de configurarse de manera fácil para que pueda realizar la tarea de control de caudal con un simple conexionado.

Esto conlleva a diseñar las conexiones eléctricas necesarias para poder desarrollar esta tarea.

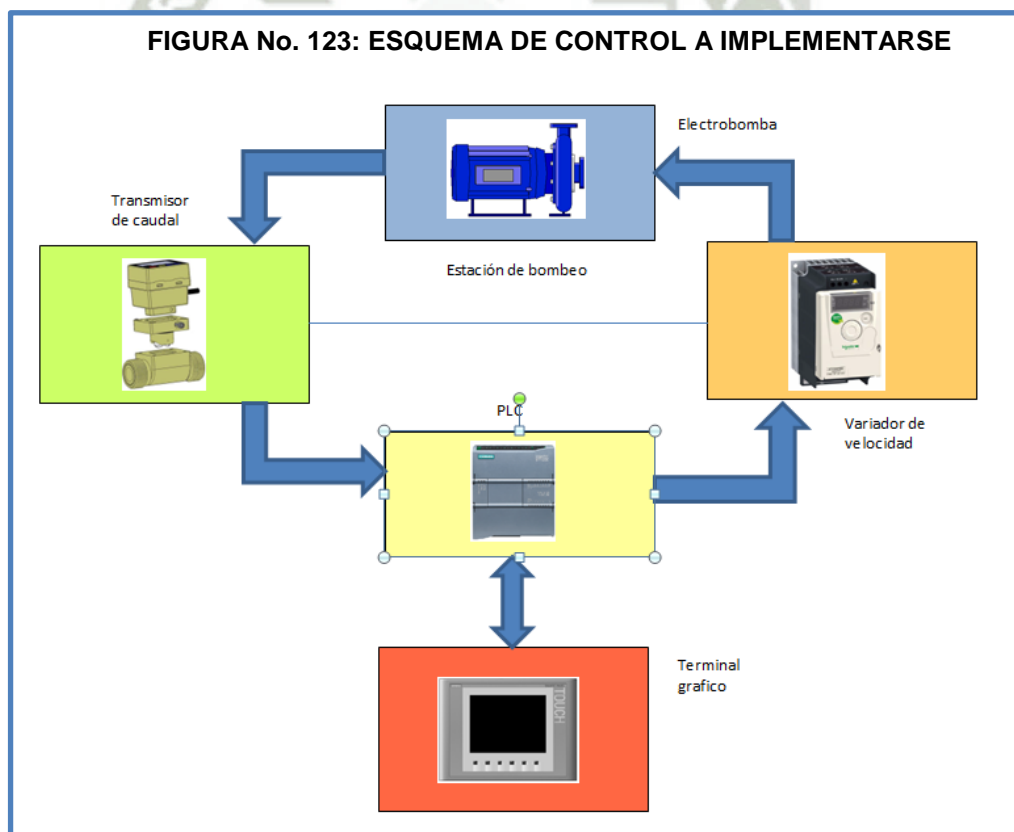
El sistema final de control, es decir con las conexiones establecidas para poder tener un control de caudal se muestra en el siguiente diagrama de bloques referido a la aplicación. En él se puede apreciar la vinculación del PLC con todos los elementos de campo que intervienen en un proceso: sensores, actuadores, pre-actuadores y dialogo hombre-máquina.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Llevando el diagrama al sistema que queremos desarrollar en un ejemplo práctico se plantea la solución para una aplicación de bombeo a caudal constante.

Se establece un caudal de trabajo para el sistema que debe de mantenerse constante. Para ello debe medirse el caudal en algún punto de la instalación. En función al valor medido, el PLC debe determinar la velocidad de referencia del variador de velocidad, que en consecuencia modificará la velocidad del motor, determinando que la bomba varíe su caudal. También intervienen los elementos de dialogo hombre – máquina, en este caso se trata de un terminal gráfico que permite ingresar el valor de caudal deseado.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Para regular la variable de proceso (caudal), lo haremos utilizando un bloque PID, él cuál tiene tres parámetros de sintonización para que el sistema responda correctamente. Estos parámetros son:

- K_p : Constante de proporcionalidad.
- T_i : Constante del tiempo integral.
- T_d : Constante del tiempo derivativo.

Para la sintonización de estos parámetros se realizará de manera experimental a través del Método de Sintonización de Ziegler – Nichols, que presenta dos variantes: en lazo abierto y en lazo cerrado. Debido a que la variable de control es el caudal, se tiene un proceso de respuesta rápida, así que conviene en aplicar el método de sintonización lazo cerrado el cual consiste en:

- a. Ajustar en bucle cerrado, la ganancia proporcional K_p a un valor inicial pequeño y anular las ganancias integral y derivativo.
- b. Incrementar paulatinamente la ganancia proporcional K_p hasta que el sistema presente una oscilación permanente de amplitud constante. Puede ser necesario cambios en el punto de consigna para obtener la oscilación.
- c. Asignar a K_{cr} el valor de K_p que origina la situación anterior.
- d. Medir el periodo de oscilación. Este periodo es el periodo último T_{cr} .
- e. Ajustar los parámetros del regulador de acuerdo con la siguiente tabla.

TABLA XII TABLA DE AJUSTE DE PARÁMETROS PID

Regulador	K_p	T_i	T_d
P	0.5 K_{cr}	-	-
PI	0.45	0.85 T_{cr}	-
PID	0.59	0.50 T_{cr}	0.12 T_{cr}

Fuente: Proyecto de Investigación

Autores: Siles y Chacca

Este proceso cuenta con varios elementos que previamente tienen que ser configurados para establecer su rango de funcionamiento, para finalmente ensamblar nuestro sistema de control y expresarlo a través de un programa.

4.3. CONFIGURACIÓN DEL SENSOR DE CAUDAL

Para la medición del caudal se empleó un sensor de caudal cuyo rango de medición fue de 0 120 L/min, esta señal la expresa en una señal analógica de corriente de rango de 4 – 20 mA. Debido a la limitación con respecto a la interfaz de entrada del PLC, en la que su tarjeta de entrada analógica recibe señales de tensión analógica, se tuvo que convertir la señal de corriente a voltaje.

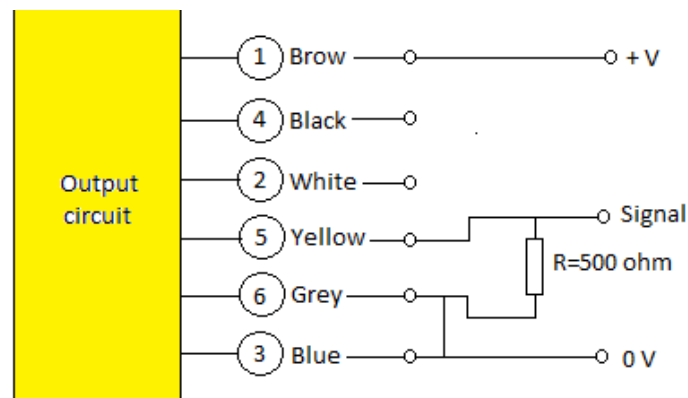
El rango de señales que recibe el PLC es de 0 – 10 VDC, por lo que se calcula la resistencia adecuada para convertir la magnitud de corriente a voltaje. Por lo que se hace el siguiente cálculo:

$$R = \frac{V}{I}$$
$$R = \frac{10 V}{20 mA}$$
$$R = 500 \Omega$$

Según el cálculo anterior el rango de voltaje de medición será de 2 V a 10 V, lo que equivaldría al rango de 0 – 120 L/min.

A continuación se muestra las conexiones hechas en los terminales del sensor para hacer las pruebas del rango de voltaje de medición. La resistencia calculada anteriormente se coloca entre los terminales de color amarillo (yellow) y gris (Grey). Se puede notar que del sensor hacia el PLC salen solamente 3 terminales: +V, Signal y 0 V.

FIGURA No. 124 : TERMINALES Y CONEXIONES DEL SENSOR DE CAUDAL



Fuente: Manual de Instrucción Sensor Fotek KTM-Series
Autor: FOTEK

Al momento de hacer las pruebas del alcance del sensor, se ha notado que la tensión máxima que puede darnos al sensor con la resistencia conectada es de 6.77 V. El alcance del transmisor puede ser modificado mediante el parámetro tr (Para más información vea el Anexo 1, este parámetro lo modificamos a un valor de 150, lo que nos da un caudal de trabajo máximo de 90 L/min.

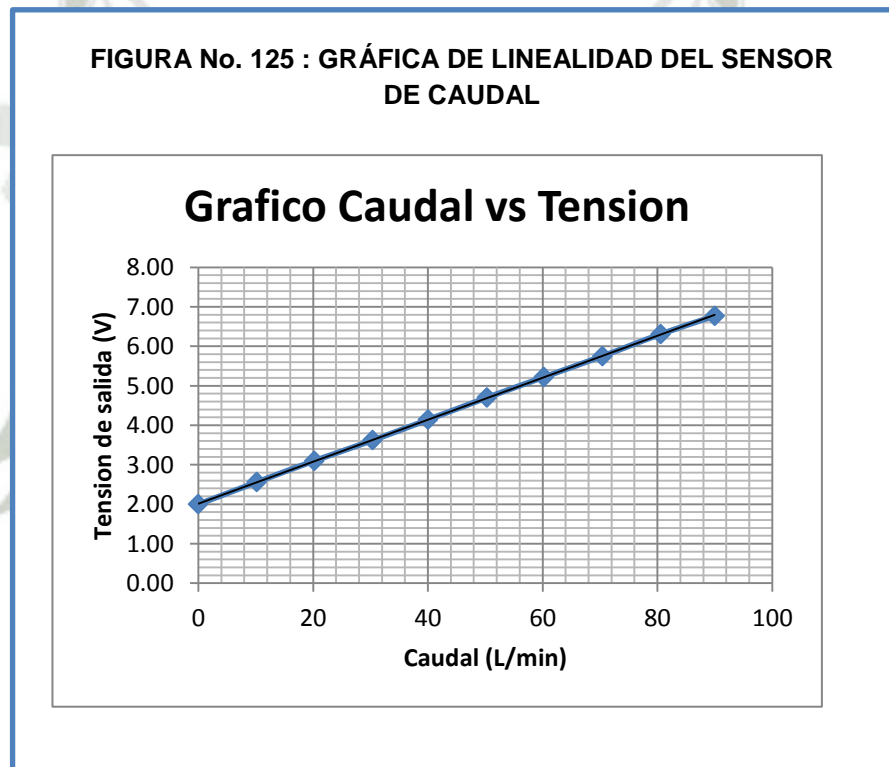
TABLA XIII VALORES DE SALIDA DEL SENSOR EN FUNCIÓN DEL CAUDAL

Caudal (L/min)	Voltaje (V)
0	2.00
10.2	2.56
20.2	3.10
30.4	3.62
40	4.14
50.3	4.70
60.2	5.22

70.4	5.75
80.6	6.31
90	6.77

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

La siguiente gráfica muestra la linealidad del sensor de caudal, lo cual no hace necesario una etapa de linealización con hardware físico ni en el propio PLC.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Por lo que el rango de caudal que se puede medir es de 0 a 90 L/min.

4.4. CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

Datos de eléctricos de la electrobomba:

FIGURA No. 126 : PLACA DE DATOS DEL MOTOR

Motor	Potencia	1 HP
	Tensión	220 V
	Intensidad	3.2 A
	Conexión	Delta
	Cos ϕ	0.8
	Frecuencia	60 Hz
	Velocidad	1750 RPM

Fuente: Catálogo 2012
Autores: Pentax

Para la configuración del variador de velocidad fue necesario el uso del manual de usuario que viene con el propio variador, para la cual se siguió los siguientes pasos:

a. Configuración de los parámetros del motor

En esta parte se configura dentro del variador los parámetros del motor.

Consta de las siguientes partes:

- Datos de placa: En esta parte se ingresa los datos de placa del motor hacia el variador. Sirven de valores máximos de operación del sistema.
- Tipo de control: Esta referido a la estrategia de control de velocidad. El variador dispone de tres algoritmos de control, de las cuales se seleccionó el algoritmo de control de bombeo, que nos permite tener el máximo ahorro energético debido a que da un perfil cuadrático de torque. Además de presentar un arranque suave.

- Autoajuste: Si bien es cierto con los datos de placa del motor sería suficiente, no es suficiente para alcanzar el máximo rendimiento. Para ello el variador dispone de una prueba que realiza al motor, llamado Autoajuste, la cual permite conocer los parámetros internos del motor que se va a controlar. Al hacer esto el funcionamiento alcanza su máximo desempeño para la aplicación.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros, el significado y los valores colocados para nuestra aplicación.

FIGURA No. 127: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL MOTOR EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD

Parámetro	Nombre	Descripción	Ruta de acceso	Valor
bFr	Frecuencia estándar del motor	Configura la frecuencia de operación con la que va trabajar el motor. Este dato lo sacamos en la placa de datos del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/bFr	60 Hz
nPr	Potencia nominal del motor	Potencia nominal del motor indicada en la placa característica.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/nPr	1 HP
NPc	Elección parámetros del motor	Habilita la visualización del factor de potencia del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/NPC	COS
CoS	Motor cos phi nominal	cos ϕ del motor indicado en la placa características del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/COS	0.8
UnS	Tensión nominal del motor	Tensión nominal del motor indicado en la placa de características del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/UnS	220 V
nCr	Intensidad nominal del motor	Intensidad nominal del motor especificada en la placa característica del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/nCr	3.2 A

nSP	Velocidad nominal del motor	Velocidad nominal del motor indicado en la placa característica del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/nSP	1750 RPM
CtC	Tipo de control de motor	Permite definir el tipo de control para la aplicación y el rendimiento requerido.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/Ctt	Std
tUn	Autoajuste	Realiza un ensayo en el motor para determinar sus parámetros internos.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/tUn	Yes

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

En el variador se dejó el parámetro de aceleración y desaceleración a valores de fábrica, es decir ambos valores se dejaron en 3 seg.

b. Configuración del modo de referencia

En esta parte se configura la señal de referencia que va a recibir el variador de velocidad que permita modificar la velocidad del motor. Se utilizará la entrada analógica que dispone el variador de velocidad. Si recordamos que la señal analógica del PLC va a ir conectada hacia el variador, tenemos que esta señal tiene un valor de 0 – 10 VDC, por lo que la entrada del variador tiene que ser configurada para que ésta sea la señal de trabajo. El parámetro Allt permite hacer esto.

FIGURA No. 128 : CONFIGURACIÓN DEL MODO DE REFERENCIA EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD

Parámetro	Nombre	Descripción	Ruta de acceso	Valor
Frl	Canal de referencia 1	Configura el terminal que va a brindar la referencia de velocidad del variador de velocidad.	Modo Configuración/Menú FULL/CtL/Frl	All

A I I E	Configuración de AI1	Esta función proporciona la interfaz entre la señal de entrada analógica y un valor interno del variador.	Modo Configuración/Menú FULL/I_O-/All-/Allt	10U
----------------	----------------------	---	---	-----

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

c. Configuración del modo de arranque

Está referido al encendido y apagado del variador para comandar al motor. Se tiene dos opciones: de dos hilos y tres hilos; la configuración de dos hilos usa solamente una entrada digital del variador de velocidad, en la que se conecta un interruptor, que cuando está cerrado y habilita la entrada digital, el variador arranca; pero cuando el interruptor está abierto se detiene el funcionamiento. La configuración de tres hilos trabaja con dos entradas analógicas del variador, una de las cuales se conecta un pulsador normalmente abierto (marcha) y a la otra entrada se conecta un pulsador normalmente cerrado (Paro). En el desarrollo de la tesis se vio por conveniente usar la primera opción, como se puede ver en la siguiente tabla.

FIGURA No. 129 : CONFIGURACIÓN DEL MODO DE ARRANQUE EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD

Parámetro	Nombre	Descripción	Ruta de acceso	Valor
E C C	Tipo de control	Define si el arranque y la parada van a trabajar mediante un interruptor o mediante pulsadores de marcha y paro.	Modo Configuración/Menú FULL/I_O-/tCC	2C

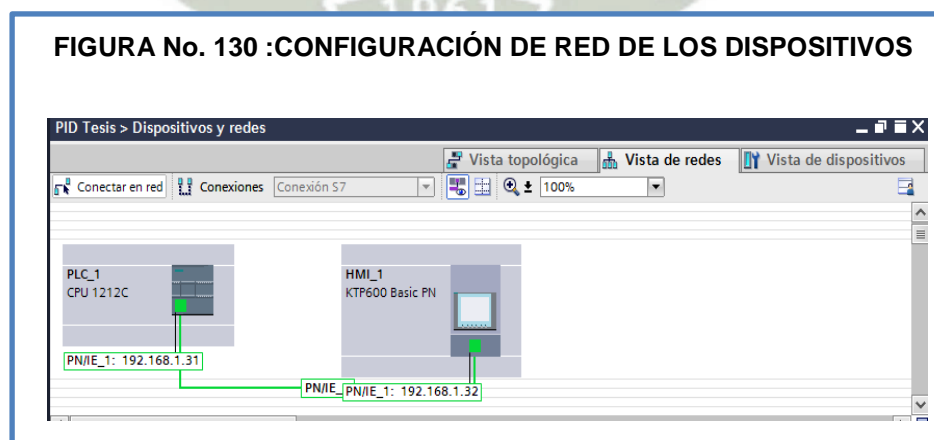
Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

4.5. DESARROLLO DEL PROGRAMA EN EL PLC

Los dispositivos: PLC y pantalla táctil trabajan bajo el protocolo TCP/IP por lo que se dieron las siguientes direcciones IP estáticas a los dispositivos:

- **PC:**
IP: 192.168.1.30
Máscara de red: 255.255.255.0
- **PLC:**
IP: 192.168.1.31
Máscara de red: 255.255.255.0
- **HMI:**
IP: 192.168.1.32
Máscara de red: 255.255.255.0

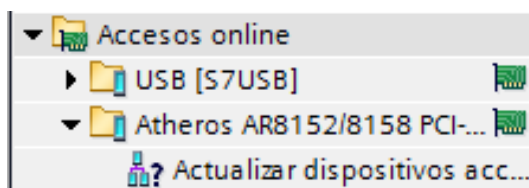
Se configura la red de los dispositivos conectados en la red hecha, fue necesario el uso de un switch convencional para el trabajo desarrollado en la presente investigación. En ella se puede mostrar la red formada por el equipo PLC y HMI y sus respectivas direcciones IP's. Se eligió las direcciones 192.168.x.x por ser direcciones IP privadas.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Hecho lo anterior se debe verificar la correcta conexión entre los diferentes componentes dispositivos, para ello en se accede a la opción “Accesos online” y se selecciona actualizar dispositivos, en la que debe de aparecer los dispositivos previamente configurados.

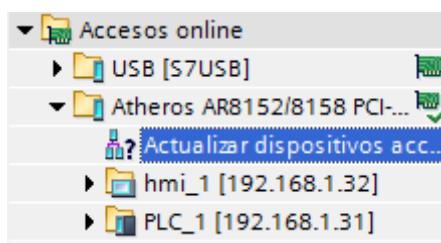
FIGURA No. 131: ACTUALIZACIÓN DE EQUIPOS



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Al hacer la acción anterior debe de observarse a los dispositivos conectados en la red, caso contrario la transferencia de datos no sería posible.

FIGURA No. 132 :DISPOSITIVOS CONECTADOS

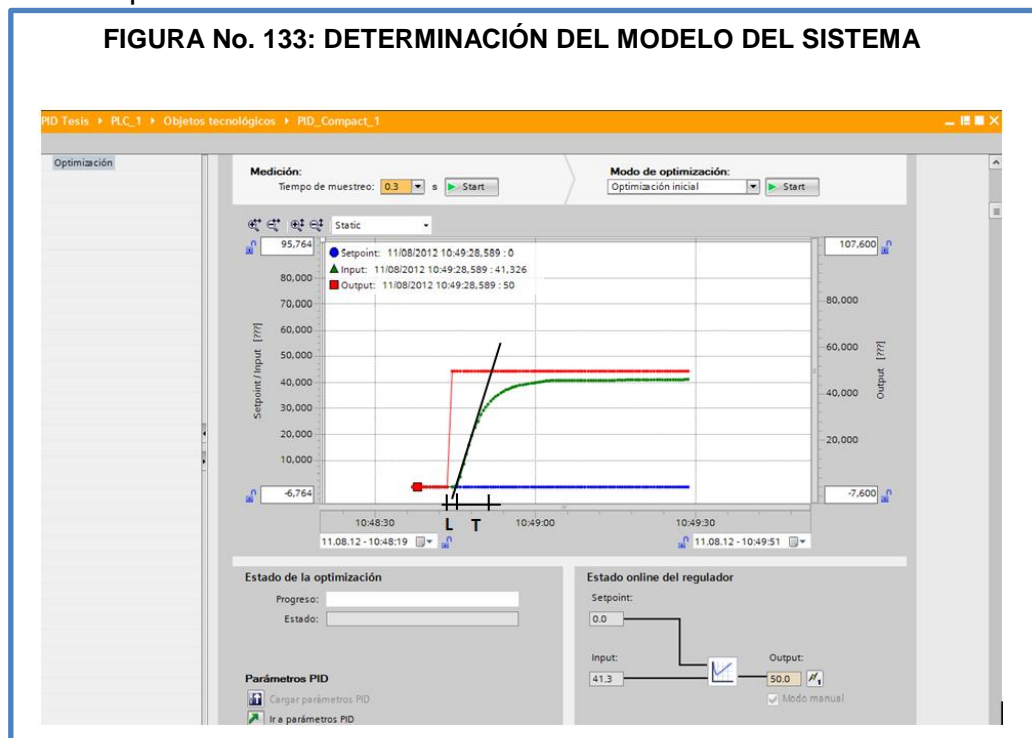


Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

4.6. DETERMINACIÓN DEL MODELO DEL SISTEMA

Las técnicas de identificación se basan en el análisis de la curva de reacción, y son procedimientos esencialmente gráficos. Para esta etapa se usó la etapa se usó la herramienta del propio software del Step 7 Basic. La identificación se dio según la respuesta del sistema.

Como se puede observar en la figura siguiente, se requiere que se trace una recta tangente a la curva de reacción del proceso en su punto de inflexión o de máxima pendiente.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Valores medidos de la gráfica

$$L = 1.5 \text{ seg}$$

$$T = 6 \text{ seg}$$

El modelo de la planta aproximando a un sistema de primer orden es:

$$G_p = \frac{K * e^{-Ls}}{Ts + 1}$$

La ganancia del sistema se ha calculado según la siguiente expresión, en la que se manipulo la variable de salida del PID en 50% de su valor. La

variación de la variable de proceso fue de 46.67 % con respecto de su valor máximo de 90 L/min).

$$K = \frac{\Delta PV \text{ (variable de proceso \%)}}{\Delta MV \text{ (variable manipulada \%)}}$$

$$K = \frac{46.67}{50}$$

$$K = 0.9334$$

Finalmente tenemos:

$$G_p = \frac{0.9334 * e^{-1.5s}}{6s + 1}$$

Para poder desarrollar el programa dentro del PLC es necesario desarrollar un diagrama de flujo que nos permita orientar el trabajo de programación que vamos a realizar.

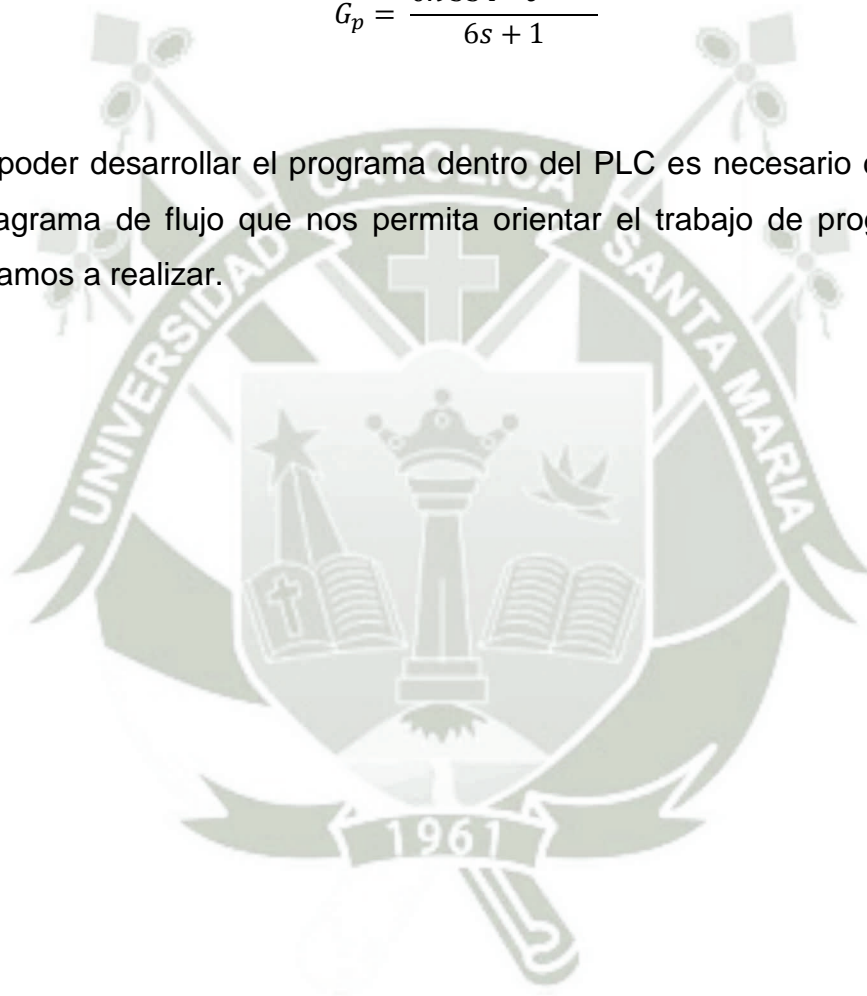
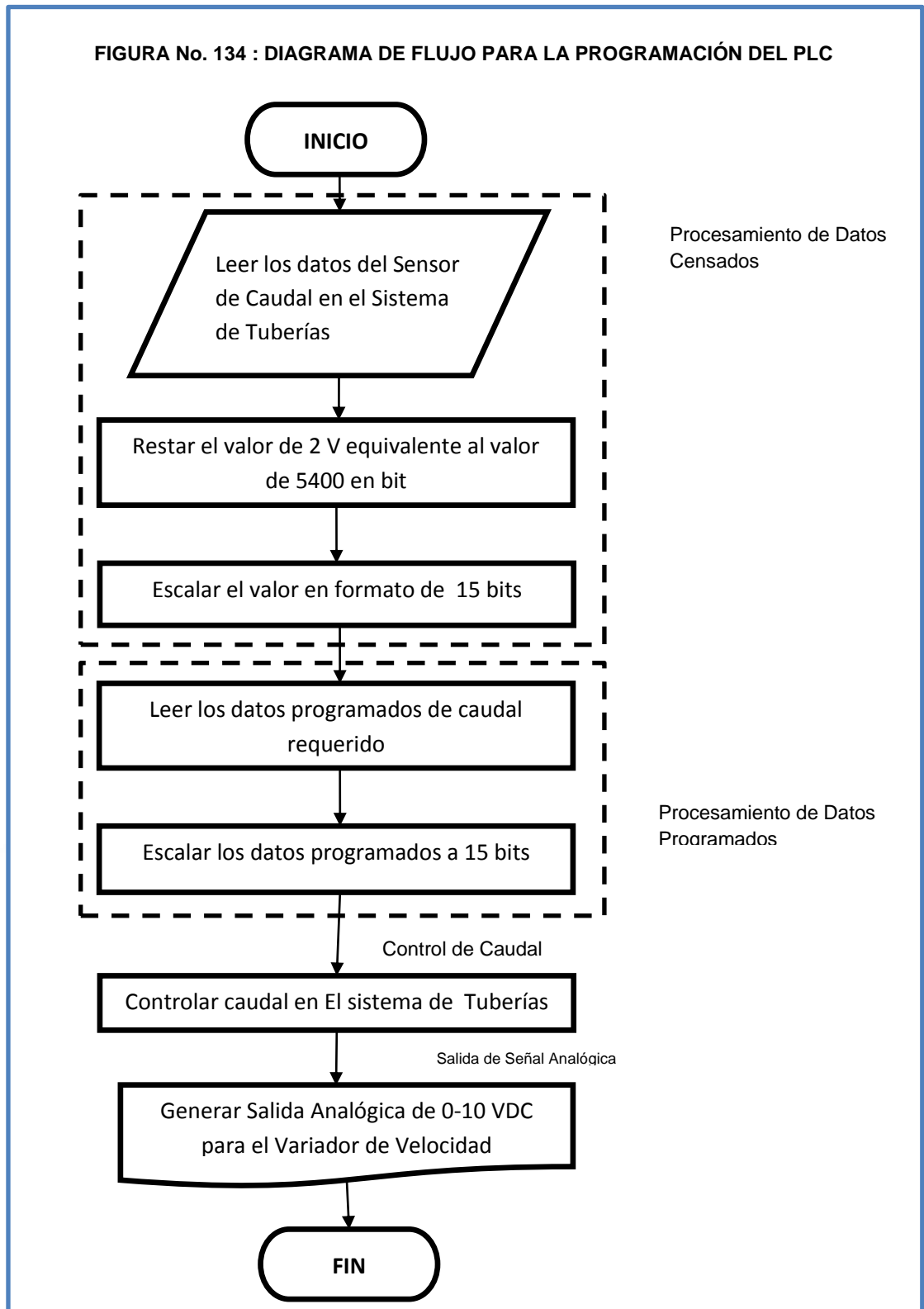


FIGURA No. 134 : DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El programa que maneja tanto el PLC como la pantalla táctil de visualización son desarrolladas por el software TIA Porta V 11. En esta parte se muestra la parte de programación correspondiente al PLC.

En la imagen que se muestra a continuación se observa la lista de ordenamiento de las entradas, salidas, memorias de tipo bit y memorias de tipo palabra usado el desarrollo de la aplicación.

FIGURA No. 135 : LISTA DE ORDENAMIENTO DE VARIABLES DEL PLC

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visible..	Accesi..	Comentario
1	Sensor capacitivo	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Marcha/Paro	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Salida al variador	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Sensor de Caudal	Tabla de variables e..	Word	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Medida no corregida	Tabla de variables e..	Word	%MW1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Medida corregida	Tabla de variables e..	Int	%MW3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Referencia del variador	Tabla de variables e..	Word	%QW80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Valor de referencia de caudal	Tabla de variables e..	Int	%MW5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Salida del PID	Tabla de variables e..	Word	%MW7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Medida normalizada	Tabla de variables e..	Real	%MD10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Medida real para visualizar	Tabla de variables e..	Int	%MW14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

A continuación se muestra el programa principal realizado en el bloque OB1 (Bloque principal del PLC).

Descripción del programa:

- Segmento 1:** Se muestra una entrada, una memoria y una salida. La primera entrada (%I0.1) corresponde a un sensor capacitivo, el cual lo hemos utilizado para indicar el nivel mínimo de agua que se tiene que asegurar para que el sistema funcione. Ya que en caso que no hubiera agua y el módulo funcionara, se dañaría el motor. En el caso de la memoria (%M0.1), se la ha utilizado para relacionarlo con un botón virtual en el HMI, que controlara el encendido y apagado del variador.

La salida (%Q0.1) es la salida del PLC que va a hacer funcionar el variador de velocidad.

- **Segmento 2:** Este bloque (MOVE-Transferencia), nos permite almacenar el valor de la señal que nos brinda el sensor de caudal en una variable de palabra de memoria para su posterior tratamiento.
- **Segmento 3:** El rango de valores que puede procesar el PLC es de 0 – 10 VDC, pero el sensor de caudal da un valor de 2 a 6.78 voltios, por lo que con 2 V se tendría una lectura en bit de 5400, que daría un error en la medición, razón por la cual debe de sustraerse este valor. Nótese en la tabla que el valor máximo en bit que se puede obtener es de 13 180 (valor ya restado). Los valores marcados en rojo nos servirán para ser el escalamiento.

TABLA XIV VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LOS PARÁMETROS

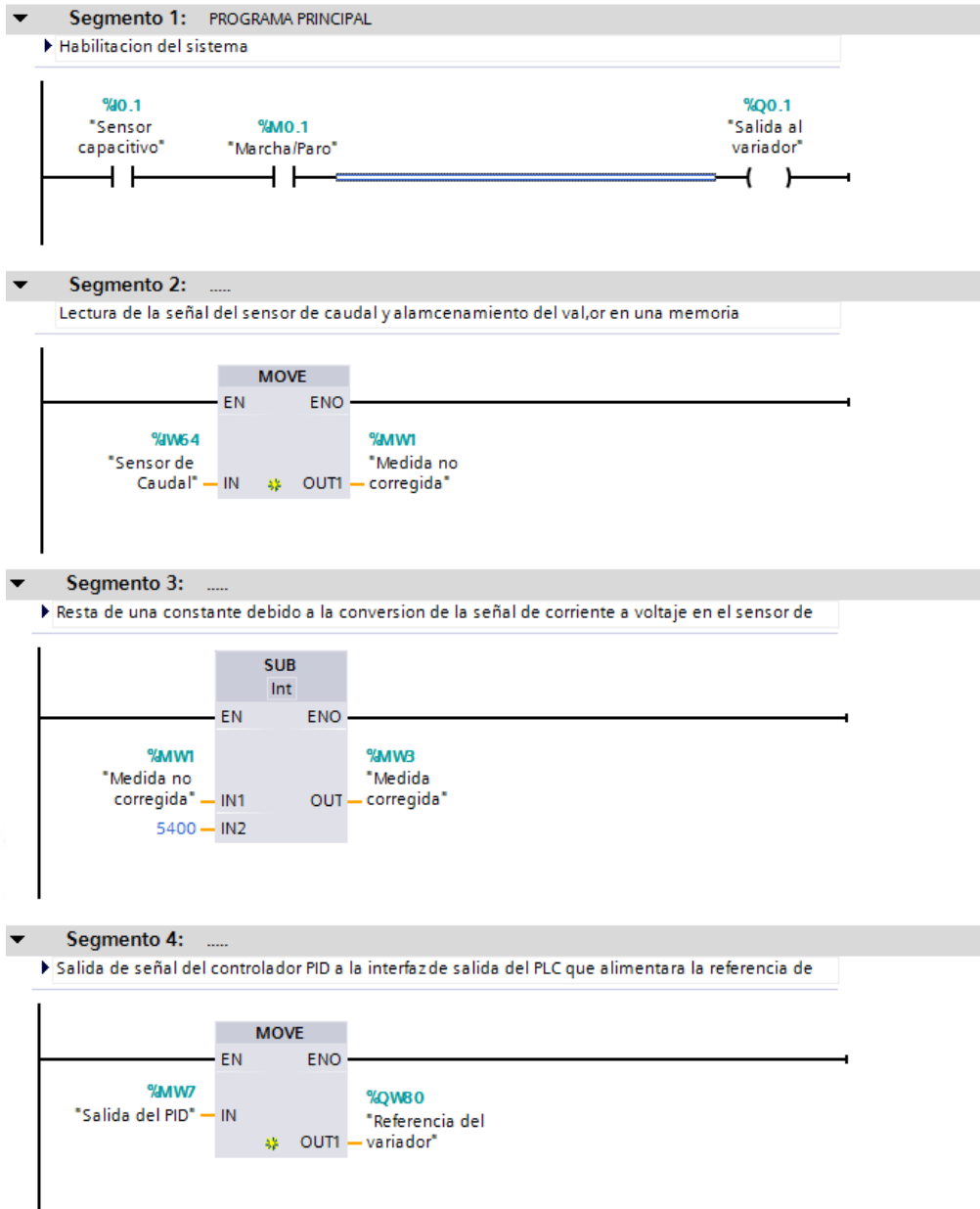
Frecuencia de salida en el variador	Voltaje del sensor	Información en bit	Información en bit restado
50 Hz	6.78 V	18 560	13 180
0 Hz	2 V	5400	0 bit

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El rango de medición será de 0 a 90 L/min.

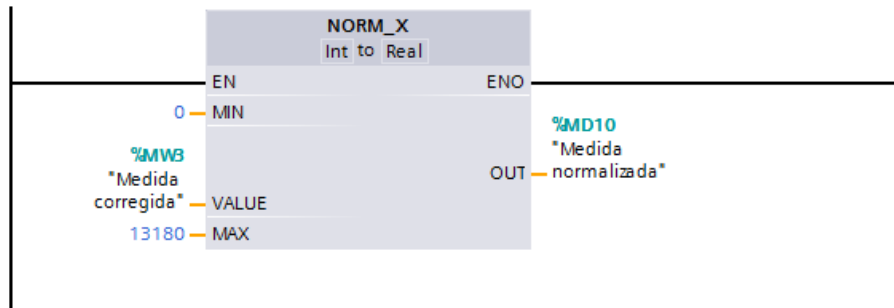
- **Segmento 4:** La palabra de memoria %MW7 es la salida de señal del PID, como se puede notar este valor se va a la entrada analógica del variador de velocidad para modificar el valor de la velocidad según el valor de salida del PID.
- **Segmento 5:** A partir de este segmento se realiza el escalamiento de la señal de entrada del sensor de caudal, pero previamente al escalamiento la señal se recomienda que sea normalizada, el bloque NORM_X realiza esta acción. Nótese que el rango máximo y mínimo se obtiene de la tabla anterior (escrita en valores de color rojo).

- **Segmento 6:** EL bloque SCALE_X permite escalar los valores previamente normalizados a un valor en unidades de ingeniería, para nuestro caso se limitó la medición de 0 a 90 L/min.



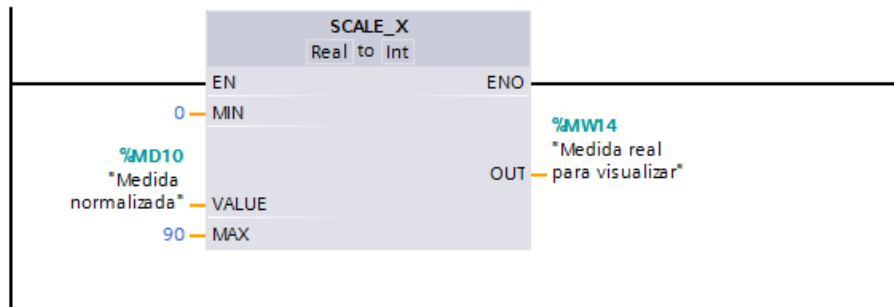
▼ **Segmento 5:** ESCALAMIENTO DE LA MEDIDA PARA VISUALIZACION EN LA PANTALLA TACTIL

Normalización de la señal de entrada



▼ **Segmento 6:**

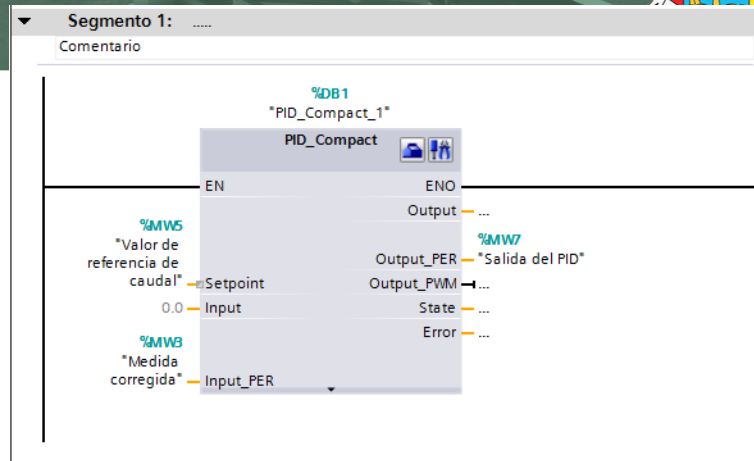
Escalamiento para mostrar los valores en unidades de ingeniería (L/min)



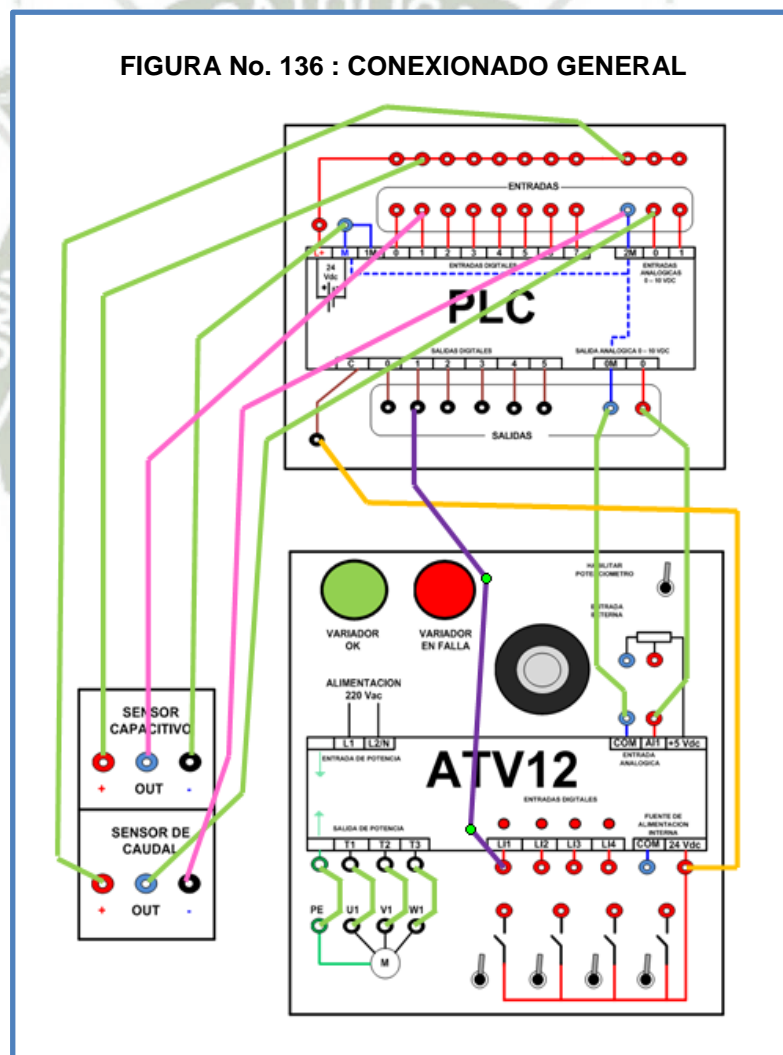
A continuación se realizó el llamado a la función PID en un **bloque Cyclic interrupt (Bloque de interrupción cíclica)**.

Descripción del programa:

- **Segmento 1:** En este bloque se configuran tres elementos importantes: la consigna, valor del sensor de medición y la salida del PID. Como se puede ver el valor de la consigna se le ha asignado a la palabra de memoria %KW, que nos servirá para dar el valor de caudal deseado al que queremos regular. La palabra de memoria % KW es el valor de la señal del sensor corregida (es decir el valor real de la medición). Y la palabra de memoria %KW es la palabra de memoria donde se almacena el valor de salida del PIDE, esta tiene un rango expresado en bit de 0 a 27648 (0 – 10 VD.).



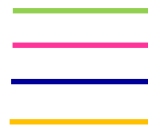
Para poder hacer la prueba en conjunto con el sistema se hace las siguientes conexiones, cabe mencionar que las conexiones se hicieron de acuerdo a la lista de ordenamiento donde se muestran las variables con su respectiva dirección lógica.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Las siguientes líneas que se muestran a continuación se refieren a conexiones externas que deben de hacerse para que el módulo funcione en forma integrada. La diferencia de colores solamente es por motivo de no confundir conexiones al momento de cruzar los cables en la figura mostrada anteriormente.

FIGURA No. 137: LÍNEAS DE CONEXIÓN ELÉCTRICAS EXTERNAS

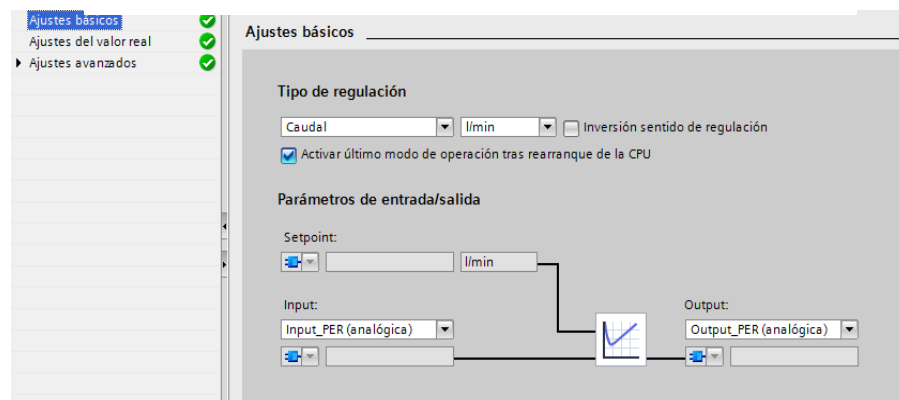


Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

En el bloque PIDE se debe de realizar algunos ajustes:

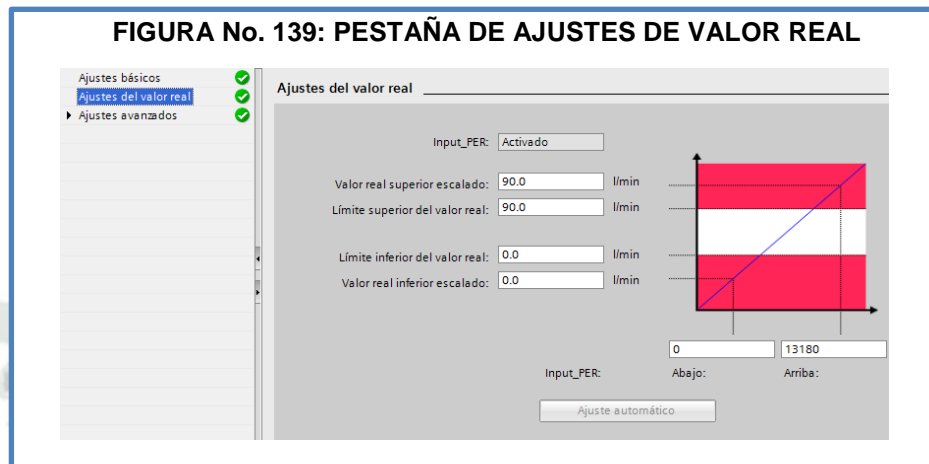
- En la pestaña Ajustes básicos: En esta ventana se coloca la magnitud física que se quiere regular en las unidades respectivas, además se habilitan la entrada para el valor de referencia de caudal y la salida del PIDE.

FIGURA No. 138: PESTAÑA DE AJUSTES BÁSICOS



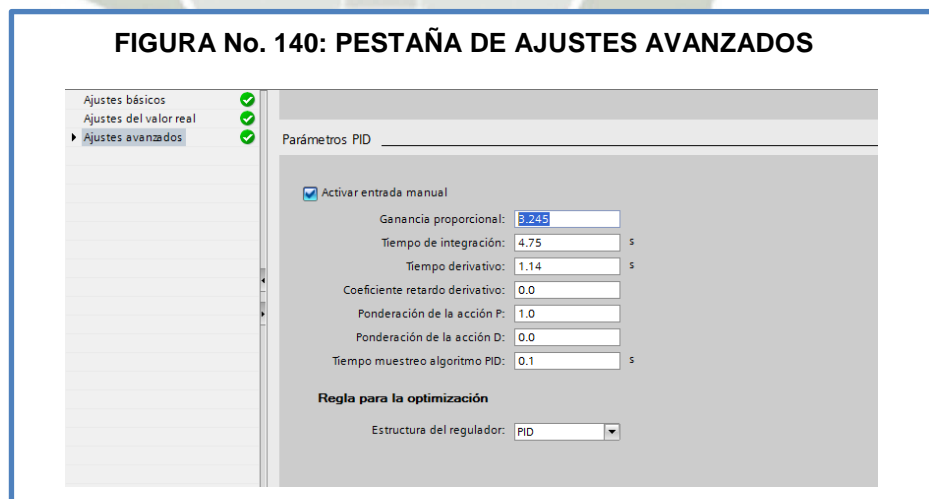
Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

- En la pestaña Ajustes de valor real: En esta ventana se hace el escalamiento interno del PIDE que permite procesar su valor. Nótese que se colocó como valor mínimo y máximo de 0 a 90 L/min que es el rango de medición del sensor de caudal. Además se hizo la correspondencia en bit entre el rango de 0 a 13180.



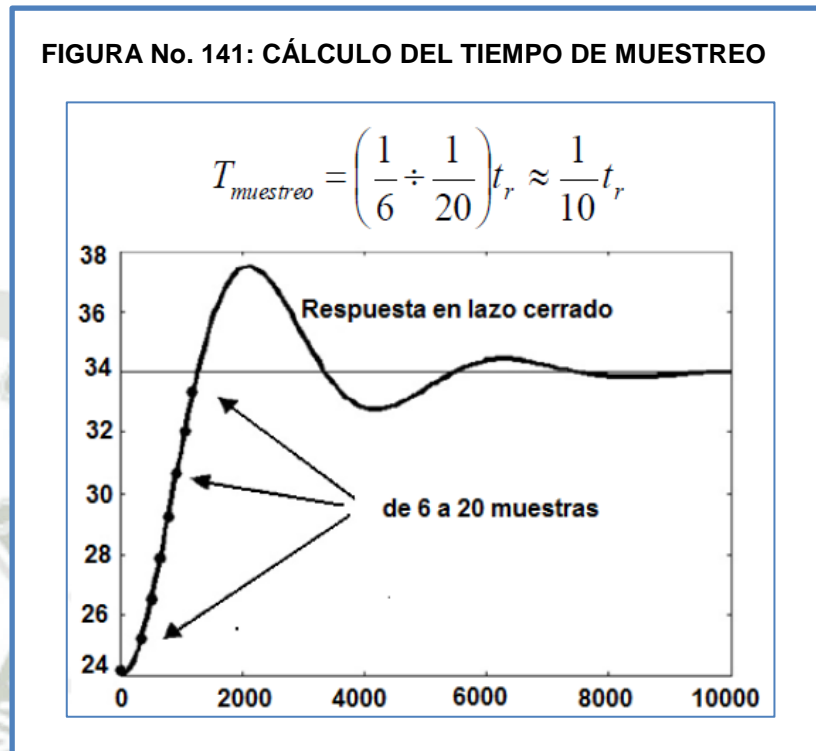
Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

- En la pestaña de ajustes avanzado: Se coloca los valores del PIDE, los valores que se muestran son referenciales.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

El periodo de muestreo (tiempo de exploración) es crítico para el correcto funcionamiento del sistema de control, un criterio práctico es de: 6 y 20 medidas durante el tiempo de subida.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

La respuesta de nuestro proceso ante el cambio de consigna de 0 a 50 L/min fue de 3 seg., por lo que:

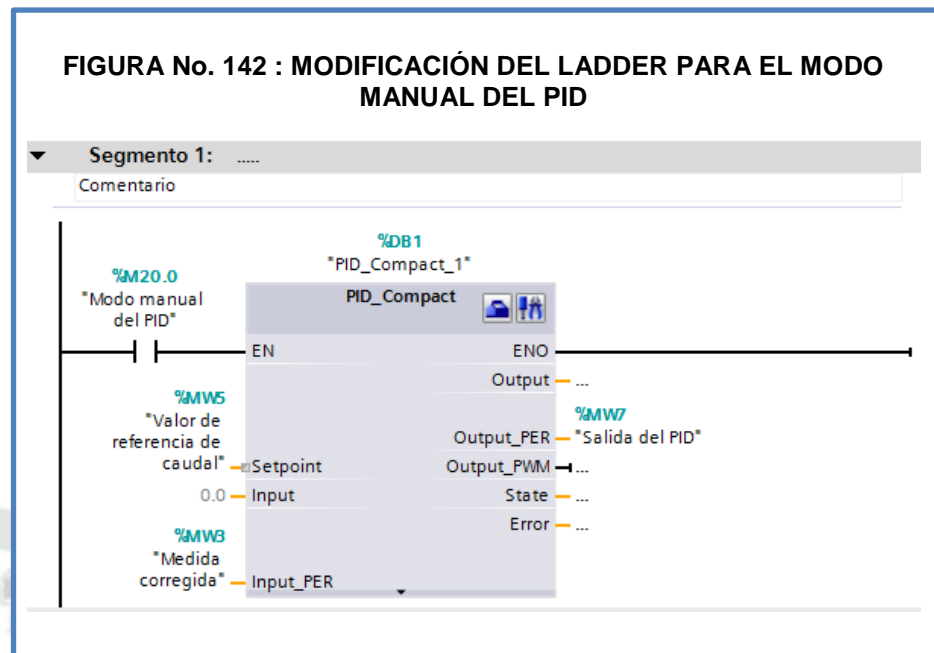
$$T_{muestreo} = \frac{3 \text{ seg}}{20} = 150 \text{ mseg}$$

$$T_{muestreo} = 100 \text{ mseg (Asumiendo)}$$

Para nuestro caso el tiempo de muestreo seleccionado es de 100 mseg por poseer nuestra planta una dinámica rápida.

Por otra parte para la sintonización de los parámetros es necesario colocar un contacto virtual accionado por una memoria discreta, esta nos va a permitir habilitar el modo manual del PID para que podamos manipular los valores de las ganancias. Se puede ver en la siguiente

figura que el bit de memoria %M20.0 realizará esta acción. Dentro del bloque PID se anula los parámetros de la ganancia integral y derivativa y se modifica la ganancia proporcional.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Hecho lo anterior se carga los parámetros al PLC, después de ello nos ponemos en línea y vamos a la tabla de observación de variables, en la columna ve valor forzado le colocamos el valor de TRUE para habilitar el modo manual del PID.

FIGURA No. 143: FORZADO DE LA VARIABLE DE MEMORIA PARA HABILITAR EL MODO MANUAL DEL PID

	Nombre	Dirección	Formato visualiza..	Valor de observac..	Valor de forzado		Comentario
1	"Sensor capacitivo"	%I0.1	Bool	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE		<input type="checkbox"/>	
2	"Marcha/Paro"	%M0.1	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE		<input type="checkbox"/>	
3	"Salida al variador"	%Q0.1	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE		<input type="checkbox"/>	
4	"Sensor de Caudal"	%IW64	DEC	5429		<input type="checkbox"/>	
5	"Medida no corregida"	%MW1	DEC	5429		<input type="checkbox"/>	
6	"Medida corregida"	%MW3	DEC	29		<input type="checkbox"/>	
7	"Referencia del variador"	%QW80	Hex	16#0000		<input type="checkbox"/>	
8	"Valor de referencia de c.."	%MW5	DEC	0		<input type="checkbox"/>	
9	"Salida del PID"	%MW7	DEC	0		<input type="checkbox"/>	
10	"Modo manual del PID"	%M20.0	Bool	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>	!

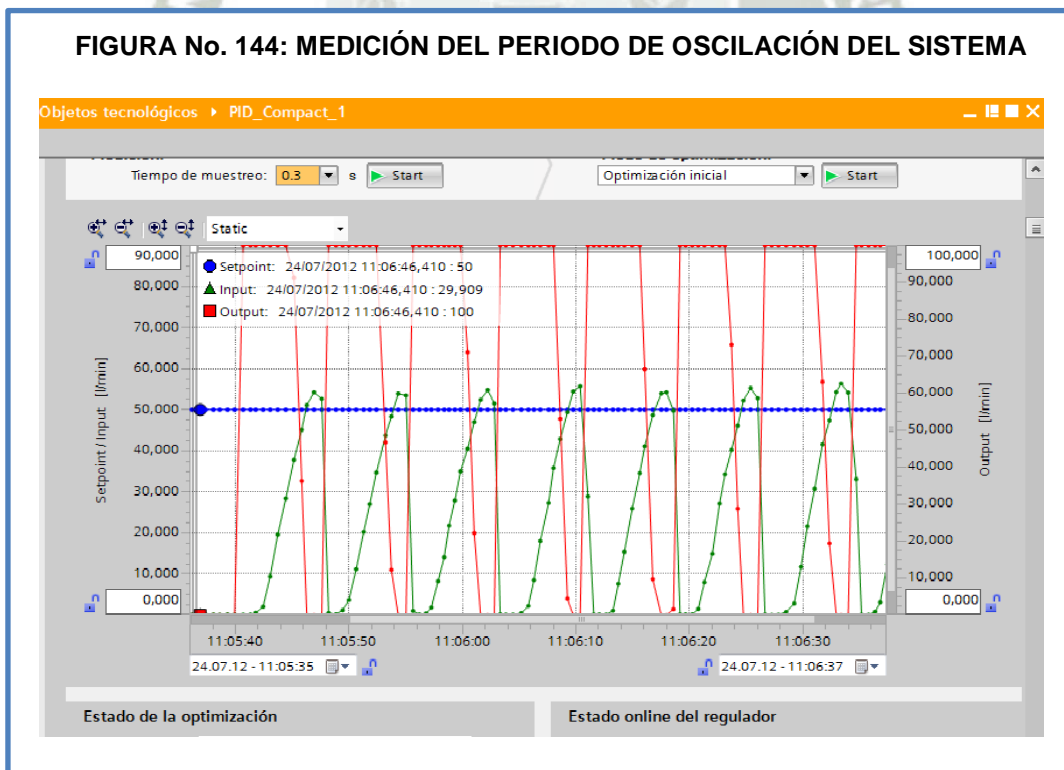
Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Es necesario mencionar que por cada modificación de la ganancia proporcional se debe parar el PLC, dar el nuevo valor de ganancia y volver a cargar el programa.

El valor de ganancia en el que el sistema empezó a oscilar fue de:

$$K_{cr} = 5.5$$

FIGURA No. 144: MEDICIÓN DEL PERIODO DE OSCILACIÓN DEL SISTEMA



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Del gráfico anterior se mide el tiempo del periodo de oscilación del cuál se tiene el siguiente valor:

$$T_{cr} = 9.5 \text{ seg}$$

Con este valor y la ganancia crítica se sintetizan los parámetros del controlador PID.

TABLA XV TABLA DE AJUSTE DE PARÁMETROS PID

Regulador	Kp	Ti	Td
P	0.5 Kcr	-	-
PI	0.45	0.85 Tcr	-
PID	0.59	0.50 Tcr	0.12 Tcr

Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

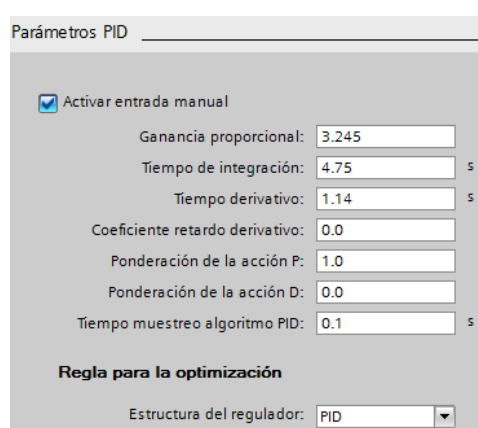
$$K_p = 0.59 K_{cr} = 0.59 * 5.5 = 3.245$$

$$T_i = 0.5 T_{cr} = 0.5 * 9.5 \text{ seg} = 4.75 \text{ seg}$$

$$T_d = 0.12 T_{cr} = 0.12 * 9.5 \text{ seg} = 1.14 \text{ seg}$$

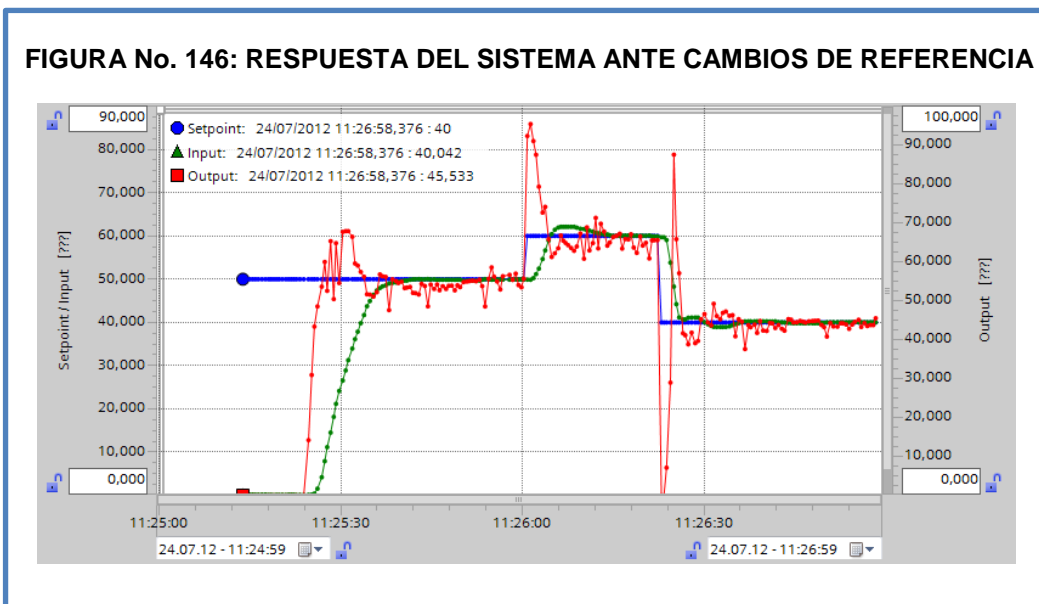
Estos valores se sintetizan dentro del bloque PID. En el siguiente gráfico se muestra los valores configurados en el bloque PID.

FIGURA No. 145: INTRODUCCIÓN DE VALORES EN EL BLOQUE PID



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Con estos parámetros se realizaron las pruebas respectivas de las cuales mostramos la siguiente gráfica. La señal de referencia de caudal (Set Point, línea azul), la señal del caudal de medido (Input, línea verde) y la gráfica de salida del PID (Output, línea roja), son mostradas por el bloque PID. En el primer cambio de la señal de referencia (aumento de la referencia), la variable controlada se logró estabilizar en 4 segundos aproximadamente. En el siguiente cambio de referencia (disminución de ésta), la variable controlada se estabilizó en 4.5 seg. aproximadamente.



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

4.7.DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN LA PANTALLA TÁCTIL

Las variables de con las cuales va a trabajar la pantalla táctil se muestra en la tabla mostrada a continuación. En ella se puede observar el tipo de variable y el Tag correspondiente para relacionarlo con el respectivo elemento de la pantalla de visualización.

FIGURA No. 147: CUADRO DE VARIABLES EN EL HMI

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre de PLC
Marcha/Paro	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1
Medida real para visualizar	Tabla de variables estándar	Int	Conexión_HMI	PLC_1
Salida al variador	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_H...	PLC_1
Valor de referencia de caudal	Tabla de variables estándar	Int	Conexión_HMI	PLC_1

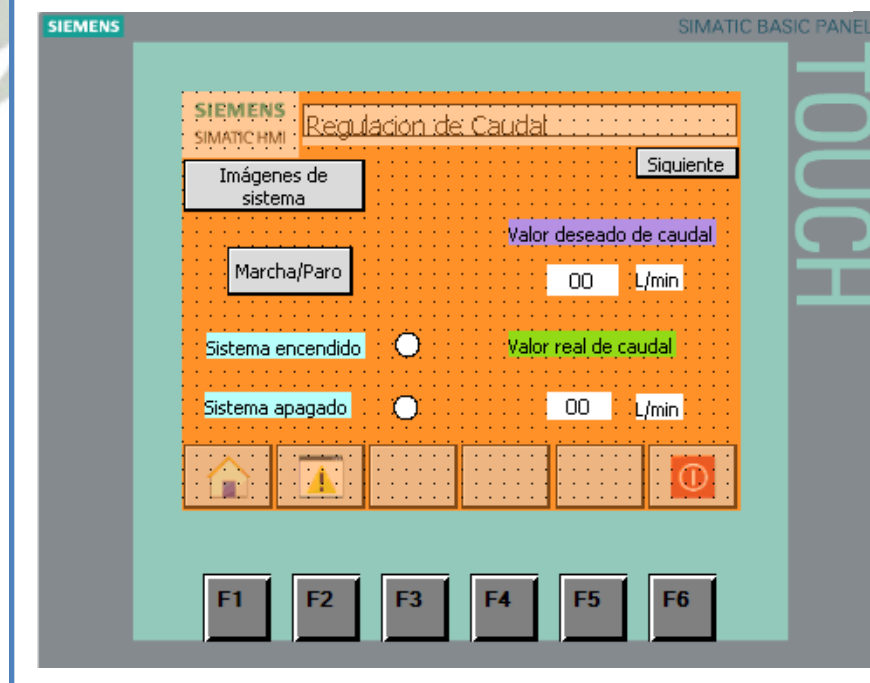
Fuente: Proyecto de Investigación

Autores: Siles y Chacca

Se crearon dos pantallas de interacción, en la primera que es la que se muestra; es la pantalla donde podemos colocar el valor de caudal deseado en L/min y el botón Marcha/Paro que permite que el sistema funcione para hacer la tarea de regulación.

4.7.1. CREACIÓN DE LA PRIMERA PANTALLA

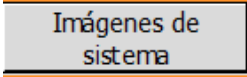
FIGURA No. 148 :PRIMERA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN



Fuente: Proyecto de Investigación

Autores: Siles y Chacca

A continuación se muestra la descripción de cada elemento de la pantalla y su respectiva conexión a la variable asociada, así como su animación.



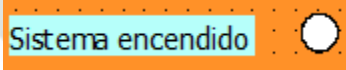
Imágenes de
sistema

Este botón viene por defecto en la pantalla de configuración que nos permite tener acceso a parámetros de diagnóstico de la pantalla táctil. Además de que permite salir del modo Runtime (Modo de ejecución enlazado con el PLC).



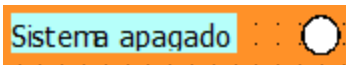
Marcha/Paro

Este botón está relacionado con la variable “Marcha/Paro” del PLC, la animación que se le ha colocado es la de “invertir el bit”, el cuál permite cambiar el valor de la memoria respectiva. Con una pulsación se activa el sistema y con otra pulsación se desactiva el sistema.



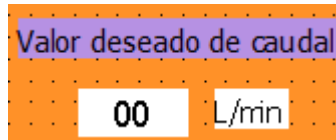
Sistema encendido

Se tiene un rótulo de aviso cuando el sistema está encendido. La circunferencia mostrada está asociada a la variable “Salida del variador”, y su animación es de visibilidad cambiando su color cuando la salida “Q 0.1” está activado. Si esta desactivado simplemente se muestra de color en blanco.

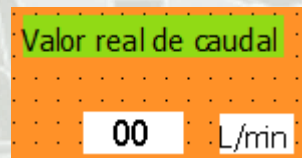


Sistema apagado

Se tiene un rótulo de aviso cuando el sistema está apagado. La circunferencia mostrada está asociada a la variable “Salida del variador”, y su animación es de visibilidad cambiando su color cuando la salida “Q0.1” esta desactivado. Si está activado simplemente se muestra de color en blanco.



Se muestra el rótulo en donde se menciona que se coloca el valor de referencia del caudal al cual quiero que mi sistema regule. Además se ha colocado un campo de entrada y salida de datos, en la que nosotros podemos colocar un valor de dos dígitos del caudal que queremos. Está relacionado con la variable de tag “Referencia del valor de velocidad”.

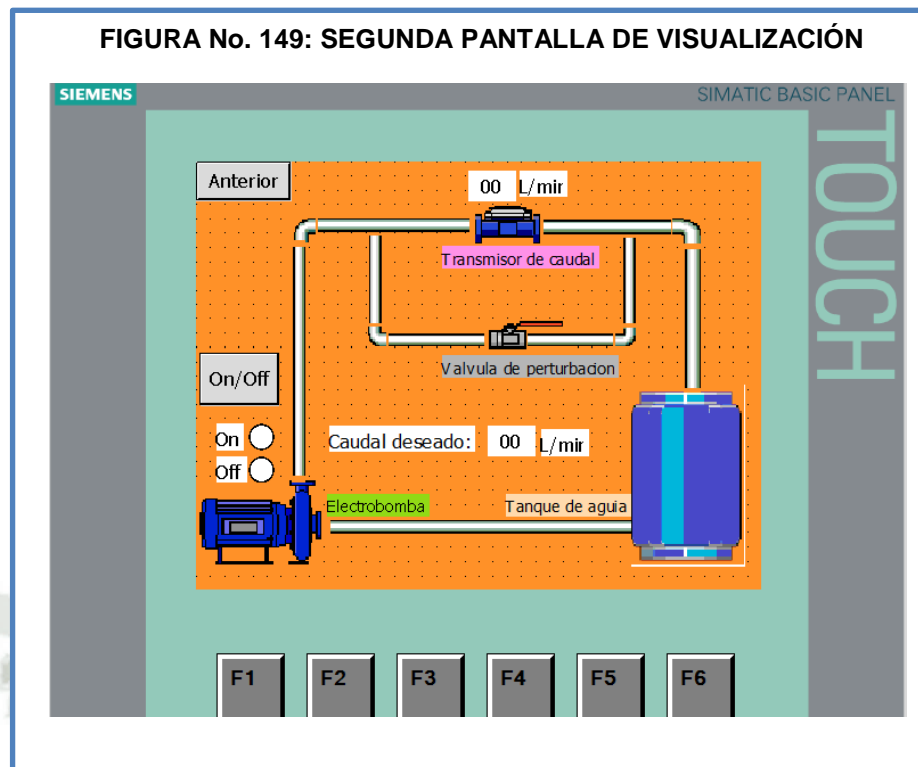


Se muestra el rótulo del valor de salida del sensor de medición ya escalado. Se ha colocado un campo de salida en la que solamente se puede observar el valor de medida actual del sensor de caudal. Está relacionado con la variable de tag “Medida real para visualizar”.

Siguiente

Este botón permite pasar a la segunda ventana de visualización correspondiente a la pantalla de proceso, la animación que tiene es la de pasar ventana.

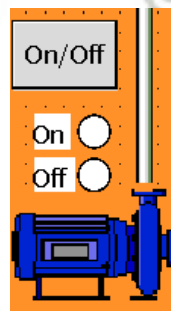
4.7.2. CONFIGURACIÓN DE LA SEGUNDA PANTALLA



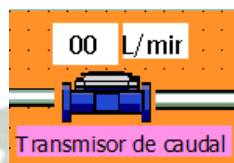
Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Anterior

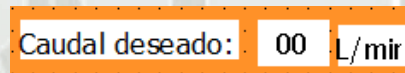
Este botón permite pasar a la primera ventana de visualización correspondiente a la pantalla de regulación de caudal, la animación que tiene es la de pasar ventana.



En esta parte se muestra un botón “On/Off”, el cual está relacionado a la variable de tag “Marcha/Paro”, el cual permite encender el sistema o pararlo en función a la pulsación que se genere momentáneamente. También dispone de dos circunferencias animadas con visibilidad. Ambas esta relacionadas con la variable de tag “Salida del variador”. La circunferencia superior cambia a color rojo cuando el sistema está trabajando, y la circunferencia inferior se coloca en rojo cuando el sistema está inactivo.



Se muestra la imagen del sensor de caudal usado, además se le ha colocado un campo de salida en la que se muestra en valor real de la medición de caudal en la tubería.



Se muestra la imagen del valor de caudal deseado, además se le ha colocado un campo de entrada y salida que nos permitirá dar el valor de referencia del caudal deseado.


Nota:

En vista que es un software nuevo, la configuración detallada paso a paso se muestra en los ejemplos de la guía práctica.



5.1. PRUEBAS DE LABORATORIO

	<p>Universidad Católica de Santa María</p>	<p>“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”</p>	<p>Fecha de la Prueba: 30/05/12</p>	
<p>Título De la Prueba: Puesta en Marcha de la Electrobomba y Configuración del Variador de Velocidad</p>			<p>Prueba N°</p>	<p>1</p>
<p>Apellidos y Nombres:</p>		<p>Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David</p>		
<p>I. OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado de funcionamiento de la Electrobomba. • Realizar la configuración de parámetros del Variador de Velocidad y conexionado a la Electrobomba. • Verificar la acción de control del Variador de Velocidad sobre la Electrobomba en el sistema de tuberías. <p>II. RECURSOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planta de Flujo (SISTEMA DE TUBERÍAS) <div data-bbox="582 922 853 1131" data-label="Image">  </div> • Variador de velocidad Schneider Electric –ATV12 H075M2 <div data-bbox="646 1214 778 1400" data-label="Image">  </div> • Electrobomba Trifásica de 1 Hp PENTAX CM- 100 <div data-bbox="614 1482 778 1639" data-label="Image">  </div> • Tacómetro <div data-bbox="630 1713 753 1854" data-label="Image">  </div> • Cables de conexión <div data-bbox="625 1908 758 2042" data-label="Image">  </div> 				

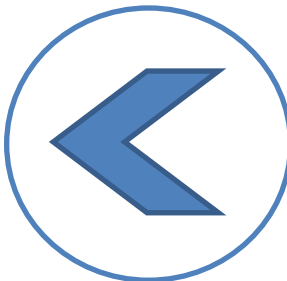
	Universidad Católica de Santa María	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA"	Fecha de la Prueba: 30/05/12	
Título De la Prueba: Puesta en Marcha de la Electrobomba y Configuración del Variador de Velocidad			Prueba N°	1
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

III. PROCEDIMIENTO

A. DETERMINACIÓN DEL SENTIDO DE GIRO DEL MOTOR

Para la determinación del Giro del Motor ,se procedió verificar la seña de giro en la tapa de la Electrobomba , confirmando el sentido de giro antihorario.

FIGURA No. 150 :SEÑA DE GIRO DEL MOTOR DE LA ELECTROBOMBA ANTI-HORARIO



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Otra manera de confirmar el sentido de giro del motor fue realizando el arranque del mismo , tomando en cuenta que la configuración de arranque es en delta.

B. DETERMINACIÓN DE LAS REVOLUCIONES DEL MOTOR

Para la determinación de la potencia del motor se ha utilizado un tacómetro de contacto el cual registró la cantidad de 1750 RPM.

FIGURA No. 151: MEDICIÓN DE LAS RPM DEL MOTOR

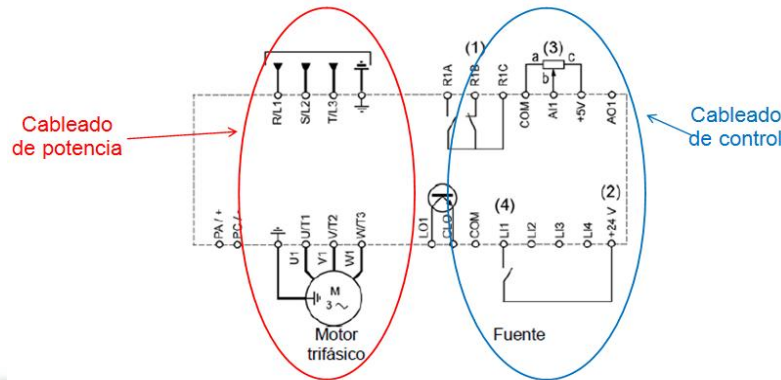


Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

	Universidad Católica de Santa María	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA"	Fecha de la Prueba: 30/05/12	
Título De la Prueba: Puesta en Marcha de la Electrobomba y Configuración del Variador de Velocidad			Prueba N°	1
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		
C. CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS DEL MOTOR				
	Entrada	Rango de tensión	200 a 240 VCA	
		Corriente máxima	10.2 a 8.5 A	
		Frecuencia	50/60 Hz	
	Salida	Rango de tensión	0 a 240 VCA	
		Corriente máxima	4.2 A	
		Frecuencia	0 a 400 Hz	
	Motor	Potencia	1 HP	
		Tensión	220 V	
		Intensidad	3.2 A	
		Conexión	Delta	
		Cos Ø	0.8	
		Frecuencia	60 Hz	
		Velocidad	1750 RPM	
<p>Se ha Realizado el cableado que se muestra en la figura. Se empleó un potenciómetro (3) para que sea la entrada de referencia de velocidad, y un interruptor cableado desde los 24 VDC del variador hacia la primera entrada LI1 del variador, este controlará el encendido y apagado del variador.</p>				

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 30/05/12
Título De la Prueba: Puesta en Marcha de la Electrobomba y Configuración del Variador de Velocidad			Prueba N° 1
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David	


FIGURA No. 152: DISTRIBUCIÓN DE CABLEADO DE CONTROL Y POTENCIA



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Se Configuró los parámetros del motor. Para esto se utilizó la *Guía de Usuario del Variador de Velocidad ATV 12*. Con ello se configuraron los siguientes parámetros (Página 55 del manual de usuario)

Parámetro	Nombre	Descripción	Ruta de acceso	Valor
bFr	Frecuencia estándar del motor	Configura la frecuencia de operación con la que va trabajar el motor. Este dato lo sacamos en la placa de datos del motor.	Modo Configuración/Men ú FULL/drC/bFr	60 Hz
nPr	Potencia nominal del motor	Potencia nominal del motor indicada en la placa característica.	Modo Configuración/Men ú FULL/drC/nPr	1 HP
nPC	Elección parámetros del motor	Habilita la visualización del factor de potencia del motor.	Modo Configuración/Men ú FULL/drC/nPC	COS
COS	Motor cos phi nominal	cos ϕ del motor indicado en la placa características del motor.	Modo Configuración/Men ú FULL/drC/COS	0.8
UnS	Tensión nominal del motor	Tensión nominal del motor indicado en la placa de características del motor.	Modo Configuración/Men ú FULL/drC/UnS	220 V

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 30/05/12
Título De la Prueba: Puesta en Marcha de la Electrobomba y Configuración del Variador de Velocidad			Prueba N° 1
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David	


nCr	Intensidad nominal del motor	Intensidad nominal del motor especificada en la placa característica del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/nCr	3.2 A
nSP	Velocidad nominal del motor	Velocidad nominal del motor indicado en la placa característica del motor.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/Nsp	1750 RPM
CtC	Tipo de control de motor	Permite definir el tipo de control para la aplicación y el rendimiento requerido.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/Ctt	Std
tUn	Autoajuste	Realiza un ensayo en el motor para determinar sus parámetros internos.	Modo Configuración/Menú FULL/drC/tUn	Yes

Nota: En el parámetro Ctt se colocará a Std que significa modelo de control estándar o simplemente control escalar (V/f), que es el más sencillo y de uso general en la mayoría de aplicaciones que se nos puede presentar.

Cuando se realice el autoajuste esperar a que termine la prueba, la cual dura aproximadamente 2 segundos. Cuando volvamos a acceder al parámetro tUn si se ha hecho bien el autoajuste aparecerá Done (que significa que se ha efectuado correctamente).

Se Configuró el modo de referencia de velocidad, para nuestro laboratorio según el esquema de cableado que mostramos al inicio, la frecuencia de referencia de velocidad va a ser dada por la posición de un potenciómetro conectado en la entrada analógica del variador de velocidad. (Página 60 del manual de usuario)

Parámetro	Nombre	Descripción	Ruta de acceso	Valor
Fr1	Canal de referencia 1	Configura el terminal que va a brindar la referencia de velocidad del variador de velocidad.	Modo Configuración/Menú FULL/CtL/Fr1	All

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 30/05/12	
Título De la Prueba: Puesta en Marcha de la Electrobomba y Configuración del Variador de Velocidad			Prueba Nº	1
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar		
		Siles Nates, Fernando David		


Se Configuró el modo de arranque del variador de velocidad, en este caso según el cableado de nuestro laboratorio se trabajará en una conexión de dos hilos, en la cual el arranque del variador de velocidad es controlado por la posición del interruptor conectado a la primera entrada lógica del variador de velocidad. (Página 47 del manual de usuario).

Parámetro	Nombre	Descripción	Ruta de acceso	Valor
ECC	Tipo de control	Define si el arranque y la parada van a trabajar mediante un interruptor o mediante pulsadores de marcha y paro.	Modo Configuración/Menú FULL/I_O-/tCC	2C

Nota:

Por defecto la primera entrada digital es la que comandará el arranque y paro del variador de velocidad. Para confirmar este parámetro es necesario presionar la tecla “ENT” durante dos segundos para que se efectúe la selección del parámetro. Este tipo de control solamente funciona si se selecciona el modo de referencia “bornero”, es decir cuando la referencia de velocidad lo da un potenciómetro conectado a la entrada analógica del variador de velocidad.

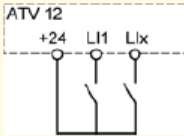
2C

 2 s

Control de 2 hilos (véase página 50)

El estado abierto o cerrado de la entrada controla el funcionamiento o paro.


Ejemplo de cableado "fuente":



LI1: avance
LIx: marcha atrás

Salga del modo configuración presionando la tecla **ESC** del variador de velocidad tantas veces hasta que aparezca **rdY** que significa que el variador está preparado para brindar energía hacia el motor.

Coloque el potenciómetro de referencia de velocidad a su valor mínimo. Después accione el interruptor de arranque a la posición ON. Una vez hecho esto suba gradualmente el potenciómetro y observe como la velocidad del motor se modifica cuando varía la resistencia. A mayor valor de resistencia es mayor la velocidad del motor y viceversa.

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12	
Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal			Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

I. OBJETIVO

Observar el comportamiento del módulo de control de caudal ante diferentes condiciones de operación.

II. RECURSOS

- Módulo de control de caudal



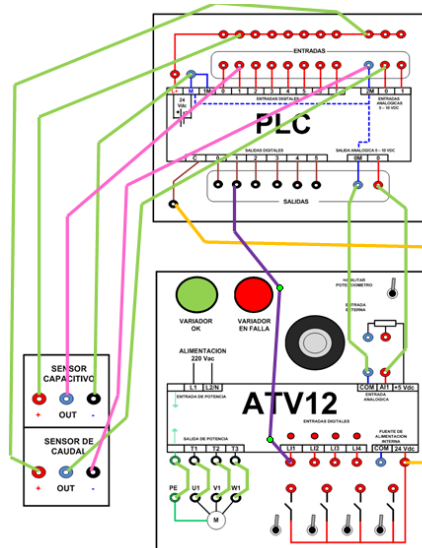
- PC con software TIA Portal V11.

III. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

Realizar el conexionado con bornera tal como se muestra en la siguiente figura.

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12	
Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal			Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

FIGURA No. 153 :CONEXIONADO CON BORNERA



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

A continuación se muestra el conexionado físico del sistema.

FIGURA No. 154: CONEXIONADO FÍSICO DEL SISTEMA



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

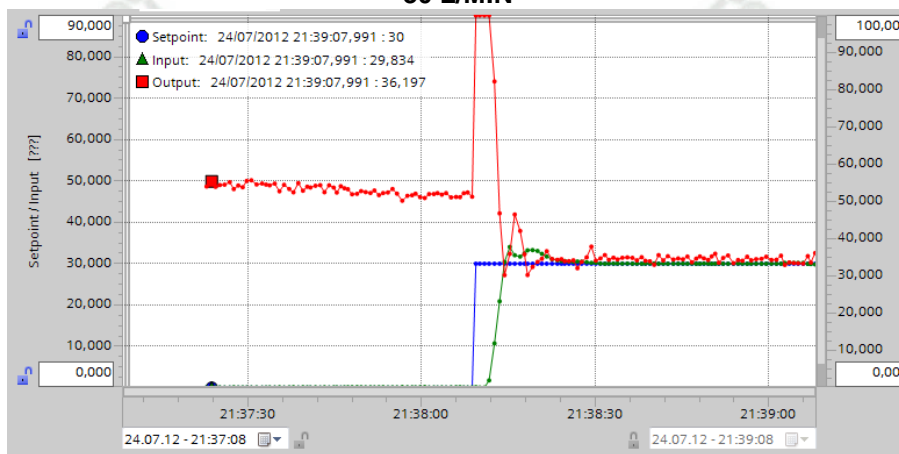
	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12	
Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal			Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

A. PRUEBAS DE AUMENTO DE CAUDAL

En esta parte se trabajará cambiando el valor de consigna sin perturbación.

1. Cambio de referencia de 0 L/min a 30L/min

FIGURA No. 155 :RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE CAMBIO DE CONSIGNA DE 0 A 30 L/MIN



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
17.1	29.7	3.6	4397	29.83	5 seg

Error de Medida:

$$e\% = \frac{29.7 - 29.83}{29.7} * 100$$

$$e\% = - 0.4 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

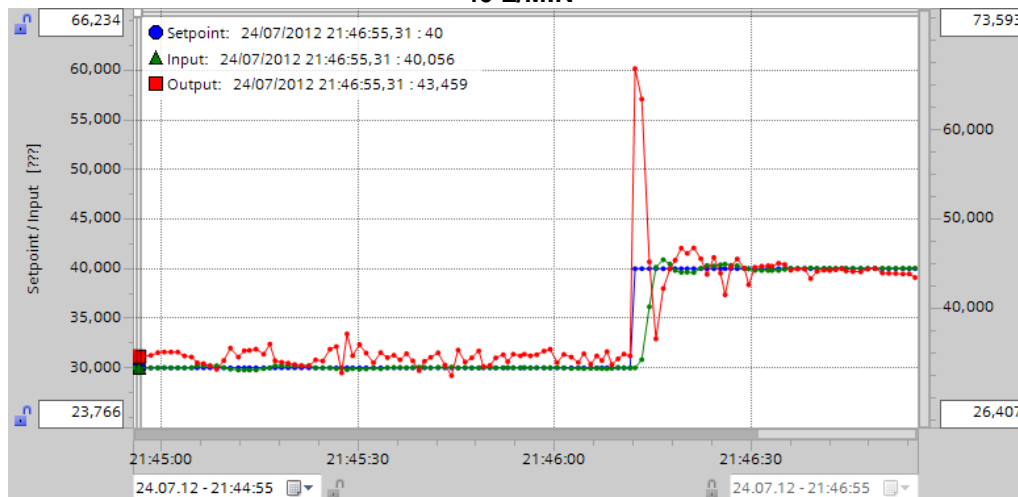
$$\% = \frac{30 - 29.7}{30} * 100$$

$$e\% = 1$$

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12	
Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal			Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

2. Cambio de referencia de 30 L/min a 40L/min

FIGURA No. 156 :RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE CAMBIO DE CONSIGNA DE 30 A 40 L/MIN



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
22.2	39.7	4.12	5850	40.05	5 seg

Error de Medida:

$$e\% = \frac{39.7 - 40.05}{39.7} * 100$$

$$e\% = - 0.88 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

$$\% = \frac{40 - 39.7}{40} * 100$$

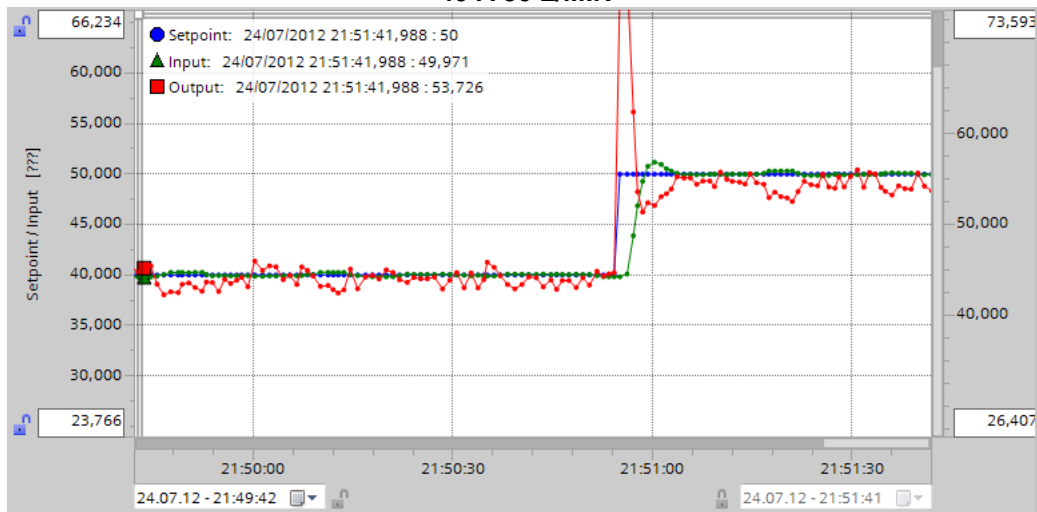
$$e\% = 0.75 \%$$

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12
--	-------------------------------------	---	---------------------------------

Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal		Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:	Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

3. Cambio de referencia de 40 L/min a 50L/min

FIGURA No. 157: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 40 A 50 L/MIN



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
27.3	49.4	4.65	7330	49.97	6 seg

Error de Medida:


$$e\% = \frac{49.4 - 49.97}{49.4} * 100$$

$$e\% = - 1.15 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

$$e\% = \frac{50 - 49.4}{50} * 100$$

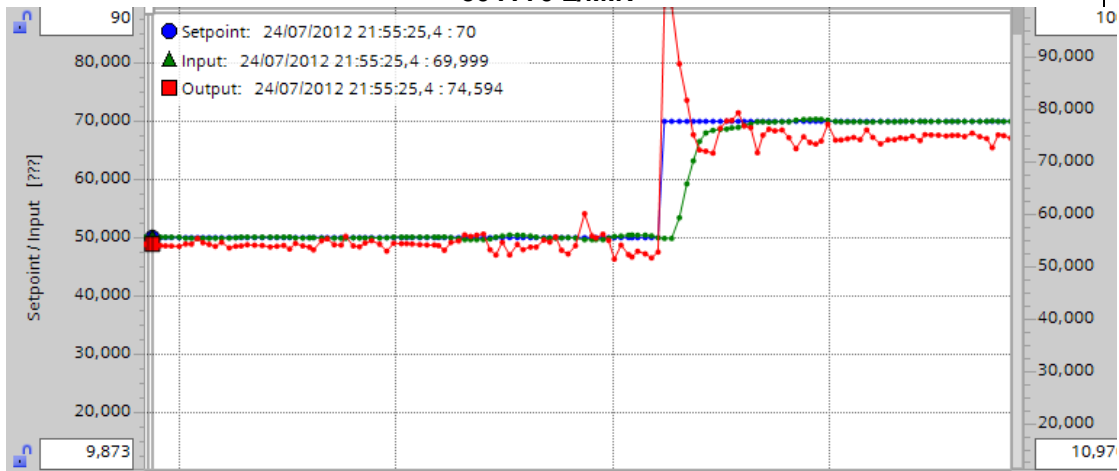
$$e\% = 1.2 \%$$

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12
---	-------------------------------------	---	---------------------------------

Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal		Prueba Nº	2
Apellidos y Nombres:	Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

4. Cambio de referencia de 50 L/min a 70L/min

FIGURA No. 158: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 50 A 70 L/MIN



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
37.3	69.6	5.71	10250	69.99	seg

Error de Medida:

$$e\% = \frac{69.6 - 69.99}{69.6} * 100$$

$$e\% = - 0.56 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

$$e\% = \frac{70 - 69.6}{70} * 100$$

$$e\% = 0.57 \%$$

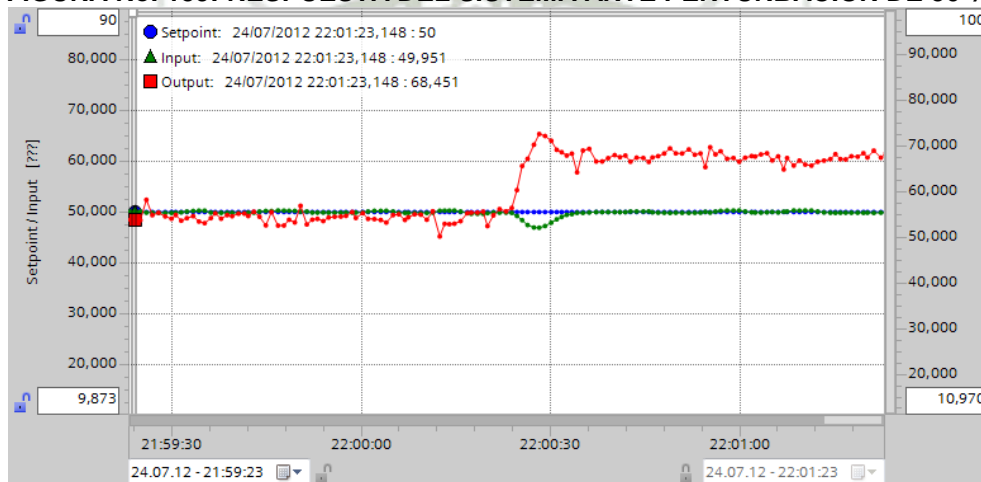
	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12
--	-------------------------------------	---	---------------------------------

Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal		Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:	Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

B. PRUEBAS DE MODIFICACIÓN DE LA VÁLVULA DE PERTURBACIÓN

En esta parte se trabajará con un valor de consigna de 50 L/min y se aplicará una perturbación (válvula en paralelo al sensor de caudal) de 50 % que corresponde a la apertura de la válvula de bola a la mitad.

FIGURA No. 159: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE PERTURBACIÓN DE 50 %



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
33.8	49.2	4.65	7330	49.95	2 seg

Error de Medida:

$$\% = \frac{49.2 - 49.95}{49.2} * 100$$

$$e\% = - 1.52 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

$$e\% = \frac{50 - 49.2}{50} * 100$$

$$e\% = 1.6 \%$$

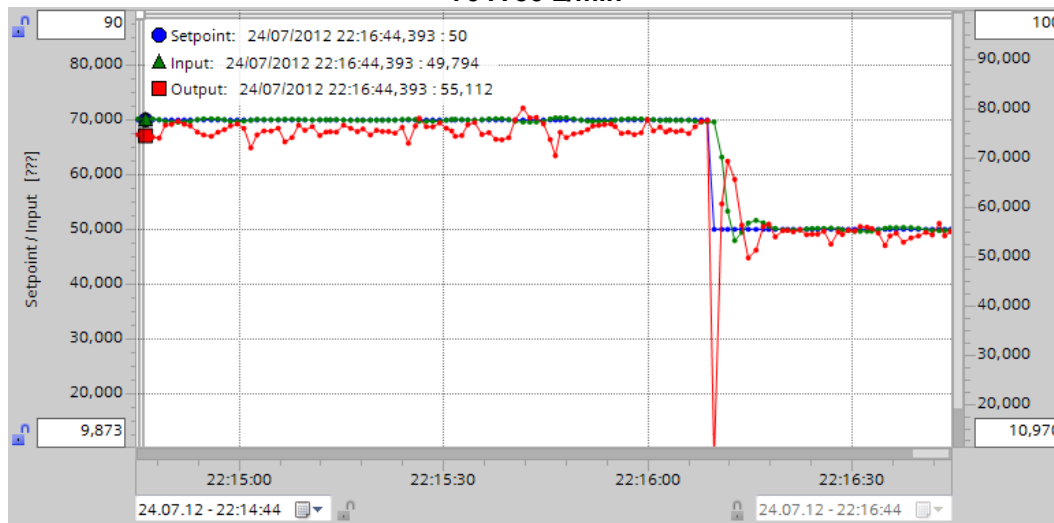
	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12
--	-------------------------------------	---	------------------------------

Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal		Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:	Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

C. PRUEBAS DE DESCENSO DE CAUDAL

1. Cambio de referencia de 70 L/min a 50L/min

FIGURA No. 160 : RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 70 A 50 L/min



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
27.1	49.5	4.66	7636	49.79	4 seg

Error de medida:

$$e\% = \frac{49.5 - 49.79}{49.5} * 100$$

$$e\% = - 0.58 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

$$e\% = \frac{50 - 49.5}{50} * 100$$

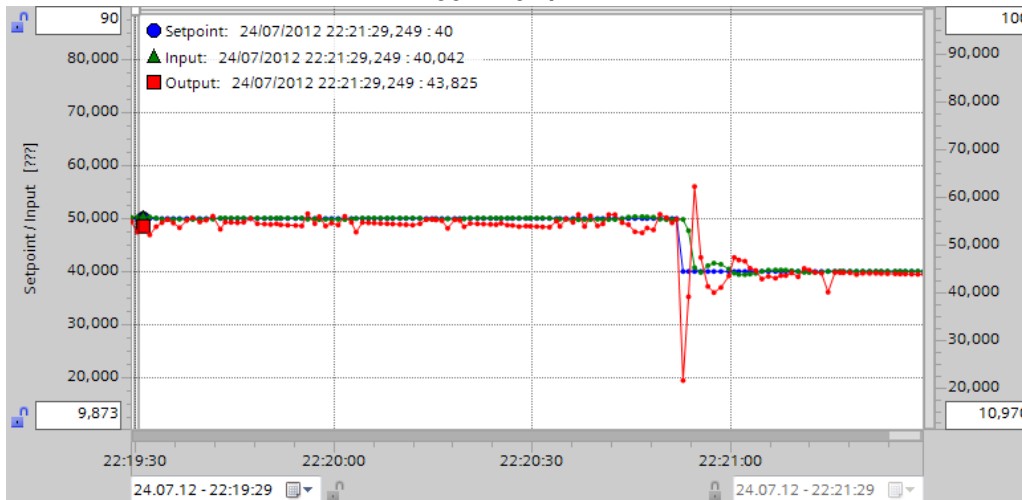
$$e\% = 1$$

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12
--	-------------------------------------	---	---------------------------------

Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal		Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:	Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		

1. Cambio de referencia de 50 L/min a 40L/min

FIGURA No. 161: RESPUESTA DEL SISTEMA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA DE 50 A 40 L/MIN



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Frecuencia del variador de velocidad (Hz)	Valoren la pantalla del sensor (L/min)	Voltaje del sensor de caudal (V)	Señal del sensor en bit corregida	Valor de ingeniería escalado (L/min)	Tiempo de establecimiento
22	39.4	4.12	5860	40.04	5 seg

Error de Medida:


$$\% = \frac{39.4 - 40.04}{39.4} * 100$$

$$e\% = -1.62 \%$$

Error de medida en la estabilización, con respecto a la señal de consigna:

$$e\% = \frac{40 - 39.4}{40} * 100$$

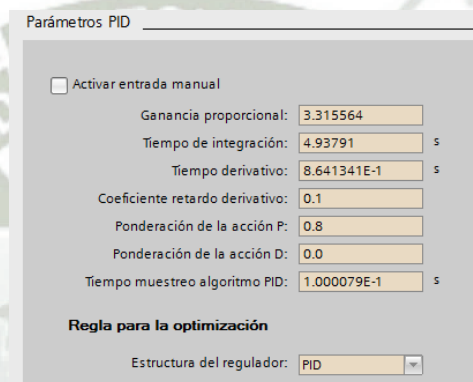
$$e\% = 1.5 \%$$

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12	
Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal			Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar		
		Siles Nates, Fernando David		

D. CORROBORACIÓN CON LOS VALORES OBTENIDOS MEDIANTE LA FUNCIÓN DE AUTO-SINTONIZACIÓN

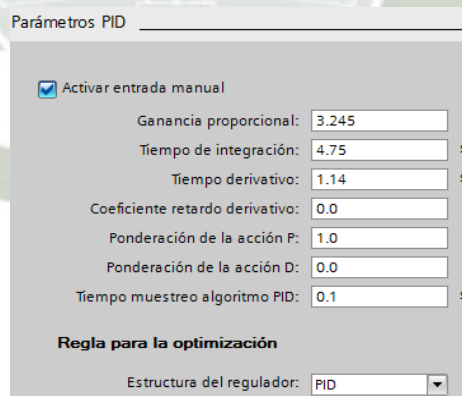
En esta parte se ha verificado los valores anteriormente calculados con los valores que da el PLC con la función de Auto- sintonización.

FIGURA No. 162: VALORES DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA AUTO-SINTONIZACIÓN




Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

FIGURA No. 163: VALORES CALCULADOS EXPERIMENTALMENTE



Fuente: Proyecto de Investigación
Autores: Siles y Chacca

Notamos que los valores son muy similares. Hay que tener en cuenta que la función de auto-sintonización tiene otros parámetros adicionales propios de la marca. En términos generales podemos decir que la sintonización hecha experimentalmente es aceptable en comparación con el de la Auto-sintonización.

	Universidad Católica de Santa María	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DE CAUDAL CONTROLADO POR PLC Y SUPERVISIÓN DE PROCESO MEDIANTE SCADA”	Fecha de la Prueba: 19/07/12	
Título De la Prueba: Funcionamiento Integrado del Módulo de Control de Caudal			Prueba N°	2
Apellidos y Nombres:		Chacca Cuti, Edgar Siles Nates, Fernando David		
<p>IV. RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los errores obtenidos en la pruebas fueron menores al 5%, tanto subiendo la señal de consigna como de su disminución, por lo que la sintonización de los parámetros del PID se consideran correctas y suficientes para nuestro módulo. Además el tiempo de estabilización es corto, esto debido a que la dinámica del sistema es rápida. • El error de medición real en el sensor de caudal y el valor real escalado, tienen un error negativo; es decir por exceso. Esto se debe al escalamiento que se hizo en el programa del PLC. • La respuesta frente a perturbaciones toma un menor tiempo comparando frente a cambios de consigna. • La salida del PID que va a la entrada de referencia de velocidad del variador presenta variaciones pequeñas, que vistos en la realidad no afectan el funcionamiento del sistema. • En todos los casos la vibración del motor fue suave por lo que el sistema queda en perfectas condiciones de trabajo. 				

5.2. PRINCIPALES APLICACIONES DEL CONTROL DE CAUDAL

El avance de la tecnología en el Área de Control Industrial ha significado la optimización de la producción tanto en la reducción de tiempo y mejoramiento de la calidad del producto. Es por ello que la presente investigación aporta una solución al área Industrial aplicando el Control de Caudal mediante el uso del Controlador Lógico Programable y la supervisión de proceso mediante SCADA.

A continuación se verán las aplicaciones a las cuales está dirigida la presente Investigación en el campo industrial.

5.2.1. INDUSTRIA PETROLERA

La medición de flujo de fluidos es un proceso complejo debido a que otras magnitudes tienen una influencia determinante en el comportamiento de los medidores de flujo, en algunos casos es afectado también por instalaciones inadecuadas que producen distorsiones en el régimen de flujo, vórtices y vibración.

El petróleo posee una cualidad de ser el combustible con mayor demanda por lo que la acción de control entra a tallar en el aspecto de contabilización del producto. Los medidores de flujo desempeñan un papel indispensable en cada operación de este proceso, como lo es el control, la indicación de condición o alarma, etc., hasta lo que probablemente es la aplicación más importante, la transferencia de custodia del fluido, utilizándose para ello todo tipo y tamaño de medidores de flujo.

El petróleo origina también industrias tales como la de productos petrolíferos (gas licuado, gasolina, diáfano, turbosina, diesel, combustóleo, grasas, lubricantes y asfalto) y la industria petroquímica para producir multitud de productos. La necesidad de regular la comercialización del petróleo crudo y sus derivados de acuerdo a las normas internacionales se lleva a cabo con el objeto de asegurar la

equidad en el intercambio y la satisfacción entre compradores y vendedores.

5.2.1.1. EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO

- Medición en producción con presión elevada.
- Medición de la cantidad de agua que se inyecta para la extracción de petróleo.

5.2.2. INDUSTRIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Instalación de caudalímetros electromagnéticos a baterías con el fin de prestar ayuda la compañía de aguas para controlar las fugas de agua y optimizar la intervención en la red de abastecimiento.

**FIGURA No. 164: VISTAS DEL TUBO ELECTROMAGNÉTICO
Y LA ELECTRÓNICA ML250 - FLOWIZ**



Fuente: Control de Fugas de Agua
Autor: Lana Sarrate

5.2.2.1. EQUIPOS UTILIZADOS



Fuente: Control de Fugas de Agua
Autor: SARRATE, Lana

5.2.2.2. VENTAJAS DE LOS CAUDALÍMETROS A BATERÍAS ISOIL - FLOWIZ

- Comunicación Wireless con GPRS, envío de e-mails a una dirección de correo.
- Data Logger integrado (datos de medición , eventos y estado de la batería)
- Tubos electromagnéticos sin electrónica en su interior (sin mantenimiento).
- La electrónica ML250 (Flowiz) la podemos utilizar con caudalímetros desde DN3 hasta DN2000.
- Las baterías tienen una vida de hasta 10 años, el equipo avisa su estado y el cambio de las mismas puede ser realizada por el usuario.

5.2.3. INDUSTRIA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

- Medición en el proceso de circuitos de agua Fría y de agua de calderas.
- Optimización de los sistemas de calefacción en grandes edificios.

5.2.4. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DEL PAPEL

El control de flujo en la Industria de producción del Papel está relacionado a la acción de dos procesos fundamentales:

- Control del Flujo de desecho de la Pulpa en la Máquina
- Control del Flujo de Vapor de los rodamientos de secado.

Ambos procesos deben de controlarse para asegurar que el producto final sea completamente uniforme.

5.2.5. INDUSTRIA ALIMENTARIA

- En confiterías para la medida del caudal del chocolate que es necesario depositar en cada porción.
- En Panaderías para la medida del caudal de masa o la medida de la cantidad del relleno de crema que es depositado en las galletas.
- Producción de Zumos de Frutas, cantidad de líquido (Agua, colorantes, saborizantes) .

5.2.6. INDUSTRIA NAVAL

- Principalmente el control de Flujo es aplicado en astilleros en donde se realiza el control de circuitos de enfriamiento y lubricación.
- En los buques principalmente se mida la cantidad de combustible que se consume.

5.2.7. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA

La industria cervecera forma parte de las aplicaciones del control de flujo tanto para el control o medida de densidad , control de

caudal de la levadura a continuación veremos de manera específica la aplicación del control de flujo en este sector industrial.

5.2.7.1. ALMACENAMIENTO DE CEBADA

La cebada es uno de los componentes fundamentales en el proceso de la creación de cerveza. La cebada es más estable seca y mantenida a baja temperatura. Si ha sido recolectada por horas de duración, el aire utilizado para la desecación debe hallarse inicialmente a 54 °C e ir elevando su temperatura hasta los 66 °C, pero la temperatura del grano nunca debe sobrepasar 52 °C. El calentamiento tiene habitualmente otro efecto ventajoso, el de reducir el tiempo necesario para finalizar el periodo durmiente (estado de reposo). Un tratamiento típico consiste en de secarla hasta un 12 % de agua y almacenarla luego a 25 °C durante 7–14 días. Es habitual reducir después la temperatura a 15 °C, mientras se efectúan las operaciones de limpieza y clasificación de los granos por tamaño. El movimiento del grano de un silo a otro contribuye a uniformizar la temperatura de grandes volúmenes de grano y a introducir oxígeno, necesario para que los embriones respiren.

5.2.7.2. ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE AGUA

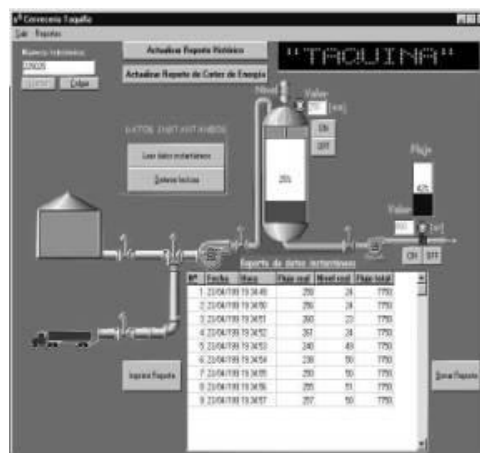
La mayor parte de las fábricas utilizan el agua para el calentamiento vapor seco saturado (a unos 150°C y 3, 5 bares de presión, sobre la atmosférica), pero algunas usan agua caliente a presión (en el intervalo 145–170°C y unos 17 bares de presión, sobre la atmosférica). Las instalaciones a vapor son más baratas, pero también más complicadas, en cuanto que la velocidad de consumo del vapor viene determinada por la velocidad a que puede condensarse el vapor. Como no es fácil establecer un depósito, la planta generadora de vapor tiene que ser de respuesta flexible a las demandas de energía térmica. En los sistemas de agua caliente a presión elevada, se establece el flujo del

calentador al equipo a calentar en circuito cerrado. El volumen de agua en el sistema constituye un gran reservorio de energía, de modo que pueden satisfacerse fácilmente demandas bruscas. Plantean también menos problemas con respecto al control del imput energético al equipo, no produce condensados que retirar y no da lugar a tanto requemado sobre las superficies de acero inoxidable como el que produce el calentamiento por vapor.

5.2.7.3. CIRCUITOS DE CONTROL

Para el control de flujo de líquidos, existen ya programas que mediante la interfaces estándar de las computadoras u otros dispositivos, logran controlar y visualizar las etapas del proceso de producción de la cerveza.

FIGURA No. 166: PANTALLA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS Y VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.



Fuente: Artículo sobre la Industria Cervecera
Autor: SPIRAX SARCO

5.2.8. APLICACIÓN EN SISTEMAS DE ENGRASE POR CIRCULACIÓN DE ACEITE

5.2.8.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Una bomba aspira aceite del depósito, y pasándolo por filtros, intercambiadores, etc. lo expulsa a unos distribuidores que lo reparten de forma proporcional y uniforme a los distintos puntos de engrase.

Posteriormente, bien por mediación de unos conductos, bien por gravedad, retorna al depósito desde donde vuelve a recircular.

Se emplea preferentemente para refrigerar cojinetes/rodamientos y eliminar la entrada de suciedad en los mismos.

Los lubricantes a utilizar son:

- Aceites

5.2.8.2. APLICACIONES

- Rodamientos hidrostáticos e hidrodinámicos
- Turbinas
- Laminadores del acero
- Engranajes
- Máquinas de papel
- Estaciones de energía

Los sistemas de circulación pueden estar clasificados dentro de los siguientes grupos:

- Sistemas de flujo aceite-hidráulicos
- Sistemas de lubricación por circulación de aceite
- Sistemas de bloqueo por aceite (utilizados para mantener la separación entre puntos, por ejemplo de diferentes presiones)
- Sistemas de control / regulación del aceite

- Los sistemas de circulación de aceite difieren enormemente entre sí, dependiendo de las necesidades y de las especificaciones del cliente.



CONCLUSIONES

En el siguiente apartado se presenta conclusiones relativas al trabajo de investigación mérito de la presente investigación, como resultado de la precisión, análisis y evaluación de la construcción de un módulo didáctico y de control de flujo para uso en las prácticas por parte de ellos estudiantes de Ingeniería. Mecatrónica.

CONCLUSIONES DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

PRIMERA

La necesidad de llevar la teoría a la práctica en el campo de la Ingeniería Mecatrónica, motivó la formulación del Marco Teórico donde se consideró las variables relevantes a nivel independiente como dependiente, la consideración de las teoría y tecnologías necesarias que determinó la formulación teórica para la concepción, diseño y construcción de un módulo didáctico y de control de flujo.

SEGUNDA

La Construcción Práctica del Módulo Didáctico concebido determinó el ejercicio en el trabajo de campo, donde se planificó el diseño Mecánico y Mecatrónico del módulo, en la que se consideró las especificaciones técnicas y metodológicas para el fin perseguido en la didáctica y de uso, integrando, para ello se aplicó el diseño en el software de programación para el PLC utilizando el software Step 7 Basic , y SCADA, llegando como parte final el desarrollo de los ensayos y las pruebas correspondientes para el funcionamiento del módulo, siendo este de resultado óptimo.

CONCLUSIONES DEL MÓDULO DE CONTROL DE FLUJO

TERCERA

El diseño y construcción del módulo fue realizado de tal forma que los sistemas que lo integran puedan ser utilizados de manera independiente de

tal manera que permita la generación de nuevas estrategias de control y programación tanto para el PLC , HMI y Variador de Velocidad.

CUARTA

Para la medición del caudal se utilizó un sensor de caudal de tipo turbina, ya que es uno de los más usados para medición de caudal. Si bien es cierto la señal de salida de medición es expresada en magnitud de corriente, por lo cual se hizo necesario el empleo de una resistencia adecuada para su conversión en señal de voltaje. Eso conllevó a una reducción del rango de salida del sensor, por lo que se tuvo que tener en cuenta a la hora de hacer el escalamiento en el PLC.

QUINTA

El sensor de caudal no mide valores por debajo de 3 L/min, esto conlleva a errores de medición a bajos caudales, ya que se presenta mucha oscilación del valor, en la que una pequeña variación del caudal hace que el sensor de una falsa medida. El valor máximo de medición fue de 90 L/min. Además a bajos caudales de referencia, el propio motor trabajaba con menor eficiencia.

SEXTA

El tiempo de respuesta del sistema se vio afectado por el parámetro interno de aceleración del variador de velocidad, ya que ralentizó la respuesta del mismo. Se dejó en valor de fábrica de 3 segundos, que corresponde al valor de tiempo de arranque normal, usualmente para esa potencia ello por recomendación del fabricante para no originar problemas mecánicos en el motor.

CONCLUSIONES DEL DISEÑO EN EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

SÉPTIMA

El control de caudal fue realizado empleando un algoritmo PID, en la que a la salida de control daba la referencia de velocidad del Variador de Velocidad, esto hace que el sistema consuma mucho menos cantidad de energía que otras alternativas de control de caudal. Además la sintonización de los parámetros del PID fue realizado empleando la metodología experimental de Ziegler – Nichols en su variante de lazo cerrado, que demostró ser una herramienta poderosa para esta tarea. Además que no se requiere el modelo matemático exacto del sistema.

OCTAVA

La sintonización de los parámetros PID por medio de ensayos experimentales dan valores adecuados para el control, si los resultados obtenidos son satisfactorio estos valores pueden ser los finales. En el caso de que los resultados no sean los adecuados para el sistema se pueden modificar estos parámetros, ya que los valores de estas pruebas son un punto de partida que pueden ser sujetos a mejoras futuras.

NOVENA

El software de ingeniería integrado permitió de una manera muy fácil configurar y programar en PLC y la Pantalla Táctil, esto lleva a una notable disminución en el tiempo de desarrollo de una actividad de control. Además la comunicación a través de Ethernet fue rápida y no hubo pérdidas de transmisión de datos tanto al momento de transferir datos al equipo como en funcionamiento del sistema.

DÉCIMA

La versión de software (V11) utilizado no posee la capacidad de simulación de los programas, por lo que los programas deben ser descargados en el equipo y luego poder ser depurarlos.

DÉCIMO PRIMERA

El software TIA Portal es moderno por lo que permite trabajar en la plataforma de Windows 7 de 32 bits, lo cual hace innecesario el uso de plataformas anteriores, por lo que se está innovando con esta alternativa al laboratorio.



RECOMENDACIONES

- Antes de manipular o realizar cualquier acción en el módulo de Control de Caudal se recomienda leer el manual de operación de cada componente que conforman los sistemas del módulo con la finalidad dar un uso correcto al módulo y así evitar daños irreparables.
- Otro de los factores importantes a considerar para un buen manejo y funcionamiento del Módulo de Control de Caudal, es la utilización de la Guía Práctica en la cual se indican los requerimientos y recursos necesarios previos a la realización de la Práctica en el Módulo de Control de Caudal.
- El PLC utilizado en el Módulo tiene la capacidad de ser modular, por lo que se sugiere colocar una tarjeta de expansión de señal analógica de corriente para mejorar el rango de control y la precisión del sistema.
- Es recomendable no trabajar con los valores extremos de medición del sensor, de preferencia trabajar en un punto intermedio para asegurar un buen desempeño.
- El parámetro de aceleración del Variador de Velocidad debe de trabajar en 3 segundos y no bajar a tiempos menores, con esto se conserva en buenas condiciones la parte mecánica del motor; también no se debe superar la velocidad máxima en 60 Hz de la bomba, debido a que el variador perdería el control de la misma originando daños irreversibles.
- Es preferible trabajar con un Switch al momento de usar el PLC, y el Panel Táctil, ya que de otra forma se estaría trabajando con una conexión punto a punto entre la PC y el dispositivo, lo que llevaría a un tiempo mayor en el desarrollo de la aplicación.
- En el Módulo se presenta una válvula de bola la cual cumple la función de perturbación principal en el sistema de tuberías, se

encuentra en paralelo al Sensor de Caudal, por lo que si se requiere mayor grado de automatización podemos colocar una electroválvula la cual realizaría una perturbación más rápida hacia el sistema.

- Mantener especial cuidado con los equipos, respetando las normas de seguridad del laboratorio; en especial a la Pantalla Táctil, por ningún motivo se deberá accionarla con objetos duros ni punzocortantes, ya que podrían dañar al equipo de manera irreparable.
- El tanque de almacenamiento de agua siempre debe de presentar agua, para evitar un sobrecalentamiento del motor. En el caso de que se deje el agua en el tanque se debe hacer trabajar el Módulo al menos una vez por semana durante 15 minutos. El cambio de agua en el tanque debe hacerse cada un mes de preferencia.
- Se recomienda ajustar las borneras de conexión en los dispositivos como una actividad de mantenimiento y además de mantener limpio el Módulo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDRADE**, Roger, MACAS,Walter .Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Medir y Controlar Caudal y Nivel. Tesis (Título Profesional de Ingeniero en Electrónica). Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2010.
2. **BARNES**, Ralph. Estudio de Movimientos y Tiempos. Editorial Aguilar.5^a Ed. Madrid.1979.
3. **BOLTON**, William. Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Editorial Alfaomega. 2^a Ed. México, 2001.
4. **CORRIPIO**, Armando y SMITH, Carlos. Control Automático de Procesos Teoría y Práctica. Editorial Limusa - Noriega Editores. 1^a Ed. México, 1996.
5. **CRANE**. División de Ingeniería .Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Flujo de Fluidos en válvulas y Accesorios.
6. **CREUS**, Antonio. Instrumentación Industrial. Editorial Marcombo-Alfaomega. 8^a Ed. Barcelona, 2011.
7. **DORF**, Richard y BISHOP, Robert. Sistemas de Control Moderno. Editorial Pearson Education. 10^a Ed. Madrid, 2005.
8. **DRAKE**, José. Instrumentación Electrónica de Comunicaciones. 5to Curso de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad de Cantabria - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicación. Cantabria, Colombia ,2005.
9. **FLORES**, Abimael, TENORIO Aldo. Diseño e Implementación de un Módulo Educativo de Control de Nivel a través de Computador utilizando Lógica Difusa. Tesis. (Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico)

- .Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales, 2011.
10. **GARCÍA, Luis.** Teoría de la Medición de Caudales y Volúmenes de Agua e Instrumental necesario disponible en el Mercado. Guía Práctica.
 11. **INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO-ESPAÑA.** Manual de Normas Técnicas para el Diseño Ergonómico de puestos con Pantallas de Visualización. 2ª. Ed .Madrid-España.
 12. **LUNA, Mario.** Guía de Selección de Válvulas de Retención-URBACA.
 13. **MANDADO, Enrique, MARCOS, Jorge, FERNÁNDEZ, Celso, ARMESTO, José.** Autómatas Programables y Sistemas de Automatización. Editorial Marcombo-Alfaomega. 2da Ed. México, 2009
 14. **MENGUAL, Pilar.** Step 7. Una manera fácil de Programar PLC de Siemens .Editorial Marcombo-Alfaomega. 1ª Ed. México, 2010.
 15. **OGATA, Katsuhiko.** Ingeniería de Control Moderno. Editorial Prentice Hall. 4ª Ed. Madrid, 2003.
 16. **OJEDA, Sergio, DE LA CRUZ, Daniel, BARRAGÁN Daniel, MANJARRES, Carlos.** Informe de Laboratorio del Número de Reynolds. Desarrollo de Practica –Mecánica de Fluidos, Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería Mecánica. 2010.
 17. **ORDAZ, Ubaldo, Ríos, Edmundo, Ordaz Damián.** Controladores Lógicos Programables. Editorial Trillas. 1ª Ed. México, 2009.
 18. **PIEDRAFITA, Ramón.** Ingeniería de la Automatización Industrial .Editorial Marcombo- Alfaomega.2ªEd. Madrid, 2004.
 19. **RODRÍGUEZ, Aquilino.** Sistemas SCADA. Editorial Marcombo .2ª Ed. Barcelona, 2007.

20. **SCHNEIEDER ELECTRIC.** Variadores de Velocidad para Motores Asíncronos .Manual del usuario. 2009.
21. **SIEMENS.** SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200. Manual de Sistema, 2009.
22. **SIEMENS.** Simatic HMI Panel de operador KTP400 Basic, KTP600 Basic, KTP1000 Basic, TP1500 Basic. Instrucciones de Servicio, 2009.
23. **SIEMENS.** Simatic-Profinet Descripción del Sistema .Manual del Sistema, 2006.
24. **TECSUP.** Medición de Presión. Guía Práctica, 2007.
25. **URRUTIA, Mario.** SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL. En: Clases Académicas Sistemas de Control Automático (2011, Arequipa, Perú). Apuntes de Clase.
26. **VALENCIA, Mario.** Mecánica de Fluidos I .Estudio del Flujo Viscoso a través de tuberías. Selección de Bombas Centrífugas. En: Clases Académicas de Mecánica de Fluidos (2009, Arequipa, Perú). Apuntes de Clase .Arequipa, Perú.
27. **WHITE, Frank.** Mecánica de Fluidos. Editorial McGraw-Hill 5ª Ed. Madrid, 2004.

DIRECCIONES WEB

- **HIERROS Y FERRALLAS INDUSTRIALES.** Catálogo de Perfiles en “C” de Hierro Negro. [en línea]. [fecha de revisión 10/06/2012]. Disponible en: <http://www.hifeinsa.es/pagina/centro.html>.

- **INOXIBER.** Catálogo de Normas DIN Tornillería. [en línea]. [fecha de revisión 25/05/2012]. Disponible en: http://es.scribd.com/doc/40574884/Catalogo-Normas-Din-Tornilleria#outer_page_85.

- **LS-INDUSTRIAL SYSTEMS.** Productos Eléctricos [en línea]. [fecha de Revisión: 10-06-2012]. Disponible en: <http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems/productos-electricos-lsis/19851-195836.html>.

- **PREGOLA .AMBIENTES Y MADERA.** Características de Escuadras de Unión en Acero Galvanizado. [en línea]. [Fecha de revisión 25/05/2012]. Disponible en: <http://www.pregola.es/base.php?lang=es&module=anclajes>

- **ROCATEK.** ¿Qué es la Automatización Industrial? [en línea]. [Fecha de revisión 09/02/2012]. Disponible en: http://www.rocatek.com/forum_automatizacion_industrial.php.

- **RS COMPONENTS.** Control de Procesos, Tecnologías de Control de Nivel y Caudal. [en línea]. [Fecha de revisión 12/06/2012]. Disponible en: http://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=control-de-procesos/flow_manage_01.

- **SIEMENS.** Product Support. ¿Qué es el RFC1006 y para qué se utiliza este servicio? [en línea]. [fecha de Revisión: 10-06-2012]. Disponible en: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=25061425&load=treecontent&lang=es&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=WW>.

- **STRONGER ELECTRIC.** Equipos Eléctricos Industriales-Catalogo.[en línea]. [Fecha de revisión 09/06/2012]. Disponible en: <http://www.tradingelectric.com/productos2.php?catcod=1&catfot=Images/stronger.jpg>.

- **VALVIAS.** Válvula de Bola [en línea]. [fecha de revisión 13/02/2012]. Disponible en: <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-bola.php>.

- **VELSA GROUP.** Lectura de Planos y Metrados. [en línea]. [Fecha de revisión 25/05/2012]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/57590915/22/Simbologia-utilizada-en-los-planos-sanitarios>.



ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE CAUDAL

CE	Instruction Manual / 使用手冊	F - <input type="checkbox"/>
	KT Paddle Wheel Flow Sensor & Meter Series 轉子式流量感測器 & 流量計	

Multi-function Paddle Wheel Flow meter 【KTS / KTP / KTM series】

多功能轉子流量計

- * Accuracy is less than $\pm 1.0\%$ of F.S.
- * Pulse rate (K - factor) is settable
- * Unit of Flow total meter is selectable (Liter/Gallon/Kilo-liter)
- * Unit of pulse is selectable (LPP/GPP/KLPP)
- * Status of Flow rate meter limit output (NO/NC) is changeable
- * Power on delay time is settable for Flow rate meter limit output
- * 測量精度： $\pm 1.0\%$ of F.S. max.
- * 流量系數「K」值可設定
- * 總流量計的單位可選擇（公升/加倫/仟公升）
- * 脈沖輸出流量單位可選擇（公升/加倫/仟公升）
- * 瞬間流量計警報輸出狀態（NO/NC）可設定
- * 瞬間流量計警報輸出送電延遲時間可設定

KTP series

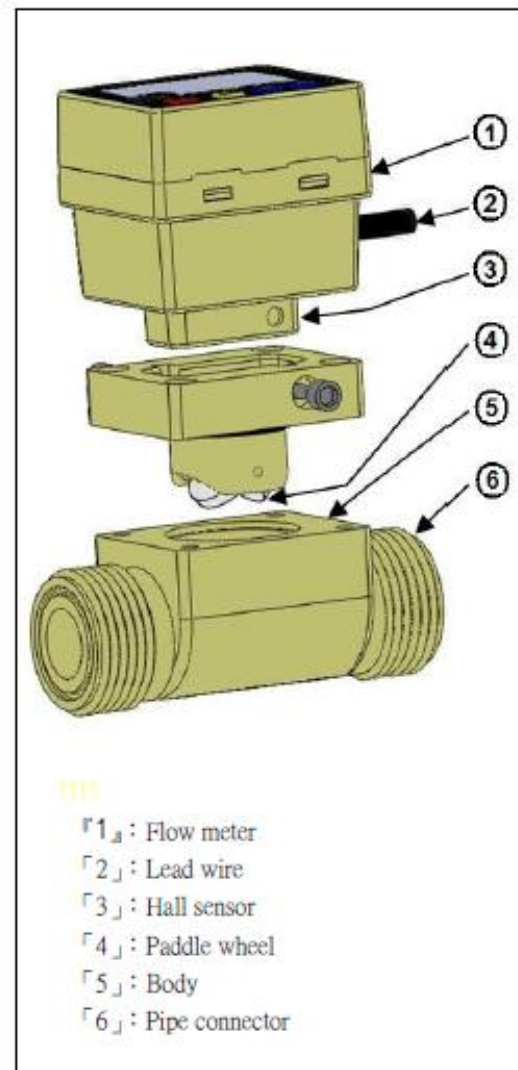
- * Limit of Flow rate meter + Flow total meter are settable
- * Communication RS-485 is optional
- * 瞬間流量計及總流量計警報輸出可設定
- * 可選用附 RS-485 通訊功能

KTM series

- * Limit of Flow rate meter + Flow total meter are settable
- * Transmitter : both of 【4 ~ 20mA】 or 【0 ~ 5V】
- * 瞬間流量計及總流量計警報輸出可設定
- * 附傳送器：【4 ~ 20mA】或【0 ~ 5V】

KTS series

- * Limit of Flow rate meter is settable
- * Flow rate meter limit output : Relay (1a)
- * Unit of pulse is selectable (LPP/GPP/KLPP)
- * 瞬間流量計警報輸出可設定
- * 瞬間流量計警報輸出：繼電器（1a 接點）
- * 脈沖輸出流量單位可選擇（公升/加倫/仟公升）



◆ Guiding of model / 型號索引

KTP- 15 - RS - PF - M12

1 2 3 4 5

1 : Series / 系列

- 「KTM」 = Paddle Wheel Flow rate Meter with transmitter
- 「KTP」 = Paddle Wheel Flow rate Meter& Flow total meter
- 「KTS」 = Paddle Wheel Flow rate Meter
- 「KTW」 = Paddle Wheel Flow Sensor

2 : Pipe size / 管徑

- 「15」 = 「DN15 (1/2")」 / 「20」 = 「DN20 (3/4")」
- 「25」 = 「DN25 (1")」 / 「40」 = 「DN40 (1 1/2")」
- 「50」 = 「DN50 (2")」

3 : Communication or Transmitter / 通訊或傳送方式

- 「Non」 = Without communication
- 「RS」 = KTP series with RS-485 or MODBUS selectable
- 「A」 = KTM & KTW series with Transmitter (4 ~ 20mA)
- 「V」 = KTM & KTW series with Transmitter (0 ~ 5V)
- 「P」 = KTW series pulse output only

4 : Material of Union / 接管材質

- 「PP」 = PP
- 「PF」 = PVDF
- 「PVC」 = PVC
- 「ST」 = SUS 316

5 : Connection method / 出線方式

- 「Non」 = Lead wire (3m)
- 「5m」 = Lead wire (5m)
- 「M12」 = Connector M12

◆ General Data / 共同規格

Specification	規格	Description
Fluid	量測流體	Water or Chemical fluid
Accuracy	量測精度	± 2.0% of F.S. @ 25°C
Flow velocity	最大流速	10 m / s max.
Low cut	最小流速	0.3 m / s min.
Operating press.	工作壓力	5 kg / cm ²
Range ability	流量範圍	10 : 1
Response time	反應時間	Real time
Material	材質	Paddle : Tefzel ; Body : PP
Operating temperature	工作溫度	「PVC」 < 50°C / 「PP」 < 80°C / 「PF」 < 100°C / 「ST」 < 120°C
Operating circumstance	工作環境	-20°C ~ +80°C ; 35% ~ 85% RH
Protection class	保護等級	IP-65
Approval	認證	CE

◆ Specification / 規格

Product	產品	Flow meter			Flow sensor
Model	型號	KTS - □□	KTP - □□	KTM - □□	KTW - □□
Operating voltage	工作電壓	10 ~ 30VDC			12~24VDC
Current consumption	消耗電流	60mA max.			60mA max.
Flow rate meter (LPM)	瞬間流量計	0.0 ~ 999.9 LPM (4 digits)			Non
Control output (LPM)	控制輸出	Relay	NPN (150mA max.)		Non
Flow Total meter (FTM)	總流量計	Non	0 ~ 999999 (8 digits)		Non
Control output (FTM)	控制輸出	Non	NPN (150mA max.)		Non
Transmitter	傳送器	NPN Pulse output	Non	4 ~ 20mA or 0 ~ 5V	4 ~ 20mA or 0 ~ 5V
Communication	通訊模式	Non	RS-485 (Optional)	Non	Non
Approval	認證	CE			

◆ Setting of parameter / 參數設定【KTP/KTM series】

Function of display	Display	Description
運轉狀態 Running status Press SET+H ↓ 3 sec	999999 999.9	1> Range : 0 ~ 999999 2> Flow Total meter + Flow rate meter
鎖定設定 Setting of lock Press SET ↓	Lck 10	1> 「Lck」 = 10 : settable
累積流量單位選擇 Unit of flow total meter Press SET ↓	Ut 0	1> Range : 0 ~ 3 2> Unit selecting of Flow total meter 3> 「Ut=0」: Liter; 「Ut=1」: Gallon; 「Ut=2」: Kilo liter (KL)
K 值設定 Coefficient of flow volume Press SET ↓	K 124.5	1> Range : 0.1 ~ 999.9 2> Value of Flow rate meter = Input pulses x 「1/k」 (LPM)
瞬間流量計傳送範圍設定 Range of transmitter for LPM Press SET ↓ 3 sec	tr 1350.0	1> Range : 0.1 ~ 999.9 2> 「0.0 ~ Tr」 → 「4~20 mA」 or 「0 ~ 5V」
傳送最大值偏差修正 Span of transmitter Press SET ↓	SPn 1.000	1> Range : 0.000 ~ 9.999 2> Standard value : 1.000
傳送零點偏差修正 Offset of transmitter Press SET ↓	OSt 0.000	1> Range : 0.000 ~ 9.999 2> Value of offset : 0.000mA ~ 1.999mA

◆ How to set the limit of meter / 如何設定流量計警報值【KTP / KTM series】

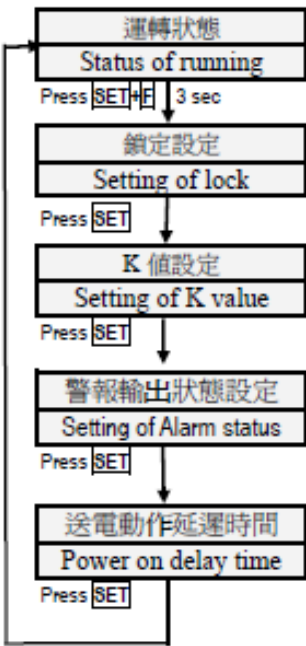
Function of Meter	Display	Description
Flow total meter + Flow rate meter Press ▲	999999 CV 123.4 SV	1> 「CV」: Flow total meter, Unit : Liter, Gallon or KL selectable. Range = 0 ~ 999999 () 2> 「SV」: Flow rate meter, Unit : 0.1LPM Range = 0.0 ~ 999.9
Setting of Flow rate meter Press ▲	123.4 CV 100.0 SV	1> 「CV」: Flow rate meter, Unit : 0.1LPM 2> 「SV」: Preset value of flow rate meter, 「CV」 ≥ 「SV」 → Flow rate meter output ON 「CV」 < 「SV」 → Flow rate meter output Off
Setting of Flow total meter Press ▲	999999 CV 100000 SV	1> 「CV」: Flow total meter, Unit : Little, Gallon or Ton selectable. 2> 「SV」: Preset value of flow total meter, 「CV」 ≥ 「SV」 → Flow total meter output ON Output control : Manual reset or Auto reset selectable. If 「Con = E」: Flow total meter output → Unit volume Pulse output

* Please press the SET , ▲ or ▼ key to set the limit of LPM or FTM

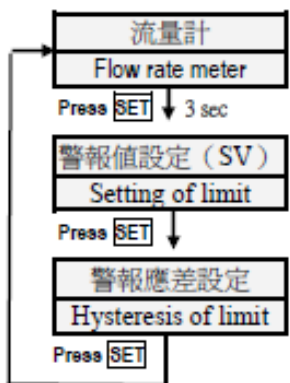
◆ Setting of control / 控制設定 【KTP/KTM series】

Function of display	Display	Description
運轉狀態 Running status Press SET 3 sec	999999 999.9	1> Range : 0 ~ 999999 2> Flow total meter + Flow rate meter
FTM 輸出控制 OP2 Output control Press SET	Con n	1> Range : N/R/C/A/E output control for Flow total meter 2> 「Con = n」: Op 2 manual reset ; 「Con = r」: Op 2 auto reset 「Con = rc」: Op 2 auto reset 「Con = E」: Op 2 = Pulse output of Unit volume
輸出復歸時間設定 OP2 output reset time Press SET	t1 0.50	1> Range : 0 ~ 999.99 sec ; Reset time of Flow total meter 2> 「Con = n or E」 → 「t1」 to be disappeared
LPM (OP1) 輸出狀態 LPM (OP1) Output status Press SET	CoS 0	1> Range : 0 ~ 1 2> 「CoS = 0」: 「LPM」 > 「SV」 → Op 1 ON 「LPM」 < 「SV - HYS」 → Op 1 OFF 「CoS = 0」: 「LPM」 < 「SV」 → Op 1 ON 「LPM」 > 「SV + HYS」 → Op 1 OFF
LPM 輸出復歸應差 Hysteresis of LPM output Press SET	Hys 1.0	1> Range : 0.1 ~ 999.9
OP1 送電動作延遲時間 OP1 power on delay time Press SET	t2 10	1> Range : 0 ~ 9999
通訊碼選擇 Communication code Press SET	rS 0	1> Range : 0 ~ 3 2> 「RS = 0」: 「BCD」; 「RS = 1」: 「RTU-HEX」 「RS = 2」: 「ASCII-BCD」; 「RS = 3」: 「MODBUS-HEX」
傳輸速率選擇 BPS Press SET	bPS 9600	1> Range : 96 or 192 2> 「96」 = 9600 bps 「192」 = 19200 bps
通訊站號設定 Controller No. Press SET	Id 1	1> Range : 1 ~ 99

◆ Setting of parameter / 參數設定 【KTS series】

Function of display	Display	Description
 <p>運轉狀態 Status of running Press SET 3 sec 鎖定設定 Setting of lock Press SET K 值設定 Setting of K value Press SET 警報輸出狀態設定 Setting of Alarm status Press SET 送電動作延遲時間 Power on delay time Press SET</p>	<p>9999</p> <p>L k.10</p> <p>123.4</p> <p>C.0</p> <p>t.00</p>	<p>2> Range : 0 ~ 999999 3> Flow meter</p> <p>1> 「Lk」 = 10 : settable</p> <p>1> Range : 0.1 ~ 999.9 2> Coefficient of Flow meter = input pulses x 「1/k」 (LPM)</p> <p>1> Range : 「C.0」 ~ 「C.1」 2> 「C.0」: 「PV」 > 「SV」 → Relay ON 「C.1」: 「PV」 < 「SV」 → Relay ON</p> <p>1> Range : 0 ~ 99 sec 2> Delay time of power on alarm output</p>

◆ Setting of Alarm / 警報設定 【KTS series】

Function of display	Display	Description
 <p>流量計 Flow rate meter Press SET 3 sec 警報值設定 (SV) Setting of limit Press SET 警報應差設定 Hysteresis of limit Press SET</p>	<p>999.9</p> <p>666.6</p> <p>d.99.9</p>	<p>1> Range : 0 ~ 999.9 2> Flow rate meter</p> <p>1> Range : 0.1 ~ 999.9 2> 「C.0」: 「PV」 > 「SV」 → Relay ON 「C.1」: 「PV」 < 「SV」 → Relay ON</p> <p>1> Range : 0.1 ~ 99.9 2> 「C.0」: 「PV」 ≤ 「SV - d」 → Relay OFF 「C.1」: 「PV」 ≥ 「SV + d」 → Relay OFF</p>

* In the setting status, the display will be flicking.

* 設定狀態：顯示器會閃爍

◆ **Illustration / 參數說明**

- 1> 「K」: Coefficient of flow volume, It is required to set the correct value of 「K」 into the flow meter, If not, the flow meter will display the error flow value.
- 2> 「tr」: Range of transmitter (LPM), 「0.0 ~ Tr」 → 「4~20 mA」 or 「0 ~ 5V」
- 3> 「SPn」: Span of transmitter (LPM), Range: 「0.000 ~ 9.999」; Standard value: 「1.000」
- 4> 「OST」: Offset of transmitter (LPM), Range: 「0.000 ~ 9.999」; Standard value: 「0.000」
- 5> 「Con」: Output control of flow total meter (OP2), 「Con= n」 → Manual reset,
「Con= r」 → Auto reset, 「Con= C」 → Auto reset, 「Con= E」 → Pulse output of Unit volume
- 6> 「Cos」: Flow rate meter (LPM) output status selecting (OP1),
「Cos = 0」: 「LPM」 > 「SV」 → OP1 ON; 「LPM」 < 「SV - HYS」 → OP1 OFF
「Cos = 1」: 「LPM」 < 「SV」 → OP1 ON; 「LPM」 > 「SV + HYS」 → OP1 OFF
- 7> How to reset the flow total meter: Please press 「SET」 及 「▼」 key 3 sec to reset the flow total meter.

- 1> 「K」: 流量係數，請輸入正確「K」值否則無法顯示正確的每分鐘流量。
- 2> 「tr」: 傳送器轉換範圍設定，「0.0 ~ Tr」 → 「4~20 mA」 or 「0 ~ 5V」
- 3> 「SPn」: 傳送器斜率修正，範圍: 「0.000 ~ 9.999」; 標準值= 「1.000」
- 4> 「OST」: 傳送器零點修正，範圍: 「0.000 ~ 9.999」; 修正值範圍: 「0.000mA ~ 1.999mA」
- 5> 「Con」: 累計流量計輸出控制選擇，「Con= n」 → 手動復歸，「Con= r」 → 自動復歸，
「Con= c」 → 自動復歸，「Con= E」 → 單位流量脈沖輸出。
- 6> 如何歸零累積流量計: 請同時按「SET」及「▼」鍵3秒可將累積流量計歸零。
- 7> 「Cos」: 瞬間流量計 (LPM) 輸出狀態選擇 (OP1),
「Cos = 0」: 「LPM」 > 「SV」 → OP1 ON; 「LPM」 < 「SV - HYS」 → OP1 OFF
「Cos = 1」: 「LPM」 < 「SV」 → OP1 ON; 「LPM」 > 「SV + HYS」 → OP1 OFF

- * Unit of Flow rate meter 【LPM】 (瞬間流量計單位): LPM (Litter per minute) (公升/分鐘)
- * Unit of Flow total meter 【FTM】 (總流量計單位): Litter (公升) /Gallon (加侖) /KL (公噸)

◆ **Range of transmitter 【KTW series】 / 傳送器轉換範圍**

KTW series	DN15	DN20	DN25	DN40	DN50
Range (LPM)	0 ~ 30	0 ~ 60	0 ~ 90	0 ~ 200	0 ~ 330
Remarks	1> Range of transmitter: It is transmitted to 「4.0 ~ 20.0 mA」 or 「0.0 ~ 5.0 V」 傳送範圍: 依傳送範圍轉換成「4.0 ~ 20.0 mA」或「0.0 ~ 5.0 V」 2> It is accepted to modify the range of transmitter on customer's demand. 可依客戶需求修改傳送器轉換範圍。				

- * Please press the SET、▲ or ▼ key to set the limit of LPM or FTM

◆ Wiring diagram / 接線圖

<p>KTW-□□-P-□□</p>		<p>KTW-□□-V-□□ / KTW-□□-A-□□</p>					
Brown	12~24VDC	Grey	Pulse output	Brown	12~24VDC	Black	+ (0~5V or 4~20mA)
Blue	0V	Shielded	Shielded wire	Blue	0V	White	- (0~5V or 4~20mA)
				Grey	Paddle Pulse output	Shielded	Shielded wire
<p>KTP-□□</p>		<p>KTM-□□</p>					
<p>* Black wire is changeable for FTM limit output or Unit volume Pulse output .</p> <p>* 黑色線可選擇「總流量計警報輸出」或「單位流量脈沖輸出」</p>		<p>* Black wire is changeable for FTM limit output or Unit volume Pulse output</p> <p>* 黑色線可選擇「總流量計警報輸出」或「單位流量脈沖輸出」</p>					
Brown	10~30VDC	Yellow	(+) RS-485	Brown	10~30VDC	Yellow	+ (4~20mA) or (0~5V)
Blue	0V	Grey	(-) RS-485 1	Blue	0V	Grey	- (0~5V or 4~20mA)
Black	Flow total meter output	White	Flow rate meter output	Black	Flow total meter output	White	Flow rate meter output
<p>KTS-□□</p>		<p>Application note</p> <p>Load resistance :</p> <p>Current output (4 ~ 20mA) : 120Ω max.</p> <p>Voltage output (0 ~ 5V) : 10KΩ min.</p> <p>負載阻抗 :</p> <p>電流輸出 (4 ~ 20mA) : 120Ω max.</p> <p>電壓輸出 (0 ~ 5V) : 10KΩ min.</p>					
Brown	10~30VDC	White	COM				
Blue	0V	Grey	NO				
Black	NPN Pulse output						

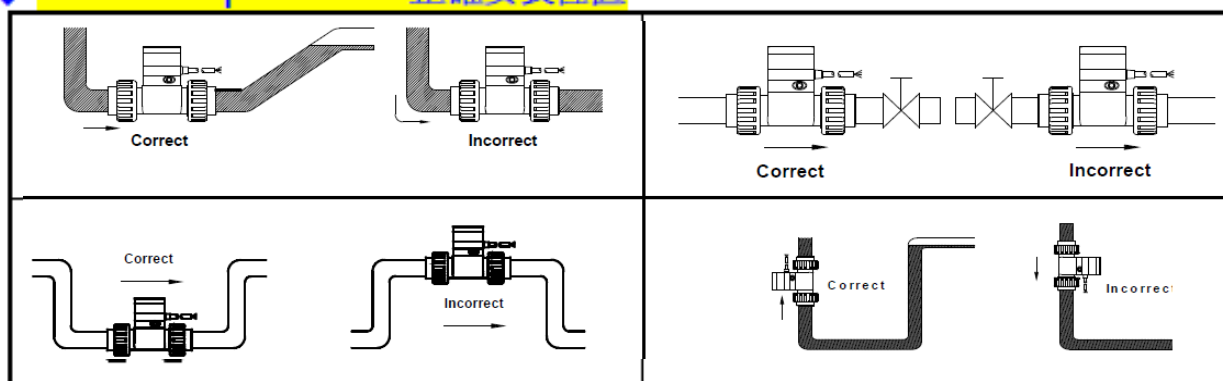
◆ Dimension / 外形圖

	Pipe size 管徑	H		L	ΦD	
		KTW		All type		
		Pulse output	Linear output	KTM / KTP		
	DN15	78	86	95	140	41
	DN20	80	88	97	150	53
	DN25	83.3	91.3	100.3	160	60
DN40	101.6	109.6	118.6	185	83	
DN50	115.4	123.4	132.4	196.8	110	

◆ Standard pipe size/標準管徑

Pipe size (O.D.)	JIS	ANSI	DIN	Flow rate (LPM)	
				0.3m/s min.	10m/s max.
DN15 (1/2")	φ 18	φ 21.34	φ 20	3.5	120.0
DN20 (3/4")	φ 26	φ 26.67	φ 25	5.0	170.0
DN25 (1")	φ 32	φ 33.40	φ 32	9.0	300.0
DN40 (1 1/2")	φ 48	φ 48.26	φ 50	25.0	850.0
DN50 (2")	φ 60	φ 60.32	φ 63	40.0	1350.0

◆ Installation positions / 正確安裝位置



◆ Notice of Installation / 安裝注意事項

- 1> Please make sure the measuring tube must be filled with the fluid under normal operation.
請確保測量管線滿水位狀態，否則會造成量測誤差。
- 2> KT series can be installed at horizontal or vertical direction.
KT 系列可以水平或垂直安裝。
- 3> Please set enough length of straight pipe to avoid the vortex might be existed.
(The minimum straight upstream must be over 10 x DN and downstream must be observed over 3 x DN)
安裝流量感測器時請在流量感測器前後保留適當長度的直管以防止產生窩流。
- 3> Please adopt filtering device in the upstream to avoid the paddle wheel from be damaged by the solids or fibers.
請在流量感測器前安裝適當的濾網以避免異物破壞轉子。
- 5> Please do not flush the pipe after the measuring unit being installed , if do, that may crack the ceramic shaft.
流量感測器完成安裝後請勿再沖洗管路，否則可能毀損陶瓷轉軸。

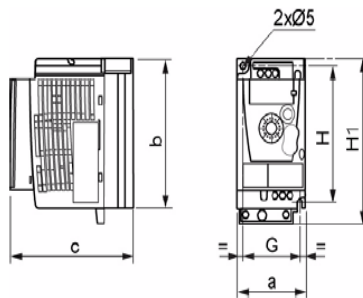
ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER ELECTRIC ATV12-H075M2

1. DIMENSIONES Y PESOS



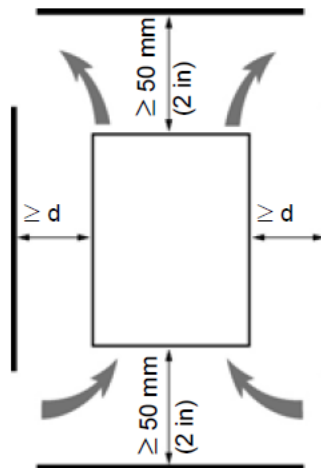
ATV12H018F1, 018M2, 037F1, 037M2, 037M3, 018M2, 018M3, 055M2, 075M2



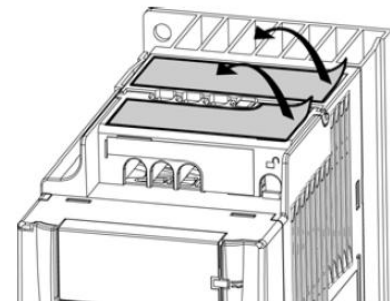
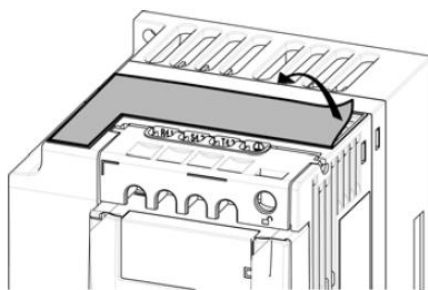
ATV12H	a mm (in.)	b mm (in.)	c mm (in.)	G mm (in.)	H mm (in.)	H1 mm (in.)	Ø mm (in.)	Para tomillos	Peso kg (lb)
018F1 018M2 018M3	72 (2,83)	142 (5,59)	102,2 (4,02)	60 (2,36)	131 (5,16)	143 (5,63)	2 x 5 (2 x 0,20)	M4	0,7 (1,5)
037F1 037M2 037M3	72 (2,83)	130 (5,12)	121,2 (4,77)	60 (2,36)	120 (4,72)	143 (5,63)	2 x 5 (2 x 0,20)	M4	0,8 (1,8)
055M2 075M2 075M3	72 (2,83)	130 (5,12)	131,2 (5,17)	60 (2,36)	120 (4,72)	143 (5,63)	2 x 5 (2 x 0,20)	M4	0,8 (1,8)

2. MONTAJE

- Instale la unidad verticalmente a $\pm 10^\circ$.
- Evite colocarla cerca de fuentes de calor.
- Deje suficiente espacio libre para asegurar la circulación del aire necesario para la refrigeración que se realiza de
- abajo a arriba.
- Deje espacio libre delante de la unidad: 10 mm (0,4 in.) como mínimo.
- Se recomienda desmontar la(s) cubierta(s) de ventilación de la parte superior del variador, tal y como se muestra a continuación.
- Se recomienda instalar el variador sobre una superficie disipadora de calor.



2.1. DESMONTAJE DE LA CUBIERTA DE VENTILACIÓN



2.2. TIPOS DE MONTAJE

TIPO DE MONTAJE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
TIPO A		Espacio libre ≥ 50 mm (2 in.) a cada lado, con la cubierta de ventilación colocada. El montaje tipo A es más adecuado para el funcionamiento del variador con una temperatura ambiente inferior o igual a 50 °C (122 °F).
TIPO B		Variadores montados uno junto al otro, debe extraerse la cubierta de ventilación (el grado de protección pasa a ser de tipo IP20).

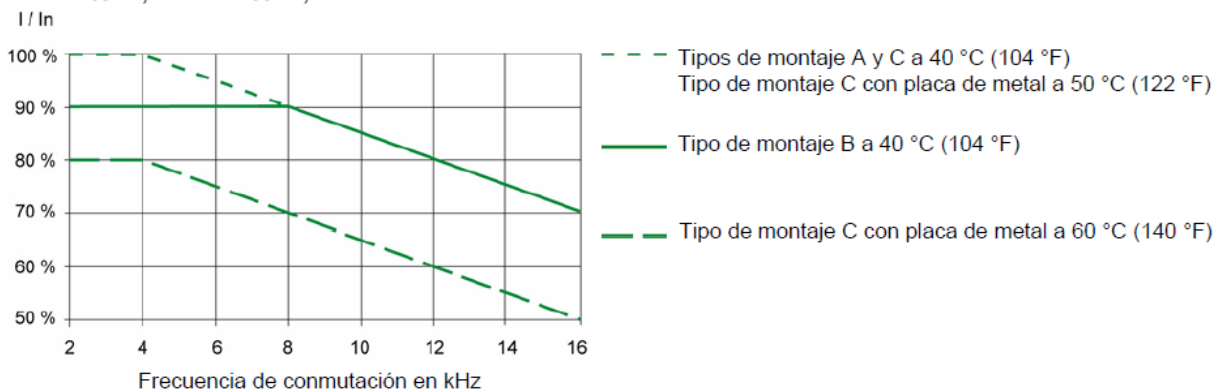
<p>TIPO C</p>		<p>Espacio libre ≥ 50 mm (2 in.) a cada lado. La cubierta de ventilación debe extraerse para su funcionamiento con una temperatura ambiente superior a los 50 °C (122 °F). El grado de protección pasa a ser de tipo IP20.</p>
----------------------	--	--

Con estos tipos de montaje, el variador se puede utilizar a una temperatura ambiente de hasta 50 °C (122 °F), con una frecuencia de conmutación de 4 kHz. En los casos de ventilación insuficiente, sería preciso disminuir la potencia del variador.

2.3. CURVAS DE DESCLASIFICACIÓN

Curvas de desclasificación para la corriente nominal del variador (I_n) como función de la temperatura, la frecuencia de conmutación y el tipo de montaje.

ATV12H0●●M2, ATV12H0●●M3, ATV12H018F1 a ATV12H037F1

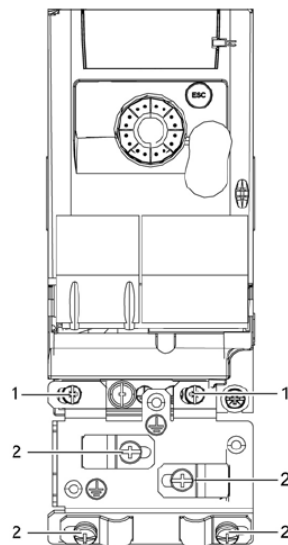


2.4. INSTALACIÓN DE PLACAS CEM

Pletina CEM: tamaño 1 VW3A9523, tamaño 2 VW3A9524 o tamaño 3 VW3A9525, se deben pedir por separado

Instale la pletina CEM en los orificios del ATV12 con los dos tornillos suministrados, tal y como se muestra en los dibujos siguientes.

Tamaño 1, referencia de pletina VW3A9523:
ATV12H018F1, ATV12H037F1, ATV12P037F1,
ATV12H018M2, ATV12●●●M2, ATV12●●●M3



1. 2 tornillos de fijación
2. 4 x M4 tornillos para fijar las abrazaderas CEM

3. CABLEADO

3.1. RECOMENDACIONES

Los cables de alimentación deben estar separados de los circuitos de control con señales de bajo nivel (detectores, PLC, aparatos de medición, vídeo, teléfono). Siempre que sea posible, cruce los cables de alimentación y los de control a 90°.

3.2. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS Y ALIMENTACIÓN

Siga las recomendaciones sobre las dimensiones de los cables conforme a los estándares y códigos locales. Antes de cablear los bornes de potencia, conecte el terminal de tierra a los tornillos de tierra situados debajo de los terminales de salida. El variador debe conectarse a tierra de acuerdo con los estándares de seguridad.

aplicables. Los variadores ATV12ppppM2 tienen un filtro interno CEM y la corriente de fuga es aproximadamente de 3,5 mA. Cuando las normas de instalación requieran protección aguas arriba por medio de un "dispositivo de corriente residual", se debe utilizar un disyuntor de tipo A para variadores monofásicos y uno de tipo B para variadores trifásicos. Elija un modelo adecuado que incorpore:

- Filtrado de corriente de alta frecuencia.
- Un retardo que ayude a impedir disparos causados por la carga procedente de las capacidades parásitas durante la puesta en tensión. El retardo no es posible en dispositivos de 30 mA. En este caso, elija dispositivos con inmunidad contra disparos imprevistos, por ejemplo RCD con protección de corriente de fuga tipo **SI**.

Si la instalación incluye diversos variadores, proporcione un "dispositivo de corriente residual" a cada variador.

3.3. CONTROL

Para circuitos de referencia de velocidad y control, se recomienda utilizar cables trenzados apantallados con un paso de entre 25 y 50 mm (1 y 2 in.), conectando el apantallamiento a tierra.

3.4. LONGITUD DE LOS CABLES DEL MOTOR

Para cables apantallados de motor cuya longitud sea superior a 50 m (164 ft) y para cables no apantallados de más de 100 m (328 ft), utilice inductancias de motor.

3.5. CONEXIÓN A TIERRA DEL EQUIPO

La conexión a tierra del variador debe realizarse de acuerdo con los requisitos de los códigos nacionales y locales. Se requiere un tamaño mínimo de cable de 10 mm² (6 AWG) para cumplir con los estándares que limitan la corriente de fuga.

⚠️ ⚠️ PELIGRO

PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA, EXPLOSIÓN O ARCO ELÉCTRICO

- El panel del variador debe estar debidamente conectado a tierra antes de conectarse a la red.
- Utilice el punto de conexión a tierra suministrado, tal y como se muestra en la siguiente figura.

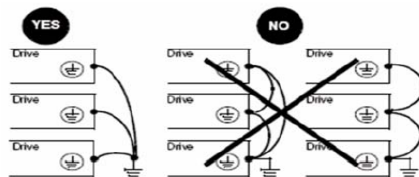
Si no se respetan estas instrucciones, se producirán graves daños corporales o la muerte.

⚠️ ⚠️ PELIGRO

ATV12H075F1, ATV12H075M2 Y ATV12H075M3 - PELIGRO DE CONTINUIDAD DE TIERRA

Un radiador anodizado puede crear una barrera de aislamiento en la superficie de montaje. Asegúrese de que se realizan las conexiones a tierra recomendadas.

Si no se respetan estas instrucciones, se producirán graves daños corporales o la muerte.



- Verifique que la resistencia a tierra sea de un ohm o menos.
- Al conectar a tierra varios variadores, cada uno de ellos se debe conectar directamente, como se muestra en la figura de la izquierda.
- No conecte los cables de tierra en un bucle ni en serie.

⚠️ ATENCIÓN

RIESGO DE DESTRUCCIÓN DEL VARIADOR

- El variador resultará dañado si se aplica la tensión de red de entrada a los terminales de salida (U/T1, V/T2, W/T3).
- Verifique las conexiones de alimentación antes de dar tensión al variador.
- En el caso de que se esté reemplazando el variador con otro variador, asegúrese de que todas las conexiones de cableado al variador cumplen las indicaciones de cableado incluidas en este manual.

Si no se respetan estas precauciones pueden producirse graves lesiones, daños materiales o incluso la muerte.

⚠️ ATENCIÓN

PROTECCIÓN INADECUADA CONTRA SOBREENTENSIDADES

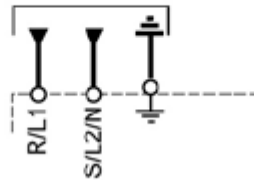
- Los dispositivos de protección contra sobreintensidad deben estar coordinados correctamente.
- Las normas Canadian Electrical Code, de Canadá, y National Electrical Code, de EE.UU., exigen que se protejan los circuitos de derivación. Utilice los fusibles que se recomiendan en este manual, página [105](#).
- No conecte el variador a un alimentador de potencia cuya capacidad de cortocircuito supere la capacidad de soportar cortocircuitos del variador especificada en este manual, página [105](#).

Si no se respetan estas precauciones pueden producirse graves lesiones, daños materiales o incluso la muerte.

3.6. DIAGRAMA DE CABLEADO GENERAL

ATV12●●●●M2

Red de alimentación monofásica 200...240 V

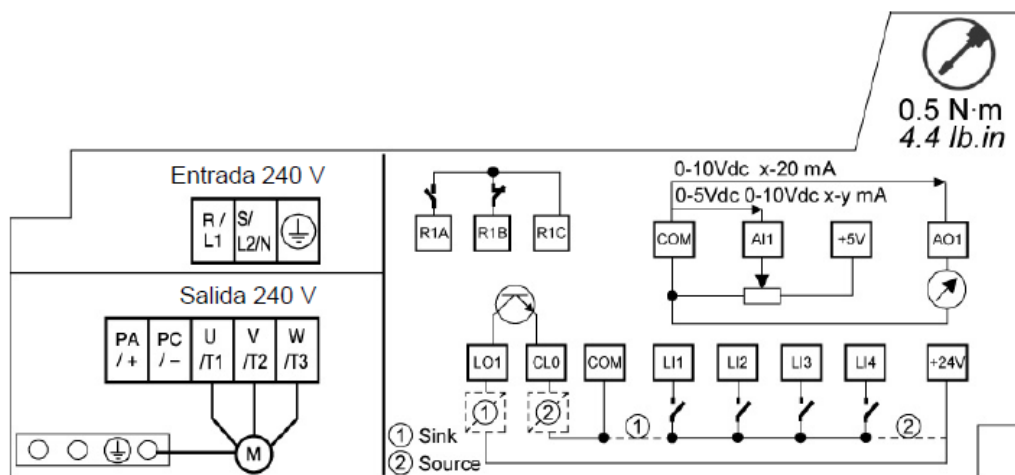


Nota:

- Utilice supresores de sobretensiones de corriente transitoria en todos los circuitos inductivos ubicados cerca del variador o acoplados al mismo circuito (relés, contactores, electroválvulas, etc.).
- El terminal de tierra (tornillo verde) está ubicado en el lado contrario del que se encontraba en el ATV11 (véase la etiqueta de la rejilla del cableado).

3.7. ETIQUETAS DE CABLEADO

ATV12H●●●M2

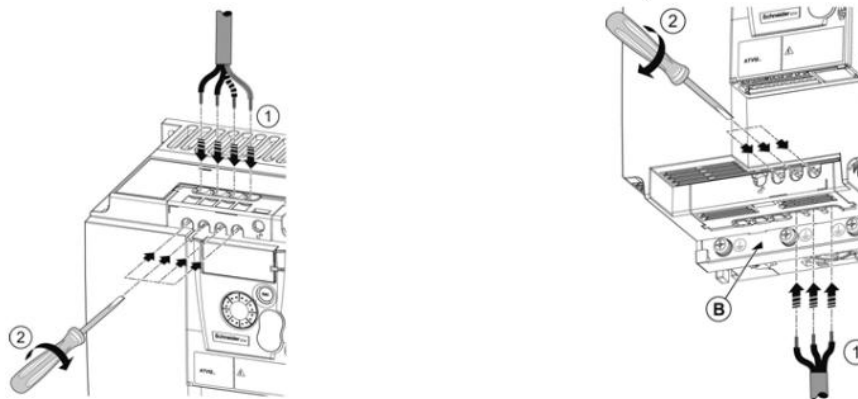


4. BORNES DE POTENCIA

La alimentación de red se encuentra en la parte superior del variador. La alimentación eléctrica del motor se encuentra en la parte inferior del variador. Si se utilizan cables pelados, es posible acceder a los bornes de potencia sin abrir la rejilla del cableado.

4.1. ACCESO A LOS BORNES DE POTENCIA

4.1.1. ACCESO A LOS BORNES SI SE UTILIZAN CABLES PELADOS



⚠ ⚠ PELIGRO

PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA, EXPLOSIÓN O ARCO ELÉCTRICO

Coloque de nuevo la rejilla del cableado antes de suministrar corriente eléctrica.

Si no se respetan estas instrucciones, se producirán graves daños corporales o la muerte.

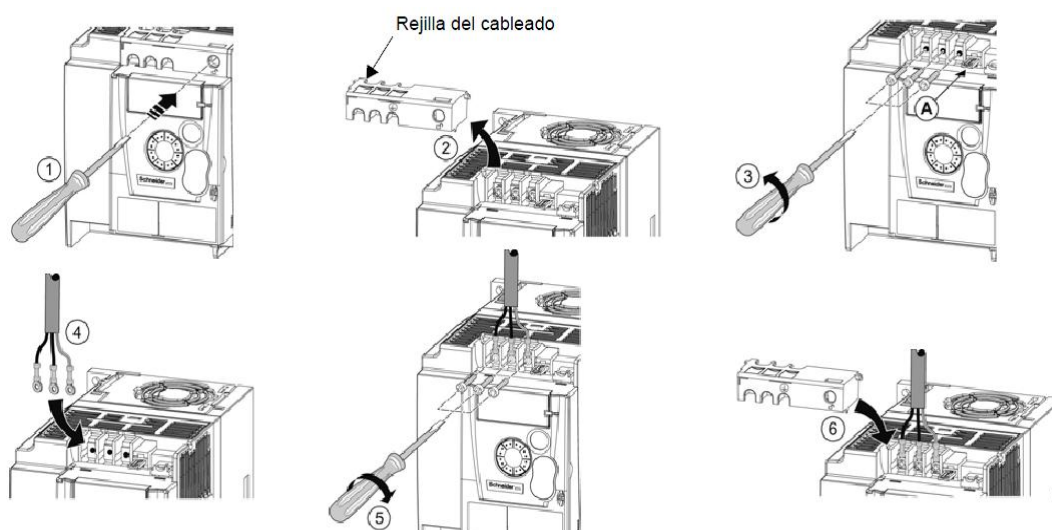
⚠ AVISO

RIESGO DE SUFRIR LESIONES

Utilice unos alicates para extraer el resorte de la rejilla del cableado.

Si no se respetan estas instrucciones, pueden producirse daños corporales o materiales.

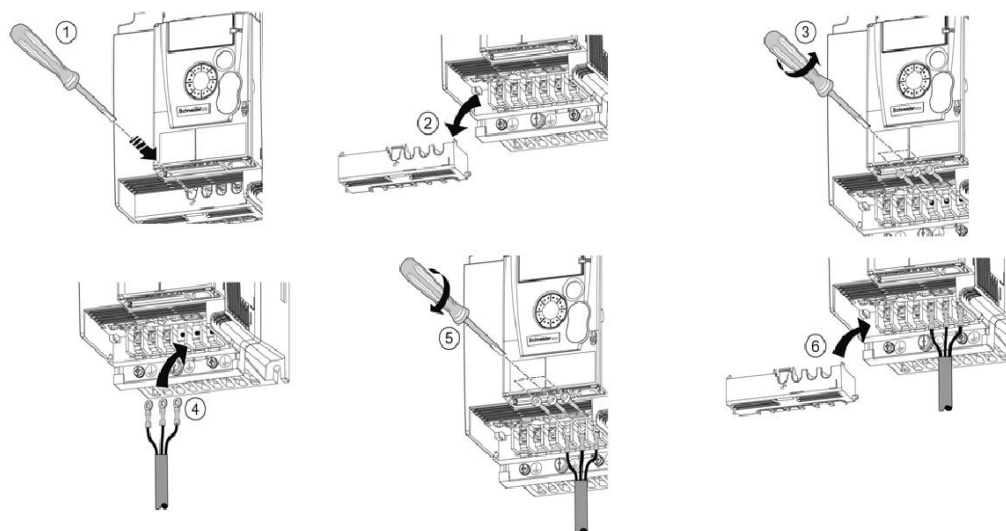
4.1.2. ACCESO A LOS TERMINALES DE ALIMENTACIÓN DE RED PARA CONECTAR TERMINALES DE ANILLO.



A. Puente IT en ATV12.....M2

B. Tornillos de tierra situados debajo de los terminales de salida.

4.1.3. ACCESO AL BORNE DEL MOTOR SI SE UTILIZAN TERMINALES DE ANILLO

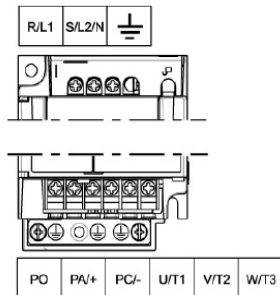


4.1.4. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE LOS BORNES DE POTENCIA

Terminal	Función	Para ATV12
⏚	Borna de tierra	Todos los calibres
R/L1 - S/L2/N	Alimentación eléctrica	Monofásica 100...120 V
R/L1 - S/L2/N		Monofásica 200...240 V
R/L1 - S/L2 - T/L3		Trifásica 200...240 V
PA/+	Salida + (CC) hacia el bus CC del módulo de frenado (parte divisible de la rejilla del cableado)	Todos los calibres
PC/-	Salida - (CC) hacia el bus CC del módulo de frenado (parte divisible de la rejilla del cableado)	Todos los calibres
PO	No utilizado	
U/T1 - V/T2 - W/T3	Salidas hacia el motor	Todos los calibres

4.1.5. DISPOSICIÓN DE LOS BORNES DE ALIMENTACIÓN

ATV12H 018F1, 037F1, 0●●M2, 0●●M3

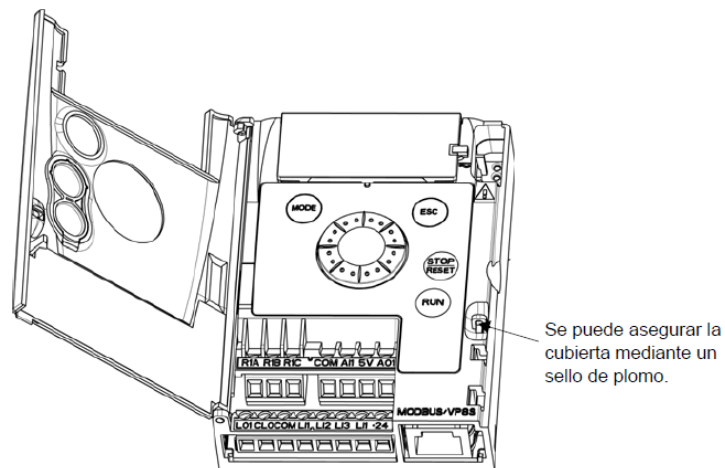


ATV12H	Secciones aplicables de los cables (1) mm ² (AWG)	Secciones recomendadas de los cables (2) mm ² (AWG)	Par de apriete (3) N.m (lb.in)
018F1 037F1 0●●M2 0●●M3	2 a 3,5 (14 a 12)	2 (14)	0,8 a 1 (7,1 a 8,9)

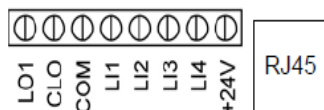
5. BORNERA DE CONTROL

5.1. ACCESO A BORNEROS DE CONTROL

Para acceder a los borneros de control, abra la cubierta.



5.2. DISPOSICIÓN DE LAS BORNERAS DE CONTROL



Nota: Para conectar los cables, utilice un destornillador plano de 0,6 x 3,5.

- R1A Contacto normalmente abierto (NA) del relé
- R1B Contacto normalmente cerrado (NC) del relé
- R1C Común del relé
- COM Común de las E/S analógicas y lógicas
- A1 Entrada analógica
- 5 V Alimentación de +5 V proporcionada por el variador
- AO1 Salida analógica
- LO1 Salida lógica (colector)
- CLO Común de la salida lógica (emisor)
- COM Común de las E/S analógicas y lógicas
- L1 Entrada lógica
- L2 Entrada lógica
- L3 Entrada lógica
- L4 Entrada lógica
- +24V Alimentación de +24 V proporcionada por el variador
- RJ45 Conexión para software SoMove, red Modbus o terminal remoto.

Bornero de control del ATV12	Secciones aplicables de los cables (1) mm ² (AWG)	Par de apriete (2) N.m (lb.in)
R1A, R1B, R1C	0,75 a 1,5 (18 a 16)	0,5 a 0,6 (4,4 a 5,3)
Otros borneros	0,14 a 1,5 (26 a 16)	

1. El valor en negrita corresponde a la sección mínima del cable para garantizar la seguridad.
2. Recomendado para valor máximo.

5.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS BORNEROS DE CONTROL

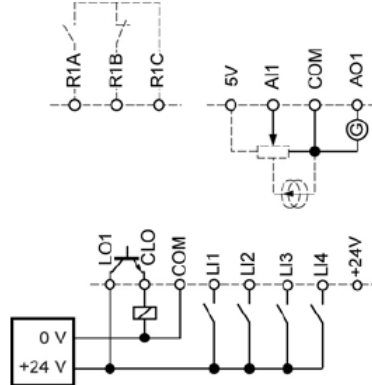
Bornero	Función	Características eléctricas
R1A	Contacto NA del relé	Poder de conmutación mínima: • 5 mA para 24 V ∴
R1B	Contacto NC del relé	Poder de conmutación máxima: • 2 A para 250 V ~ y para 30 V ∴ en carga inductiva (cos φ = 0,4 y L/R = 7 ms)
R1C	Común del relé	• 3 A para 250 V ~ y 4 A para 30 V ∴ en carga de resistencia (cos φ = 1 y L/R = 0) • Tiempo de respuesta: 30 ms máximo.
COM	Común de las E/S analógicas y lógicas	
AI1	Entrada analógica en corriente o tensión	• Resolución: 10 bits • Precisión: ± 1% a 25 °C (77 °F) • Linealidad: ± 0,3% (escala plena) • Tiempo de muestreo: 20 ms ± 1 ms Entrada analógica de tensión de 0 a +5 V o de 0 a +10 V (tensión máxima 30 V), impedancia: 30 kΩ Entrada analógica de corriente de x a y mA, impedancia: 250 Ω
5 V	Alimentación eléctrica de consigna para potenciómetro de referencia	• Precisión: ± 5% • Intensidad máxima: 10 mA
AO1	Salida analógica de corriente o de tensión (colector)	• Resolución: 8 bits • Precisión: ± 1% a 25 °C (77 °F) • Linealidad: ± 0,3% (escala plena) • Tiempo de muestreo: 4 ms (máximo 7 ms) Salida analógica de tensión: 0 a +10 V (tensión máxima +1%) • Impedancia de salida mínima: 470 Ω Salida analógica de corriente: x a 20 mA • Impedancia de salida máxima: 800 Ω
LO1	Salida lógica	• Tensión: 24 V (máxima 30 V) • Impedancia: 1 kΩ, máximo 10 mA (100 mA en colector abierto) • Linealidad: ± 1% • Tiempo de muestreo: 20 ms ± 1 ms
CLO	Común de la salida lógica (emisor)	
LI1 LI2 LI3 LI4	Entradas lógicas	Entradas lógicas programables • Alimentación eléctrica +24 V (máximo 30 V) • Impedancia: 3,5 kΩ • Estado: 0 si < 5 V, estado 1 si > 11 V en lógica positiva • Estado: 1 si < 10 V, estado 0 si > 16 V o desconectado en lógica negativa • Tiempo de muestreo: < 20 ms ± 1 ms
+24V	Alimentación de +24 V proporcionada por el variador	+ 24 V -15% +20% protegido contra cortocircuitos y sobrecargas. Corriente máxima del cliente disponible 100 mA

5.2.2. DIAGRAMA DE CONEXIONES DE CONTROL

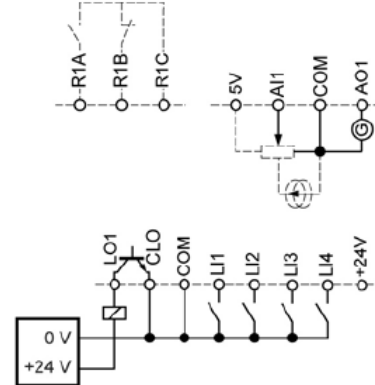
El parámetro Tipo de entradas lógicas **nPL**, se utiliza para adaptar el funcionamiento de las entradas lógicas a la tecnología de las salidas PLC.

- Ajuste el parámetro a **POS** para funcionamiento en común negativo.
- Ajuste el parámetro a **nEG** para funcionamiento en común positivo.

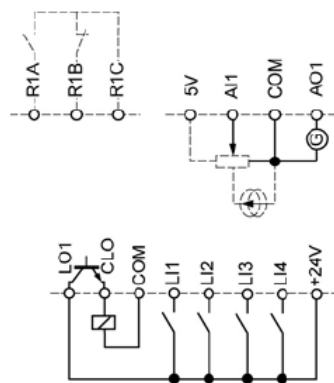
Común negativo - utilizando
alimentación externa



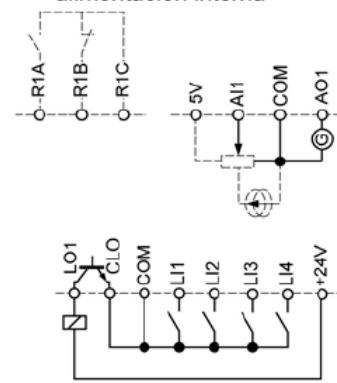
Común positivo - utilizando
alimentación externa



Común negativo - utilizando
alimentación interna



Común positivo - utilizando
alimentación interna



ANEXO 3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA LS



Interrupidores Termomagnéticos

BKN

Especificaciones Técnicas

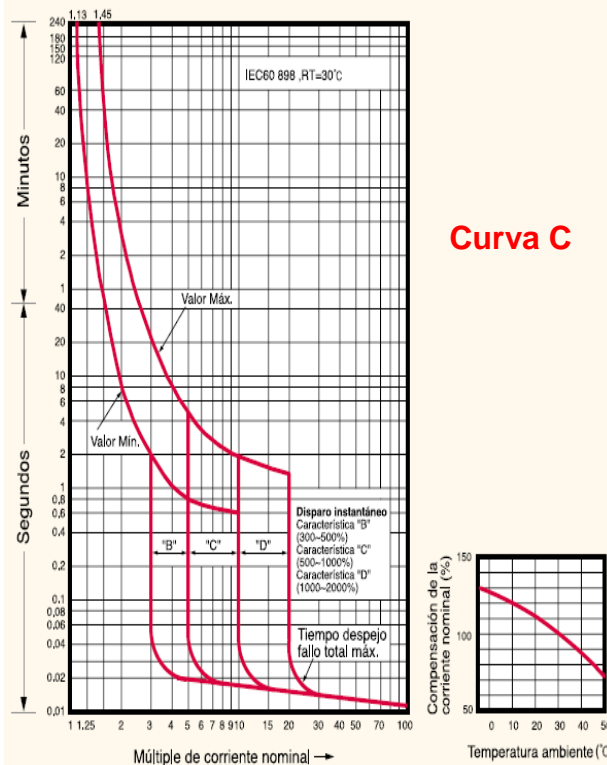
Norma	IEC 60898
Corriente nominal	2,6,10,16,20,25,32,40,50,63 A
Capacidad de ruptura (Icu)	6kA en 400 V / 10kA en 220 V
Características	Curva C
Números de polos	1, 2 y 3
Endurancia eléctrica	6000 maniobras
Montaje	En riel DIN de 35 mm



BKN		
Polos	In(A)	Catálogo
1	2	BKN 1P C 2A
1	4	BKN 1P C 4A
1	6	BKN 1P C 6A
1	10	BKN 1P C 10A
1	16	BKN 1P C 16A
1	20	BKN 1P C 20A
1	25	BKN 1P C 25A
1	32	BKN 1P C 32A
1	40	BKN 1P C 40A
1	50	BKN 1P C 50A
1	63	BKN 1P C 63A

BKN		
Polos	In(A)	Catálogo
2	2	BKN 2P C 2A
2	4	BKN 2P C 4A
2	6	BKN 2P C 6A
		BKN 2P C 10A
2	16	BKN 2P C 16A
2	20	BKN 2P C 20A
2	25	BKN 2P C 25A
2	32	BKN 2P C 32A
2	40	BKN 2P C 40A
2	50	BKN 2P C 50A
2	63	BKN 2P C 63A

BKN		
Polos	In(A)	Catálogo
3	2	BKN 3P C 2A
3	4	BKN 3P C 4A
3	6	BKN 3P C 6A
3	10	BKN 3P C 10A
3	16	BKN 3P C 16A
3	20	BKN 3P C 20A
3	25	BKN 3P C 25A
3	32	BKN 3P C 32A
3	40	BKN 3P C 40A
3	50	BKN 3P C 50A
3	63	BKN 3P C 63A

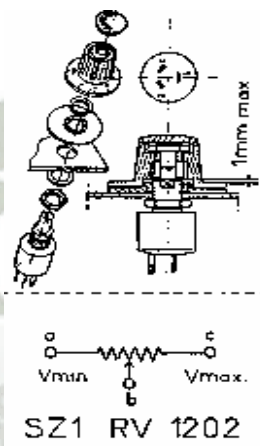


ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL POTENCIÓMETRO SCHNEIDER
ELECTRIC 2.2 KOHM



Subject: Potentiometer. Part Number **SZ1 RV 1202**



The above mentioned potentiometer is compatible with the entire range of =S= Variable Speed Drives. The body of the unit is marked with the following letters:-

Lower case “a” Vmin or the zero volt rail of the logic inputs.

Lower case “b” Wiper of the pot, connects to the analogue input – voltage.

Lower case “c” Vmax or the supply voltage for the pot, typically 10Vdc.

Connection information. Terminal markings.

Drive Type	“a”	“b”	“c”
ATV12	com	AI1	+5
ATV312	com	AI1	+10
ATV32	com	AI1	+10
ATV61	com	AI1	+10
ATV71	com	AI1	+10

Additional Information.

Mounting hole 9.5mm

IP rating 65

ANEXO 5

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACCESORIOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE TUBERÍAS

CODOS DE ACERO INOXIDABLE A 90°

FITTINGS / FITTINGS



REFERENCIA Y FIGURA <i>REFERENCE AND FIGURE</i>	DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONES <i>DESCRIPTION AND DIMENSIONS</i>	CÓDIGO <i>CODE</i>	MEDIDA <i>SIZE</i>	UNID. BOLSA <i>UNIT BAG</i>																																	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #2c4e64; color: white; padding: 5px; margin-right: 10px;">0090 0090N</div> </div>	<p>Codo 90° H-H También disponible con rosca NPT (Ref. 0090N)</p> <p>90° elbow F-F Also available with NPT thread (Ref. 0090N)</p> <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Med (R)</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1/4"</td><td>19</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>23</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>27</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>32</td></tr> <tr><td>1"</td><td>38</td></tr> <tr><td>1 1/4"</td><td>45</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>48</td></tr> <tr><td>2"</td><td>57</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>69</td></tr> <tr><td>3"</td><td>78</td></tr> <tr><td>4"</td><td>96</td></tr> </tbody> </table>	Med (R)	A	1/4"	19	3/8"	23	1/2"	27	3/4"	32	1"	38	1 1/4"	45	1 1/2"	48	2"	57	2 1/2"	69	3"	78	4"	96												
	Med (R)	A																																			
	1/4"	19																																			
	3/8"	23																																			
	1/2"	27																																			
	3/4"	32																																			
	1"	38																																			
	1 1/4"	45																																			
	1 1/2"	48																																			
	2"	57																																			
	2 1/2"	69																																			
	3"	78																																			
	4"	96																																			
		<table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>0090 02</td><td>1/4"</td><td>15</td></tr> <tr><td>0090 03</td><td>3/8"</td><td>15</td></tr> <tr><td>0090 04</td><td>1/2"</td><td>25</td></tr> <tr><td>0090 05</td><td>3/4"</td><td>20</td></tr> <tr><td>0090 06</td><td>1"</td><td>15</td></tr> <tr><td>0090 07</td><td>1 1/4"</td><td>5</td></tr> <tr><td>0090 08</td><td>1 1/2"</td><td>5</td></tr> <tr><td>0090 09</td><td>2"</td><td>4</td></tr> <tr><td>0090 10</td><td>2 1/2"</td><td>1</td></tr> <tr><td>0090 11</td><td>3"</td><td>1</td></tr> <tr><td>0090 12</td><td>4"</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	0090 02	1/4"	15	0090 03	3/8"	15	0090 04	1/2"	25	0090 05	3/4"	20	0090 06	1"	15	0090 07	1 1/4"	5	0090 08	1 1/2"	5	0090 09	2"	4	0090 10	2 1/2"	1	0090 11	3"	1	0090 12	4"	1		
0090 02	1/4"	15																																			
0090 03	3/8"	15																																			
0090 04	1/2"	25																																			
0090 05	3/4"	20																																			
0090 06	1"	15																																			
0090 07	1 1/4"	5																																			
0090 08	1 1/2"	5																																			
0090 09	2"	4																																			
0090 10	2 1/2"	1																																			
0090 11	3"	1																																			
0090 12	4"	1																																			

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request

TEE DE ACERO INOXIDABLE

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #2c4e64; color: white; padding: 5px; margin-right: 10px;">0130 0130N</div> </div>	<p>Te igual H También disponible con rosca NPT (Ref. 0130N)</p> <p>Equal tee F Also available with NPT thread (Ref. 0130N)</p> <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Med (R)</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1/4"</td><td>19</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>23</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>27</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>32</td></tr> <tr><td>1"</td><td>38</td></tr> <tr><td>1 1/4"</td><td>45</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>48</td></tr> <tr><td>2"</td><td>57</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>69</td></tr> <tr><td>3"</td><td>78</td></tr> <tr><td>4"</td><td>96</td></tr> </tbody> </table>	Med (R)	A	1/4"	19	3/8"	23	1/2"	27	3/4"	32	1"	38	1 1/4"	45	1 1/2"	48	2"	57	2 1/2"	69	3"	78	4"	96												
	Med (R)	A																																			
	1/4"	19																																			
	3/8"	23																																			
	1/2"	27																																			
	3/4"	32																																			
	1"	38																																			
	1 1/4"	45																																			
	1 1/2"	48																																			
	2"	57																																			
	2 1/2"	69																																			
	3"	78																																			
	4"	96																																			
		<table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>0130 02</td><td>1/4"</td><td>10</td></tr> <tr><td>0130 03</td><td>3/8"</td><td>10</td></tr> <tr><td>0130 04</td><td>1/2"</td><td>25</td></tr> <tr><td>0130 05</td><td>3/4"</td><td>20</td></tr> <tr><td>0130 06</td><td>1"</td><td>15</td></tr> <tr><td>0130 07</td><td>1 1/4"</td><td>5</td></tr> <tr><td>0130 08</td><td>1 1/2"</td><td>5</td></tr> <tr><td>0130 09</td><td>2"</td><td>4</td></tr> <tr><td>0130 10</td><td>2 1/2"</td><td>1</td></tr> <tr><td>0130 11</td><td>3"</td><td>1</td></tr> <tr><td>0130 12</td><td>4"</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	0130 02	1/4"	10	0130 03	3/8"	10	0130 04	1/2"	25	0130 05	3/4"	20	0130 06	1"	15	0130 07	1 1/4"	5	0130 08	1 1/2"	5	0130 09	2"	4	0130 10	2 1/2"	1	0130 11	3"	1	0130 12	4"	1		
0130 02	1/4"	10																																			
0130 03	3/8"	10																																			
0130 04	1/2"	25																																			
0130 05	3/4"	20																																			
0130 06	1"	15																																			
0130 07	1 1/4"	5																																			
0130 08	1 1/2"	5																																			
0130 09	2"	4																																			
0130 10	2 1/2"	1																																			
0130 11	3"	1																																			
0130 12	4"	1																																			

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request

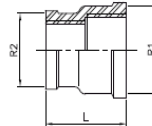
0240
0240N



Manguito reducción
También disponible con rosca NPT (Ref. 0240N)

Reducing socket
Also available with NPT thread (Ref. 0240N)

Med (R1xR2)	A
1/4"x1/8"	10
3/8"x1/4"	10
1/2"x1/4"	15
1/2"x3/8"	15
3/4"x1/2"	10
1"x3/4"	5
1 1/4"x1"	5
1 1/2"x1"	5
1 1/2"x1 1/4"	5
2"x1 1/2"	2
2 1/2"x2"	1



0240 02 01	1/4"x1/8"	10
0240 03 02	3/8"x1/4"	10
0240 04 02	1/2"x1/4"	15
0240 04 03	1/2"x3/8"	15
0240 05 04	3/4"x1/2"	10
0240 06 05	1"x3/4"	5
0240 07 06	1 1/4"x1"	5
0240 08 06	1 1/2"x1"	5
0240 08 07	1 1/2"x1 1/4"	5
0240 09 08	2"x1 1/2"	2
0240 10 09	2 1/2"x2"	1

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request

REDUCCIÓN DE ACERO INOXIDABLE

UNIÓN UNIVERSAL DE ACERO INOXIDABLE

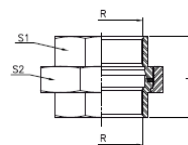
0340
0340N



Enlace 3 piezas H-H
También disponible con rosca NPT (Ref. 0340N)

Union 3 pieces F-F
Also available with NPT thread (Ref. 0340N)

Med (R)	L	S1	S2
1/4"	33,5	17	29
3/8"	36,5	20	34
1/2"	39,5	25	39
3/4"	42,5	30	47
1"	50	38	58
1 1/4"	54	47	67
1 1/2"	58	53	76
2"	65	66	90
2 1/2"	75	82	109
3"	83	96	123



0340 02	1/4"	5
0340 03	3/8"	5
0340 04	1/2"	15
0340 05	3/4"	10
0340 06	1"	10
0340 07	1 1/4"	5
0340 08	1 1/2"	5
0340 09	2"	2
0340 10	2 1/2"	1
0340 11	3"	1

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request

VÁLVULA DE ESFERA PARA MANGUERA

REFERENCIA Y FIGURA
REFERENCE AND FIGURE

DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONES
DESCRIPTION AND DIMENSIONS

CÓDIGO
CODE

MEDIDA
SIZE

PESO
WEIGHT

CAJA / BOX
CARTON

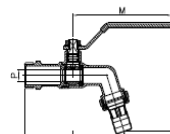
3059R



Válvula de esfera para manguera
PN 16. Construcción en latón UNE-EN 12165 cromado. Asientos PTFE. Extremos rosca gas (BSP) M, ISO 228/1. Salida racor dos piezas conexión manguera. Temp. máx. 100°C. Mando manual por palanca de acero.

Bibcock ball valve
PN 16. Body chrome plated brass UNE-EN 12165. PTFE seats. Gas threaded ends (BSP) M, ISO 228/1. 2 pieces hose connection outlet. Max. Temp. 100°C. Steel lever manual control.

R	P	A	L	M
1/2"x1/2"	9,5	89	85	84
3/4"x3/4"	9,5	89	86	84



3059R 04	1/2"x1/2"	150	16 - 196
3059R 05	3/4"x3/4"	160	10 - 120

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA DE BOLA GENEBRE

VÁLVULAS INDUSTRIALES / INDUSTRIAL VALVES

GENEBRE

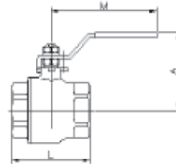


2014
2014N

Válvula esfera paso total 2 piezas
Rosca BSP, también disponible con rosca NPT (2014N)
Const. acero inox. CF8M (316) microfundición. Extremos:
rosca gas DIN 2999. Juntas y asiento: PTFE + 15% FV
tórica eje vitón PN 63, Temp: -25°C + 180°C. Mando
manual por palanca con sistema de bloqueo

2 pcs full bore ball valve (2014NPT thread)
BSP thread, also available with NPT thread (2014N)
Const. stainless steel. CF8M (316) investment casting. Gas
threaded ends DIN 2999. Seats and seals: PTFE + 15% GF
o'ring stem: viton. PN 63. Temp. -25°C + 180°C.
Manually operated by handle with locking system.

MED.	A	M	L
1/4"	50	104	50
3/8"	50	104	50
1/2"	51,5	104	55
3/4"	62	122	70
1"	65	122	83
1 1/4"	82	180	91
1 1/2"	88	205	103
2"	106	219	120
2 1/2"	119	240	152
3"	135	275	172



2014 02	1/4"	0,207	12-144
2014 03	3/8"	0,195	12-144
2014 04	1/2"	0,237	10-120
2014 05	3/4"	0,442	6-72
2014 06	1"	0,606	4-48
2014 07	1 1/4"	1,084	8-16
2014 08	1 1/2"	1,544	6-12
2014 09	2"	2,648	3-6
2014 10	2 1/2"	4,707	2-4
2014 11	3"	7,288	1-2

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request



ANEXO 7

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN GENEBRE

VÁLVULAS INDUSTRIALES / INDUSTRIAL VALVES

GENEBRE

3180
3180N



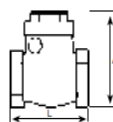
Válvula de retención clapeta goma

También disponible con rosca NPT (3180N)
PN 12/8. Construcción en latón UNE-EN 12165. Cierre en NBR
(goma) 65 sh. Extremos rosca gas (BSP) H-H, ISO 228/1. Temp.
máx. 90°C. Montaje en horizontal.

Rubber swing check valve

Also available NPT thread (3180N)
PN 12/8. Body brass UNE-EN 12165. Rubber sealing.
Gas threaded ends (BSP) F-F, ISO 228/1. Max. Temp. 90°C.
Horizontal assembling.

R	P	A	L	PN
1/2"	15	46,5	47	12
3/4"	20	54,5	52	12
1"	25	61,5	64,5	12
1 1/4"	30	72	74	10
1 1/2"	35	84	86	10
2"	45	94	97	10
2 1/2"	57	108	116,5	8
3"	60	130	137	8
4"	90	165	163	8



3180 04	1/2"	160	20-240	5,29
3180 05	3/4"	230	12-144	7,21
3180 06	1"	375	10-120	10,32
3180 07	1 1/4"	460	8-64	13,59
3180 08	1 1/2"	700	5-40	20,77
3180 09	2"	1060	3-30	28,62
3180 10	2 1/2"	1500	1-25	40,22
3180 11	3"	2410	1-16	65,06
3180 12	4"	3750	1-8	114,89

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request



ANEXO 8

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ELECTROBOMBA

CENTRIFUGHE / CENTRIFUGAL / CENTRIFUGAS / CENTRIFUGES

CM 50-100



Pompe centrifughe monogirante estremamente silenziosa adatta ad applicazioni domestiche civili e industriali. La curva estremamente piatta garantisce pressioni pressoché costanti al variare della portata.

Single impeller centrifugal pumps, extremely silent suitable for household, civil and industrial applications, with a very flat curve to guarantee constant pressure even when the delivery.

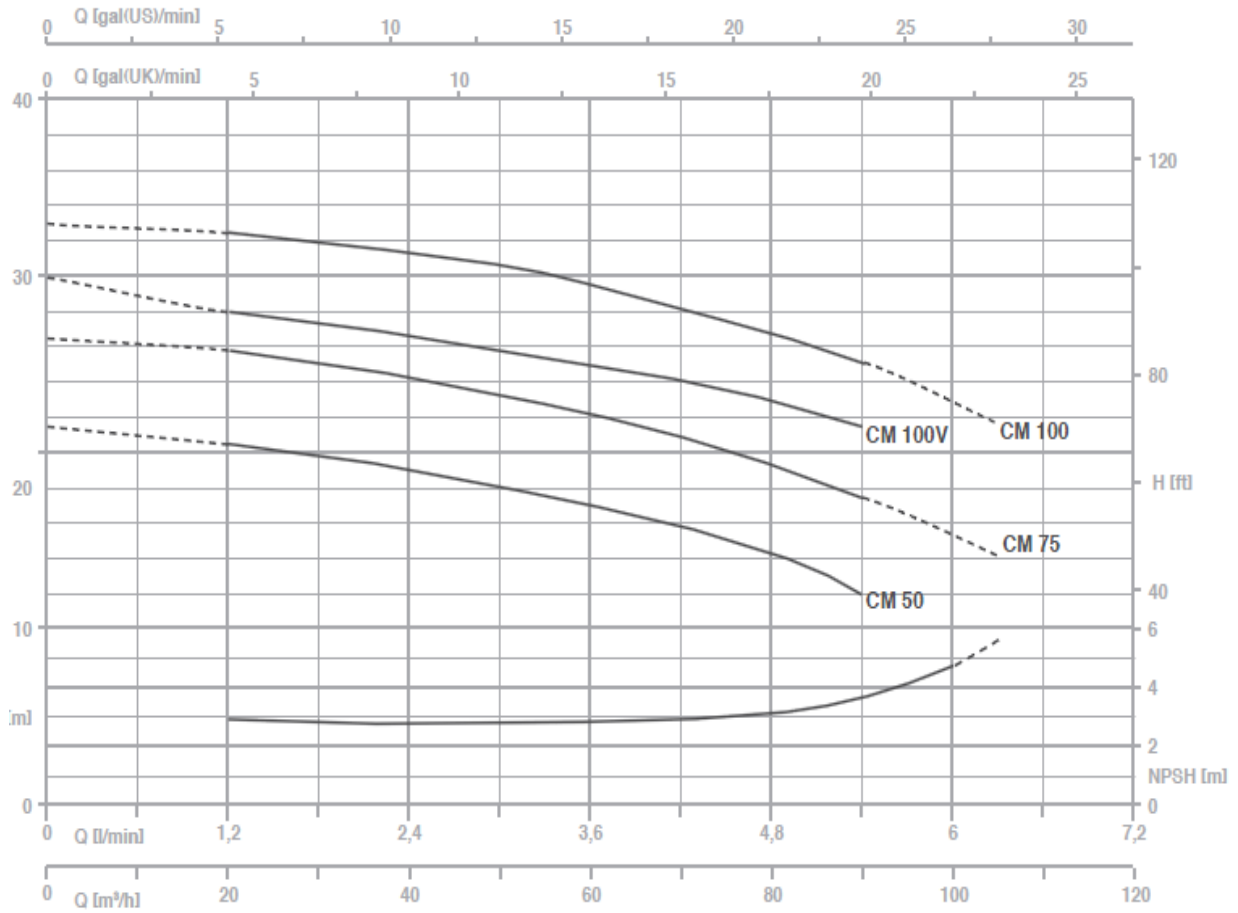
Bombas centrifugas con un rodete extremadamente silenciosas apropiadas en aplicaciones domésticas civiles e industriales con una curva extremadamente plana; garantizan presiones casi constantes cuando varía el caudal.

Pompes centrifuges monoroue très silencieuses, aptes aux applications domestiques, civiles et industrielles. La courbe caractéristique très plate garantit des pressions quasiment constantes en cas de variation du débit.

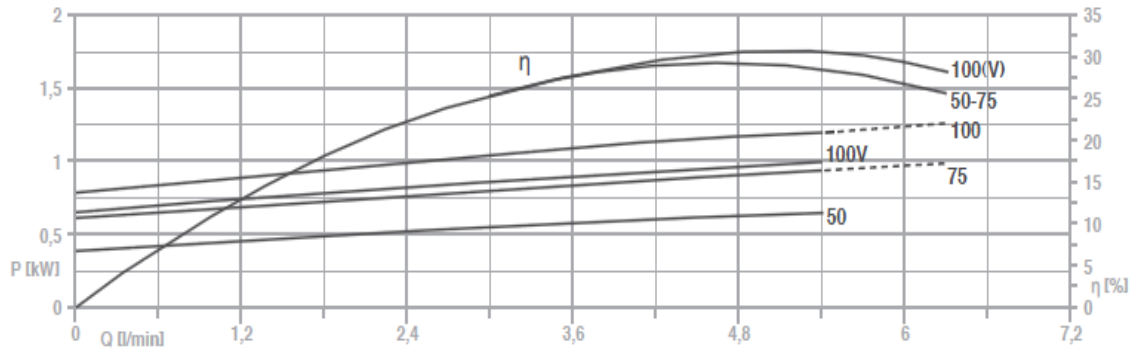
MOTORE / MOTOR / MOTOR / MOTEUR	
Motore 2 poli a Induzione	3- 230/400V-50Hz
2 pole induction motor	1- 230V-50Hz
Motor de 2 polos a Inducción	con termoprotettore
Moteur à Induction à 2 pôles	with thermal protection
	con protección térmica
	avec protection thermique
Classe di Isolamento	
Insulation class	F
Clase de aislamiento	
Classe d'isolation	
Grado di protezione	
Protection degree	IP44
Grado de protección	
Protection	

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / CONSTRUCTION FEATURES CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS / CARACTÉRISTIQUES D'EXÉCUTION	
Corpo pompa	ghisa
Pump body	cast Iron
Cuerpo bomba	fundición
Corps de pompe	fonte
Supporto motore	ghisa (CM50) ghisa o alluminio (CM75-100)
Motor bracket	cast Iron (CM50) cast Iron or aluminium (CM75-100)
Soporte motor	fundición (CM50) fundición o aluminio (CM75-100)
Support moteur	fonte (CM50) fonte ou aluminium (CM75-100)
Girante	Noryl® o ottone
Impeller	Noryl® or brass
Rodete	Noryl® o latón
Turbine	Noryl® ou laiton
Tenuta meccanica	ceramica-grafite
Mechanical seal	ceramic-graphite
Sello mecánico	cerámica-grafito
Garniture mécanique	céramique-graphite
Albero motore	acciaio AISI 416
Motor shaft	stainless steel AISI 416
Eje motor	acero AISI 416
Arbre moteur	acier AISI 416
Temperatura del liquido	girante Noryl® o supporto alluminio: 0 - 50 °C girante ottone: 0 - 90 °C
Liquid temperature	Noryl® impeller or aluminium bracket: 0 - 50 °C brass impeller: 0 - 90 °C
Temperatura del liquido	rodete Noryl® o soporte alluminio: 0 - 50 °C rodete latón: 0 - 90 °C
Température du liquide	turbine Noryl® or support aluminium: 0 - 50 °C turbine laiton: 0 - 90 °C
Pressione di esercizio	
Operating pressure	max 6 bar
Presión de trabajo	
Pression de fonctionnement	

CM 50-100

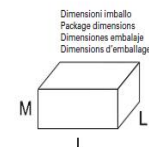
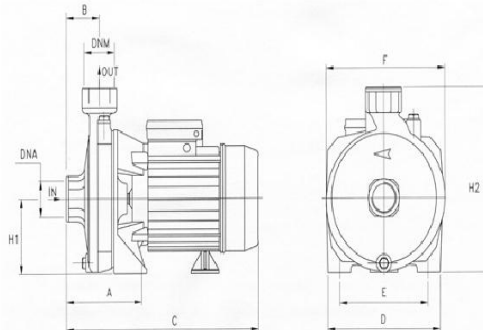


CM 50-100



TEХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ / Technical data / Datos técnicos / Données techniques

МОДЕЛЬ / TYPE / MODELO / MODÈLE				P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m ³ /h - l/min)										
1~	3~					1~	3~	1~	3~	0	1.2	2.4	3.6	4.8	5.4	6.6	7.2	7.8		
230 V - 50 Hz	230 / 400 V - 50 Hz	(HP)	(kW)	1~	3~	1x230V 50Hz	3x400V 50Hz	0	20	40	60	80	90	110	120	130				
								H (m)												
CM 50	CMT 50	0.5	0.37	0.59	0.65	2.8	1.1	21.5	20.5	19	17	15	12	-	-	-	-	-	-	-
CM 75	CMT 75	0.8	0.59	0.9	0.94	4.5	1.7	26.5	26	24.5	22	19.5	17.5	-	-	-	-	-	-	-
CM 100	CMT 100	1	0.74	1.16	1.17	5.7	2.0	33	32.5	31.5	29.5	27	25	-	-	-	-	-	-	-
CM 160	CMT 160	1.5	1.1	1.9	1.8	8.5	3.4	40.5	39.3	38.6	37.5	35.6	34.6	29.5	-	-	-	-	-	-
CM 210	-	2.2	1.65	2.2	-	10.3	-	45.1	44.1	43.3	42.3	40.5	39.2	36.4	33.5	-	-	-	-	-
-	CMT 210	2.2	1.65	-	2.43	-	4.9	50	48.7	47.8	46.5	44.9	43.7	41.3	39.4	-	-	-	-	-
CM 310	CMT 310	3	2.2	2.85	2.67	13.5	5.1	55.9	54.5	53.4	52	50.1	48.9	46.2	44.2	41.9	-	-	-	-
CM 164	CMT 164	1.5	1.1	1.9	1.8	8.5	3.4	40.5	39.3	38.6	37.5	35.6	34.6	29.5	-	-	-	-	-	-
CM 214	-	2.2	1.65	2.2	-	10.3	-	45.1	44.1	43.3	42.3	40.5	39.2	36.4	33.5	-	-	-	-	-
-	CMT 214	2.2	1.65	-	2.43	-	4.9	50	48.7	47.8	46.5	44.9	43.7	41.3	39.4	-	-	-	-	-
CM 314	CMT 314	3	2.2	2.85	2.67	13.5	5.1	55.9	54.5	53.4	52	50.1	48.9	46.2	44.2	41.9	-	-	-	-



МОДЕЛЬ / TYPE / MODELO / MODÈLE	РАЗМЕРЫ / DIMENSIONS / DIMENSIONES / DIMENSIONS (mm)											Kg		
	A	B	C	D	E	F	H1	H2	DNA	DNM	I	L	M	
CM 50	95	45.5	265	150	110	160	82	202	1"G	1"G	290	175	225	9
CM 75	110	46.5	300	180	140	185	97	234	1"G	1"G	325	200	265	12.7
CM 100	110	46.5	300	180	140	185	97	234	1"G	1"G	325	200	265	14
CM 160	117	46.5	348	220	180	225	115	285	1"G	1"G	370	240	315	22.5
CM 164	117	46.5	348	220	180	225	115	285	1"1/4 G	1"G	370	240	315	22.5
CM 210	117	46.5	348	220	180	225	115	285	1"G	1"G	370	240	315	23
CM 214	117	46.5	348	220	180	225	115	285	1"1/4 G	1"G	370	240	315	23
CM 310	117	46.5	348	220	180	225	115	285	1"G	1"G	370	240	315	23.5
CM 314	117	46.5	348	220	180	225	115	285	1"1/4 G	1"G	370	240	315	23.5

ANEXO 9

ESPECIFICACIONES DEL TUBO ELECTROSOLDADO LAF ASTM- 513

Tipo 2

Tubo LAF A513



DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m

Dimensión	Espesores (mm)								
	0.6	0.7	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	
REDONDO	1/2"	0.179	0.207	0.221	0.235	0.262	0.289		
	5/8"	0.226	0.262	0.280	0.298	0.332	0.367	0.434	
	3/4"	0.273	0.317	0.338	0.360	0.403	0.445	0.528	0.649
	7/8"		0.372	0.397	0.423	0.473	0.523	0.622	0.766
	1"			0.456	0.485	0.544	0.602	0.716	0.884
	1 1/4"			0.573	0.611	0.685	0.758	0.904	1.119
	1 1/2"			0.691	0.736	0.826	0.915	1.092	1.354
	1 3/4"			0.808	0.861	0.967	1.072	1.280	1.589
	2"			0.926	0.986	1.108	1.228	1.468	1.824
	3"							2.220	
	5/8"		0.319	0.341	0.363	0.406	0.449	0.533	
	3/4"	0.342		0.425	0.452	0.507	0.560	0.666	0.822
CUAD.	7/8"	0.429		0.515	0.548	0.614	0.680	0.810	1.001
	1"	0.459		0.572	0.609	0.683	0.756	0.901	1.115
	1 1/4"			0.718	0.765	0.858	0.951	1.136	1.408
	1 1/2"				0.920	1.035	1.148	1.371	1.703
	1 1/2"x1 1/2"				0.615	0.689	0.763	0.910	1.126
	1"x2"			0.865	0.928	1.042	1.155	1.381	1.715

NORMAS TÉCNICAS:

Las dimensiones y espesores se fabrican según la Norma ASTM A513 Tipo 2.

DESCRIPCIÓN :

Tubo electrosoldado fabricado con acero al carbono laminado en frío (LAF), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

Las secciones de fabricación pueden ser redondas, cuadradas y rectangulares.

PRESENTACIÓN:

Longitud : 6 metros. Otras longitudes a pedido.
Acabado de extremos : Refrentado (plano), limpio de rebordes.
Recubrimiento : Aceitado.

USOS:

Tubos para estructuras ligeras, muebles, cerrajería en general y usos ornamentales.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES :

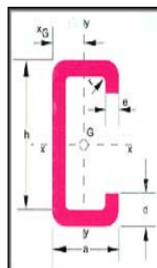
Longitud : + 20 mm, - 5 mm
Espesor : Según Norma ASTM A513.

Rectitud

Redondo : Variación máxima 0.76 mm / m
Cuadrado y Rectangular : Variación máxima 1.7 mm / m

ANEXO 10

PERFIL DEN C 60X30X10X2.5 -HIERRO NEGRO



Código	Dimensiones				Sección	Peso	Valores estáticos relativos a los ejes XX'-YY'						
Lampro	h mm	a mm	d mm	e-r mm	F cm ²	g kg/m	Jx cm ⁴	Wx cm ³	Ix cm	Xg cm	-Jy cm ⁴	Wy cm ³	ly cm
5014	50	25	10	2.0	2,14	1,68	7,92	3,17	1,93	0,93	1,78	1,13	0,91
5013			10	2.5	2,59	2,03	9,30	3,72	1,89	0,92	2,03	1,29	0,89
5011	60	30	10	2.0	2,54	1,99	13,96	4,65	2,35	1,06	3,00	1,55	1,09
5010			10	2.5	3,09	2,42	16,57	5,52	2,32	1,05	3,47	1,78	1,06
5009		40	15	2.5	3,76	2,95	20,90	6,97	2,36	1,63	8,33	3,51	1,49
5008			15	3.2	4,77	3,74	25,81	8,60	2,33	1,63	10,09	4,26	1,46



ANEXO 11

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANCHA ESTRIADA DE ACERO LAC

Planchas Estriadas LAC



DIMENSIONES NOMINALES
PLATE A 1011 TB
2.5 x 1,000 x 2,400 mm
2.5 x 1,200 x 2,400 mm
2.9 x 1,000 x 2,400 mm
2.9 x 1,200 x 2,400 mm
4.4 x 1,200 x 2,400 mm
5.9 x 1,200 x 2,400 mm

NORMA TÉCNICA:

ASTM A786 1 A786M

Adicionalmente, estos productos cumplen con las exigencias de la norma estructural respectiva, como A 1011 / A 1011 M Tipo B.

PRESENTACIÓN:

Las planchas vienen sueltas en función del espesor o en paquetes de 2.0 TM mínimo.

A solicitud del cliente se emiten certificados de calidad.

USOS:

En la construcción de plataformas, pisos, escaleras, equipamiento de transporte y circulación, y estructuras en general.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia mínimo = 2,110 - 3,510 kg/cm² (*)

Alargamiento = 25 % mín. (*)

Doblado al frío = Sin fisura

(*) Valores referenciales.



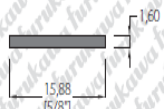
ANEXO 12

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLATINA DE ALUMINO 1/8" x 1" y
1/8" x 2"

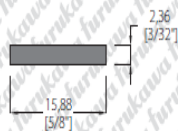
ALUMINIOS PFK

4. Platinas

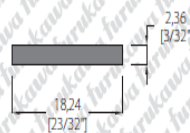
041501



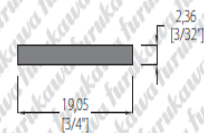
041502



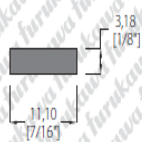
041503



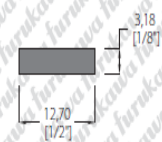
041504



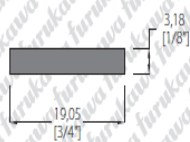
041505



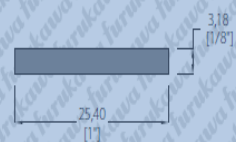
041506



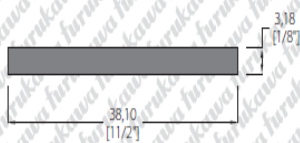
041507



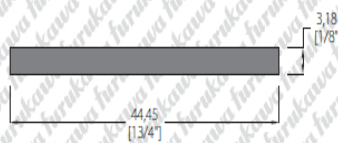
041508



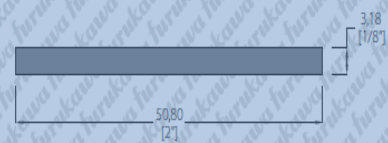
041509



041510



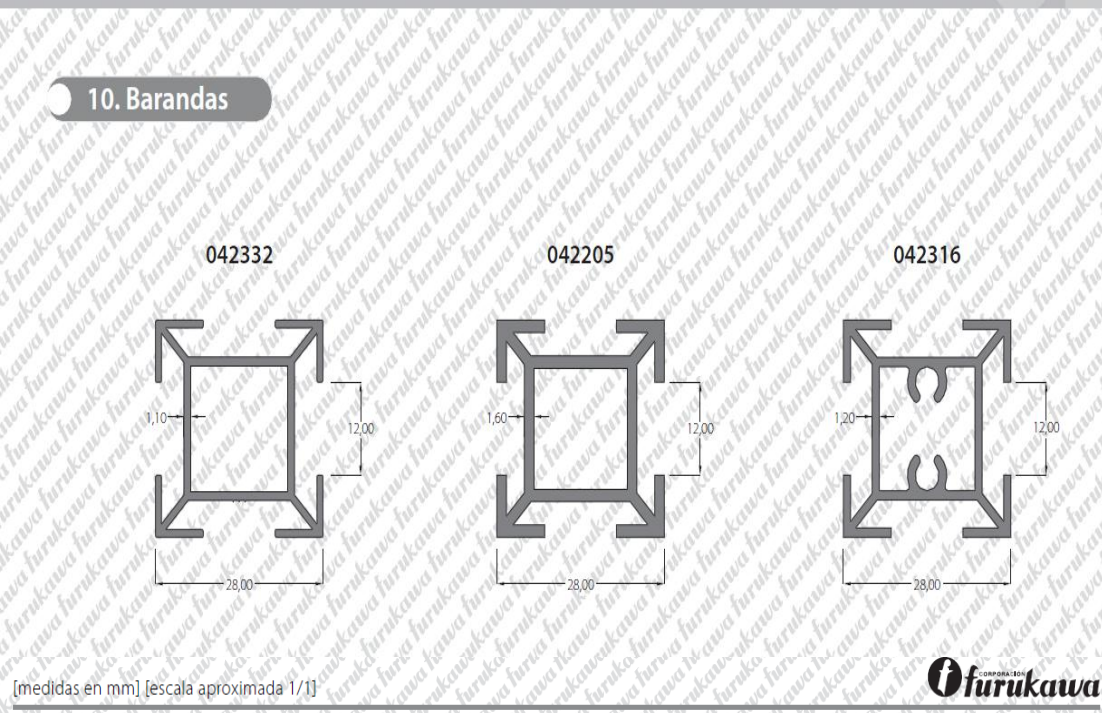
041511



ANEXO 13
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PERFIL DE ALUMINIO TIPO
BARANDA

ALUMINIOS PFK

10. Barandas



[medidas en mm] [escala aproximada 1/1]



ALUMINIOS PFK

Indice por Código FAM

FAM	PFK	PAG.	FAM	PFK	PAG.	FAM	PFK	PAG.	FAM	PFK	PAG.
0108	042002	63	1310	313610	83	2242	042103	89	3206	041324	20
0220	042005	64	1311	313611	83	2242 M	042111	89	3207	041325	20
0220 M	042054	64	1312	313612	83	2244	042106	89	3208	041326	20
0221	042006	64	1313	313613	83	2250	042108	89	3307	041331	21
0222	042007	64	1314	313614	83	2250 M	042114	89	3308	041332	21
0223	042008	64	1315	313615	83	2253	042110	89	3310	041333	21
0230	042012	63	1330	041217	32	2253 M	042113	89	3315	041337	21
0231	042013	63	1390	041221	32	2255	042109	90	3320	041338	21
0232	042014	64	1520	041501	27	2256	042104	90	3435	041339	24
0234	042016	64	1530	041502	27	2275	042334	98	4001	041101	17
0235	042017	63	1550	041503	27	2400	042201	57	4001 M	041137	17
0236	042018	63	1570	041504	27	2410	042202	58	4009	041105	19
0261	042020	63	1610	041505	27	2410 M	042315	57	4010	041106	18
0262	042021	63	1620	041506	27	2420	042203	58	4011	041107	19
0263	042022	63	1630	041507	27	2430	042204	57	4011 M	041130	19
0264	042023	63	1640	041508	27	2431	042205	57	4015	041108	18
0270	042025	63	1650	041509	27	2431 M	042332	57	4020	041109	18
0303	042029	63	1660	041510	27	2440	042206	58	4021	041110	19
0304	042030	63	1670	041511	27	2450	042207	57	4022	041111	19
0304 M	042053	63	1680	041513	27	2490	042209	58	4101	041112	19
0319	042032	64	1684	041514	27	2510	042211	59	4104	041113	17
0320	042033	64	1710	041515	28	2520	042212	59	4105	041114	17
0321	042034	64	1720	041516	28	2535	042214	59	4107	041116	17
0322	042035	64	1730	041517	28	2540	042044	59	4107 M	041115	17
1004	041201	32	1740	041518	28	2540 M	042058	59	4110	041118	17
1012	041202	32	1750	041519	28	2541	042045	60	4110 M	041117	17

ANEXO 14

FICHA TÉCNICA DE LOS TORNILLOS DE FIJACIÓN DIN 7985 CON
CABEZA ALOMADA

**Crossrecessedpan
head
machinescrews,ste
el typeH(Phillips)**


ISO7045/DIN7985

Zincplated

d	M2		M2,5		M3		M4	
D	4		5		6ISO5,6		8	
k	1,6		2ISO2,1		2,4		3,1	
m	2,5		2,7		3,1		4,6	
driversize	1		1		1		2	
L quantity	100	1000+	100	1000+	100	1000+	100	1000+
4	4.-	2.30	4.-	2.-	4.-	2.20	8.90	6.50
5	4.-	2.30	4.-	2.10	4.-	2.20	5.-	3.80
6	4.-	2.90	4.-	2.10	4.-	2.20	4.50	2.90
8	4.-	2.90	4.-	2.20	4.-	2.20	4.50	2.90
10	4.-	3.-	4.-	2.30	4.-	2.30	4.50	2.90
12	4.50	3.10	4.-	2.50	4.-	2.40	4.70	3.10
14			5.-	3.-	4.50	2.50	6.-	4.10
16	5.-	3.20	4.50	2.75	4.50	2.50	5.-	3.50
18					5.-	3.20	7.20	4.80
20	5.50	4.-	5.-	3.40	4.50	3.-	7.-	4.50
22					5.-	3.80	8.60	6.30
25			5.50	3.90	5.-	3.90	6.-	4.25
30					6.20	4.-	7.20	5.-
35					7.10	5.30	8.30	5.90
40					11.60	8.40	9.10	6.40
45					13.-	10.20	10.20	7.10
50					14.50	11.70	14.10	10.40
55							18.50	14.90
60					19.70	16.80	17.10	13.60
70							25.-	19.80

ANEXO 15

FICHA TÉCNICA DE LOS TORNILLOS ROSCA CHAPA CABEZA AVELLANADA PLANA FORMA C-PHILIPS H DIN 7982



Technical informations. / Teknik bilgiler.

Thread size / Anma çapı		2.2	2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3	
Head dia/Kafa çapı	d	4.30	5.50	6.80	7.50	8.10	9.50	10.80	12.40	
	min.	4.00	5.20	6.44	7.14	7.74	9.14	10.37	11.97	
Head height/Kafa y.	k	1.30	1.70	2.10	2.30	2.50	3.00	3.40	3.80	
	min.	0.80	1.10	1.40	1.50	1.60	1.90	2.10	2.40	
PH	m	2.50	3.00	4.20	4.60	4.70	5.10	6.80	7.10	
PZ	m	2.40	2.80	4.00	4.20	4.40	5.00	6.30	7.00	
NO	#	1			2			3		

Values are given in millimeters. / Değerler milimetre olarak verilmiştir.

Thread size / Anma çapı	2.2	2.9	3.5	3.9	4.2	4.8	5.5	6.3
Length / Boy (1)	<i>Mass for 1.0000 units in kg. / 1.000 Tanesinin ağırlığı.</i>							
4.5	0.10							
6.5	0.14	0.28						
9.5	0.20	0.35	0.54	0.66	0.77	1.10		
13	0.27	0.48	0.72	0.88	1.02	1.45	2.11	2.53
16	0.33	0.58	0.87	1.07	1.23	1.75	2.49	3.07
19		0.69	1.02	1.26	1.44	2.05	2.87	3.61
22			1.17	1.45	1.65	2.35	3.26	4.15
25			1.32	1.64	1.86	2.65	3.65	4.69
32					2.35	3.35	4.56	5.95
38							5.43	7.03
45							6.30	8.40
50							6.90	9.77

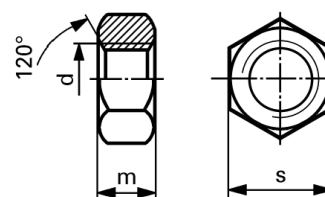
ANEXO 16

FICHA TÉCNICA DE LAS TUERCAS HEXAGONALES PASO FINO DIN 934

Hexnuts, steel

DIN934

FinethreadISO8673

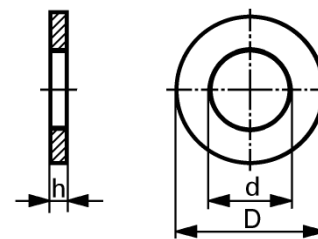


d	s	m	plain		zincplated	
			100	1000	100	1000
quantit						
M						
6 x 0,75	10	5	12.70	8.40	14.60	9.70
8x1	13	6,5	10.90	7.30	13.20	8.80
10x1	17ISO16	8	19.-	12.50	23.75	15.70
10x1,25	17ISO16	8	21.75	14.30	26.50	17.50
12x1	19ISO18	10	31.75	21.-	38.75	26.75
12x1,25	19ISO18	10	33.-	22.75	39.75	27.50
12 x1,5	22ISO21	10	34.-	23.60	40.-	27.80
14x1	22ISO21	11	52.50	36.25	62.-	43.-
14 x1,5	22ISO21	11	47.50	32.75	57.-	39.25
16x1	24	13	77.-	53.-	89.-	64.-
16 x1,5	24	13	50.-	34.25	59.-	40.50
18 x1,5	27	15	82.50	66.50	99.-	79.-
18x2	27	15	101.-	79.-	123.-	88.-
20 x1,5	30	16	84.50	69.-	101.-	81.50
20x2	30	16	130.-	93.50	153.-	109.-
22 x1,5	32ISO34	18	153.-	114.-	179.-	134.-
22x2	32ISO34	18	166.-	125.-	195.-	146.-
24 x1,5	36	19	195.-	146.-	230.-	173.-
24x2	36	19	202.-	152.-	240.-	179.-
27 x1,5	41	22	306.-	229.-	358.-	270.-
27x2	41	22	272.-	205.-	326.-	245.-
30 x1,5	46	24	392.-	294.-	490.-	366.-
30x2	46	24	368.-	276.-	440.-	332.-
33 x1,5	50	26	755.-	565.-	860.-	640.-
33x2	50	26	635.-		750.-	
36 x1,5	55	29	1090.-		1230.-	
36x3	55	29	680.-		805.-	
42x3	65	34	1000.-			

ANEXO 17

FICHA TÉCNICA DE LA ARANDELA PARA PERNOS DIN 1440

Flat
washers,
steel
for clevis pins



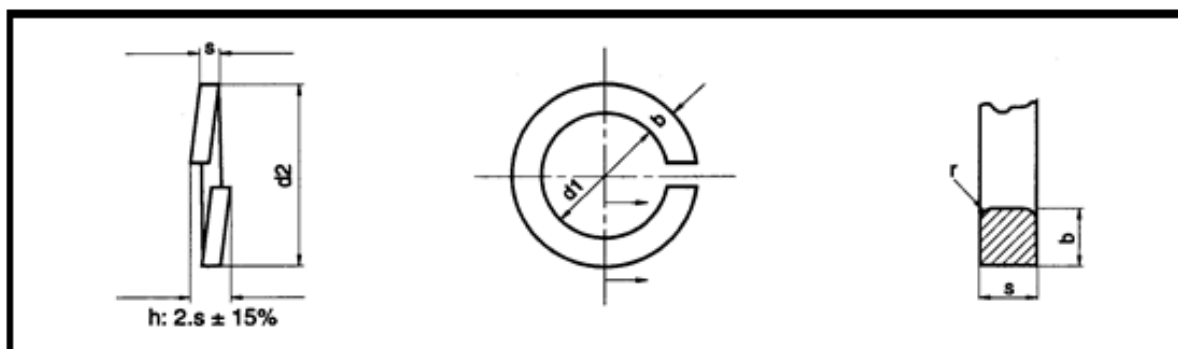
ISO 8738/DIN 1440

clevis pin d	D	h	Zincplated	
			100	1000
3	6	0,8	5.-	2.50
4	8	0,8	5.-	2.50
5	10	0,8	5.-	2.90
6	12	1,6	6.20	4.50
8	15	2,0	12.10	7.70
10	18	2,5	14.90	10.40
12*	20	3,0	23.-	16.10
14	28	3,0	25.25	18.20
16	24	3,0	27.25	19.-
18	28	4,0	41.-	30.-
20	30	4,0	47.50	34.75
22	34	4,0	54.50	39.50
24	37	4,0	65.-	48.50
25*	40	4,0	73.50	55.50
26	40	5,0	101.-	79.-
28	42	5,0	107.-	83.-
30	44	5,0	128.-	97.-
33	47	5,0	189.-	150.-

ANEXO 18

FICHA TÉCNICA DE LA ARANDELA GROWER DIN 7980

	ARANDELA MUELLE	DIN 7980
---	------------------------	-----------------



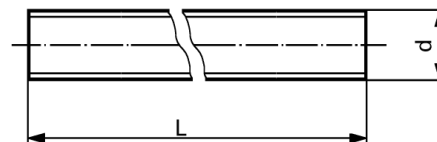
Medida Nominal	d1	Tolerancia d1	d2 Máximo	s	Tolerancias	r
3,0	3,1	+0,3	5,6	1,0	0,10	0,2
3,5	3,6		6,1			
4,0	4,1		7,0			
5,0	5,1	+0,4	8,6	1,5		0,4
6,0	6,1		9,7			0,5
8,0	8,2	+0,6	12,8	2,0	0,15	0,8
10,0	10,2		16,1			
12,0	12,2	+0,8	18,3	2,5		
14,0	14,2		21,6			
16,0	16,2	+1,0	24,6	3,0	0,20	1,2
18,0	18,2		26,6			
20,0	20,2		30,6	3,5		
22,0	22,5		32,9			
24,0	24,5		35,9	4,5		
27,0	27,5	38,9				
30,0	30,5	+1,3	44,2	5,0	2,0	
33,0	33,5		47,2			
36,0	36,5		52,3	6,0		
42,0	42,5	60,3	7,0			0,25
48,0	49,0	+1,5		67,0			8,0	2,5

ANEXO 20

FICHA TÉCNICA DE LA VARILLA ROSCADA DIN 975

Threaded rods, steel

DIN975/DIN976



class	4.6/4.8						8.8			
L	1000±10			2000±20		3000±30		1000±10		
d	quantity	1	10	100	1	10	1	10	1	10
M										
2		500.-	322.-	286.-						
2,5		500.-	312.-	260.-						
3		400.-	78.-	66.-						
4		400.-	71.50	57.-					850.-	320.-
5		400.-	77.-	60.50	500.-	298.-	880.-	675.-	880.-	364.-
6		400.-	95.-	73.-	412.-	199.-	1015.-	780.-	670.-	425.-
(7)		760.-	505.-	372.-						
8		400.-	132.-	109.-	595.-	340.-	1090.-	895.-	800.-	525.-
10		450.-	217.-	156.-	765.-	510.-	1450.-	940.-	1025.-	685.-
12		550.-	286.-	239.-	1055.-	735.-	1670.-	1310.-	1310.-	895.-
(14)		750.-	396.-	344.-					2380.-	1700.-
16		835.-	480.-	415.-	1660.-	1300.-	3740.-	2700.-	2460.-	1760.-
(18)		1010.-	740.-	640.-					3180.-	2300.-
20		1035.-	760.-	660.-	2390.-	1920.-	6240.-	4330.-	3270.-	2360.-
(22)		1300.-	965.-	830.-					4480.-	3260.-
24		1330.-	1070.-	960.-	3740.-	2960.-			4710.-	3430.-
(27)		2010.-	1380.-	1250.-					7040.-	5170.-
30		2510.-	1770.-	1540.-					7270.-	5320.-
(33)		3740.-	2390.-	2110.-					10240.-	7550.-
36		4160.-	2740.-	2550.-					12150.-	8960.-
(39)		5300.-	4260.-	3640.-						
42		5820.-	4780.-	4060.-						
(45)		8580.-	7210.-	6270.-						
48		9460.-	7960.-	6920.-						

ANEXO 21

ESPECIFICACIONES DE LA ESCUADRA DE UNIÓN DE ACERO



Escuadra de unión

Código	EAN	Material / acabado	Dimensiones mm	U.E. / Embalaje
9 100 601	4008057161718	Acero cincado	32 x 32 x 40	1 unid. / granel

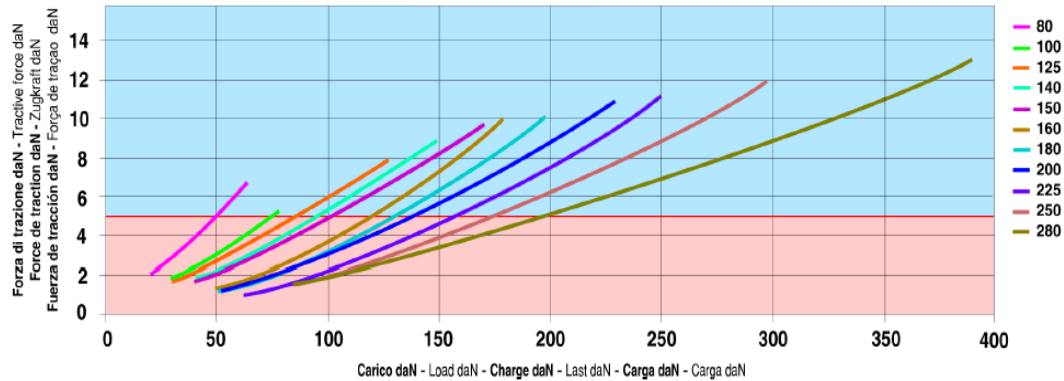


ANEXO 22

GARRUCHA DE GOMA



- I** RUOTE IN GOMMA STANDARD,
DISCHI DI LAMIERA
- GB** STANDARD RUBBER WHEELS,
PRESSED STEEL DISCS
- F** ROUES EN CAOUTCHOUC STANDARD,
FLANCS EN TOLE
- D** STANDARD GUMMI-RÄDER,
STAHLBLECHFELGEN
- E** RUEDAS DE GOMA STANDARD,
LLANTAS DE CHAPA
- P** RODAS EM BORRACHA STANDART,
DISCOS DE CHAPAS











- I** RUOTE IN GOMMA STANDARD,
DISCHI DI LAMIERA
- GB** STANDARD RUBBER WHEELS,
PRESSED STEEL DISCS
- F** ROUES EN CAOUTCHOUC STANDARD,
FLANCS EN TOLE
- D** STANDARD GUMMI-RÄDER,
STAHLBLECHFELGEN
- E** RUEDAS DE GOMA STANDARD,
LLANTAS DE CHAPA
- P** RODAS EM BORRACHA STANDART,
DISCOS EM CHAPA



					COD.			
	1 daN	2 daN	3 daN					
80 25 12 34	260	60	65	0.17	531101*			
80 25 12 39	260	60	65	0.17	531121*			
100 30 12 34	300	75	80	0.28	531102*			
100 30 12 44	300	75	80	0.28	531122*			
125 37.5 15 44	330	85	130	0.51	531103*			
140 37.5 15 44	340	95	150	0.64	531104*			
150 40 15 44	350	100	170	0.73	531111*			
160 40 20 58	370	120	180	1.00	531110*			
180 45 20 58	390	130	200	1.33	531105*			
200 50 20 58	410	140	230	1.75	531106*			
200 50 25 58	410	140	230	1.74	531206*			
225 50 20 58	420	160	250	2.16	531107*			
250 60 25 73	500	175	300	3.24	531108*			
280 60 25 73	550	200	390	3.92	531109*			

- I** RUOTE IN GOMMA STANDARD,
SUPPORTI LEGGERI (NL)
- GB** STANDARD RUBBER WHEELS,
STANDARD DUTY BRACKETS (NL)
- F** ROUES EN CAOUTCHOUC STANDARD,
MONTURES LEGERES (NL)
- D** STANDARD GUMMIRÄDER,
LEICHTE GEHÄUSE (NL)
- E** RUEDAS DE GOMA STANDARD,
SOPORTES INDUSTRIALES (NL)
- P** RODAS EM BORRACHA STANDART,
FERRAGEM LEVE (NL)

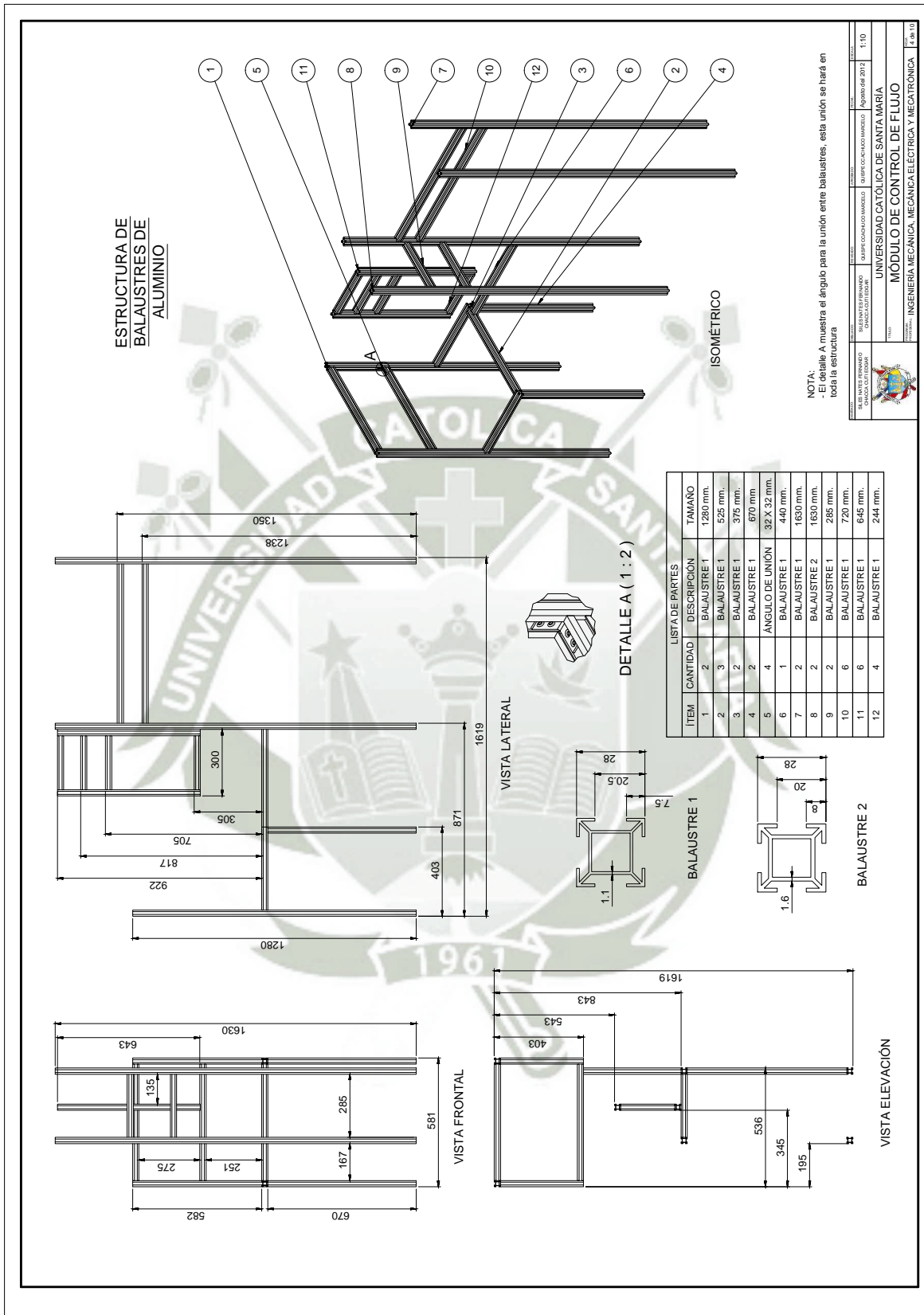


       	NL		NL		NL	
	daN	COD.	daN	COD.	daN	COD.
80 25 107 100x85 80x60 9 39 120 65	0.69	535001*	0.49	535701*	0.87	535401*
100 30 128 100x85 80x60 9 35 120 80	0.82	535002*	0.62	535702*	1.00	535402*
125 37.5 156 100x85 80x60 9 37 120 130	1.18	535003*	0.92	535703*	1.30	535403*
140 37.5 176 100x85 80x60 9 37 120 150	1.27	535004*	1.09	535704*	1.46	535404*
150 40 182 100x85 80x60 9 37 120 170	1.40	535011*	1.22	535711*	1.57	535411*
160B 40 187 100x85 80x60 9 50 180	1.75	535012*	1.55	535712*		
160 40 199 140x110 105x80 11 56 156 180	2.44	535010*	2.07	535710*	2.69	535410*
180 45 219 140x110 105x80 11 56 156 200	2.78	535005*	2.49	535705*	3.07	535405*
200 50 240 140x110 105x80 11 56 156 230	3.25	535006*	2.89	535706*	3.39	535406*
225 50 262.5 140x110 105x80 11 56 156 250	3.67	535007*	3.18	535707*	3.95	535407*
250 60 296 200x160 160x120 14 87 300	6.66	534708*	5.16	535708*		
280 60 311 200x160 160x120 14 87 390	7.35	534709*	5.84	535709*		
80 25 107 100x85 80x60 9 39 120 65	0.70	535101*	0.51	535901*	0.89	535421*
100 30 128 100x85 80x60 9 35 120 80	0.84	535102*	0.65	535902*	1.03	535422*
125 37.5 156 100x85 80x60 9 37 120 130	1.21	535103*	0.95	535903*	1.33	535423*
140 37.5 176 100x85 80x60 9 37 120 150	1.34	535104*	0.96	535904*	1.49	535424*
150 40 182 100x85 80x60 9 37 120 170	1.45	535111*	1.07	535911*	1.60	535431*
160B 40 187 100x85 80x60 9 50 180	1.81	535112*	1.61	535912*		
160 40 199 140x110 105x80 11 56 156 180	2.50	535110*	2.13	535910*	2.75	535430*
180 45 219 140x110 105x80 11 56 156 200	2.85	535105*	2.56	535905*	3.13	535425*
200 50 240 140x110 105x80 11 56 156 230	3.31	535106*	3.05	535906*	3.45	535426*
225 50 262.5 140x110 105x80 11 56 156 250	3.93	535107*	3.45	535907*	4.22	535427*
250 60 296 200x160 160x120 14 87 300	6.56	534908*	5.06	535908*		
280 60 311 200x160 160x120 14 87 390	7.27	534909*	5.76	535909*		



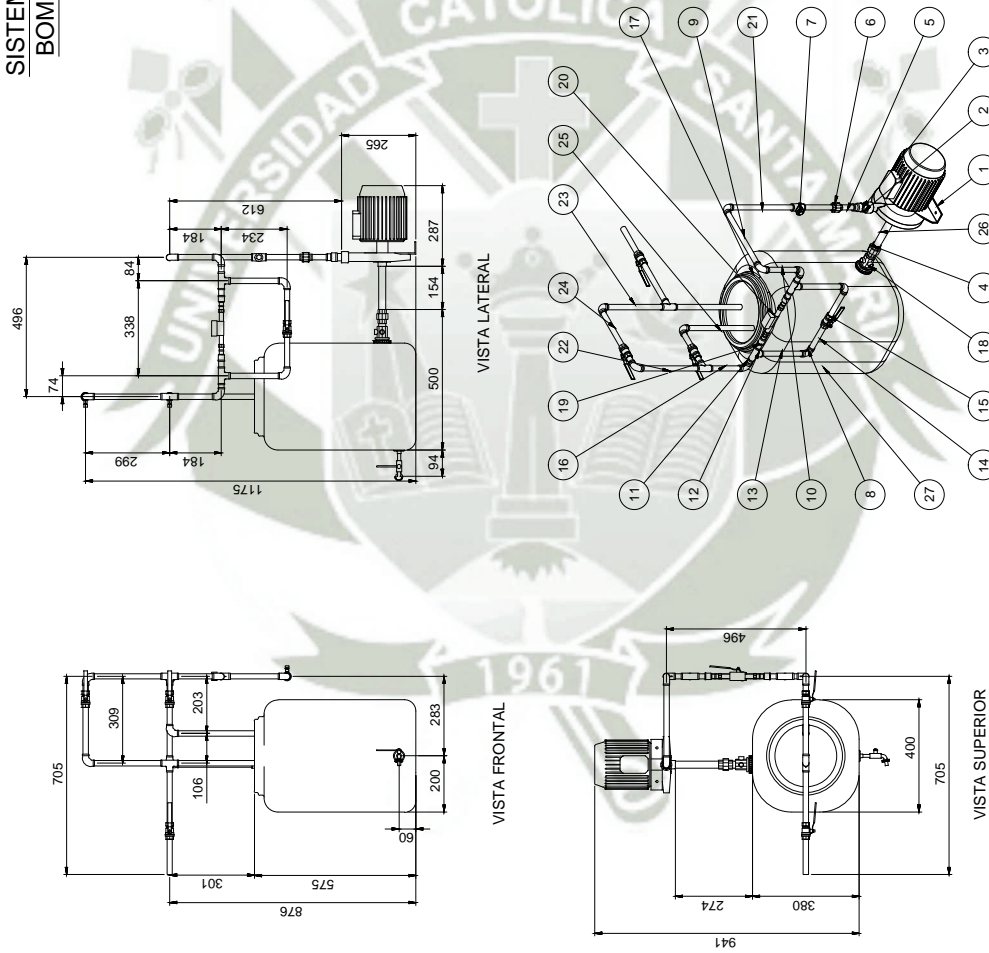
ANEXO 23
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

A_02



A_02

SISTEMA DE
BOMBEO



LISTA DE PARTES			
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO
1	1	BOMBA DE 1 HP	
2	1	NIPLE ROSCADO DE 25mm.	30 mm
3	1	REDUCCIÓN DE 25 mm A 19mm.	
4	1	UNIÓN UNIVERSAL DE 25mm.	
5	2	TUBO REDONDO DE 19 mm.	70 mm
6	1	UNIÓN UNIVERSAL DE 19 mm.	
7	1	VÁLVULA CHECK DE 19 mm.	
8	9	CODO DE 19mm.	
9	1	TUBO REDONDO DE 19 mm.	270 mm
10	1	TUBO REDONDO DE 19 mm.	135 mm
11	6	TUBO REDONDO DE 19 mm.	30 mm
12	4	TEE DE 19 mm.	
13	4	TUBO REDONDO DE 19 mm.	190 mm
14	3	TUBO REDONDO DE 19 mm.	130 mm
15	4	VÁLVULA DE BOLA DE 19 mm.	
16	2	TUBO REDONDO DE 19 mm.	160 mm
17	1	TANQUE DE AGUA	
18	1	MULTICONECTOR	
19	2	REDUCCIÓN DE 19 mm A 13 mm.	
20	1	SENSOR DE FLUJO	
21	1	TUBO REDONDO DE 19 mm.	240 mm
22	1	TUBO REDONDO DE 19 mm.	255 mm
23	1	TUBO REDONDO DE 19 mm.	245 mm
24	1	TUBO REDONDO DE 19 mm.	175 mm
25	2	TUBO REDONDO DE 19 mm.	300 mm
26	1	TUBO REDONDO DE 25 mm.	160 mm
27	1	VÁLVULA DE ESFERA	

ISOMÉTRICO

FECHA DE ELABORACIÓN DEL DISEÑO	FECHA DE APROBACIÓN DEL DISEÑO	FECHA DE APROBACIÓN DEL DISEÑO	FECHA DE APROBACIÓN DEL DISEÑO
ELABORADO POR: [Nombre]	APROBADO POR: [Nombre]	APROBADO POR: [Nombre]	APROBADO POR: [Nombre]
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA			
MÓDULO DE CONTROL DE FLUJO			
INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA			

A_04

CAJA 1

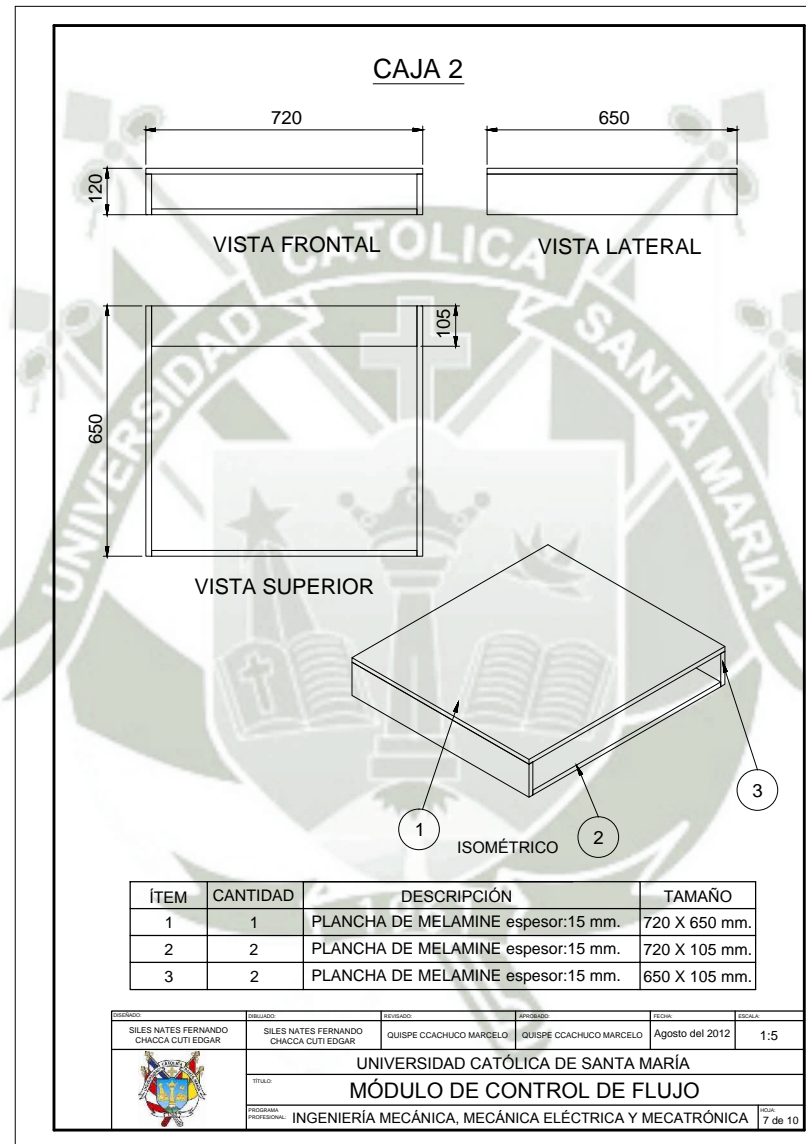
VISTA FRONTAL
VISTA LATERAL

VISTA SUPERIOR
ISOMÉTRICO

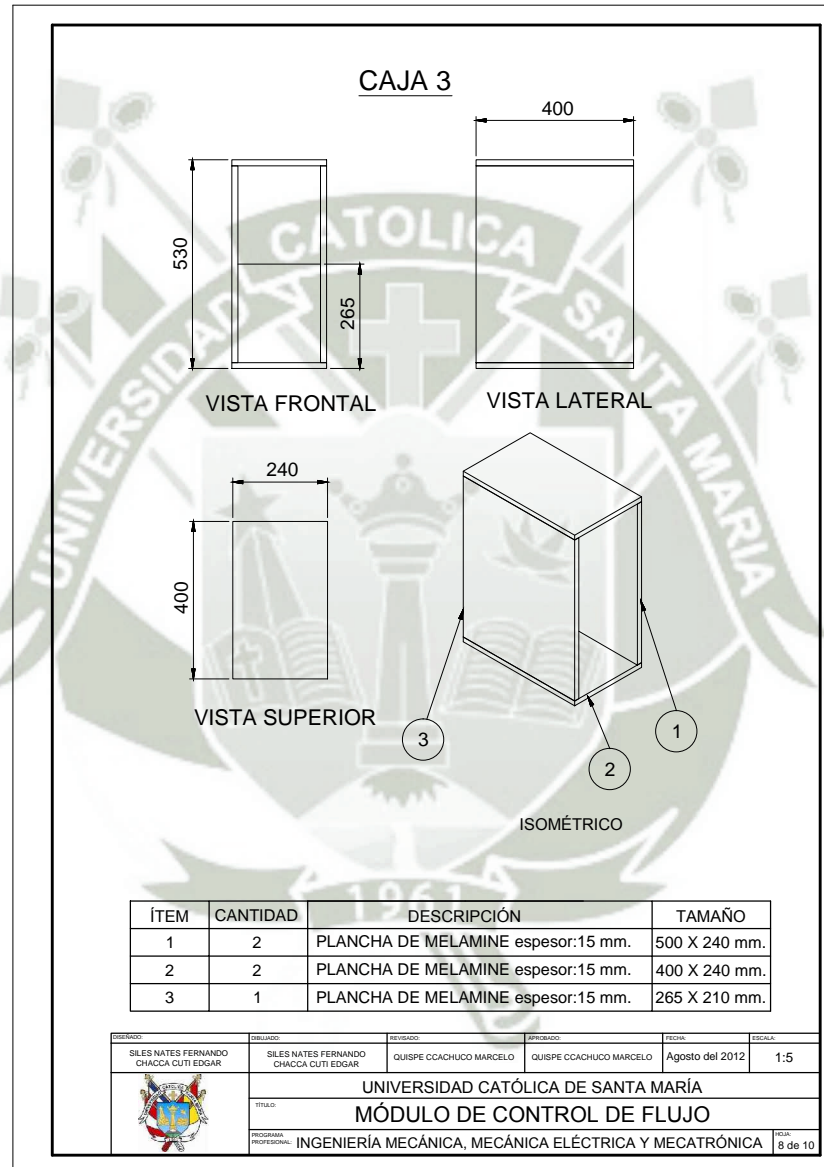
ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO
1	2	PLANCHA DE MELAMINE espesor:15 mm.	720 X 400 mm.
2	3	PLANCHA DE MELAMINE espesor:15 mm.	220 X 400 mm.
3	1	PLANCHA DE MELAMINE espesor:15 mm.	720 X 220 mm.

DISEÑADO: SILES NATES FERNANDO CHACCA CUTI EDGAR	DIBUJADO: SILES NATES FERNANDO CHACCA CUTI EDGAR	REVISADO: QUISPE CCACHUCO MARCELO	APROBADO: QUISPE CCACHUCO MARCELO	FECHA: Agosto del 2012	ESCALA: 1:5
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
TÍTULO: MÓDULO DE CONTROL DE FLUJO					
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA					
					PÁGINA: 6 de 10

A_04



A_04



A_04

CAJA ELÉCTRICA 1

The drawing shows four views of a rectangular electrical box. The front view (VISTA FRONTAL) is a rectangle with a height dimension of 600. The lateral view (VISTA LATERAL) is a narrower rectangle with a width dimension of 330. The top view (VISTA SUPERIOR) is a rectangle with a width dimension of 600. The isometric view (ISOMÉTRICO) shows the 3D perspective of the box.

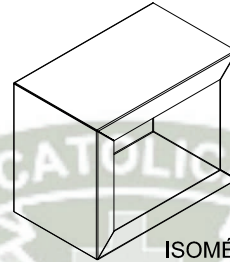
DISEÑO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	ESCALA
SILES NATES FERNANDO CHACCA CUTI EDGAR	SILES NATES FERNANDO CHACCA CUTI EDGAR	QUISPE CCACHUCO MARCELO	QUISPE CCACHUCO MARCELO	Agosto del 2012	1:5

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
MÓDULO DE CONTROL DE FLUJO

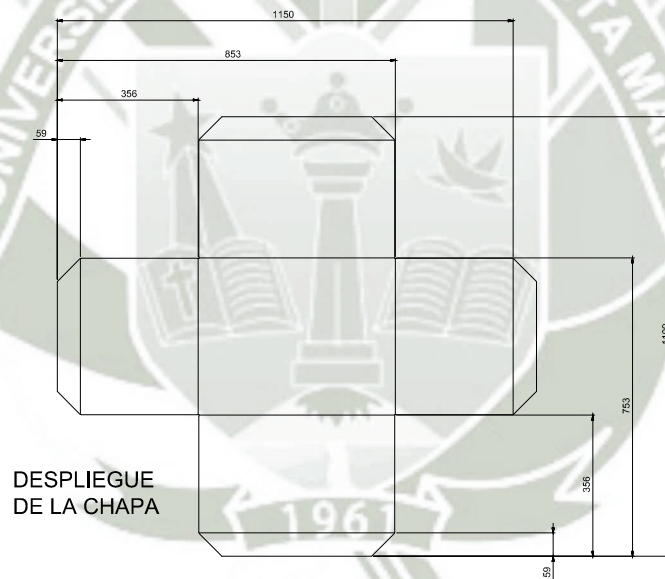
PROGRAMA PROFESIONAL: INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA HORA: 9 de 10

A_04

CAJA ELÉCTRICA 2



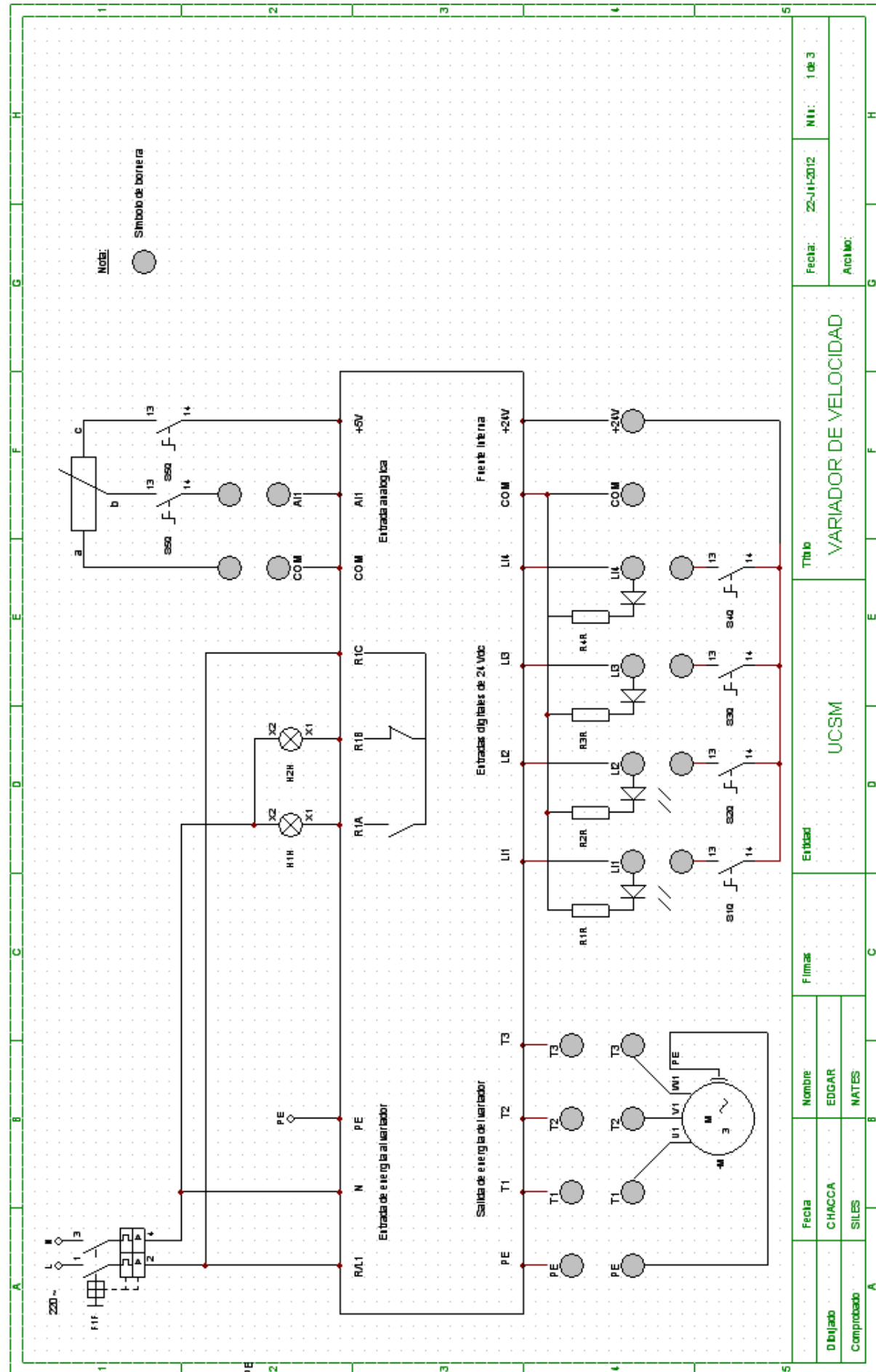
ISOMÉTRICO

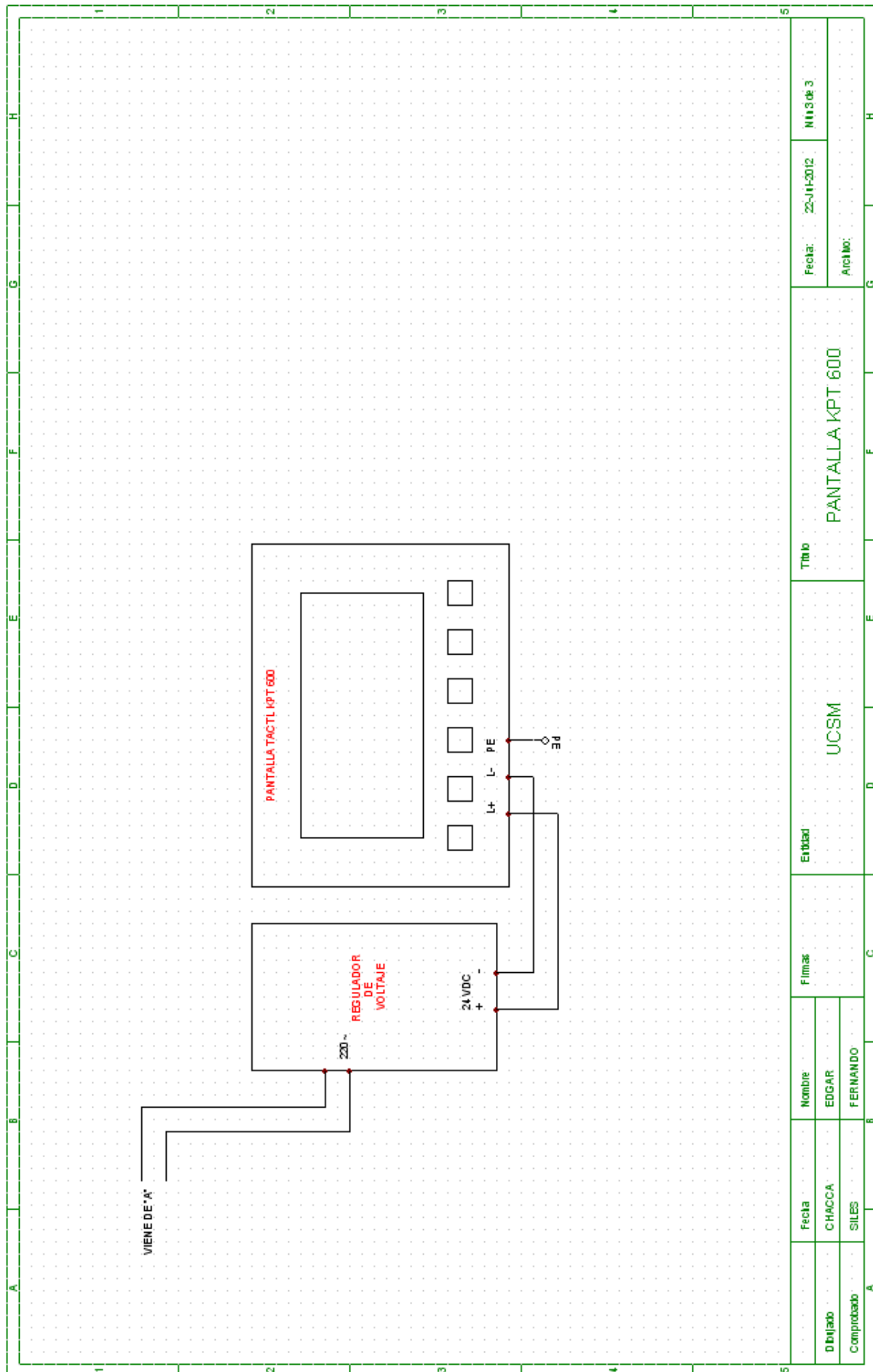


ELABORADO	REVISADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	ESCALA
SILES NATES FERNANDO CHACCA CUTI EDGAR	SILES NATES FERNANDO CHACCA CUTI EDGAR	QUISPE CCACHUCO MARCELO	QUISPE CCACHUCO MARCELO	Agosto del 2012	1:5
 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA					
TÍTULO: MÓDULO DE CONTROL DE FLUJO					
PROGRAMA PROFESIONAL: INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA					PÁGINA: 10 de 10

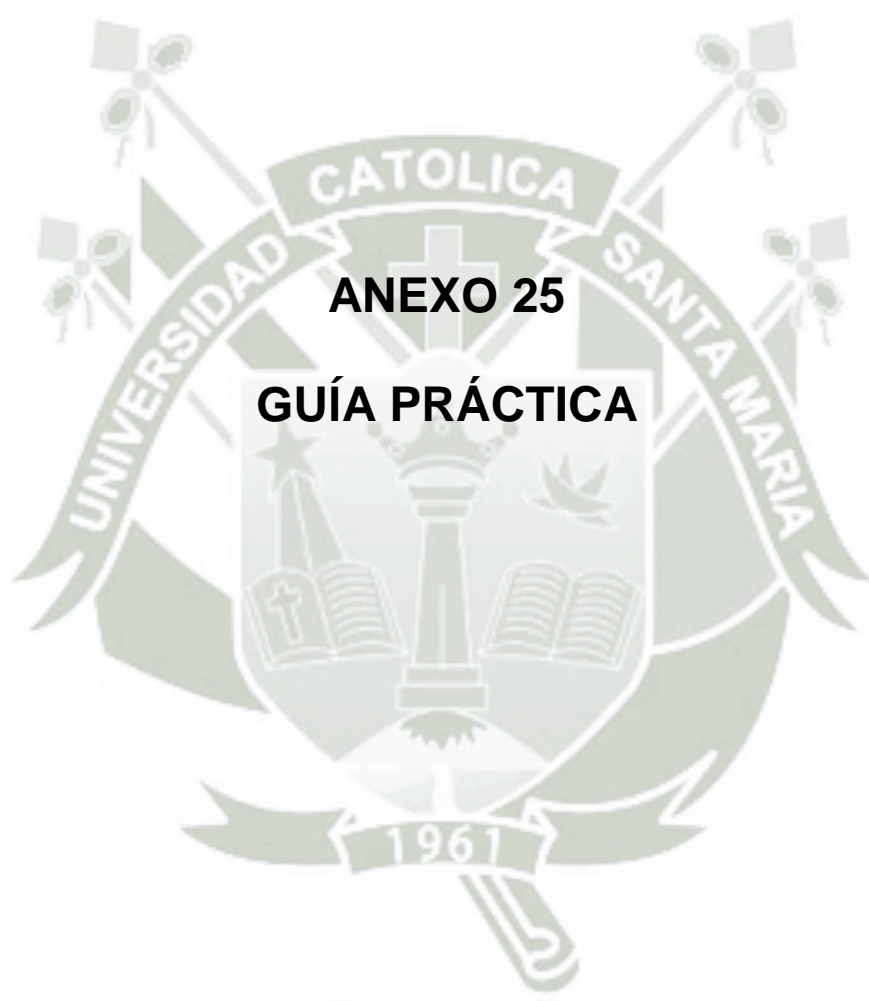


ANEXO 24
PLANOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO





Fecha: 22-JUN-2012		Núm de 3	
Archivo:			
Título PANTALLA KPT 600			
UCSM		UCSM	
Fecha		Firmas	
Comprobado	Nombre	Firmas	
SILES	EDGAR		
	FERNANDO		



RESUMEN

El presente trabajo es una Idea complementaria a la Investigación desarrollada, la idea de generar una Guía Práctica para el Control de Caudal nace de la necesidad de motivar en el Estudiante de Ingeniería Mecatrónica el estudio Practico Teórico abocado al manejo del PLC , Sensores y Variador de Velocidad para el realizar el Control de Caudal . Por lo cual se ha realizado la implementación de nuevos equipos , en este caso de un PLC SIEMENS S7-1200, un Pánel Táctil KTP 600 Color PN , un Variador de Velocidad Schneider ATV-12 y un sensor de Caudal Fotek KTM-SERIES los cuales serán utilizados en el Control de La Planta de Caudal que también forma parte de la implementación la cual se llevará a cabo en el Centro de Automatización del Programa Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Mecatrónica (CAIME) ubicado en el Pabellón "R" del Campus de la Universidad Católica de Santa María.

La siguiente guía práctica cuenta con un Fundamento Teórico en el cual se describen de manera específica lo referido al uso de los Componentes y Sistemas utilizados en el desarrollo del Módulo Didáctico , también cuenta con un compendio de en las cuales se desarrolla una metodología de estudio rigurosa en la cual se indica paso a paso los procedimientos a seguir , así como las restricciones y recomendaciones indicadas , cada practica cuenta con un Procedimiento Previo a su realización , objetivos y las Herramientas a usar.

OBJETIVOS DE LA GUÍA PRÁCTICA

- **OBJETIVO PRINCIPAL**

Realizar un modelo didáctico y guía práctica mediante el uso del Controlador Lógico Programable (PLC) SIEMENS S7-1200 para efectuar la acción de Control de Caudal y su visualización del proceso mediante un sistema SCADA. En la guía se incluirá la información necesaria para el uso adecuado de los equipos y su programación, los cuales serán aplicados en el Centro de Automatización (CAIME) del Programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica Carrera de Ingeniería Mecatrónica ubicado en el Pabellón "R" del Campus de la Universidad Católica de Santa María.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Que el estudiante tenga una guía teórica práctica para diseñar y realizar el control de Procesos Industriales mediante el uso del Controlador Lógico Programable PLC y supervisión SCADA.
2. Que el estudiante pueda interactuar directamente con la Planta de control de flujo y de esta manera afianzar sus conocimientos sobre Ingeniería de Control y la Automatización
3. Apoyar al Programa Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica realizando el Modelo Didáctico para el Control de Caudal y de esta manera optimizar los recursos actuales que posee el Área de Ingeniería Mecatrónica.
4. Hacer uso de las herramientas, técnicas y procesos que contiene el Software de Simulación STEP 7- BÁSICO aplicadas a la programación del Sistema de Control de Caudal.
5. Que con base a la información adquirida en este trabajo, el estudiante pueda desarrollar las distintas guías de aprendizaje utilizando los recursos de los materiales de apoyo y resolver los ejercicios aquí sugeridos.
6. Despertar el interés a los estudiantes por la investigación en los temas relacionados con la Automatización Industrial.