

DISEÑO DE ESTACION ADICIONAL DE BANCO DE MECATRONICA Y  
DESARROLLO DE SISTEMA SCADA APLICANDO OPTO 22 PARA SENA DE  
BARRANCABERMEJA.

CARLOS ANDRES RINCON TINOCO

BUCARAMANGA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRONICA  
2006 ◊

DISEÑO DE ESTACION ADICIONAL DE BANCO DE MECATRONICA Y  
DESARROLLO DE SISTEMA SCADA APLICANDO OPTO 22 PARA SENA DE  
BARRANCABERMEJA.

CARLOS ANDRES RINCON TINOCO

Trabajo de Grado presentado como requisito  
para optar al titulo de Ingeniero Mecatrónico  
Director: ING. CARLOS PATIÑO

BUCARAMANGA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRONICA  
2006



NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

Jurado

---

Jurado

---

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarnos la oportunidad de ir paso a paso cumpliendo con nuestros sueños.

A mi familia por su apoyo incondicional y por su preocupación constante para la consecución de mis metas.

A mi asesor de tesis Ingeniero Jhon Faber Archila, por su apoyo en la realización de este proyecto.

A mi director de tesis Ingeniero Carlos Patiño, por su interés en esta investigación.

Al SENA de Barrancabermeja por permitirme un espacio de aprendizaje para mi formación práctica profesional.

A los Ingenieros Jaime Angulo y Hernando Herrera por su aporte diario como complemento de mi formación personal y profesional

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este proyecto.

*A Dios a mis Abuelos a mis padres a mi consentida y a mi  
preciosa hija quien alegra cada segundo de este corto pasaje terrenal.*

**CARLOS ANDRES**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. SENSORES	5
1.1.1. Detectores de proximidad	5
1.1.1.1. Sensores magnéticos	5
1.1.1.1.1. Sensor de presencia por modificación de la inductancia	7
1.1.1.1.2. Sensor de presencia por modificación de la reluctancia	8
1.1.1.1.3. Sensor de presencia por modificación de la capacidad	10
1.1.1.2. Finales de carrera mecánicos	11
1.1.2. Sensores de temperatura	12
1.1.2.1. Termocuplas	14
1.1.2.2. Transmisor inteligente de temperatura TT 301	15
1.1.2.3. Protocolo Hart	19
1.1.2.3.1. Comunicación analógica y digital	21
1.1.2.3.2. Fundamento tecnológico de Hart	22
1.1.2.3.3. Comandos en Hart	26
1.1.2.3.4. Beneficios del protocolo Hart	26
1.2. ACTUADORES	28
1.2.1. Neumática	28
1.2.1.1. Mando y regulación	29
1.2.1.2. Aplicaciones de la neumática	30
1.2.1.3. Características de la neumática	32
1.2.1.3.1 Ventajas	32
1.2.1.3.2. Desventajas	33

	<b>Pág.</b>
1.2.1.4. Actuadores Neumáticos	34
1.2.1.4.1. Cilindros Neumáticos	35
1.2.1.4.2. Cilindros de simple efecto	35
1.2.1.4.3. Cilindros de doble efecto	36
1.2.1.4.4. Cilindro de giro	37
1.2.1.4.5. Mordaza neumática	38
1.2.1.4.6. Constitución de los cilindros	39
1.2.1.4.7. Cálculos de los Cilindros	40
1.2.1.4.8. Longitud de carrera	40
1.2.1.4.9. Velocidad del émbolo	41
1.2.1.4.10. Consumo de aire	41
1.2.2. Resistencias eléctricas	42
1.2.2.1. Principio de funcionamiento	42
1.4. SISTEMAS SCADA	44
1.4.1. Necesidad de un sistema SCADA	46
1.4.2. Funciones de un sistema SCADA	47
1.5. CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC'S)	48
1.5.1. Estructura del PLC	50
1.5.1.1. Procesador o unidad central de proceso	50
1.5.1.2. Memoria	50
1.5.1.3. RAM	50
1.5.1.4. EEPROM	51
1.5.1.5. Bits internos o marcadores	51
1.5.1.6. Bits de sistema	51
1.5.1.7. Bits etapa	51
1.5.1.8. Funciones o bloques de función	52
1.5.1.9. Entradas (E)	52
1.5.1.10. Salidas (S)	53
1.5.2. Campos de aplicación y características generales	53

	<b>Pág.</b>
1.5.2.1. Ventajas e inconvenientes	54
1.5.2.1.1. Ventajas	55
1.5.2.1.2. Inconvenientes	56
1.5.2.2. Funciones básicas de un PLC	56
1.6. LENGUAJES DE PROGRAMACION	57
1.6.1. Clasificación de los lenguajes de programación	57
1.6.2. Niveles de los lenguajes	57
1.6.2.1. Lenguajes de bajo nivel	58
1.6.2.1.1. Lenguaje de maquina	58
1.6.2.1.2. Lenguaje ensamblador	58
1.6.2.2. Lenguajes de alto nivel	58
1.6.3. Niveles de los Lenguajes específicos para PLC	59
1.6.3.1. Bajo nivel	59
1.6.3.2. Alto nivel	59
1.6.4. Lenguajes de programación para PLC	60
1.6.4.1. Listas	61
1.6.4.2. Plano de contactos	61
1.6.4.3. Diagrama de bloques funcionales	62
1.6.4.4. Organigrama de bloques secuenciales	62
1.7. OPTO 22	63
171. loControl	63
1.7.2. Conceptos Generales de Control.	63
1.7.2.1. Automatización	63
1.7.2.2. Controladores	64
1.7.2.3. Entradas y Salidas digitales y análogas	64
1.7.2.4. Puntos de Entrada	64
1.7.2.5. Puntos de Salida	65
1.7.3. Terminología de loControl	65
1.7.3.1. Estrategia	65

	<b>Pág.</b>
1.7.3.2. Diagramas de Flujo	65
1.7.3.3. Multitarea	66
1.7.3.4. Bloques	66
1.7.3.5. Variables	67
1.7.3.6. Instrucciones o Comandos	68
1.7.4. Hardware de Ultimate Opto 22	68
1.7.4.1. Descripción de rack	68
1.7.4.2. Snap ultimate E/S	70
1.7.4.3. Comunicación sobre la red	73
1.7.4.4. Comunicación con otro Software	74
1.7.4.5. Diferencias entre ioControl y OptoControl	75
1.7.4.6. Diferencias entre Ultimate I/O y Ethernet I/O	76
1.8. CONTROL Y PID	76
1.8.1. Control de lazo cerrado y abierto	78
1.8.1.1. Control de lazo abierto	79
1.8.1.1.1. Componentes del lazo de control abierto	80
1.8.1.1.2. El efecto de las perturbaciones	80
1.8.1.2. Control de lazo cerrado	81
1.8.1.2.1. Efecto de las perturbaciones	81
1.8.1.2.2. El sistema controlado y la variable bajo control	81
1.8.1.2.3. Actuador y variable reguladora	82
1.8.1.2.4. Controlador y señal de error	82
1.8.1.2.5. Sensor y variables de perturbación	82
1.8.1.2.6. Estructura del lazo de control cerrado	83
1.8.2. Controlador	83
1.8.2.1. Control P	84
1.8.2.2. Control proporcional-derivativo (PD)	85
1.8.2.3. Control proporcional-integrativo (PI)	86
1.8.2.4. Controlador proporcional-integral-derivativo (PID)	87



	<b>Pág.</b>
1.9. COMUNICACIONES POR TCP/IP	88
1.10. TRATAMIENTOS TERMICOS	91
1.10.1. Concepto de tratamiento térmico	92
1.10.2. Tratamientos térmicos previos	92
1.10.3. Tratamientos térmicos posteriores	93
1.10.3.1. Recocido de alivio de tensiones	93
1.10.3.2. Recocido de normalización o recristalización	94
2. DISEÑO MECATRÓNICO	95
2.1. METODOLOGIA DEL DISEÑO MECATRONICO	97
2.2. DISEÑO Y CRITERIOS DE SELECCIÓN	100
2.2.1. Criterios de selección de medios de trabajo	100
2.2.2. Medios de control	101
2.2.3. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR	101
2.2.3.1. ENTRADAS Y SALIDAS	102
2.2.3.2. COMUNICACIÓN	103
2.2.3.3. FACILIDAD DE PROGRAMACION	104
2.2.3.4. INTERFACE HMI	104
2.2.3.5. SISTEMAS ABIERTOS	104
2.2.3.6. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA TANTO REGIONAL COMO INTERNACIONAL	104
2.2.3.7. PRACTICIDAD PARA LA ENSEÑANZA	105
2.2.3.8. SELECCIÓN DE OPTO 22 (VENTAJAS)	105
2.2.4. DESVENTAJAS	107
2.2.5. OTRAS ALTERNATIVAS	107
2.2.6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	108
2.2.7. SELECCIÓN DE LOS PROCESOS Y ELEMENTOS DEL SISTEMA	109
2.2.8. REFFERENCIA DE LOS ELEMENTOS	110
2.2.9. SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES	111



	<b>Pág.</b>
2.2.9.1. Selección de los actuadores neumáticos	112
2.2.9.2. Selección de actuadores eléctricos	113
2.210. SELECCIÓN DE LOS SENSORES	113
2.3. DESCRIPCION DEL PROCESO	115
2.3.1. Detección	115
2.3.2. Transporte	116
2.3.2.1. Plano inclinado	116
2.3.2.2. Sujeción y transporte	117
2.3.2.3. Transporte lineal	118
2.3.3. Tratamiento térmico	119
2.3.4. Almacén	120
2.4. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL	120
2.5. DISEÑO DE LA INTERFAZ SCADA	125
3. MANUAL DE CONFIGURACION Y PRÁCTICAS	129
3.1. MANUAL DE CONFIGURACION DE OPTO 22	129
3.1.1. Configuración inicial del ultimate	129
3.1.2. Programación con loControl	130
3.1.2.1. Abrir una estrategia	131
3.1.2.2. Abrir una carta	132
3.1.2.3. Abrir un bloque	134
3.1.3. Como diseñar una estrategia	134
3.1.3.1. Crear un nuevo proyecto	134
3.1.3.2. Configurar el controlador	135
3.1.3.3. Adicionar entradas y salidas i/o	137
3.1.3.3.1. Adicionar el brain Ultimate	138
3.1.3.3.2. Adicionar entradas digitales	140
3.1.3.3.3. Adicionar salidas digitales	142
3.1.3.3.4. Adicionar salidas análogas	143
3.1.3.3.5. Adicionar entradas análogas	145

	<b>Pág</b>
3.1.3.4. Adicionar variables	147
3.1.3.5. Como programar las cartas	148
3.1.3.5.1. Carta control de nivel	149
3.1.3.5.2. Configuración de los bloques de las cartas	150
3.1.3.5.2.1. Carta powerup	150
3.1.3.5.2.2. Carta control de nivel	151
3.1.3.6. Descargar la estrategia al controlador	153
3.1.3.7. Opto Script	154
3.1.3.7.1. Necesidad de Opto Script	154
3.1.3.7.2. Ejemplo básico con Opto Script	155
3.1.3.7.3. Lazos complejos	155
3.1.3.7.4. Editar en opto script	157
3.1.3.7.5. Diferencias con otros lenguajes de programación	158
3.1.4. IoDisplay – SCADA	158
3.1.4.1. Crear un proyecto	158
3.1.4.2. Diseñar la interfaz gráfica	163
3.1.4.2.1. Insertar gráficos	165
3.1.4.2.2. Ejemplo de nivel de proceso	166
3.1.4.3. Configurar características a los dibujos	166
3.1.4.4. Supervisión y control en tiempo real	171
3.1.4.5. Tendencias e históricos	171
3.1.4.5.1. Clases de gráficos	172
3.1.4.5.2. Tendencias	173
3.1.4.5.3. Tendencias e históricos	175
3.2. MANUAL DE PRÁCTICAS	177
3.2.1. Práctica de montaje	177
3.2.2. Práctica de Transporte y almacén	178
3.2.3. Práctica de configuración SCADA	179
4. CONCLUSIONES	181

5. RECOMENDACIONES	183
6. OBSERVACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA	185
ANEXOS	187

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Sensor magnético de detección	7
Figura 2 Funcionamiento de sensor inductivo	8
Figura 3 Funcionamiento de sensor resistivo	9
Figura 4 Funcionamiento de sensor capacitivo	10
Figura 5 Final de carrera mecánico	11
Figura 6 Contactos de final de carrera	12
Figura 7 Modulo de adquisición y procesamiento de datos	16
Figura 8 Diagrama de conexión de TT301	17
Figura 9 Operando como transmisor convencional	17
Figura 10 Operando en configuración multipunto con supervisión en sala de control	18
Figura 11 Límite de carga	18
Figura 12 Comparación del método convencional de transmisión con un bus de campo	20
Figura 13 Comunicación digital HART superpuesta a la señal analógica de 4-20 mA	22
Figura 14 Codificación FSK del protocolo HART sobre la señal analógica 4-20 mA	23
Figura 15 Configuración con dos maestros para acceder a la información de campo.	24
Figura 16 Comunicación HART maestro-esclavo	24
Figura 17 Comunicación HART modo "Burst "	25
Figura 18 Conexión de dispositivos HART en red multipunto	25
Figura 19 Resistencia tubular recta	43
Figura 20 Resistencia tubular recta en forma de "u"	43
Figura 21 Resistencia tubular en forma de espiral recto t.	43

	<b>Pág.</b>
Figura 22. PLC Siemens S7 300	49
Figura 23. Lenguajes de programación visuales y escritos	57
Figura 24. Lenguaje de lista IL	61
Figura 25. Lenguaje de plano de contactos	61
Figura 26. Diagrama de bloques funcionales	62
Figura 27. Lenguaje de bloques secuenciales, WinSPS, BOSCH	62
Figura 28. SNAP-B8M 8-Modulos de Posición I/O Rack mostrado con SNAP-B3000 Brain	69
Figura 29. Funciones de procesamiento y control	72
Figura 30. Comunicación sobre la red	73
Figura 31. Comunicación con otros programas	74
Figura 32. Bloque del Controlador Proporcional	84
Figura 33. Sistema con controlador proporcional	85
Figura 34. Sistema con controlador PD	86
Figura 35. Sistema con controlador PI	87
Figura 36. Sistema con controlador PID	87
Figura 37. Diseño de estación de mecatrónica	95
Figura 38. Naturaleza integradora y multidisciplinaria de mecatrónica	97
Figura 39. Estructura de la estación de mecatrónica	109
Figura 40. Selección de sensores	114
Figura 41. Plano inclinado	117
Figura 42. Sujeción y transporte	117
Figura 43. Transportador lineal	118
Figura 44. Túnel de temperatura	119
Figura 45. Almacén	120
Figura 46. Configuración de puntos de entrada	121
Figura 47. Configuración del PID	122
Figura 48. Carta Power Up del programa	123
Figura 49. Carta de transporte y proceso térmico	123



	<b>Pág.</b>
Figura 50. Carta de proceso de sujeción	124
Figura 51. Carta de almacén	124
Figura 52. Carta de alarmas	125
Figura 53. Ventana principal de monitoreo del proceso	126
Figura 54. Ventana vista superior	127
Figura 55. Ventana de visualización de variables	128
Figura 56. Opción de salir	128
Figura 57. Configurando la IP	129
Figura 58. Abrir una estrategia	131
Figura 59. Árbol de estrategias	132
Figura 60. Carta de inicio Powerup	133
Figura 61. Abrir un bloque	134
Figura 62. Seleccionar el controlador	135
Figura 63. Parámetros del controlador	136
Figura 64. Adicionar el Brain	138
Figura 65. Asignación de los módulos y puntos	139
Figura 66. Asignación de módulos	140
Figura 67. Configurar entradas digitales	141
Figura 68. Asignar entradas digitales al modulo	142
Figura 69. Adicionar el modulo de la salida digital	142
Figura 70. Esquema de salidas digitales	143
Figura 71. Adicionar el módulo de salidas análogas	144
Figura 72. Configurar y linealizar la salida análoga	144
Figura 73. Selección del módulo de salidas análogas	145
Figura 74. Configuración de la entrada análoga	146
Figura 75. Adicionar variables	147
Figura 76. Configuración de variables	148
Figura 77. Carta powerup	149
Figura 78. Carta de control de nivel	150

	<b>Pág.</b>
Figura 79. Descargar la estrategia	153
Figura 80. Ejemplo de temperatura en IOCONTROL	156
Figura 81. Programación en Opto script	157
Figura 82. Editar en opto script	157
Figura 83. Herramientas en IODISPLAY	159
Figura 84. Propiedades de la ventana de dibujo	160
Figura 85. Crear la interfaz gráfica	163
Figura 86. Propiedades del controlador	164
Figura 87. Configurar el controlador	164
Figura 88. Galería de gráficos de ioDisplay	165
Figura 89. Interfaz grafica	166
Figura 90. Atributos dinámicos de los gráficos	167
Figura 91. Animar el nivel del tanque	167
Figura 92. Asociar variables a los gráficos	168
Figura 93. Enviar valores al controlador	169
Figura 94. Supervisión en tiempo real	171
Figura 95. Configurar tendencias	173
Figura 96. Configurar una señal	174
Figura 97. Despliegue en runtime	174
Figura 98. Configurar las señales en tendencias/históricos	175
Figura 99. Configurar señal a monitorear	176
Figura 100. Monitoreo en tiempo real con tendencias/históricos	176
Figura 101. Practica de montaje y configuración de módulos	177
Figura 102. Configurar los nombres	178
Figura 103. Carta almacén	179
Figura 104. Carta túnel	180

## INTRODUCCION

La construcción de máquinas e instalaciones en los últimos años muestra que los sistemas para la realización de las exigencias necesarias en productividad, flexibilidad y calidad son cada vez más complejos.

Así mismo, los componentes mecánicos interactúan cada vez más con componentes eléctricos o electrónicos. Para la planeación y el mantenimiento de tales sistemas complejos se requiere personal especializado, el cual necesita extensos conocimientos acerca de los componentes empleados así como también de las posibilidades de combinación y el flujo de información y energía. La mecatrónica tiene en cuenta estas necesidades. La enseñanza técnica en automatización para esta profesión apoya la capacitación básica, así como también la capacitación avanzada de obreros especializados y sistemas de enseñanza. Los ejercicios prácticos que se realizan en un sistema didáctico de mecatrónica permiten el desarrollo de todas estas habilidades en neumática, sensores y programación en sistemas de control abiertos y de monitoreo en tiempo real, aplicando de esta forma el concepto de mecatrónica el cual la define como una filosofía de diseño que consiste en la integración sinérgica de la ingeniería mecánica, la electrónica, los sistemas computacionales y la automatización, para crear productos, equipos o sistemas de producción inteligentes que mejoren sus cualidades y su desempeño respecto a los demás.

Las tareas desarrolladas en dichos equipos didácticos son trabajos de montaje y ajuste, búsqueda de fallos, programación PLC y trabajo en proyectos.

Llevar al ámbito académico tareas de adquisición de datos y de control de sistemas como opto 22 que son utilizados cada vez en la región por empresas de exploración y explotación de crudos y preparar así de una forma mas completa al



estudiante trabajador de la institución SENA. Por ejemplo, en ECOPETROL Casabe(o Yondó, municipio de Antioquia atravesando el río Magdalena desde Barrancabermeja) el sistema Opto 22 es utilizado en estación de recolección numero 3, estación de bombeo e inyección de agua, manifold de inyección, SCADA de pozos productores, en ECOPETROL el Centro (corregimiento de Barrancabermeja ubicado a 20 km de la ciudad) lo utilizan en deshidratador la Cira, estación de inyección numero 5 estaciones de recolección (7 estaciones), en ECOPETROL ICP (Autopista Bucaramanga - Piedecuesta), en OXY (occidental de Colombia).

De esta manera, con este sistema didáctico el cual esta centrado en un sistema de control y SCADA OPTO 22, se quiere resaltar el uso del mismo como alternativa valedera en la solución de problemas de automatización tanto para la industria de procesos como para todos los entes consumidores de tecnología de información, adquisición y control de datos.

Por esta razón, dentro de la investigación se presenta un manual básico de funcionamiento así como de configuración de sus herramientas mas importantes como Iocontrol<sup>1</sup>, Iodisplay<sup>2</sup>, Iomanager<sup>3</sup>, además, un manual con ejercicios propuestos.

En la primera parte de este libro se puede encontrar todo lo referente al fundamento teórico del proyecto incluyendo informacion sobre protocolo Hart y transmisores inteligentes, seguido por el diseño y desarrollo de este, tratando de sacar el máximo provecho del hardware y software que dispone opto

---

<sup>1</sup> IoControl: herramienta de software Opto 22 donde se programa y se configura la estrategia de control

<sup>2</sup> IoDisplay: herramienta de software Opto 22 donde se programa y de configura la interface SCADA

<sup>3</sup> IoManager: herramienta de software Opto 22 donde se hace la configuración inicial de hardware

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseño de un banco de mecatrónica y desarrollo del sistema SCADA orientado a un sistema de manufactura real utilizando opto 22, para el laboratorio de automatización del SENA en Barrancabermeja.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diseño del banco de Mecatrónica, apoyado en CAD.
- Diseñar los mecanismos necesarios para la implementación física del sistema y su funcionamiento.
- Implementar una estrategia de control aplicando opto 22.
- Desarrollar una interfaz SCADA utilizando opto 22.
- Diseñar un manual básico de descripción de funcionamiento y de prácticas del banco de mecatrónica.

## 1. MARCO TEORICO

### 1.1. SENSORES

Los sensores constituyen el principal medio de enlace entre los procesos industriales y los circuitos electrónicos encargados de controlarlos o monitorearlos. Los sensores o transductores en general, son dispositivos que transforman una cantidad física cualquiera en otra cantidad física equivalente.

Un sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida. Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que la señal de entrada y salida no deben ser homogéneas. La tendencia actual, particularmente en robótica, es emplear el término sensor para designar el transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar el transductor de salida.<sup>4</sup>

Están los sensores eléctricos, es decir aquellos cuya salida es una señal eléctrica de corriente o voltaje, codificada en forma análoga o digital. Los sensores posibilitan la comunicación entre el mundo físico y los sistemas de control, tanto eléctricos como electrónicos, utilizándose extensivamente en todo tipo de

---

<sup>4</sup> PALLAS, Ramón, Sensores y Acondicionadores de Señal, Tercera Edición. Barcelona: Alfaomega, 2001, 480 p.

procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, control y procesamiento.

El uso de los sensores no se limita solamente a la medición o la detección de cantidades físicas. También pueden ser empleados para medir o detectar propiedades químicas y biológicas.<sup>5</sup>

### **1.1.1. Detectores de proximidad**

Los detectores de proximidad son sensores que detectan la presencia o ausencia de un objeto dentro de su área de influencia, sin entrar en contacto físico con el, y entregan como respuesta una señal binaria del tipo todo o nada, equivalente a un contacto abierto o cerrado. Normalmente están basados en efectos inductivos, capacitivos u ópticos aunque también existen sensores de proximidad, ultrasónicos, magnéticos y electromecánicos, estos últimos ejemplarizados como interruptores de límite o de final de carrera.

#### **1.1.1.1. Sensores magnéticos<sup>6</sup>**

Los sensores magnéticos constituyen los órganos detectores de muchos sistemas de control industriales porque son muy sensibles, exactos, confiables y compactos; tienen una gran afinidad con los sistemas electrónicos y realizan mediciones a distancia, sin necesidad de contacto físico.

---

<sup>5-6</sup> CEKIT, Curso práctico de electrónica y automatización industrial.



De esta manera los sensores magnéticos detectan variaciones o perturbaciones en campos magnéticos. A partir de estos cambios, derivan información sobre propiedades físicas, por ejemplo la presencia o ausencia de un objeto o la intensidad de una corriente eléctrica. En este sentido, a diferencia de otros tipos de sensores que miden directamente la propiedad física de interés, la salida de los sensores magnéticos siempre requiere alguna forma de procesamiento de señales adicional para traducirla al parámetro deseado.

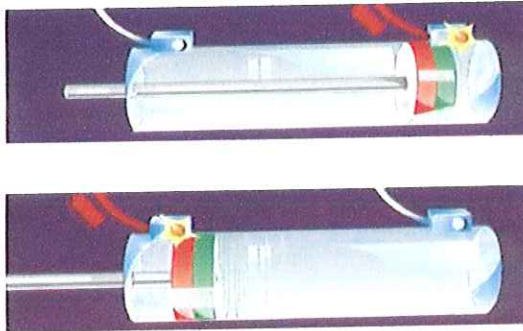
La importancia de los sensores magnéticos se ha expandido considerablemente a medida que se han desarrollado diversas estrategias para detectar la presencia, intensidad o dirección de campos magnéticos, desde los producidos por la tierra e imanes permanentes o suavemente magnetizados, hasta los asociados con corrientes eléctricas. Los mismos se usan por ejemplo, como detectores de proximidad, medidores de velocidad y distancia, brújulas de navegación, sensores de corriente, etc. Todas estas propiedades se miden sin necesidad de contacto físico con el medio bajo observación, lo cual constituye uno de sus principales atractivos.

Los sensores magnéticos también se les denominan relés tipo "reed", son utilizados en cilindros neumáticos para detectar la posición de fin de carrera a través del vástago del cilindro.

Los sensores magnéticos constan de un sistema de contactos cuyo accionamiento vendrá ocasionado por la aparición de un campo magnético. Los contactos se cerrarán bajo la influencia de un campo magnético provocado por un dispositivo imantado alojado en el objeto a detectar, en los cilindros neumáticos el imán permanente va integrado en el émbolo, estos cuando el campo magnético se

acerca al sensor, estos transmiten una señal eléctrica o neumática a los controles, electro válvulas o elementos de conmutación neumáticos.<sup>7</sup>

Figura 1. Sensor magnético de detección



Tomado de: [http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat\\_I/contenido\\_menu/Unidad\\_III/Contenido.htm](http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_III/Contenido.htm)

Los sensores de presencia magnética funcionan según dos principios, modificación de la inductancia de un circuito electrónico y modificación de la reluctancia<sup>8</sup> de un circuito magnético.

#### 1.1.1.1.1. Sensor de presencia por modificación de la inductancia<sup>9</sup>

El indicador por sus propiedades magnéticas, modifica el valor de la inductancia localizada en un circuito oscilante. Esta modificación provoca el paro de las oscilaciones y la conmutación del circuito de salida. Si el indicador es un material magnético, modifica, por su presencia en el campo magnético de un embobinado, la reluctancia del circuito magnético, y por consiguiente la inductancia del embobinado. Si el indicador es un material conductor, es el sitio de las corrientes

<sup>7</sup> [http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat\\_I/contenido\\_menu/Unidad\\_III/Contenido.htm](http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_III/Contenido.htm)

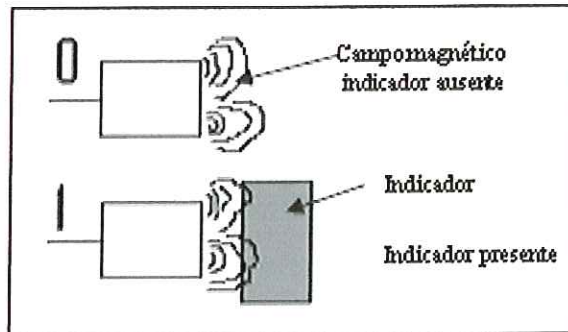
<sup>8</sup> Reluctancia: cociente entre la fuerza magnetomotriz de un circuito magnético y el flujo de inducción que lo atraviesa

<sup>9</sup> VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106 p.

de Foucault que por inducción mutua, modifican la inductancia aparente del embobinado.

Este tipo de sensor llamado detector de proximidad inductiva, reacciona a cualquier indicador metálico.

Figura 2. Funcionamiento de sensor inductivo



Tomado de: VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106p.

Los parámetros de definición del conjunto sensor indicador son:

- Distancia de detección
- Sensibilidad
- Robustez a los disturbios

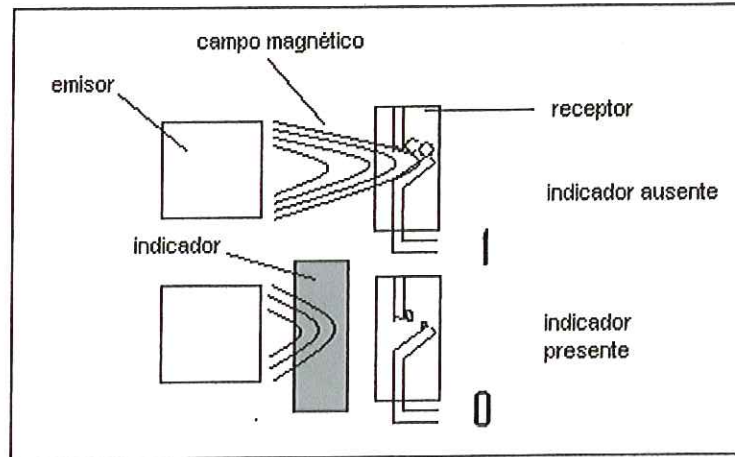
#### 1.1.1.1.2. Sensor de presencia por modificación de la reluctancia<sup>10</sup>

El indicador por sus propiedades magnéticas, modifica la reluctancia del almacenamiento de un circuito magnético.

<sup>10</sup> VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106 p.

Concentra las líneas de fuerza del campo magnético que no alcanzan la paleta de contacto y este se abre.

Figura 3. Funcionamiento de sensor resistivo



Tomado de: VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106p.

El emisor y el receptor son generalmente unidos en un mismo aparato. Para obtener un funcionamiento correcto, el indicador debe ser de forma y de naturaleza conveniente. Este tipo de sensor se llama detector magnético; libera informaciones eléctricas.

Los parámetros de definición del conjunto sensor indicador son las dimensiones y naturaleza del indicador para un detector dado. Es posible utilizar el emisor como indicador: este emisor es un imán fijado sobre la pieza o la parte de la maquina donde la presencia se va a detectar. El receptor se comporta como un detector de proximidad.

Los parámetros del conjunto sensor indicador son:

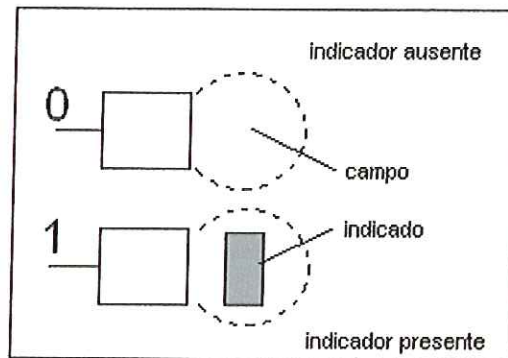
- Distancia de detección
- Robustez a los disturbios



### 1.1.1.1.3. Sensor de presencia por modificación de la capacidad<sup>11</sup>

El indicador por sus propiedades dieléctricas, modifica la capacidad de un condensador colocado en un circuito oscilante. Esta modificación provoca el paro de las oscilaciones y la conmutación del circuito de salida.

Figura 4. Funcionamiento de sensor capacitivo



Tomado de: VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106p.

Todos los materiales generalmente utilizados en la industria tienen una permitividad diferente a la del aire y son por consiguiente susceptibles de hacer funcionar al sensor, sean metálicos o no. Este tipo de sensor se llama capacitivo.

Los parámetros de definición del conjunto sensor indicador son:

- Distancia de detección
- Sensibilidad
- Robustez a los disturbios

<sup>11</sup> VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106 p.

La sensibilidad caracteriza el comportamiento del detector en función de la forma del indicador, de la manera en que se presenta en relación al sensor y también de la naturaleza del material constituyente del indicador.

#### 1.1.1.2. Finales de carrera mecánicos

Los interruptores mecánicos son elementos que con frecuencia se usan como sensores para producir y enviar entradas a diversos sistemas, por ejemplo, un teclado. Se utilizan en algunas ocasiones para encender motores eléctricos o elementos calefactores, o para poner en circulación una corriente para la actuación de válvulas solenoide que controlan cilindros hidráulicos o neumáticos. El relevador eléctrico es un ejemplo de interruptor mecánico que en los sistemas de control se usa como actuador.<sup>12</sup>

Figura 5. Final de carrera mecánico



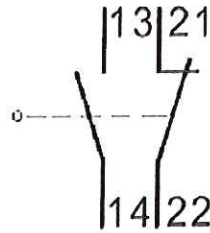
Tomado de: [www.infopl.org](http://www.infopl.org)

Este elemento es un interruptor de posición que se utiliza en apertura automática de puertas, como elemento de seguridad, para invertir el sentido de giro de un motor o para pararlo.

---

<sup>12</sup> CEKIT, Curso práctico de electrónica y automatización industrial.

Figura 6. Contactos del final de carrera



Tomado de: [www.infoplc.org](http://www.infoplc.org)

Como se puede observar, el final de carrera está compuesto por un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Cuando se presiona sobre el vástago, cambian los contactos de posición, cerrándose el abierto y viceversa.

Un microinterruptor es un pequeño interruptor eléctrico que requiere un contacto físico y una pequeña fuerza de acción para cerrar los contactos. Si se desea determinar la presencia de un objeto en una banda transportadora, esta se activa mediante el peso del objeto que empuja la banda, y en consecuencia la plataforma que esta debajo de la banda; el movimiento de dicha plataforma cierra el interruptor.<sup>13</sup>

### 1.1.2. Sensores de temperatura<sup>14</sup>

La temperatura es una variable crítica utilizada para controlar la calidad de los productos en muchos procesos industriales los cuales requieren el control preciso de la temperatura para producir resultados de calidad o prevenir sobrecalentamientos, rupturas, explosiones y otros tipos de problemas. Las temperaturas elevadas, por ejemplo, son necesarias para ablandar metales y

<sup>13</sup> BOLTON, William, Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Segunda Edición. México: Alfaomega, 2002, 544 p.

<sup>14</sup> CEKIT, Curso práctico de electrónica y automatización industrial.

fundir plásticos antes de ser moldeados en formas específicas. Así mismo, las bajas temperaturas son necesarias para conservar los productos merecedores en una industria procesadora de alimentos.

De otro lado, una condición de sobre temperatura en un sistema cerrado como una caldera, puede provocar una excesiva presión. También se requieren condiciones de temperatura precisas para combinar los ingredientes de productos químicos.

Los principales tipos de sensores electrónicos pueden ser clasificados dependiendo de su funcionamiento de la siguiente forma:

- Sensores bimetálicos. Conocidos como termostatos, son básicamente interruptores que producen una salida del tipo todo o nada y conmutan de un estado al otro cuando se alcanza un determinado valor de temperatura.
- Sensores termoresistivos. Dispositivos cuya resistencia cambia a medida que lo hace la temperatura. Los mas conocidos son los detectores de temperatura resistivos (RTD), basados en materiales metálicos (platino, níquel), los termistores, basados en óxidos metálicos semiconductores.
- Sensores termoeléctricos. Conocidos como termocuplas o termopares son dispositivos que producen un voltaje proporcional a la diferencia de temperatura entre el punto de unión de dos alambres metálicos disímiles (unión caliente) y cualquiera de los extremos libres (unión fría). Este efecto se denomina efecto Seebeck.
- Sensores monolíticos o de silicio. Están basados en las propiedades térmicas de las uniones semiconductoras (PN), particularmente la dependencia de la tensión base-emisor ( $V_{BE}$ ) de los transistores bipolares



dependencia de la tensión base-emisor ( $V_{BE}$ ) de los transistores bipolares con la temperatura cuando la corriente de colector es constante. Generalmente incluyen sus propios circuitos de procesamiento de señales, así como de varias funciones de interface especiales con el mundo externo.

- Sensores piroeléctricos. Denominados termómetros de radiación, son dispositivos que miden indirectamente la temperatura a partir de la medición de la radiación térmica infrarroja que emiten los cuerpos calientes.

#### 1.1.2.1. Termocuplas

Las termocuplas o termopares son transductores de temperatura constituidos por dos alambres conductores hechos de metales diferentes y soldados por uno de sus extremos formando una unión. Al calentar esta última (unión de medida), se produce entre los extremos de la termocupla (uniones frías), un voltaje proporcional a la diferencia de temperaturas entre la unión caliente y cualquiera de las uniones frías, las cuales deben estar a una misma temperatura de referencia generalmente 0° C. Este fenómeno se conoce como efecto termoeléctrico o Seebeck, en honor de Thomas J. Seebeck, quien lo descubrió en 1822.<sup>15</sup> Los elementos de los termopares se fabrican a base de metales y aleaciones metálicas especiales, están protegidos mediante una funda o cubierta metálica, generalmente de acero inoxidable, cuyo espesor determina la velocidad de respuesta y la robustez de la sonda.

---

<sup>15</sup> BOLTON, William, Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Segunda Edición. México: Alfaomega, 2002, 544 p.

### 1.1.2.2. Transmisor inteligente de temperatura TT 301<sup>16</sup>

El Smar TT301 es un transmisor programable de gran alcance y extremadamente versátil de la temperatura, que se puede utilizar con prácticamente todos los sensores de temperatura relevantes así como con las células de carga, los indicadores de posición de la resistencia, etc. El transmisor TT301 es conveniente para la instalación directa en campo, siendo a prueba de explosión así como intrínsecamente seguro.

Mientras que la misma unidad se puede utilizar para diversas gamas que miden y muchos tipos de sensores, la planta se puede estandarizar usando el TT301 en medidas donde estaban previamente necesarios diversos tipos de transmisores (análogos) convencionales. Esto reduce drástico tiempo de la calibración y del mantenimiento, requisitos de la parte de repuesto y entrenamiento. También permite que el TT301 sea comprado antes de la medida si se saben los parámetros del control.

Algunas de las características más importantes son:

- Soporta señales de termopares, Termoresistencias (simples y diferenciales), mV, resistencias variables indicadoras de posición, etc.
- Salida lineal de temperatura para termopares y termoresistencias.
- Precisión básica de 0,02%
- Excelente estabilidad debido a circuito de auto-cero en la entrada.
- Asilamiento galvánico entre señal de entrada y alimentación.
- Alta inmunidad a EMI-RFI.
- Salida 4 a 20 mA, dos-hilos, comunicación digital directa (Protocolo HART).

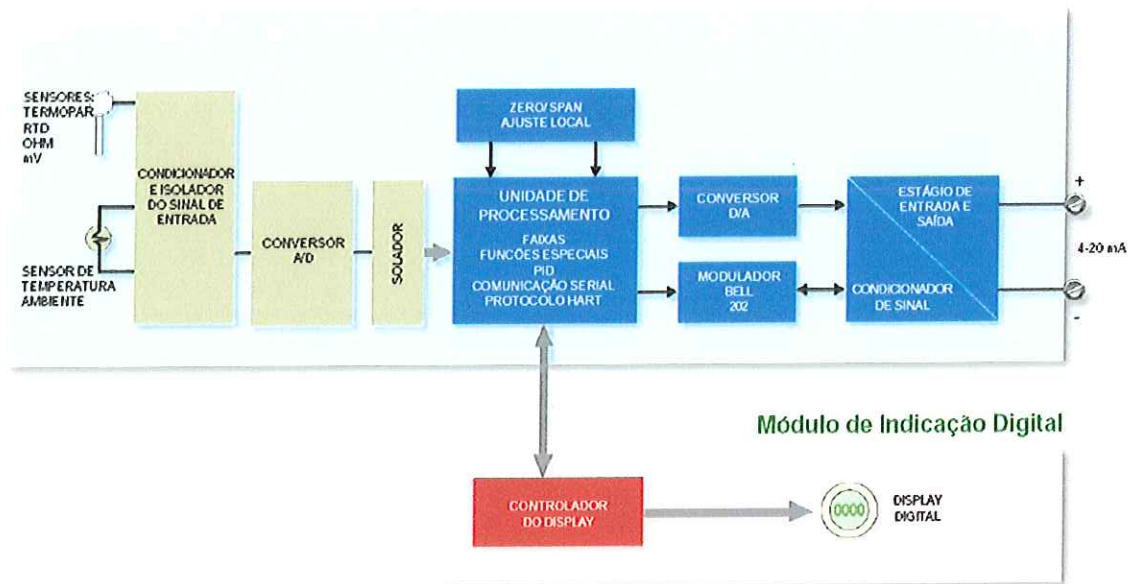
---

<sup>16</sup> [www.smar.com/tt301](http://www.smar.com/tt301)

- Programación remota vía Terminal Portátil o vía PC.
- Curva de 16 puntos para caracterización de sensores especiales.
- Entrada en mV o Ohm.
- Función de control PID.
- Carcaza a prueba de explosión.
- Intrínsecamente seguro.
- Construido de acuerdo a la norma ISO 9001.

El TT301 es un transmisor de temperatura programable, muy versátil, que puede ser usado con prácticamente todos los sensores, incluyendo células de carga, indicadores de posición resistivos. Se destaca por su alta precisión cuando es utilizado como pirómetro, células de carga, medidores resistivos u otros dispositivos que necesitan de conversión de mV u OHM a 4 a 20 mA

Figura 7. Módulo de adquisición y procesamiento de datos.



Tomado de: [www.smar.com/tt301](http://www.smar.com/tt301)

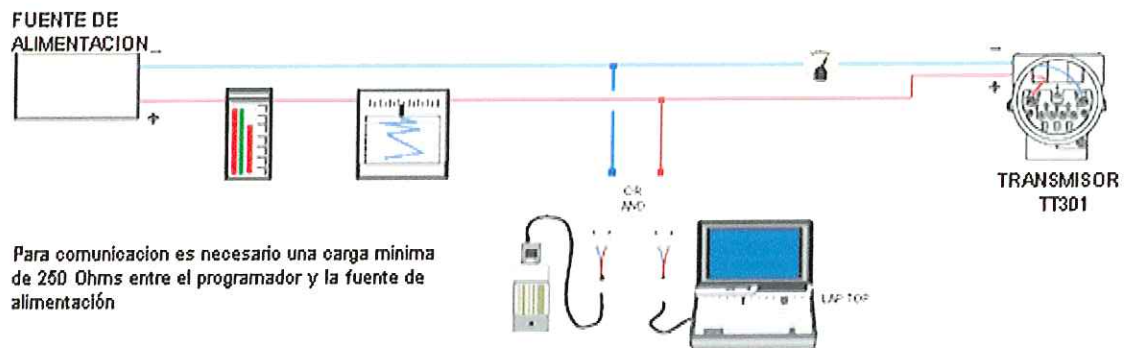
La misma unidad puede ser usada para diferentes rangos de medida y diferentes sensores que incluyen una amplia variedad de termopares y termoresistencias,



entradas para milivoltio y resistencias. De esta forma, la planta puede ser estandarizada usando TT301 donde varios tipos de modelos de transmisores convencionales eran utilizados. Esto reduce sensiblemente el tiempo de calibración y manutención.

Operando como un transmisor a dos hilos, el TT301 genera una señal de salida de 4 a 20 mA proporcional a cambios de temperatura medida.

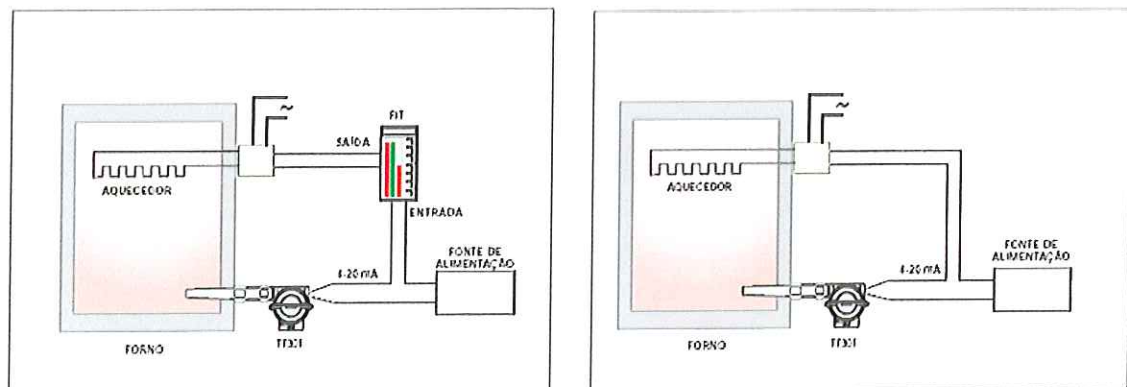
Figura 8. Diagrama de conexión de TT301



Tomado de: [www.smar.com/tt301](http://www.smar.com/tt301)

A continuación se muestra el diagrama de conexión utilizando el transmisor como transmisor convencional o como controlador local.

Figura 9. Operando como transmisor convencional / como controlador local

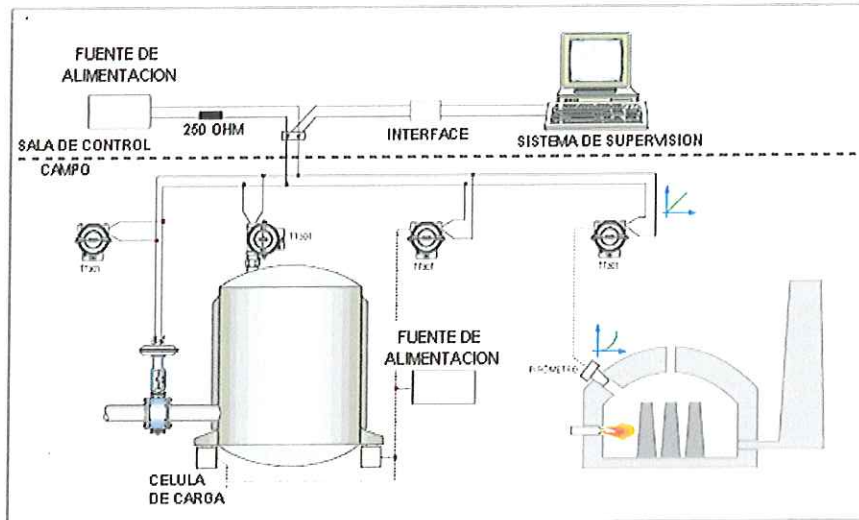


Tomado de: [www.smar.com/tt301](http://www.smar.com/tt301)



Cuando el TT301 es configurado como controlador, este sustituye un controlador de campo, reduciendo costos y aumentando la confiabilidad. Como sensor y/o actuador normalmente localizados en campo economiza una cantidad de cableado, en relación a un controlador instalado en una sala de control.

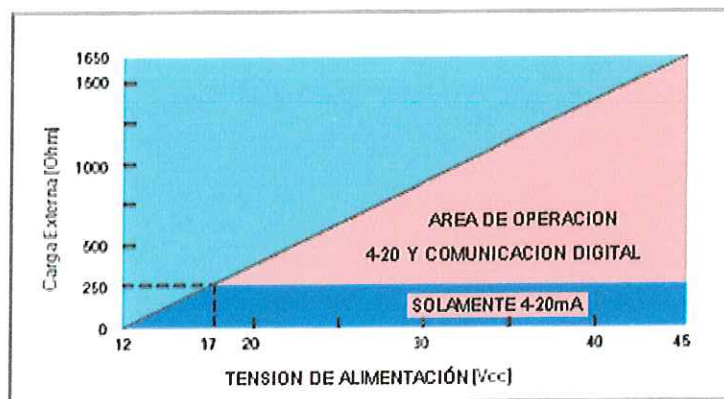
Figura 10. Operando en configuración multipunto con supervisión en sala de control.



Tomado de: [www.smar.com/tt301](http://www.smar.com/tt301)

En la siguiente gráfica se puede observar el área de operación del transmisor TT301, como solo transmisor (área azul) y en comunicación digital (área roja).

Figura 11. Limite de carga



Tomado de: [www.smar.com/tt301](http://www.smar.com/tt301)

### 1.1.2.3. Protocolo HART <sup>17</sup>

Durante muchos años, el estándar de comunicación de señales de campo utilizada por los equipos de automatización de proceso ha sido la transmisión analógica en corriente 4-20mA. Conviviendo con este sistema de transmisión se pueden encontrar aún en la actualidad otros sistemas de transmisión analógicos como transmisión en tensión de 0-10V o 0-5V y transmisión en corriente 0-20mA, dentro de sistemas de adquisición de datos de variables físicas típicas como: presión, nivel, caudal, temperatura, etc.

En 1986 fue introducido por primera vez por la compañía Rosemount Inc. el protocolo de comunicación HART (Highway Addressable Remote Transducer). Este protocolo proporciona una solución para la comunicación de instrumentos inteligentes, compatible con la transmisión analógica en corriente 4-20mA, que permite que la señal analógica y las señales de comunicación digital sean transmitidas simultáneamente sobre el mismo cableado. Mediante este sistema la información de la variable primaria y señal de mando es transmitida mediante la señal analógica de 4-20mA, mientras que la señal digital es utilizada para transmitir otro tipo de información diferente como parámetros del proceso, configuración, calibración e información de diagnóstico del instrumento.

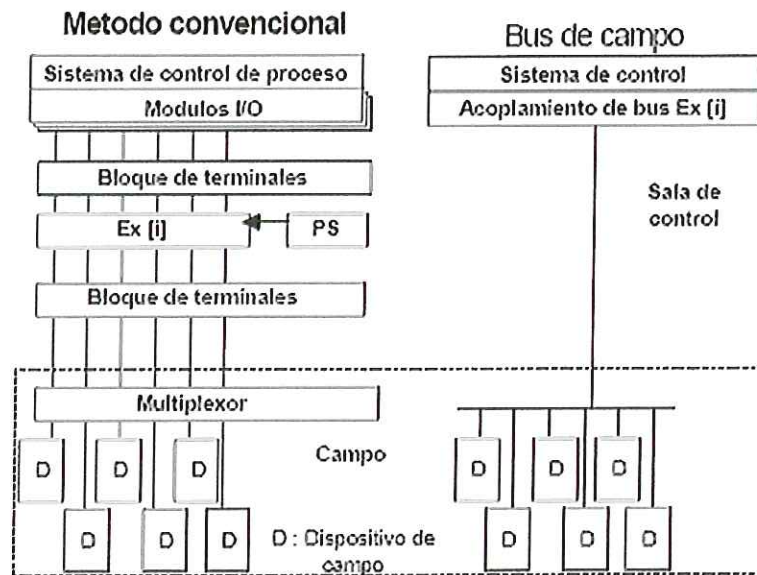
Con la implantación de los buses de campo como sistemas de comunicación para intercambio de información entre los sistemas de automatización y los elementos de campo distribuidos, comienzan a aparecer en la década de los noventa buses diseñados específicamente para su aplicación en la automatización de procesos. Un sistema de bus de campo reemplaza la transmisión de señales analógicas (4-20mA) con una línea de 2 hilos que va desde la estación de control a los

---

<sup>17</sup> PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001, 10 p.

dispositivos de campo. El bus de campo conecta a todos los dispositivos en paralelo, y la información transmitida es totalmente digital. Esto incluye los datos necesarios para control y monitorización del proceso, así como los comandos y parámetros requeridos para puesta en marcha, calibración de dispositivos y diagnóstico.

Figura 12. Comparación del método convencional de transmisión con un bus de campo.



Tomado de: PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001, 10 p.

Los requisitos más importantes que deben reunir los buses de campo para su utilización en la industria de proceso son: la demanda de alta seguridad, la necesidad o posibilidad de funcionar en áreas peligrosas, así como que sean sistemas abiertos y extensibles.

PROFIBUS-PA y FOUNDATION FIELDBUS son sistemas de bus de campo estandarizados y ampliamente aceptados en la industria de proceso que cumplen los anteriores requerimientos que operan sobre la misma estructura de bus física intrínsecamente segura (IEC 61158-2), pero sin embargo, las grandes diferencias



entre ellos vienen dadas por el protocolo de comunicación que cada uno de ellos implementa. PROFIBUS-PA es la solución de PROFIBUS para la automatización de procesos ya que conecta los sistemas de automatización y control de procesos con los dispositivos de campo tales como transmisores y actuadores, permite la comunicación de datos y alimentación a dispositivos sobre el bus de dos hilos incluso en áreas peligrosas.

La comunicación en PA es implementada como un sistema parcial incluido en el sistema de comunicación DP de mayor nivel. La tecnología FOUNDATION FIELDBUS se usa en aplicaciones de automatización de procesos, donde reemplaza al cableado tradicional de transmisión analógica 4-20mA y permite la transmisión de datos bidireccional. Toda la comunicación entre los dispositivos de campo y los sistemas de automatización así como con las estaciones de control del proceso se realiza sobre el bus.

La particularidad fundamental de este sistema de bus de campo es que la instrumentación basada en FOUNDATION FIELDBUS, tienen capacidad para realizar tareas de automatización por lo que no solo son sensores y actuadores, sino que contienen funciones adicionales. Esta capacidad de toma de decisiones en los propios instrumentos, satisface las exigencias requeridas a los sistemas multiagente distribuidos, que hasta hace pocos solo podían resolverse mediante computador operando en tiempo real sobre las tareas de control de procesos.

#### **1.1.2.3.1. Comunicación analógica y digital**

El avance de las tecnologías basadas en la transmisión digital de la información procedente de la instrumentación de medida y control, no va a desplazar totalmente a la instrumentación convencional de transmisión analógica. La



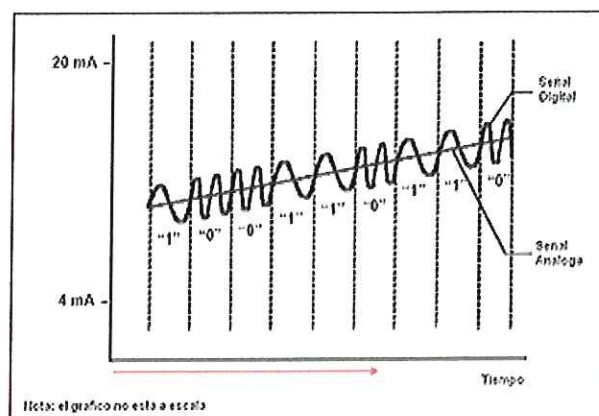
transmisión analógica seguirá presente en el mundo industrial ya que quedan muchas aplicaciones donde la instrumentación convencional resulta útil y una buena opción.

El Protocolo HART permite la comunicación digital bi-direccional con instrumentos inteligentes sin perturbar la señal analógica de 4-20mA. Ambas señales, la analógica 4-20mA y las señales de comunicación digital HART pueden ser transmitidas simultáneamente sobre el mismo cable. El éxito de este protocolo y la aceptación obtenida en el entorno industrial se debe a las ventajas que ofrece al usuario, y a su fácil implementación sobre los sistemas de control existentes basados en 4-20mA.

### 1.1.2.3.2. Fundamento tecnológico de Hart

El protocolo HART utiliza el estándar Bell 202 FSK (Codificación por Cambio de Frecuencia) para superponer las señales de comunicación digital al bucle de corriente 4-20mA.

Figura 13. Comunicación digital HART superpuesta a la señal analógica de 4-20mA

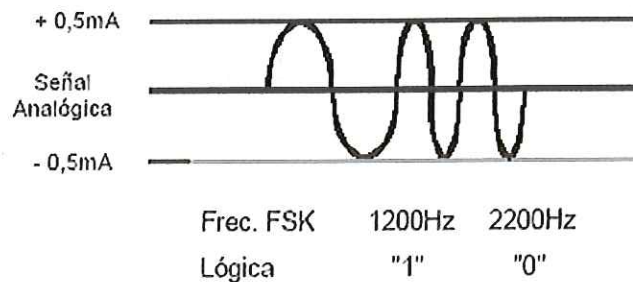


Tomado de: PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001, 10 p.

La información binaria es representada mediante una señal de dos frecuencias distintas. Un cero lógico es representado por una frecuencia de 2200Hz, mientras un uno lógico es representado por una frecuencia de 1200Hz. Estos tonos se superponen a la señal de continua, y como la señal de AC tiene un valor promedio cero, la señal de continua no es afectada como se muestra en la Figura 13.

El protocolo HART permite la comunicación digital en los dos sentidos de forma que es posible enviar información adicional a la variable de proceso transmitida hacia o desde un instrumento de campo inteligente. La variable de proceso es portada por la señal analógica mientras que mediante la comunicación digital se accede a medidas adicionales, parámetros de proceso, configuración de instrumentos, calibración e información de diagnóstico que mediante el protocolo HART viaja sobre el mismo cable y simultáneamente a la señal analógica. Esto supone una gran ventaja a la hora de implantar esta tecnología de comunicación digital, frente a otras tecnologías digitales, ya que es compatible con los sistemas existentes.

Figura 14. Codificación FSK del protocolo HART sobre la señal analógica 4-20mA.

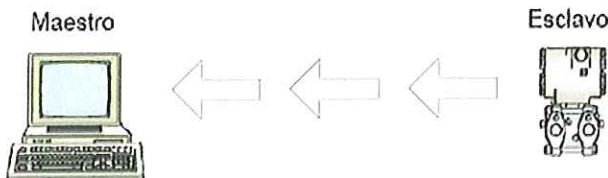


Tomado de: PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001, 10 p.

HART es principalmente un protocolo maestro/esclavo lo que significa que el dispositivo de campo (esclavo) habla solo cuando es preguntado por un maestro. En una red HART dos maestros (primario y secundario) pueden comunicar con un

Otro modo de comunicación opcional es el modo "Burst" mostrado en la Figura 17, que permite que un único dispositivo esclavo emita continuamente un mensaje HART de respuesta estándar.

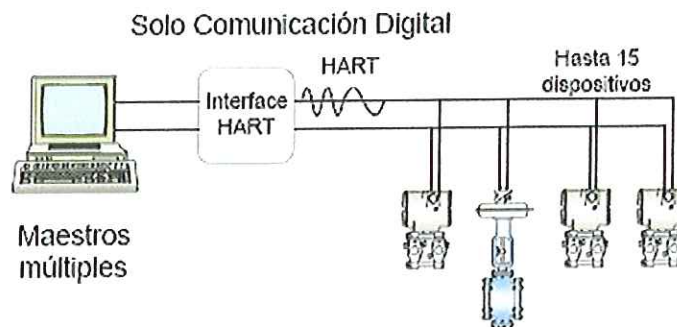
Figura 17. Comunicación HART modo "Burst". (Opcional).



Tomado de: PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001,10 p.

El protocolo HART también tiene la capacidad de conectar múltiples dispositivos de campo sobre el mismo par de hilos en una configuración de red multipunto como la que se muestra en la Figura 18. En la configuración multipunto, la comunicación está limitada a la comunicación digital maestro/esclavo. La corriente a través de cada dispositivo esclavo se fija al mínimo valor para alimentar el dispositivo y no tiene ningún significado relativo al proceso.

Figura 18. Conexión de dispositivos HART en red multipunto.



Tomado de: PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001,10 p.



Desde la perspectiva de la instalación, para las señales de comunicación HART se utiliza el mismo cable usado para transmitir la señal analógica 4-20mA. Las longitudes de cable permitidas van a depender del tipo de cable utilizado y del número de dispositivos conectados.

#### **1.1.2.3.3. Comandos en HART**

La comunicación HART está basada en comandos. Hay tres tipos de comandos que van a proporcionar acceso de lectura-escritura a la información disponible en los instrumentos de campo compatibles con HART. Los comandos pueden ser Comandos Universales (Universal Commands), Comandos de Practica Común (Common Practice Commands) y Comandos Específicos del Dispositivo (Device Specific Commands).

Los Comandos Universales aseguran la interoperabilidad entre los productos de distintos fabricantes, y proporcionan el acceso a la información útil en la operación habitual en planta. Todos los esclavos compatibles HART deben responder a todos los Comandos Universales.

#### **1.1.2.3.4. Beneficios del protocolo HART**

- Mejora las operaciones en planta.
- Otorga mayor flexibilidad operacional.
- Protege la inversión hecha en la instrumentación de la planta.
- Entrega una alternativa económica de comunicación digital.
- Implica un ahorro considerable en materiales eléctricos en las instalaciones Multipunto.



En resumen, se presentan a continuación los aspectos más importantes de este bus de campo.

Tabla 1. Aspectos importantes del bus de campo Hart

<i>CARACTERÍSTICAS GENERALES</i>	
<i>ORGANISMO CREADOR / PROPIETARIO DEL BUS</i>	Rosemount / HCF
<i>AÑO DE INTRODUCCIÓN</i>	1986
<i>TIPOS DE APLICACIÓN</i>	Redes de sensores, instrumentos y actuadores
<i>A DESTACAR</i>	Coexistencia con sistemas convencionales de control
<i>SEGURIDAD INTRÍNSECA</i>	Barreras de seguridad para ambientes explosivos

<i>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</i>	
<i>TOPOLOGÍA DE RED</i>	Bus (a árbol)
<i>MEDIO FÍSICO</i>	Par trenzado y apantallado. Línea telefónica
<i>Nº MÁXIMO DE NODOS</i>	15 en modo multipunto (no acepta repetidor)
<i>LONGITUD MÁXIMA DEL BUS</i>	3048 m (no acepta repetidor)
<i>Nº MÁXIMO DE SISTEMAS MAESTROS</i>	2

<i>MECANISMOS DE TRANSPORTE</i>	
<i>MÉTODOS DE COMUNICACIÓN</i>	Punto a punto, multipunto. Maestro/esclavo
<i>PROPIEDADES DE LA TRANSMISIÓN</i>	1200 bits/s Codificación FSK-BELL 202 "0" 2200 Hz "1" 1200 Hz
<i>TAMAÑO DEL PAQUETE DE DATOS</i>	25 max.
<i>Nº MÁXIMO DE VARIABLES POR DISPOSITIVO</i>	256
<i>Nº MÁXIMO DE VARIABLES POR MENSAJE</i>	4

<i>TEMPORIZACIÓN Y TASA DE ERROR</i>	
<i>TIEMPO DE RESPUESTA PARA VARIABLES SIMPLES</i>	500 ms
<i>INTEGRIDAD DE DATOS A NIVEL FÍSICO</i>	Tasa de error de $1/10^5$ bit

Tomado de: [www.monografias.com/hart](http://www.monografias.com/hart)

## 1.2. ACTUADORES

### 1.2.1. Neumática<sup>18</sup>

La neumática industrial convierte la energía del aire comprimido, a través de cilindros y motores mandados por válvulas, en movimientos y fuerzas para el accionamiento de máquinas. La neumática industrial es un ámbito de la técnica de aire comprimido al que cabe añadir otros grupos de fabricación como:

- Compresores y bombas de vacío
- Neumática para vehículos y frenos de aire comprimido
- Herramientas neumáticas
- Neumática aeronáutica

Los procesos de producción modernos se caracterizan por un alto grado de automatización, en el que la electrónica controla los dispositivos de tratamiento y manipulación. La fuerza de accionamiento es, a menudo, la neumática. La razón, más de el 60% de los movimientos realizados por las máquinas son lineales, se realizan de formas más sencillas con cilindros neumáticos que con electromotores.

Así, en el marco de la automatización de procesos de fabricación, pueden realizarse a menudo tareas de sujeción, retención y transporte con la neumática, de manera rápida, sencilla y económica. La creciente mecanización y automatización de los procesos de producción, la técnica de mando y de regulación neumática en general, ha ido ganando importancia. Mientras que la mecanización significa la sustitución del músculo humano por una máquina

---

<sup>18</sup> FESTO-SENA, Manual de neumática, 2000, 185 p.

controlada por personas, la automatización tiene por objetivo sustituir el cerebro humano por aparatos técnicos.

#### **1.2.1.1. Mando y regulación**

Mandar, es el proceso de un sistema limitado, en el que una o varias magnitudes de entrada influyen sobre otras, como magnitudes de salida, de acuerdo con una ley específica del sistema. La acción combinada de varios elementos de transmisión en función del flujo de señales tiene como resultado la estructura en cadena o cadena de mando. El proceso de mando se caracteriza por un desarrollo del efecto abierto en cada elemento de transmisión o en la cadena de mando, es decir, una magnitud perturbadora incide por completo en un proceso y falsifica la información original, de manera que la señal de salida ya no está en relación propia con la señal de entrada.

La denominación mando no se emplea solo para el proceso de mando, sino también para la instalación completa en la que se lleva a cabo el mando. La denominación regulación, referencia al proceso en el que se registra o se mide, continuamente la magnitud a regular y se compara con otra magnitud (magnitud de referencia o valor teórico), pretendiendo adaptar la magnitud regulada a la magnitud de referencia.

Con frecuencia las señales neumáticas son utilizadas para controlar elementos de actuación final, incluso cuando el sistema de control es eléctrico. Esto se debe a que con dichas señales es posible accionar válvulas de grandes dimensiones y otros dispositivos de control que requieren mucha potencia para mover cargas considerables. La principal desventaja de los sistemas neumáticos es la compresibilidad del aire. A diferencia, las señales hidráulicas se usan en



dispositivos de control de mayor potencia; sin embargo, son más costosas que los sistemas neumáticos y hay riesgos asociados con fugas de aceite que no existen con fugas de aire.

Así mismo en una fuente de energía neumática, se acciona un compresor de aire con un motor eléctrico. El aire que entra al compresor se filtra y pasa por un silenciador para reducir el nivel de ruido. La válvula de alivio de presión protege contra un aumento de la presión del sistema que exceda el nivel de seguridad. Dado que el compresor aumenta la temperatura del aire, es posible que sea necesario un sistema de enfriamiento; para eliminar la contaminación y agua del aire se utiliza un filtro y un separador de agua. En el receptor de aire se aumenta el volumen del aire del sistema y se equilibran las fluctuaciones de presión de breve duración.<sup>19</sup>

#### **1.2.1.2. Aplicaciones de la neumática**

La tecnología de la neumática juega un papel importante en la mecánica desde hace mucho tiempo y aun mas en la mecatrónica en la actualidad. Entre tanto es incluido cada vez mas en el desarrollo de aplicaciones automatizadas. En este sentido, la neumática es utilizada para la ejecución de las siguientes funciones:

- Detección de estados mediante sensores
- Procesamiento de información mediante procesadores
- Accionamiento de actuadores mediante elementos de control
- Ejecución de trabajos mediante actuadores

---

<sup>19</sup> BOLTON, William, Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Segunda Edición. México: Alfaomega, 2002, 544 p.



Los cilindros neumáticos son utilizados con frecuencia como elementos de accionamiento lineal, porque entre otras razones, se trata de unidades de precio relativamente bajo, de fácil instalación, simples y robustas, y además, están disponibles en diversos tamaños.

A continuación se ofrece una noción general sobre los datos característicos de los cilindros neumáticos:

- Diámetro desde 6 hasta 320 mm
- Carrera desde 1 hasta 2000 mm
- Fuerza desde 2 hasta 50000 N
- Velocidad del émbolo desde 0.02 hasta 1 m/s

Los elementos neumáticos de accionamiento permiten realizar los siguientes tipos de movimientos:

- Movimiento lineal
- Movimiento giratorio
- Movimiento rotativo

Algunas de las aplicaciones de la neumática son:

Aplicaciones generales de manipulación:

- Sujeción de piezas
- Desplazamiento de piezas
- Posicionamiento de piezas
- Orientación de piezas
- Bifurcación del flujo de materiales

## Aplicaciones generales en diversas técnicas especializadas

- Embalar
- Llenar
- Dosificar
- Bloquear
- Accionar ejes
- Abrir y cerrar puertas
- Transportar materiales
- Girar piezas
- Separar piezas
- Apilar piezas
- Estampar y prensar piezas

### **1.2.1.3. Características de la neumática**

#### **1.2.1.3.1. Ventajas**

Cantidad: prácticamente en cualquier lugar se dispone de cantidades ilimitadas de aire.

Transporte: facilidad de transportar aire a grandes distancias a través de tuberías.

Almacenamiento: posibilidad de almacenar aire comprimido en acumuladores, desde los que se puede abastecer el sistema. Además, el acumulador (botella) puede ser transportado.

Temperatura: el aire comprimido es prácticamente indiferente a oscilaciones de la temperatura. De este modo es posible obtener un comportamiento fiable, incluso bajo condiciones extremas.

Seguridad: el aire comprimido no alberga riesgos en relación con fuego o explosión.

Limpieza: el aire comprimido no lubricado no contamina el ambiente.

Composición: los elementos de trabajo son de composición sencilla y por lo tanto, su precio es relativamente bajo.

Velocidad: el aire comprimido es un medio de trabajo rápido, puesto que permite obtener elevadas velocidades del movimiento del embolo y los tiempos de conmutación son cortos.

Sobrecarga: las herramientas y los elementos neumáticos pueden funcionar hasta que estén totalmente detenidos, por lo que no son sobrecargados.

#### **1.2.1.3.2. Desventajas**

Acondicionamiento: el aire comprimido tiene que ser acondicionado, ya que de lo contrario puede producirse un desgaste precoz de los elementos neumáticos por efecto de partículas de suciedad y agua condensada.

Compresión: el aire comprimido no permite obtener velocidades homogéneas y constantes de los émbolos.

Fuerza: el aire comprimido es económico hasta determinados niveles de fuerza. Este límite se ubica entre 20000 y 30000 Newton según la carrera y la velocidad y suponiendo el uso de las presiones comunes que oscilan entre 6 y 7 bar (600 y 700 KPa)

Aire de escape: el escape del aire produce mucho ruido. Sin embargo este problema puede ser resuelto utilizando materiales que atenúen al ruido y silenciadores.

#### **1.2.1.4. Actuadores Neumáticos<sup>20</sup>**

El trabajo de estudio de la automatización de una máquina no acaba con el esquema del automatismo a realizar, sino con la adecuada elección del receptor a utilizar y la perfecta unión entre éste y la máquina a la cual sirve. En un sistema neumático los receptores son los llamados actuadores neumáticos o elementos de trabajo, cuya función es la de transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico. Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grande grupos:

- Cilindros
- Motores

Aunque el concepto de motor se emplea para designar a una máquina que transforma energía en trabajo mecánico, en neumática solo se habla de un motor si es generado por un movimiento de rotación, aunque es también frecuente llamar a los cilindros motores lineales.

---

<sup>20</sup> <http://www.monografias.com/trabajos12/eleynew.shtml>



#### **1.2.1.4.1. Cilindros Neumáticos**

Los cilindros neumáticos son, por regla general, los elementos que realizan el trabajo. Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso. Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que saliendo a través de una de ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo. Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según la forma en la que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en dos grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto

#### **1.2.1.4.2. Cilindros de Simple Efecto**

El cilindro de simple efecto solo puede realizar trabajo en un único sentido, es decir, el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, pues el retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado o bien mediante la acción de fuerzas exteriores.

En la práctica existen varios tipos. Los más empleados son los cilindros de émbolo. El movimiento de trabajo es efectuado por el aire a presión que obliga a desplazar al émbolo comprimiendo el muelle. Según la disposición del muelle, los

cilindros de simple efecto pueden aplicarse para trabajar a compresión (vástago desplazado en reposo y muelle en cámara posterior).

Mediante el resorte recuperador incorporado, queda limitada la carrera de los cilindros de simple efecto; por regla general la longitud de la carrera no supera los 100 mm. Por razones prácticas, son de diámetro pequeño y la única ventaja de estos cilindros es su reducido consumo de aire, por lo que suelen aplicarse como elementos auxiliares en los sistemas automatizados.

Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

#### **1.2.1.4.3. Cilindros de doble Efecto**

Al decir doble efecto se quiere significar que tanto el movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los sentidos del movimiento.

El cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de émbolo y posee dos tomas para el aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo. Al aplicar el aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmósfera a través de una válvula, el cilindro realiza la carrera de avance.

La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en la cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmósfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara de cilindro. Para una presión determinada en el circuito, el movimiento de retroceso en un cilindro de doble efecto desarrolla menos fuerza que el movimiento de avance, ya

que la superficie del émbolo se va ahora reducida por la sección transversal del vástago.

Los cilindros de doble efecto pueden ser:

- Sin amortiguación
- Con amortiguación

En la práctica el uso de uno u otro depende de la carga y velocidad de desplazamiento. Por ejemplo, cuando la carga viene detenida por dos topes externos y pueden aplicarse a los cilindros de amortiguación. Sin embargo, cuando la carga no viene detenida por tales topes se debe recurrir a la utilización de los cilindros con amortiguador.

Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Posibilidad de realizar trabajo en los dos sentidos
- No se pierde fuerza para dejar de comprimir al muelle
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil.

#### **1.2.1.4.4. Cilindro de giro**

En esta ejecución de cilindro de doble efecto, el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de 45°, 90°, 180°, 290° hasta 720°. Es posible



#### **1.2.1.4.6. Constitución de los cilindros**

El cilindro de émbolo se compone de: tubo, tapa posterior (fondo) y tapa anterior con cojinete (manguito doble de copa), vástago, casquillo de cojinete y aro rascador; además, de piezas de unión y juntas.

El tubo cilíndrico se fabrica en la mayoría de los casos de tubo de acero embutido sin costura. Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión (bruñido). Para aplicaciones especiales, el tubo se construye de aluminio, latón o de tubo de acero con superficie de rodadura cromada. Estas ejecuciones especiales se emplean cuando los cilindros no se accionan con frecuencia o para protegerlos de influencias corrosivas.

Para las tapas posterior fondo y anterior se emplea preferentemente material de fundición (de aluminio o maleable). La fijación de ambas tapas en el tubo puede realizarse mediante tirantes, roscas o bridas.

El vástago se fabrica preferentemente de acero bonificado, Este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión. A deseo, el émbolo se somete a un tratamiento de temple. Su superficie se comprime en un proceso de rodado entre discos planos. La profundidad de asperezas del vástago es de 1 mm. En general, las roscas se laminan al objeto de prevenir el riesgo de roturas. En cilindros hidráulicos debe emplearse un vástago cromado (con cromo duro) o templado. Para normalizar el vástago se monta en la tapa anterior un collarín obturador. De la guía de vástago se hace cargo un casquillo de cojinete, que puede ser de bronce sinterizado o un casquillo metálico con revestimiento de plástico. Delante del casquillo de cojinete se encuentra un aro rascador. Este impide que entren partículas de polvo y suciedad en el interior del cilindro. Por



eso, no se necesita emplear un fuelle. El manguito doble de copa hermetiza la cámara del cilindro.

#### **1.2.1.4.7. Cálculos de cilindros**

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas.

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

#### **1.2.1.4.8. Longitud de carrera**

La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire.

Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.

#### **1.2.1.4.9. Velocidad del émbolo**

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula anti-retorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s. La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, anti-retorno y de estrangulación, y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores.

#### **1.2.1.4.10. Consumo de aire**

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación. El consumo se expresa en los cálculos en litros (aire aspirado) por minuto.

## **1.2.2. Resistencias eléctricas<sup>21</sup>**

### **1.2.2.1. Principio de funcionamiento.**

Su funcionamiento, se manifiesta en forma de energía calorífica, Esto porque al hacer pasar una corriente sostenida por su núcleo los electrones reciben energía mediante la fuente de suministro. A medida que estos portadores de carga pasan a través de un componente de la resistencia chocan con los componentes del material (experimentan un efecto resistivo en el núcleo) y pierden energía a causa de las colisiones. La transferencia de energía da como resultado un incremento en la temperatura, que afectará a los componentes de la propia resistencia y a otros equipos situados en sus proximidades.

El incremento máximo de temperatura admisible en el material resistivo, los aislantes y el aire a la salida de la resistencia, está regulado por distintas normas: NEMA, VDE, IEEE, etc. o las especificaciones particulares de cada proyecto.

Las resistencias eléctricas se intercalan en algunos circuitos eléctricos de toda industria que lo requiera para modificar las condiciones de trabajo de las máquinas tales como, inyectoras y procesadoras de: Plásticos, glucosas, aceites, y más fluidos viscosos de alta y baja densidad.

Además; en generadores, sistemas de calefacción, artefactos electrodomésticos varios (hornos, calentadores de agua, estufas eléctricas, secadoras de pelo, tostadores, boíles, etc.) bancos de acondicionamiento de temperatura e incluso para tratamientos térmicos.

---

<sup>21</sup> FLORES, Gilberto, Recogedora de resistencias electricas tubulares, Universidad de Guadalajara, Febrero de 2005.

Las resistencias eléctricas son artefactos capaces de transformar la energía eléctrica en energía calorífica. Las resistencias eléctricas tubulares tienen formas irregulares así como sus dimensiones, esto es atendiendo las necesidades de cada cliente.

A continuación se presentan solo algunas de ellas.

Figura 19. Resistencia tubular recta



Tomado de: Flores Arvizu Gilberto, Recocedora de resistencias eléctricas tubulares, Universidad de Guadalajara, febrero de 2005.

Figura 20. Resistencia tubular recta en forma de "u"



Tomado de: Flores Arvizu Gilberto, Recocedora de resistencias eléctricas tubulares, Universidad de Guadalajara, febrero de 2005.

Figura 21. Resistencia tubular en forma de espiral recto t. ambos lado



Tomado de: Flores Arvizu Gilberto, Recocedora de resistencias eléctricas tubulares, Universidad de Guadalajara, febrero de 2005.



## 1.4 SISTEMAS SCADA<sup>22</sup>

Su nombre proviene de las siglas en ingles (System Control and Data Acquisition, Supervisory Control and Data Acquisition, Security, Control and Data Acquisition).

Un SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador. En la tabla se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los sistemas de Control Distribuido (DCS) (estas características no son limitantes para uno u otro tipo de sistemas, son típicas).

Tabla 2. Diferencias típicas entre SCADAS y DCS

ASPECTO	SCADA's	DCS
ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.

<sup>22</sup> [www.infopl.org](http://www.infopl.org)

TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACION	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA

Tomado de Internet: [www.infopl.org](http://www.infopl.org)

El flujo de la información en los sistemas SCADA es como se describe a continuación: el fenómeno físico lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, ph, densidad, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los sensores o transductores.

Los sensores o transductores convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el computador digital. Para ello se utilizan acondicionadores de señal, cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, provee aislamiento

- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad, etc.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

#### **1.4.2. Funciones de un sistema SCADA<sup>23</sup>**

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.

---

<sup>23</sup>[www.monografias.com/trabajos16/estrategia-produccion.shtm](http://www.monografias.com/trabajos16/estrategia-produccion.shtm)



- Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

### **1.5. CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC'S)<sup>24</sup>**

Los PLC'S o autómatas programables cambiaron la forma de automatizar los procesos industriales gracias a su simplicidad y a sus poderosas funciones. Un PLC es un dispositivo programable diseñado para el control de señales eléctricas asociadas al control automático de procesos industriales. Es un elemento utilizado ampliamente en empresas de manufactura, plantas de ensamble de vehículos, plantas productoras de químicos, refinerías de petróleo, elaboración de semiconductores, y otras innumerables aplicaciones en las cuales se requieran operaciones que puedan ser efectuadas directamente por dispositivos automáticos.

Un PLC posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar

---

<sup>24</sup> CEKIT, Curso práctico de electrónica y automatización industrial.



decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar. Significa que, además de los componentes físicos requeridos para la adaptación de las señales, es necesario disponer de un programa para que el PLC pueda saber que es lo que tiene que hacer con cada una de ellas.

Es un dispositivo electrónico capaz de almacenar, estructurar y procesar la información que recibe a través de una serie de elementos conectados a las entradas del mismo o en forma de programa, para entregar una nueva información en sus salidas, permitiendo el funcionamiento automático de una secuencia o de un proceso, así como su optimización.

Figura 22. PLC Siemens S7 300



Tomado de: [http://www.grupo-maser.com/PAG\\_Cursos/Auto/PLC/plc.htm](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/PLC/plc.htm)

El PLC sustituye los elementos electromecánicos (contactores auxiliares, temporizadores neumáticos o electromecánicos) o electrónicos (temporizadores electrónicos) empleados en la etapa de tratamiento, en los automatismos eléctricos, y además es posible programarlo y modificar dicho programa, de acuerdo con las necesidades y procesos, sin tener que alterar el cableado

existente, únicamente empleando un programador o bien un computador si se tiene el software e interface adecuados.

### **1.5.1. Estructura del PLC<sup>25</sup>**

#### **1.5.1.1. Procesador o unidad central de proceso**

Equivalente a la CPU de un computador. Es un microprocesador que se usa para el tratamiento de la información o de las instrucciones que contiene el programa, relativos al funcionamiento de la información deseada.

#### **1.5.1.2. Memoria**

Capacidad que tiene el PLC para almacenar un determinado programa o una cantidad determinada de instrucciones.

#### **1.5.1.3. RAM**

Es la memoria principal o de trabajo, a la cual se puede acceder en forma rápida y eficiente. Puede ser del autómatas o de computador, por lo cual es posible transferir el programa de una aplicación de una memoria a otra.

---

<sup>25</sup> FLOWER, Luis, Diseño y programación de autómatas programables. Colombia, 2001, 345 p.

#### **1.5.1.4. EEPRON**

Memoria de solo lectura que es programable y borrrable electrónicamente. Es una zona de almacenamiento secundario o de seguridad del PLC. También es posible realizar transferencias del PLC a la memoria EEPROM y viceversa.

#### **1.5.1.5. Bits internos o marcadores**

Equivalentes a los contactores auxiliares. Memorizan los estados intermedios y se utilizan para y durante la ejecución de un programa.

#### **1.5.1.6. Bits de sistema**

Controlan el funcionamiento del PLC, así como el desarrollo y correcto funcionamiento del programa de aplicación. Algunos son controlados exclusivamente por el sistema, otros por el usuario y otros por ambos.

#### **1.5.1.7. Bits etapa**

Permiten indicar el estado de activación o desactivación de las diferentes etapas del grafcet<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> Grafcet: Lenguaje de programación de PLC basado en bloques secuenciales.

#### **1.5.1.8. Funciones o bloques de función**

En los PLC se encuentran diferentes funciones complementarias, que permiten realizar una serie de aplicaciones mucho más complejas que las realizadas con lógica cableada. Funciones como temporizadores, relojes, contadores y descontadores, programadores cíclicos, contadores paso a paso y registros de desplazamiento. Es necesario tener presente que los PLC solo pueden realizar funciones para las que fueron programadas, de tal manera que una aplicación es posible únicamente si los términos del problema están exacta y claramente definidos en el programa.

#### **1.5.1.9. ENTRADAS (E)**

Normalmente este es una de los primeros factores que se toma en cuenta para poder elegir correctamente un PLC, pues nos permite conocer la capacidad que tiene en cuanto al número de señales externas que puede recibir.

Sirven para recibir las señales eléctricas procedentes de los elementos empleados en la etapa de detección (sensores, interruptores de posición, presóstatos, etc.), mando (pulsadores, selectores) y protección (contacto NC y NA de los relés térmicos que se ubican en el circuito de mando) para convertirlas en señales comprensibles por un PLC.

Para las entradas es muy común el uso de 24 VDC, pero también se encuentran PLC en los cuales se emplea 110-120 VAC. En cualesquiera de estos casos las corrientes permitidas son muy pequeñas (mA).



#### **1.5.1.10. SALIDAS (S)**

Elementos a través de los cuales se transmiten las órdenes de mando y de señalización, provenientes del tratamiento y de la ejecución del programa, a los preaccionadores (normalmente a las bobinas de los contactores principales).

Como sucede con las entradas para elegir un PLC es necesario conocer el número de salidas que tiene, para saber el número de preaccionadores que se pueden controlar. Las salidas se pueden realizar a través de relevos, transistores o triacs. Las corrientes que pueden circular por los elementos de salida son normalmente muy pequeñas (mA o a lo más 1 ó 2 A), por lo cual es necesario observar muy bien las especificaciones que da el fabricante.

#### **1.5.2. Campos de aplicación y características generales<sup>27</sup>**

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. , por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

---

<sup>27</sup> [http://www.grupo-maser.com/PAG\\_Cursos/Auto/PLC/plc.htm](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/PLC/plc.htm)

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones: Instalación de aire acondicionado, calefacción. Instalaciones de seguridad
- Señalización y control: Chequeo de programas Señalización del estado de procesos

#### **1.5.2.1. Ventajas e inconvenientes**

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Debido a tales

consideraciones se mencionan las ventajas e inconvenientes que proporciona un PLC de tipo medio.

#### **1.5.2.1.1. Ventajas**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

#### **1.5.2.1.2. Inconvenientes**

- Necesita de un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido aunque hoy en día las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El coste inicial.

#### **1.5.2.2. Funciones básicas de un PLC**

- Detección: Lectura de la señal de los sensores distribuidos por el sistema de fabricación.
- Mando: Procesar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores
- Dialogo hombre maquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus órdenes e comunicando del estado del proceso.
- Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el PLC en caliente es decir, controlando la maquina.

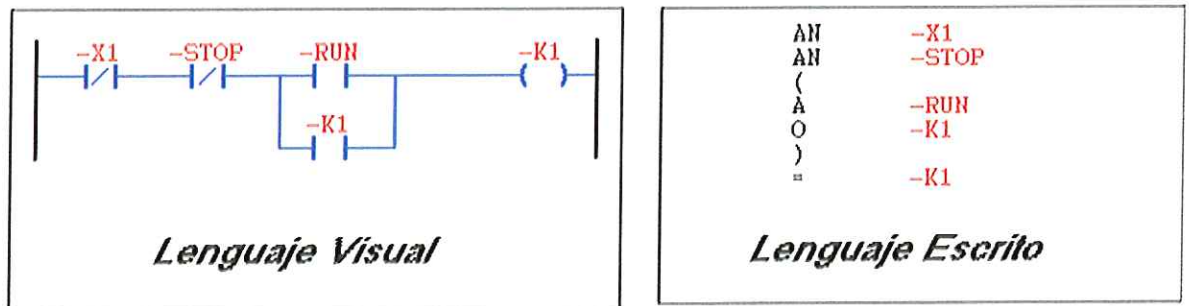


## 1.6. LENGUAJES DE PROGRAMACION

### 1.6.1. Clasificación de los Lenguajes de Programación:

Los lenguajes de programación para PLC son: visuales y escritos. Los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización: planos esquemáticos y diagramas de bloques. Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar.

Figura 23. Lenguajes de programación visuales y escritos



Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.

La diversidad de lenguajes obedece a que los programadores de PLC poseen formación en múltiples disciplinas. Los programadores de aplicaciones familiarizados con el área industrial prefieren lenguajes visuales, por su parte quienes tienen formación en electrónica e informática se prefieren, inicialmente, los lenguajes escritos.

### 1.6.2. Niveles de los Lenguajes:

Los lenguajes de programación de sistemas basados en microprocesadores, como es el caso de los PLC, se clasifican en niveles; al microprocesador le corresponde el nivel más bajo, y al usuario el más alto.

### **1.6.2.1. Lenguajes de Bajo Nivel:**

#### **1.6.2.1.1. Lenguaje de Máquina**

Código binario encargado directamente en el microprocesador de la ejecución del programa.

#### **1.6.2.1.2. Lenguaje Ensamblador**

Lenguaje sintético de sentencias que representan cada una de las instrucciones que puede ejecutar el microprocesador. Una vez diseñado un programa en lenguaje ensamblador es necesario, para cargarlo en el sistema, convertirlo (compilarlo) a lenguaje de máquina. Los programadores de lenguajes de bajo nivel deben estar especializados en microprocesadores y demás circuitos que conforman el sistema.

### **1.6.2.2. Lenguajes de Alto Nivel**

Se basan en la construcción de sentencias orientadas a la estructura lógica de lo deseado; una sentencia de lenguaje de alto nivel representa varias de bajo; cabe la posibilidad que las sentencias de un lenguaje de alto nivel no cubran todas las instrucciones del lenguaje de bajo nivel, lo que limita el control sobre la máquina. Para que un lenguaje de alto nivel sea legible por el sistema, debe traducirse a lenguaje ensamblador y posteriormente a lenguaje de máquina.

Tabla 3. Lenguajes comunes de programación de PLC's

Tipos	Descripción	Características		
		Nivel	Acceso a los Recursos	Preferencias de Uso
<b>Visuales</b>	Utilizan los símbolos de: planos esquemáticos y diagramas de bloques.	Alto	Restringido a los símbolos que proporciona el lenguaje.	Profesionales en áreas de: automatización industrial, mecánica y afines.
<b>Escritos</b>	Utilizan sentencias similares a las de programación de computadores.	Bajo	Total a los recursos de programación.	Profesionales en áreas de: electrónica e informática.

Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.

### 1.6.3. Niveles de los Lenguajes Específicos para PLC

#### 1.6.3.1. Bajo Nivel

En el ámbito de programación de PLC no se utiliza directamente el lenguaje de máquina y el ensamblador; se emplea el lenguaje de lista de instrucciones, similar al lenguaje ensamblador, con una sintaxis y vocabulario acordes con la terminología usada en PLC.

#### 1.6.3.2. Alto Nivel

Se caracterizan por ser visuales, aunque existen también lenguajes escritos de alto nivel.

#### 1.6.4. Lenguajes de Programación para PLC.

Los fabricantes de PLC han desarrollado una cantidad de lenguajes de programación siguiendo normas internacionales en mayoría de los casos, con el fin de cubrir necesidades y expectativas de los programadores.

En la siguiente tabla se presentan lenguajes de uso común:

Tabla 4. Lenguajes comunes de programación de PLC's

Lenguaje	Característica	Ejemplos*	Tipo	Nivel
Listas.	Lista de instrucciones	IL AWL STL IL/ST	Escrito	Bajo
Plano de Contactos.	Diagrama Eléctrico	LADDER LD KOP	Visual	Alto
Diagrama de Bloques Funcionales.	Diagrama Lógico	FBD FBS FUD		
Organigrama De Bloques Secuenciales	Diagrama Algorítmico	AS SFC PETRI GRAFSET		
Otros	Lenguajes usados en otras áreas de la computación.	BASIC C	Escrito	

Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.



### 1.6.4.1. Listas

Lenguaje que describe instrucción por instrucción, lo que debe hacer el PLC.

Figura 24. Lenguaje de lista IL

AN	-X1
AN	-STOP
(	
A	-RUN
O	-K1
)	
=	-K1

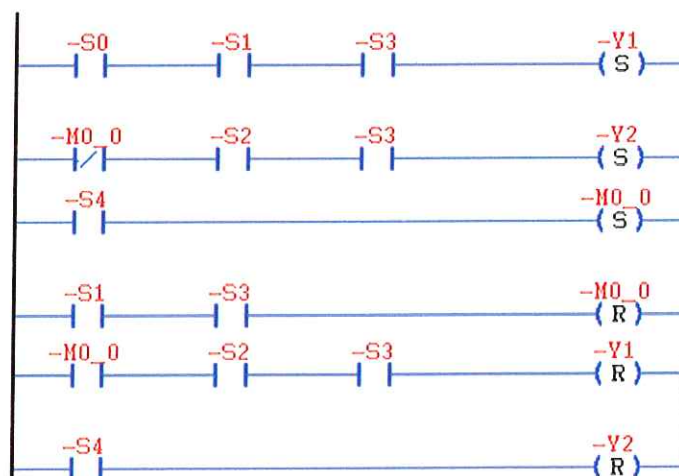
**Lenguaje IL**

Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.

### 1.6.4.2. Plano de Contactos

Representa el funcionamiento deseado, como en un circuito de contactores y relés, fácil de entender y utilizar para usuarios con experiencia en lógica alambrada. En general, nos referimos a este lenguaje como LADDER (escalera), ya que la forma de construcción de su esquema se asemeja a una escalera.

Figura 25. Lenguaje de plano de contactos



Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.

### 1.6.4.3. Diagrama de Bloques Funcionales

Utiliza los diagramas lógicos de la electrónica digital.

Figura 26. Diagrama de bloques funcionales

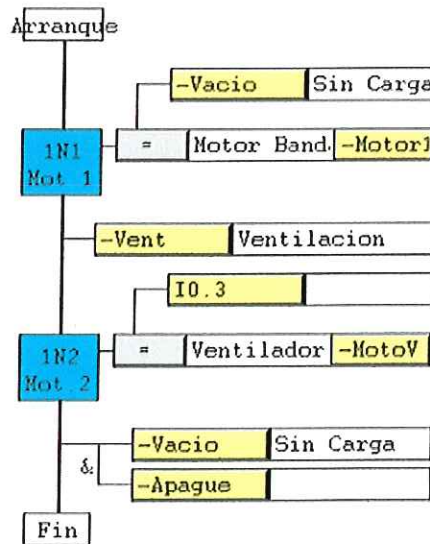


Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.

### 1.6.4.4. Organigrama De Bloques Secuenciales

Explota la concepción algorítmica que todo proceso cumple con una secuencia. Estos lenguajes son los más utilizados por programadores de PLC de mayor trayectoria.

Figura 27. Lenguaje de bloques secuenciales, WinSPS, BOSCH.



Tomado de: SENA, Curso virtual de programación de PLC.

## **1.7. OPTO 22**

### **1.7.1. IoControl.**

IoControl es un lenguaje de programación auto documentado basado en diagramas de flujo (o flowcharts). Puede usarse para escribir software de control para automatización industrial, desde el control de un calentador simple hasta un complejo industrial. IoControl es un componente construido sobre plataforma Windows-32 bits enfocado a la automatización industrial. Otros componentes incluyen IoDisplay el cual es una interface máquina-usuario que sirve para monitorear el sistema de control; IoServer que provee una comunicación en red por medio de DDE/OPC, y OptoConnect que establece un puente entre el sistema de control y una base de datos.

### **1.7.2. Conceptos Generales de Control (Glosario de términos).**

#### **1.7.2.1. Automatización.**

La automatización es una forma de agregar inteligencia a los procesos industriales. Cuando se automatiza un proceso, se disminuye la dependencia de los humanos para llevar a cabo un proceso. Los procesos automatizados son siempre más rápidos, mas exactos y mas confiables.

### **1.7.2.2. Controladores.**

Los controladores son aparatos electrónicos programables que proveen la inteligencia requerida para la automatización. Usando loControl usted puede crear un conjunto de instrucciones que le dicen al controlador muchos de los aspectos que se deben tener en cuenta para el proceso. Desde loControl se crea y se descarga el conjunto de instrucciones al controlador Opto22, el cual actúa como un computador almacenando esta información y luego ejecutándola. Las instrucciones que se graban allí son muy fáciles de cambiar, además estos equipos se pueden conectar a un PC, de tal manera que se pueda obtener información del proceso en bases de datos ó en archivos para un posterior uso.

### **1.7.2.3. Entradas y Salidas digitales y análogas.**

Un proceso industrial puede incluir muchos tipos de componentes: interruptores, bombas, tanques, válvulas, bandas, correas, equipos fotoeléctricos, termómetros y más. Todos ellos se comunican con el controlador por medio de I/O points.

### **1.7.2.4. Puntos de Entrada**

Son cableados desde los equipos hasta el controlador para brindarle información acerca del proceso, por ejemplo termocuplas, interruptores y sensores. La información es recibida y luego procesada de acuerdo al conjunto de instrucciones para tomar una decisión acerca del proceso que se controla.



#### **1.7.2.5. Puntos de Salida**

Son cableados desde el Controlador hasta los equipos del proceso, esta es la manera que tiene el controlador para actuar directa o indirectamente sobre cualquier proceso.

#### **1.7.3. Terminología de loControl.**

##### **1.7.3.1. Estrategia.**

El programa de control que se crea en loControl es llamado *Estrategia*. La estrategia incluye todas las definiciones e instrucciones necesarias para el control del proceso.

##### **1.7.3.2. Diagramas de Flujo.**

Casi la mayoría de las aplicaciones de control son complejas; la estrategia típica consiste de una serie de diagramas de flujo y cartas (*la carta es donde se escribe el diagrama de flujo*) que trabajan juntos. Cada carta controla un aspecto de la estrategia, una pieza del proceso automatizado. Juntas todas las cartas constituyen una estrategia, el número de cartas está limitado solo por la capacidad de memoria del controlador. Una carta se puede correr, suspender o detenerse. Una *carta corriendo* esta activa para cumplir con las tareas que el conjunto de instrucciones le asigna. Una *carta suspendida* esta temporalmente detenida. Y una *carta detenida* esta inactiva. Cada carta en loControl puede ser cambiada de

estado desde las otras cartas. Una combinación de cartas puede ser corrida hasta una máximo de 32 cartas al tiempo (*observe el significado de Multitarea*).

Cada estrategia tiene por defecto una carta llamada PowerUp y otra llamada Interrupt. La carta PowerUp inicia automáticamente cuando la estrategia se echa a andar; sirve generalmente para hacer el llamado a otras cartas en un orden específico. La carta Interrupt interrumpe el proceso generalmente con el objetivo de atender eventos críticos que requieren una acción inmediata. Todas las otras cartas que se crean se basan en las necesidades del proceso.

#### **1.7.3.3. Multitarea.**

El controlador puede correr diferentes tareas al tiempo, pues contiene un Kernel que le permite correr hasta un máximo de 32 cartas al tiempo asignándoles un tiempo de ejecución de 500 microsegundos a cada una. La carta Host se ejecuta de manera invisible; ésta establece la comunicación entre el controlador y el PC.

#### **1.7.3.4. Bloques.**

Cada carta está hecha de bloques conectados con flechas, las cuales muestran cuál es el flujo del proceso. Los bloques de acción son rectangulares e indican una acción en el proceso. Los bloques de condición son en forma de Diamante e indican un punto de decisión. Los bloques ovalados son bloques de continuidad, es decir que reemplazarían una flecha en el momento que se requiera.

### 1.7.3.5. Variables.

Una variable es un espacio en el controlador en donde se puede guardar información acerca de el proceso y la estrategia tales como reporte de una temperatura, el estado de una carta, un grupo de palabras que pueden ser mostradas, también representan valores numéricos etc. Las variables son almacenadas en cinco tipos distintos de datos como se puede ver a continuación:

- Punto Flotante. Son valores numéricos que contienen punto decimal, tales como el valor que proporciona una entrada análoga de una termocupla.
- Enteros. Son valores numéricos sin parte decimal, también pueden representar el estado de un interruptor el cual puede ser almacenado como 1 si esta ON o 0 si esta OFF.
- Temporizador. Almacenan valores que representan tiempos en unidades de segundos o milisegundos. Pueden ser utilizados como temporizadores ascendentes (de 0 a n-tiempo) o descendentes (de n-tiempo a 0).
- Strings. Almacenan texto o combinaciones de caracteres ASCII incluyendo códigos de caracteres y caracteres extendidos. Es muy utilizado para mostrar mensajes de texto en una pantalla de monitoreo.
- Punteros. Estos no almacenan valores de una variable, solamente almacenan la dirección en memoria de variables en loControl o de cartas, I/O Points o PID.

### **1.7.3.6. Instrucciones o Comandos.**

Los comandos de OptoControl o instrucciones le dicen al controlador que hacer en cada paso del diagrama de flujo. Cada bloque en una carta contiene una o mas instrucciones.

- Comandos de Acciones. Hacen muchos procesos tales como convertir un Entero a un String o inicializar un contador, estos aparecen en los bloques de acción.
- Comandos de condición. Chequean la condición de un parámetro en forma de pregunta, por ejemplo "Carta corriendo?" o simplemente "Variable falsa?".

## **1.7.4. Hardware de Ultimate Opto 22**

### **1.7.4.1. Descripción de rack**

Los rack de la serie SNAP-B están diseñados para trabajar con la familia de procesadores inteligentes SNAP E/S los cuales opto 22 llama cerebros (brains). Los cerebros SNAP, están diseñados para comunicarse con controladores opto22 o a un computador servidor. Los rack de la serie SNAP-B son compatibles con SNAP ULTIMATE E/S, SNAP ETHERNET E/S, Y SNAP SIMPLE E/S.

Ya sea SNAP análogo, digital, serial, y módulos de propósito especial tienen el mismo tamaño físico (rack), al usar rack de la serie SNAP-B, puede mezclar módulos sobre el mismo E/S rack de montaje. Los racks de la serie SNAP-B,



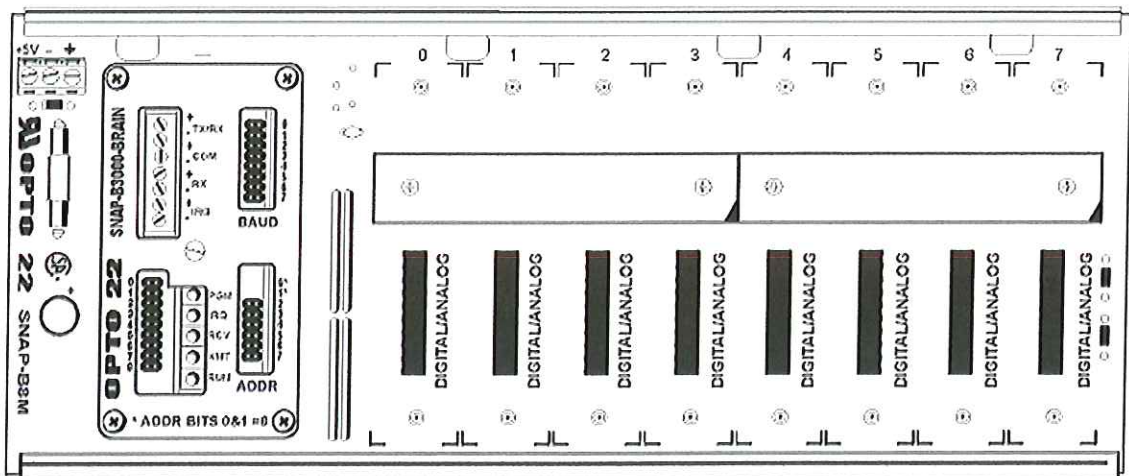
pueden acomodar 4, 8,12 o 16 módulos. Para este caso se utiliza el rack SNAP-B8M.

El rack del SNAP-M64 esta diseñado específicamente para usar con el cerebro SNAP-UP1-M64 Ultimate y el cerebro SNAP-ENET-S64 Simple E/S, los cuales soportan módulos análogos, digitales, seriales o de propósito especial en cualquier espacio para módulos.

Dispositivos de campo son cableados directamente a los conectores removibles montados en la parte superior sobre los módulos SNAP E/S conectados en cada rack.

El diseño de los módulos y racks permite que solo módulos snap se montados y desmontados del rack. Los racks del snap usan un riel sistema que permite que los módulos queden sujetos al rack.

Figura 28. SNAP-B8M 8-Modulos de Posición I/O Rack  
Mostrado con SNAP-B3000 Brain



Tomado de: [www.opto22.com](http://www.opto22.com)

Tabla 5. Descripción de Rack

Parte	descripcion	requerimientos de potencia	cerebros compatibles	fusible	temperatura de operación	humedad relativa
SNAP B 8M	8 modulos mixtos	5.0 VDC ± 0.1 @ 2.6 Amps max	SNAP-UP1-ADS SNAP-B3000-ENET SNAP-ENET-RTC SNAP-WLAN-FH-ADS B3000 SNAP-B4 SNAP-B6 SNAP-HA SNAP-BRS SNAP-BRS-HA SNAP-BRS-HA-J SNAP-B3000-MODBUS	SNAP-FUSE4A or Bel 5HF4	0° to 70° C	95%
SNAP M64	16 modulos mixtos	5.0 VDC ± 0.1 @ 4.2 Amps max	SNAP-UP1-M64 SNAP-ENET-S64	Littelfuse 297 07.5	0° to 70° C	95%

Tomado de: [www.opto22.com](http://www.opto22.com)

#### 1.7.4.2. Snap ultimate E/S<sup>28</sup>

El cerebro snap ultimate es un fuerte procesador de E/S y comunicaciones en el núcleo del sistema SNAP Ultimate Opto 22 E/S. Basado sobre la tecnología E/S de SNAP Ethernet demostrado en campo al conectar sistemas de E/S a redes Ethernet usuales de opto 22, SNAP Ultimate E/S trae amentada la capacidad de procesamiento, la programación, la capacidad de conexión en red y la conectividad de la empresa al mismo nivel de E/S.

<sup>28</sup> SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

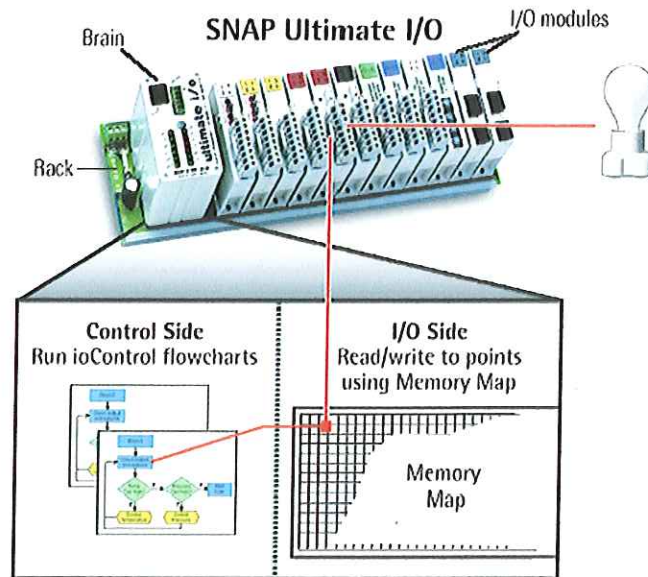
Esta capacidad adicional, en programación, simplifican significativamente el diseño del sistema de control y amplían el rango de aplicación de soluciones que puede entregar. Además de entregar y de operar programas de control al nivel de E/S y eliminar la necesidad de controladores distintos, el cerebro SNAP Ultimate también tiene la habilidad para comunicarse con múltiples dispositivos usando Modbus/TCP, SNMP, SMTP, FTP, y otros protocolos.

El controlador (cerebro) ultimate racionaliza y simplifica la entrega de los datos a la base de datos de la empresa y a otros sistemas técnicos de información (IT), prácticamente elimina software especial, servidores reservados, o otros software personalizados.

La conexión con redes estándar ethernet TCP/IP primero introducida con SNAP Ethernet E/S, también aplicable a SNAP Ultimate E/S. Se puede conectar un controlador SNAP Ultimate a una red cableada o inalámbrica, facilitando el control y el monitoreo. Se puede usar hardware estándar ethernet para construir una red de control independiente conectando el PC directamente a las E/S.

El Ultimate integra dos funciones que previamente eran piezas separadas de hardware: procesamiento de entrada/salida y control basado en flowchart. Esas dos funciones son manejadas por dos "lados" del brain como es ilustrado abajo.

Figura 29. Funciones de procesamiento y control



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

El lado I/O del Brain lee y escribe a puntos de I/O usando el mapa de memoria. En el lado de control, el Brain corre los flowchart de IoControl. Esos flowchart suministran la lógica de los procesos de control. Los comandos dentro del flowchart leen y escriben al mapa de memoria en el lado I/O del brain para monitorear y controlar los puntos de entrada y salida.

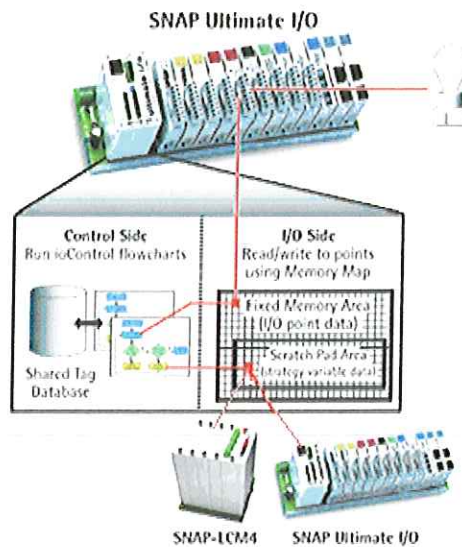
La estrategia que se ejecuta en el lado de control del brain son creados en IoControl. Para aplicaciones que requieren más de una unidad de I/O, el SNAP Ultimate puede controlar múltiples brains SNAP Ethernet, los cuales pueden estar localizados donde sea necesario sobre la red Ethernet para control distribuido.



### 1.7.4.3. Comunicación sobre la red

Si se tiene más de un sistema Ultimate, cada uno ejecutando una estrategia en loControl diferente y ellos necesitan compartir datos de variables, la siguiente figura muestra como se lleva a cabo esta comunicación.

Figura 30. Comunicación sobre la red.



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

El mapa de memoria en el lado I/O del brain tiene dos partes: el área fija y el área "Scratch Pad". El área de memoria fija es usada automáticamente por el brain (cerebro o controlador en este caso Ultimate) para leer y escribir datos a puntos de entrada y salida; cada dirección tiene un propósito fijo.

El área Scratch Pad incluye 4 secciones para acomodar diferentes tipos de datos: bits, enteros, flotantes y cadenas.

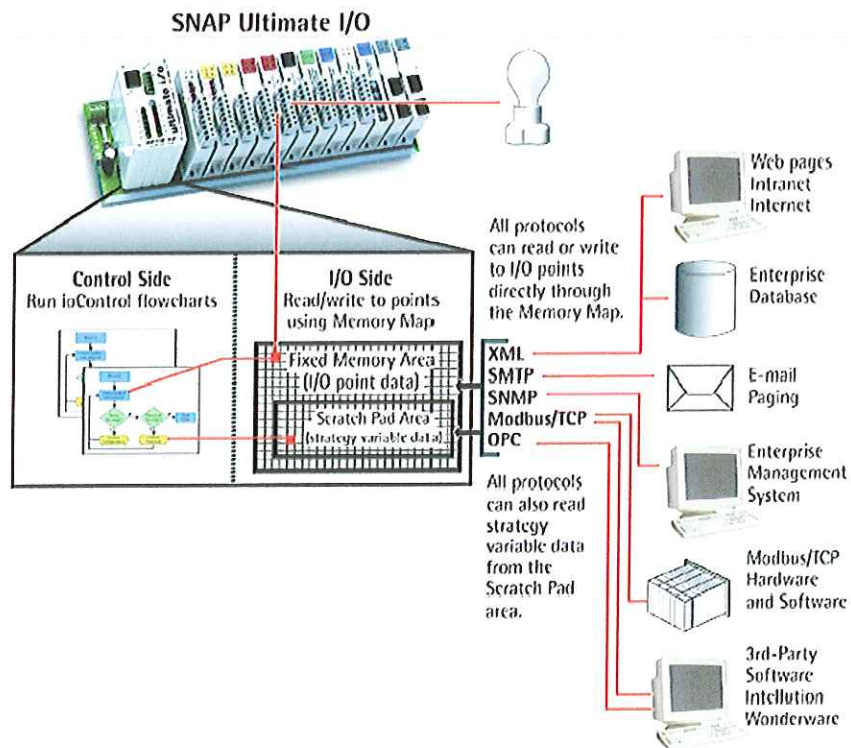
Usando comandos de loControl en su flowchart, una unidad Ultimate puede escribir datos de las variables de la estrategia en su área Scratch Pad. Otra unidad

Ultimate o controladores SNAP LCM4 pueden usar comandos similares en su propio flowchart para leer los datos desde el área Scratch Pad del primer Ultimate.

#### 1.7.4.4. Comunicación con otro Software

En adición a sus capacidades de I/O, control y comunicación, el SNAP Ultimate se puede comunicar directamente con software de otros propietarios que pueden necesitar usar sus datos. La siguiente figura muestra como esas aplicaciones de software pueden acceder directamente el mapa de memoria en el lado I/O del brain.

Figura 31. Comunicación con otros programas.



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

En la figura son mostrados los siguientes protocolos: XML, SMTP, SNMP, Modbus/TCP y OPC. En adición a los protocolos anteriores, el protocolo de Opto22 basado en el IEEE1394 puede ser usado para programar tus propias aplicaciones.

#### **1.7.4.5. Diferencias entre ioControl y OptoControl.**

IoControl no soporta las siguientes características:

- Eventos/Reacciones en la unidad I/O. Esto puede llevarse a cabo programado bloques OptoScript en los flowchart de ioControl o Configurando los eventos y reacciones en ioManager.
- Subrutinas.
- Interrupciones externas.
- Muchos comandos en OptoControl y grupos de comandos son diferentes para ioControl, e incluso comandos con el mismo nombre pueden diferir entre ioControl y OptoControl.
- Un nuevo tipo de variable "Communication Handle" hace la comunicación con otros dispositivos de red más fácil.
- Los códigos de error en ioControl son diferentes de los de OptoControl.
- IoControl utiliza 256 KB de RAM para retener variables persistentes y archivos de estrategia.

#### 1.7.4.6. Diferencias entre Ultimate I/O y Ethernet I/O.

Si se sabe como configurar un sistema SNAP Ethernet I/O, las tareas de configuración básicas para un sistema Ultimate I/O serán similares. Sin embargo existen las siguientes diferencias:

- En SNAP Ethernet I/O, las tareas que envuelven lógica sobre el brain son implementadas configurando eventos/reacciones sobre el brain (controlador) Ethernet. Sobre un brain (controlador) SNAP Ultimate las tareas requiriendo lógicason creadas en flowcharts de ioControl.
- Muchas tareas de configuración que fueron hechas con la página Web del controlador Ethernet son ahora realizadas usando el software ioManager.

### 1.8. CONTROL Y PID<sup>29</sup>

El control automático desempeña un papel importante en los procesos de manufactura, industriales, navales, aeroespaciales, robótica, económicos, biológicos, etc.

En un sistema de control es necesario definir ciertos términos básicos.

Señal de salida o variable controlada: es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, temperatura, etc.).

Señal de referencia: es el valor que se desea que alcance la señal de salida.

Error: es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.

---

<sup>29</sup> [www.automatas.org](http://www.automatas.org)



Señal de control: es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya, o elimine, el error.

Señal análoga: es una señal continua en el tiempo.

Señal digital: es una señal que solo toma valores de 1 y 0. El PC solo envía y/o recibe señales digitales.

Planta: es el elemento físico que se desea controlar. Planta puede ser: un motor, un horno, un sistema de disparo, un sistema de navegación, un tanque de combustible, etc.

Proceso: operación que conduce a un resultado determinado.

Sistema: consiste en un conjunto de elementos que actúan coordinadamente para realizar un objetivo determinado.

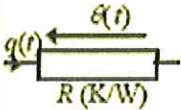
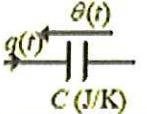
Perturbación: es una señal que tiende a afectar la salida del sistema, desviándola del valor deseado.

Sensor o transductor: es un dispositivo que convierte el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura, etc.) en una señal eléctrica codificada ya sea en forma analógica o digital. Los sensores, o transductores, analógicos envían, por lo regular, señales normalizadas de 0 a 5 voltios, 0 a 10 voltios o 4 a 20 mA.

Sistema de control en lazo cerrado: es aquel en el cual continuamente se está monitoreando la señal de salida para compararla con la señal de referencia y calcular la señal de error, la cual a su vez es aplicada al controlador para generar la señal de control y tratar de llevar la señal de salida al valor deseado. También es llamado control realimentado.

Sistema de control en lazo abierto: en estos sistemas de control la señal de salida no es monitoreada para generar una señal de control.

Tabla 6. Variables: temperatura (diferencia)  $\theta$  (K); flujo de calor  $q$  (W)

Potencia (P) Energía (E)	Componente	Símbolo	Ecuación	Nota
$P = \frac{\theta}{R} = q$	Resistencia térmica		$q(t) = \frac{\theta(t)}{R}$	
$E = C\theta$ (potencial)	Capacidad térmica		$q(t) = C \frac{d\theta(t)}{dt}$	$C = Mc$ ( $c$ : J/kgK) $c$ =calor específico (termodinámica 1)

Tomado de: BOLTON, William, Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Segunda Edición. México: Alfaomega, 2002, 544 p.

### 1.8.1. Control de lazo cerrado y abierto<sup>30</sup>

Los términos control de lazo abierto y control de lazo cerrado se emplean para denotar dos procesos técnicos de control diferentes. Estos dos procesos tienen una cosa en común: ambos intentan influenciar un sistema para que responda de una manera deseada, pero el modo de trabajo de los dos principios es completamente diferente.

A diferencia del control de lazo abierto, el control automático o de lazo cerrado conlleva una continua comparación entre el valor deseado y el valor efectivo de la variable en cuestión para que pueda contrarrestarse en forma inmediata cualquier diferencia que pudiera existir.

<sup>30</sup> BOYLE, COM3LAB, Software didáctico de control.

### **1.8.1.1. Control de lazo abierto**

En el caso del control de lazo abierto tenemos un proceso de control directo, que tiene lugar en un lazo de control abierto. Si se producen perturbaciones, la unidad de control no "registra" nada y de esta manera no puede corregir o eliminar las diferencias de la variable inducidas.

Para un ejemplo de calefacción un termómetro exterior hace de elemento de medición (sensor) para la variable de entrada del lazo de control, es decir la temperatura exterior verdadera. Convierte esto en una señal eléctrica.

En base a la característica correspondiente de la temperatura exterior suministrada por el sensor de temperatura, la unidad de control determina la posición de abertura correcta para la válvula accionadora situada en sentido descendente. Esto significa que esta variable de entrada del bloque es la tensión eléctrica, mientras que la variable de salida es la tensión de control para el motor de impulsión de la válvula accionadora.

La válvula accionadora, también llamada actuador, consiste en dos componentes: el motor de posicionamiento y la válvula misma. La variable de entrada del motor es la tensión de salida de la unidad de control; la válvula se ajusta a la correspondiente sección transversal de abertura en base a esta tensión. La variable de salida de la válvula accionadora es el volumen del medio calefactor que circula a través de las tuberías hacia el calefactor.



### **1.8.1.1.1. Componentes del lazo de control abierto**

El calefactor y la habitación forman un sistema bajo control, o simplemente sistema (en principio el calefactor también podría ser asignado al actuador). El calefactor suministra cierta cantidad de calor al ambiente a través del medio calefactor circulante. Esto allí se convierte en la correspondiente temperatura ambiente, que luego constituye la variable de salida para todo el lazo abierto.

### **1.8.1.1.2. El efecto de las perturbaciones**

Si se origina una perturbación  $z$  en el lazo de control abierto, el control no "registra" nada porque no se mide la temperatura ambiente en sí misma. Sin embargo, la perturbación constituye calor aditivo o una fuente de frío para la calefacción  $H$  existente dentro del ambiente  $R$ . Como resultado se produce un aumento o una caída no deseada de la temperatura ambiente, dependiendo del tipo de perturbación.

De esta manera se observa que el control de lazo abierto no puede contrarrestar una perturbación externa. Como resultado, la existencia de una perturbación produce una diferencia en la variable bajo influencia (aquí la temperatura) con respecto al valor deseado. Cuanto más fuerte sea la desviación mayor será esta diferencia.



### **1.8.1.2. Control de lazo cerrado**

El control de lazo cerrado implica un proceso de control cerrado en el cual la medición y la realimentación del valor efectivo producen una variable a controlar, llamada comúnmente variable bajo control.

El principio del control automático se basa en la medición y la realimentación de la variable bajo control en el llamado lazo de realimentación. Esto permite una constante comparación entre el valor de consigna y el valor efectivo de manera que el controlador pueda contrarrestar inmediatamente cualquier diferencia que surja entre los dos valores.

#### **1.8.1.2.1. Efecto de las perturbaciones**

Si se presenta una perturbación en el lazo de control cerrado, la temperatura ambiente experimenta inicialmente una leve caída. Sin embargo, como se mide la temperatura ambiente, el controlador registra inmediatamente la diferencia que surge entre el valor de consigna y el valor efectivo y puede así contrarrestarla directamente incrementando el suministro de calor.

#### **1.8.1.2.2. El sistema controlado y la variable bajo control**

La parte central del lazo de control está compuesto por el proceso bajo control, o sistema controlado. En un ejemplo el sistema controlado consiste en la combinación de un calefactor y el lugar (espacio). La variable de salida del sistema

controlado, es decir la variable que se controla, se denota variable bajo control  $x$ . También se le denomina valor efectivo.

#### **1.8.1.2.3. Actuator y variable reguladora**

Ya que el controlador sólo suministra normalmente una señal de baja potencia, se requiere generalmente para accionar el sistema controlado una interfaz que convierte la señal convenientemente. Esta interfaz se llama actuador. La variable de salida del actuador se llama variable reguladora y constituye la variable de entrada del sistema controlado.

#### **1.8.1.2.4. Controlador y señal de error**

El controlador posee la inteligencia del lazo de control bajo la forma de un algoritmo de control. Consiste en un comparador y en el elemento real de mando directo, que es a menudo denominado directamente controlador. El controlador toma la diferencia entre el valor de referencia y la variable de realimentación o señal de error  $e$  – para determinar un control adecuado para el actuador.

#### **1.8.1.2.5. Sensor y variables de perturbación**

El elemento de medición o sensor mide variables físicas controladas  $x$ , para generar una variable de medición adecuada para el trabajo del controlador. Esta variable  $r$  adopta la forma de una tensión o corriente eléctrica. Luego se la

compara con la variable de referencia  $w$  en el controlador mismo. La variable de perturbación  $z$  puede afectar el sistema en diversas ubicaciones del lazo de control cerrado, pero normalmente tiende a afectar directamente al sistema controlado en sí mismo.

#### **1.8.1.2.6. Estructura del lazo de control cerrado**

En la mayoría de los casos el actuador y el elemento de medición son despreciados, esto significa que sus funciones son atribuidas al controlador o al sistema controlado. Entonces obtenemos una estructura considerablemente más sencilla que la estructura original del lazo de control cerrado. En la versión simplificada la señal de error  $e$  se determina directamente a partir de la diferencia entre la variable de referencia  $w$  (valor de consigna) y la variable bajo control  $x$  (valor efectivo).

A diferencia del lazo de control abierto, los lazos de control cerrados son capaces de luchar contra las perturbaciones y eliminarlas completamente, o al menos casi completamente. Esto se logra realimentando el valor efectivo (variable bajo control) que es como termina siendo el lazo de control cerrado - realimentación.

#### **1.8.2. Controlador.<sup>31</sup>**

En el análisis y diseño de cualquier sistema de control, uno de los puntos más importantes a considerar, es definir la forma en como la planta se deberá controlar.

---

<sup>31</sup> [www.infopl.org](http://www.infopl.org)

En un sistema de control de lazo cerrado, el controlador compara el valor efectivo de salida de una planta con el valor deseado, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor mínimo. La forma en que el controlador produce la señal de control recibe el nombre de acción de control.

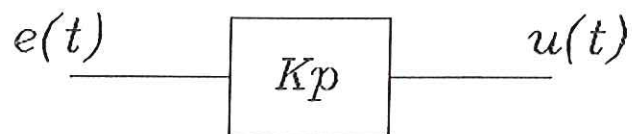
En Control clásico se han planteado una serie de controladores a los que se clasifica de acuerdo a la manera en que generan su señal de control de la siguiente forma:

- a) Control proporcional (P)
- b) Control proporcional e integral (PI)
- c) Control proporcional y derivativo (PD)
- d) Control proporcional, integral y derivativo (PID)

#### 1.8.2.1. Control P

El control proporcional no es más que un amplificador de ganancia ajustable. Su objetivo es hacer más rápida la respuesta del sistema y reducir el error de régimen, lo que se consigue al incrementar la ganancia del controlador. Sin embargo, este incremento en la ganancia puede provocar que el sistema se haga cada vez más oscilatorio.

Figura 32. Bloque del Controlador Proporcional



Tomado de: [www.infopl.org](http://www.infopl.org)

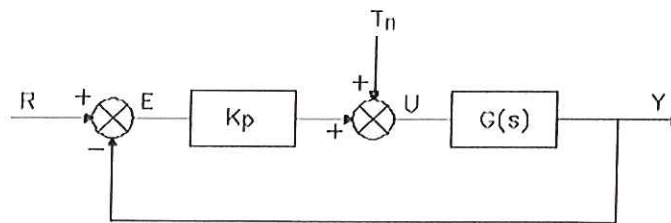


donde:  $U(s) / E(s) = K_p$

$K_p$  = sensibilidad proporcional = ganancia

Sea  $G(s)$  la función de transferencia de la planta a controlar y el controlador proporcional de ganancia  $K_p$  en lazo cerrado, llegamos al siguiente diagrama a bloques:

Figura 33. Sistema con controlador proporcional



Tomado de: [www.infopl.org](http://www.infopl.org)

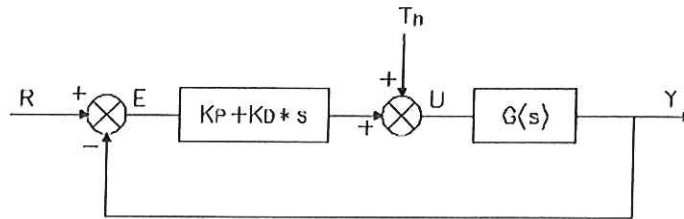
donde  $R(s)$  es la señal de referencia y  $T_n(s)$  es una señal de perturbación.

### 1.8.2.2. Control proporcional-derivativo (PD).

En este tipo de controlador, la parte proporcional P ayuda a incrementar la velocidad de respuesta, mientras que la parte derivativa D tiene su mayor efecto en los transitorios y hace más amortiguado y estable al sistema. Este tipo de control responde a la velocidad de variación del error actuante y puede producir una corrección significativa antes de que el error actuante se haga excesivo, esto significa que la acción derivativa se anticipa el error actuante, inicia una acción correctiva temprana y tiende a aumentar la estabilidad del sistema. El hecho de que la parte derivativa añada amortiguamiento al sistema nos permite el uso de

valores de ganancia  $K_P$  más elevado, lo que produce a su vez un mejoramiento en la exactitud del estado de régimen.

Figura 34. Sistema con controlador PD.



Tomado de: [www.infoplc.org](http://www.infoplc.org)

El control PD es un control con alta sensibilidad. Su desventaja radica en que amplifica señales de ruido y puede producir un efecto de saturación en el acondicionador. Para obtener esta característica derivativa se deriva directamente la señal de error y se le afecta por una constante a la que se denomina constante derivativa. En la figura anterior se muestra el diagrama a bloques del sistema de control con el controlador PD.

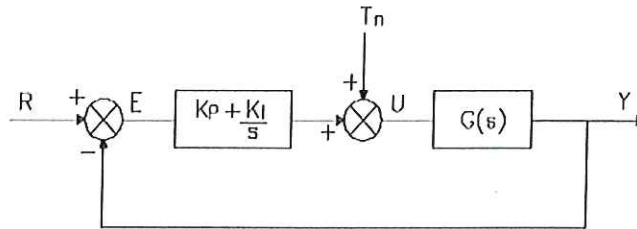
### 1.8.2.3. Control proporcional-integrativo (PI).

Si la función de transferencia del proceso no contiene un integrador ( $1/s$ ), ello implicará que exista un error de régimen en la respuesta a escalón del sistema. Este corrimiento puede ser iluminado si se incluye la acción integrativa. Al aplicar esta acción, se puede dar el caso de que la señal de control  $u(t)$  tenga un valor diferente de cero cuando el error  $e(t)$  es cero. Este controlador tiene la desventaja de que puede llegar a causar problemas de inestabilidad.

Para la obtención de este tipo de acción se añade a la parte proporcional el resultado de integrar la señal de error habiendo afectado a ésta por una cierta constante a la que se denomina constante de integración.

A continuación se muestra un diagrama a bloques del sistema de control en lazo cerrado con un controlador PI.

Figura 35. Sistema con controlador PI.

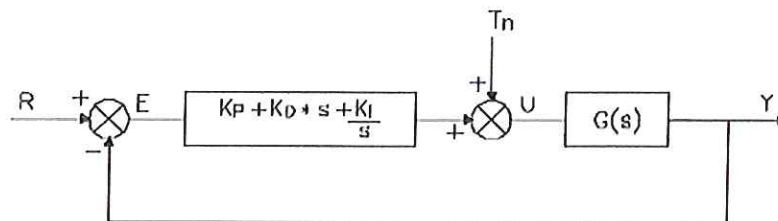


Tomado de: [www.infoplc.org](http://www.infoplc.org)

#### 1.8.2.4. Controlador proporcional-integral-derivativo (PID)

Este controlador incorpora las ventajas que proporcionan cada una de las tres acciones individuales descritas anteriormente. A continuación se muestra el diagrama a bloques del sistema con este tipo de controlador.

Figura 36. Sistema con controlador PID.



Tomado de: [www.infoplc.org](http://www.infoplc.org)

## 1.9 COMUNICACIONES POR TCP/IP

Un protocolo es un conjunto de reglas establecidas entre dos dispositivos para permitir la comunicación entre ambos. Se han desarrollado diferentes familias de protocolos para comunicación por red de datos. El más ampliamente utilizado es el Internet Protocol Suite, comúnmente conocido como TCP / IP. Es un protocolo que proporciona transmisión fiable de paquetes de datos sobre redes. El nombre TCP / IP Proviene de dos protocolos importantes de la familia, el Transmission Control Protocol (TCP) y el Internet Protocol (IP). Todos juntos llegan a ser más de 100 protocolos diferentes definidos en este conjunto.

Una red TCP/IP transfiere datos mediante el ensamblaje de bloques de datos en paquetes, cada paquete comienza con una cabecera que contiene información de control; tal como la dirección del destino, seguido de los datos. Cuando se envía un archivo por la red TCP/IP, su contenido se envía utilizando una serie de paquetes diferentes. El Internet protocol (IP), un protocolo de la capa de red, permite a las aplicaciones ejecutarse transparentemente sobre redes interconectadas. Cuando se utiliza IP, no es necesario conocer que hardware se utiliza, por tanto ésta corre en una red de área local.

El Transmisión Control Protocol (TCP); un protocolo de la capa de transporte, asegura que los datos sean entregados, que lo que se recibe, sea lo que se pretendía enviar y que los paquetes que sean recibidos en el orden en que fueron enviados. TCP terminará una conexión si ocurre un error que haga la transmisión fiable imposible. Desde el punto de vista de un usuario, una red de redes TCP/IP aparece como un grupo de programas de aplicación que utilizan la red para llevar a cabo tareas útiles de comunicación. Los servicios de aplicación de Internet más populares y difundidos incluyen:



- Correo electrónico. Aunque existen muchos sistemas de correo electrónico, al utilizar TCP/IP se logra que la entrega sea más confiable debido a que no se basa en compradoras intermedias para distribuir los mensajes de correo. Un sistema de entrega de correo TCP/IP opera al hacer que la máquina del transmisor contacte directamente la máquina del receptor. Por lo tanto, el transmisor sabe que, una vez que el mensaje salga de su máquina local, se habrá recibido de manera exitosa en el sitio de destino.
- Transferencia de archivos. Los protocolos TCP/IP incluyen un programa de aplicación para transferencia de archivos, el cual permite que los usuarios envíen o reciban archivos arbitrariamente grandes de programas o de datos. El sistema proporciona una manera de verificar que los usuarios cuenten con autorización o, incluso, de impedir el acceso. Como el correo, la transferencia de archivos a través de una red de redes TCP/IP es confiable debido a que las dos máquinas comprendidas se comunican de manera directa, sin tener que confiar en máquinas intermedias para hacer copias del archivo a lo largo del camino.
- Acceso remoto. El acceso remoto permite que un usuario que esté frente a una computadora se conecte a una máquina remota y establezca una sesión interactiva. El acceso remoto hace aparecer una ventana en la pantalla del usuario, la cual se conecta directamente con la máquina remota al enviar cada golpe de tecla desde el teclado del usuario a una máquina remota y muestra en la ventana del usuario cada carácter que la computadora remota lo genere. Cuando termina la sesión de acceso remoto, la aplicación regresa al usuario a su sistema local.

Aunque no es importante en este momento entender los detalles de estos servicios, no se deben omitir del panorama general del TCP/IP:

- Servicio sin conexión de entrega de paquetes. La entrega sin conexión es una abstracción del servicio que la mayoría de las redes de conmutación de paquetes ofrece. Simplemente significa que una red de redes TCP/IP rutea mensajes pequeños de una máquina a otra, basándose en la información de dirección que contiene cada mensaje. Debido a que el servicio sin conexión rutea cada paquete por separado, no garantiza una entrega confiable y en orden. Como por lo general se introduce directamente en el hardware subyacente, el servicio sin conexión es muy eficiente.
- Servicio de transporte de flujo confiable. La mayor parte de las aplicaciones necesitan mucho más que sólo la entrega de paquetes, debido a que requieren que el software de comunicaciones se recupere de manera automática de los errores de transmisión, paquetes perdidos o fallas de conmutadores intermedios a lo largo del camino entre el transmisor y el receptor. El servicio de transporte confiable resuelve dichos problemas. Permite que una aplicación en una computadora establezca una "conexión" con una aplicación en otra computadora, para después enviar un gran volumen de datos a través de la conexión como si fuera permanentemente y directa del hardware.

Muchas redes proporcionan servicios básicos similares a los servicios TCP/IP, pero existen unas características principales que los distingue de los otros servicios:

- Independencia de la tecnología de red. Ya que el TCP/IP está basado en una tecnología convencional de conmutación de paquetes, es independiente de cualquier marca de hardware en particular. La Internet global incluye una variedad de tecnologías de red que van de redes diseñadas para operar dentro de un solo edificio a las diseñadas para abarcar grandes distancias. Los

protocolos TCP/IP definen la unidad de transmisión de datos, llamada datagrama, y especifican cómo transmitir los datagramas en una red en particular.

- Interconexión universal. Una red de redes TCP/IP permite que se comunique cualquier par de computadoras conectadas a ella. Cada computadora tiene asignada una dirección reconocida de manera universal dentro de la red de redes. Cada datagrama lleva en su interior las direcciones de destino para tomar decisiones de ruteo.
- Acuses de recibo punto-a-punto. Los protocolos TCP/IP de una red de redes proporcionan acuses de recibo entre la fuente y el último destino en vez de proporcionarlos entre máquinas sucesivas a lo largo del camino, aún cuando las dos máquinas no estén conectadas a la misma red física.
- Estándares de protocolo de aplicación. Además de los servicios básicos de nivel de transporte (como las conexiones de flujo confiable), los protocolos TCP/IP incluyen estándares para muchas aplicaciones comunes, incluyendo correo electrónico, transferencia de archivos y acceso remoto. Por lo tanto, cuando se diseñan programas de aplicación que utilizan el TCP/IP, los programadores a menudo se encuentran con que el software ya existente proporciona los servicios de comunicación que necesitan.

#### **1.10. TRATAMIENTOS TERMICOS<sup>32</sup>**

Los tratamientos térmicos constituyen una operación fundamental en el proceso de adaptación de los materiales a su finalidad en todas sus construcciones mecánicas, a fin de obtener de ellos las características mas apropiadas.

---

<sup>32</sup>SENA, Subdirección técnico pedagógica Ciencias para la metalmecánica, tratamientos térmicos.



Si se toma un trozo de acero se calienta y posteriormente se enfría, se está modificando su estructura, a esto se le llama tratamiento térmico.

#### **1.10.1. Concepto de tratamiento térmico**

Conjunto de operaciones de calentamiento a determinadas temperaturas, sostenimiento a dicha temperatura y enfriamiento, necesarias para modificar la estructura interna de los materiales dándole determinadas propiedades mecánicas o tecnológicas.

El calor de la soldadura produce tensiones internas en las uniones soldadas. Estas tensiones son producidas por dilataciones y contracciones y pueden ocasionar deformaciones y en algunos casos grietas que conlleven la ruptura de las piezas y por lo tanto existe la necesidad de evitar estas tensiones. Para ello existen tratamientos térmicos especiales que se deben realizar antes y después de efectuada la soldadura.

#### **1.10.2. Tratamientos térmicos previos**

Es una forma de tratamiento que debe conocer todo operario de soldadura en procesos de fusión. Consiste en un calentamiento uniforme de la pieza de trabajo antes de la soldadura, con el fin de repartir el calor. Este calentamiento puede hacerse en hornos o con soplete y la temperatura depende de la composición del acero o de la fundición y del espesor de las piezas. Esta temperatura varía entre



100° y 550° C. Las piezas deben permanecer a esta temperatura durante todo el proceso de soldadura y debe protegerse de las corrientes de aire.

Este tratamiento reduce la velocidad de enfriamiento y con ello la disminución de la dureza, la fisuración del metal depositado y las tensiones internas de las piezas. Este tratamiento previo, permite a las piezas gruesas y rígidas contraerse uniformemente durante el enfriamiento, lo cual elimina las tensiones internas.

Recomendable este tratamiento para piezas de fundición que necesiten ser soldadas (método caliente) y e general para aceros con tendencia al agrietamiento y endurecimiento.

### **1.10.3. Tratamientos térmicos posteriores**

#### **1.10.3.1. Recocido de alivio de tensiones**

Tratamiento térmico utilizado con el fin de aliviar las tensiones internas en las uniones soldadas. Se efectúa calentando las piezas a una temperatura entre 500° a 650° C y enfriándolas uniformemente, lo más lento posible con el fin de evitar la formación de nuevas tensiones (enfriamiento del horno apagado).

Se emplea frecuentemente este tratamiento en establecimientos que ejecutan grandes cantidades de soldaduras en piezas de construcción con grandes exigencias (calderas, construcción naval pequeña, etc.).

El calentamiento de estas grandes piezas se efectúa en hornos grandes de recocer con buena regulación de temperatura. En el caso que exista la obligación del recocido de soldaduras circulares en tuberías para conducción a larga

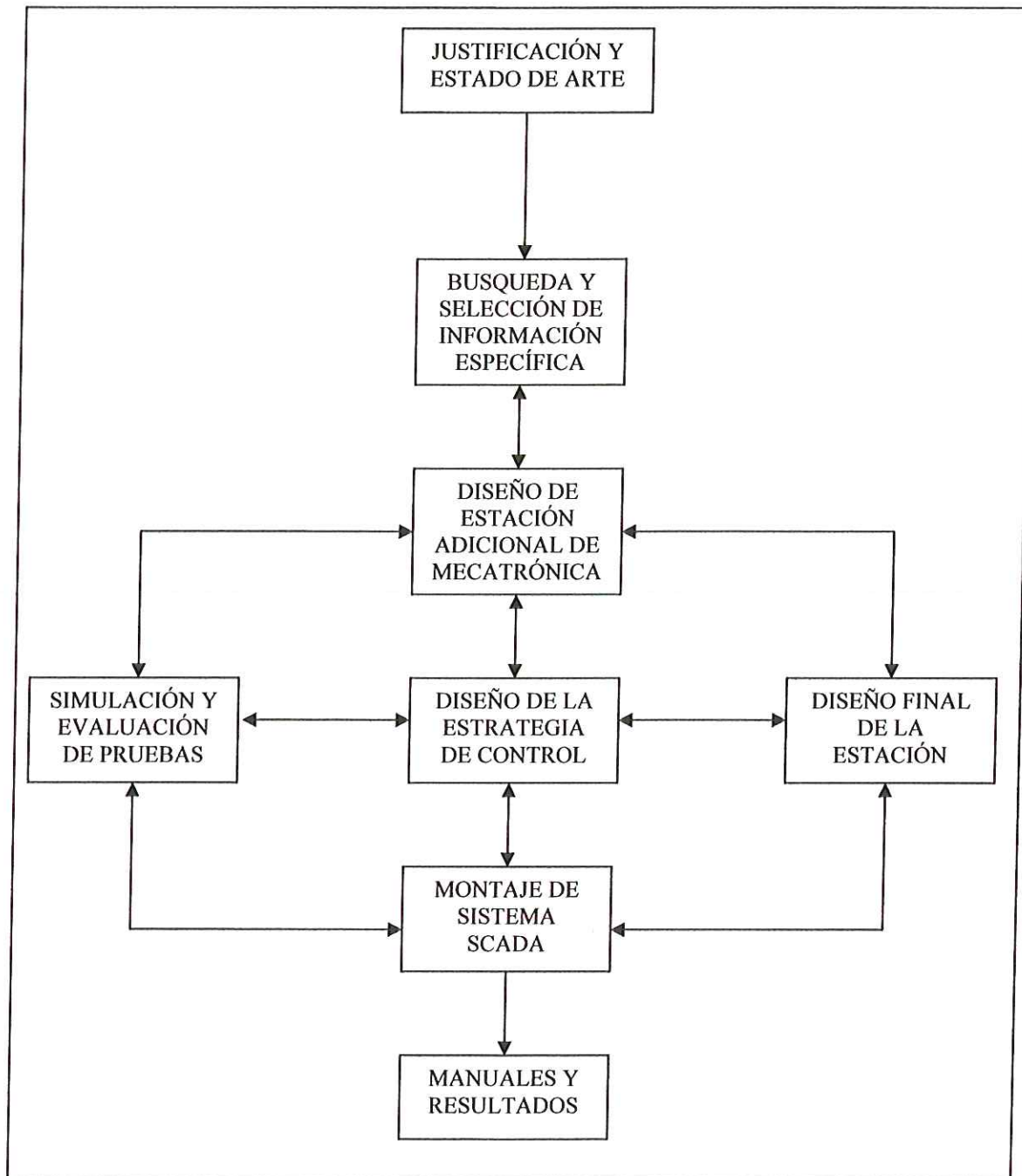
distancia y de gran diámetro, entonces el calentamiento se efectúa con sopletes de llamas múltiples (recocido a la llama).

#### **1.10.3.2. Recocido de normalización o recristalización**

Las costuras soldadas tienden a dejar un grano grueso. Estas estructuras de grano grueso son más sensibles a la fisuración que las estructuras de grano fino. El recocido de normalización provoca la formación de una estructura de grano fino en el metal de base y en el depositado. Se efectúa en hornos de recocer a temperaturas que van de 800° a 920° C, dependiendo de el porcentaje (%) de carbono de las piezas. Para el enfriamiento es importante pasar rápidamente por el campo de temperaturas comprendidas entre 920° y 600° C, porque de lo contrario se corre el riesgo de provocar la formación de grano grueso nuevamente. Después de 600° C hasta la temperatura ambiente, el enfriamiento se efectúa lentamente en el horno.

## 2. DISEÑO MECATRÓNICO

Figura 37. Diseño de estación de mecatrónica.



El autor.

En el diseño de la estación adicional de mecatrónica para el laboratorio de automatización del SENA de Barrancabermeja, se hace una búsqueda de información respectiva a las opciones existentes en el mercado, se marcan pautas correspondientes al diseño y se desecha la información que no encaja dentro de los requerimientos y finalmente se hace un diseño detallado que incluye la parte física y proceso, el sistema de control y adquisición de datos y el sistema de monitoreo y comunicación que además de herramientas educativas en la automatización sea una muestra clara de lo que se evidencia en la industria de procesos y sirva como guía práctica para la solución de problemas en circunstancias reales.

Para el diseño físico del sistema se parte del banco clásico ofrecido por BOSCH, en su estación MSS (Mechatronic Standar Station), donde se tiene un tablero de control, un sistema secuencial neumático, un sistema de transporte y almacenamiento mecánico, y una etapa de control de temperatura.

En la selección del software y controlador se opta por utilizar un sistema de Opto 22 por ser un sistema abierto, por su facilidad de programación, por el uso en la región en sistemas de explotación de crudo y para poder trabajar un modulo especial de temperatura con protocolo Hart y transmisores inteligentes.

Como en esta investigación se hace el diseño de la estación y no la construcción, se hacen las simulaciones respectivas en el modulo de opto 22 Snap Ultimate verificando así la programación del proceso y optimizando el diseño y la estrategia de control.

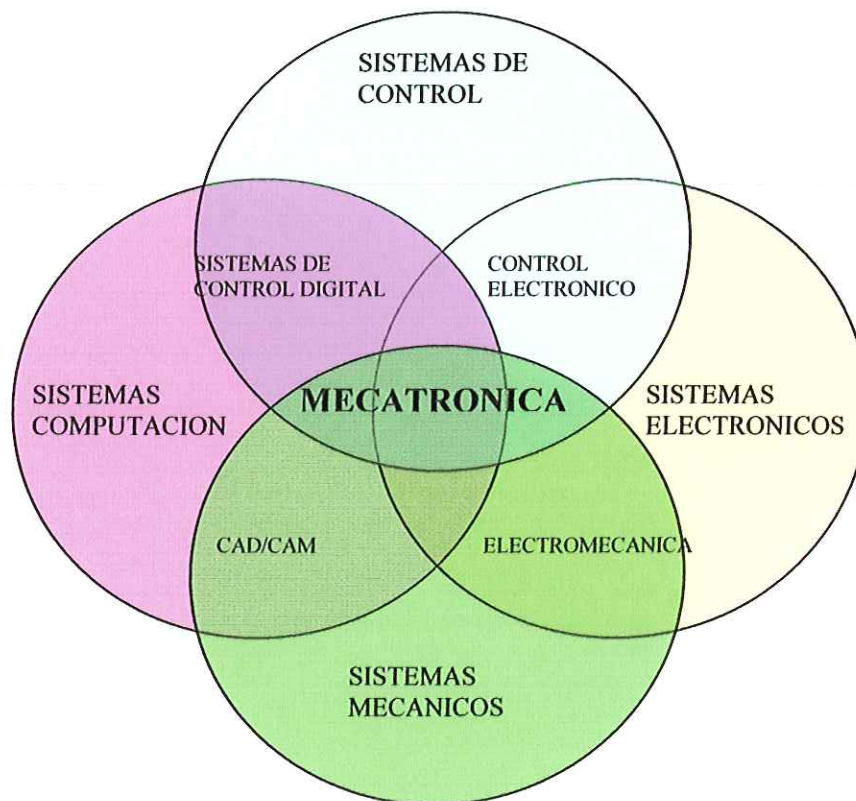
Después de realizar pruebas y simulación se procede a redactar los manuales que describen su funcionamiento y practicas de la estación de mecatrónica y se dejará abierta la posibilidad de implementación y construcción del sistema.



## 2.1. METODOLOGIA DEL DISEÑO MECATRONICO

En el diseño de una estación de mecatrónica hay que tener en cuenta que esta vaya de acuerdo con su definición, esa que dice que la mecatrónica es la sinergia de la ingeniería mecánica, la electrónica, los sistemas computacionales y la automatización para generar productos y servicios con mejores cualidades y desempeño respecto a los demás. Es decir un sistema que integre estas ingenierías como se muestra a continuación:

Figura 38. Naturaleza integradora y multidisciplinaria de mecatrónica



Tomado de: [www.mty.itesm.mx/dia/deptos/dma/mecatronica.htm](http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/dma/mecatronica.htm)

Dentro del diseño de la estación de mecatrónica se hace indispensable la integración de varios de los puntos del gráfico anterior para que no pierda su identidad mecatrónica y cumpla con los requerimientos mínimos para su ejecución.

De esta forma, se describe a continuación cada uno de los aspectos utilizados en el diseño y su importancia en el proyecto:

**CAD/CAM:** diseño de la parte física de la estación, mecanismos y estructuras necesarias para que funcione correctamente.

**ELECTROMECHANICA:** motor y mecanismos de transporte, sistemas de protección eléctrica, relés y contactores, sistemas electroneumáticos.

**CONTROL ELECTRONICO:** procesador o cerebro, tarjeta principal y módulos de adquisición de datos.

**CONTROL DIGITAL:** todo el sistema opto 22 incluyendo el sistema SCADA loDisplay y todo el protocolo de comunicaciones.

Por otra parte, se describen a continuación los pasos a seguir en la puesta en marcha del proyecto.

Se parte de una investigación, se indaga en los entes educativos de la región sobre este tema, las empresas a nivel regional, nacional e internacional que tipo de productos y servicios utilizan para resolver tareas de automatización, y finalmente que ofrecen las diferentes empresas reconocidas en el campo y que dichos productos cumplan con los objetivos, criterios de selección y diseño de este proyecto.

Además, todo lo correspondiente al sistema opto 22, que empresas lo están utilizando y bajo que condiciones, en la región, en Colombia y en el mundo.

Hay que realizar una clasificación de la información, se hace una búsqueda de temas específicos, sensores inteligentes, tipos de cilindros neumáticos características técnicas, transmisores SMART y demás.

Consecuentemente se procede al diseño del banco de mecatrónica y de su estación adicional, que incluye diseño en un software CAD, planos, secuencias, transporte, tipo de mecanismos con sus correspondientes cálculos, simulación y mejoras. Hay que tener en cuenta que se parte de lo que hay, como la estación MSS que es un conjunto de estaciones de mecatrónica donde el estudiante puede desarrollar programación en serie en el sistema o en forma individual, y donde el diseño final del banco va de la mano con los existentes para mantener la armonía estética y práctica del laboratorio de automatización.

Posteriormente el diseño de la estrategia de control parte fundamental de este proyecto, donde se hace la programación de la estación con el software de opto 22, en loControl, donde se programa por medio de diagramas de flujo.

Así mismo la Implementación del sistema SCADA donde se desarrolla un entorno amigable al usuario, con alarmas, tendencias, opciones, información en línea, y se llevara a cabo en el software de opto 22, loDisplay, que cuenta con una serie de opciones importantes en la visualización en tiempo real.

Finalmente simulación y evaluación del sistema aplicando los correctivos finales en programación y diseño los cuales son retroalimentadores del proceso, se ultiman ajustes a la estrategia de control y ergonomía del diseño.

Paralelamente la redacción de manuales, documentación y organización de la información recogida a través del proceso, que incluye un manual básico de programación y configuración de opto 22, (estrategias de control y sistema SCADA), planos y simulación de estación adicional, manual de operación y características técnicas.

## **2.2. DISEÑO Y CRITERIOS DE SELECCION**

### **2.2.1. Criterios de selección de medios de trabajo**

Los medios de trabajo son los siguientes:

- Electricidad
- Neumática
- Combinación de estos medios

Así mismos los criterios de selección y características de los sistemas, a tomar en cuenta al elegir los medios de trabajo son:

- Carrera
- Tipo de movimiento (lineal, giratorio, rotativo)
- Velocidad (rapidos)
- Vida útil
- Seguridad y fiabilidad
- Costos de energía
- Operabilidad



### **2.2.2. Medios de control**

- Mecánica
- Electricidad
- Electrónica
- Neumática

Criterios de selección y propiedades del sistema, a tomar en cuenta al elegir los medios de control

- fiabilidad de los componentes
- sensibilidad frente a factores externos
- facilidad de mantenimiento y reparación
- tiempo de respuesta de los elementos
- velocidad de la transmisión de señales
- espacio necesario
- vida útil
- posibilidad de modificar el sistema
- necesidad de ofrecer recursos

### **2.2.3. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR**

En la selección del controlador incluyendo software de programación y de visualización se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Entradas y salidas, tanto digitales como análogas
- Comunicación
- Facilidad de programación

- Interfaces HMI y fácil configuración de esta
- Sistemas abiertos
- Aplicaciones en la industria tanto regional como internacional
- Practicidad para la enseñanza

### **2.2.3.1. ENTRADAS Y SALIDAS**

Para el desarrollo del proyecto y prácticas adicionales se tienen estimadas 19 entradas y 9 salidas digitales, 2 entradas y 1 salida análoga.

En las entradas digitales tenemos:

- Pulsador START
- Pulsador STOP
- Pulsador PASO A PASO
- Sensor inductivo de proximidad
- Final de carrera de túnel de temperatura FC1(S1)
- Final de carrera de túnel de temperatura FC2(S2)
- Final de carrera de túnel de temperatura FC3(S3)
- Sensor magnético de cilindro sin vástago posición inicial B1
- Sensor magnético de cilindro sin vástago posición final B2
- Sensor magnético de cilindro que desplaza la pinza posición inicial B3
- Sensor magnético de cilindro que desplaza la pinza posición final B4
- Sensor magnético de pinza B5
- Final de carrera de transporte hacia el almacén FCA1(S4)
- Final de carrera de transporte hacia el almacén FCA2(S5)
- Final de carrera de transporte hacia el almacén FCA3(S6)
- Final de carrera de transporte hacia el almacén FCA4(S7)
- Sensor magnético de cilindro de empuje al almacén posición inicial B6

- Sensor magnético de cilindro de empuje al almacén posición final B7

#### Salidas digitales:

- Actuador solenoide de rampa SOLENOIDE
- Bobina 1 de electroválvula 5/3 de cilindro de túnel de temperatura Y1
- Bobina 2 de electroválvula 5/3 de cilindro de túnel de temperatura Y2
- Bobina de electroválvula 5/2 de cilindro de cilindro sin vástago Y3
- Bobina de electroválvula 5/2 de cilindro que sostiene la pinza Y4
- Bobina de electroválvula 5/2 de cilindro de pinza Y5
- Bobina de electroválvula 5/2 de cilindro de empuje al almacén Y6
- Relé que activa el motor hacia la derecha (sentido horario) R1
- Relé que activa el motor hacia la izquierda (sentido anti-horario) R2

#### Entradas análogas:

- Sensor de temperatura (mV)
- Transmisor smar (4-20 mA)

#### Salida análoga:

- Resistencia eléctrica

### **2.2.3.2. COMUNICACIÓN**

Se espera que el sistema de control tenga la capacidad de trabajar en red Ethernet TCP/IP, RS232, y adicionalmente sea un sistema abierto y pueda trabajar con otros protocolos como por ejemplo HART para así conectar al sistema transmisores inteligentes, MODBUS, CANBUS, etc.

### **2.2.3.3. FACILIDAD DE PROGRAMACION**

Para practicas en proyectos, para solución de problemas en automatización y para la ejecución de esta investigación se busca un software que además de de ser de fácil manejo brinde al programador una visión secuencial del proceso con condiciones y por etapas de ejecución buscando crear en el programador una concepción real de sistemas automáticos.

### **2.2.3.4. INTERFACE HMI**

Lo ideal es que el software incluya una interface HMI (aspecto económico) para visualización de procesos controlados por el sistema de control, además que se pueda visualizar desde interfaces de otras maracas (sistemas abiertos).

### **2.2.3.5. SISTEMAS ABIERTOS**

Cuando se trae a mención el término sistema abierto, se refiere a la cualidad del sistema para interactuar con otros dispositivos (sensores, actuadores y controladores) de otras marcas y que trabajen bajo diferentes protocolos de comunicación sin tener que hacer grandes inversiones de tiempo y dinero para conseguirlo tanto a nivel de campo y superiores.

### **2.2.3.6. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA TANTO REGIONAL COMO INTERNACIONAL**

Como ingeniero mecatrónico, hay que estar a la vanguardia de lo que se esta utilizando en sistemas de control en las empresas de la región, en el campo



nacional e internacional, y las actualizaciones que las empresas tradicionales realizan a sus productos y servicios. Basado en este criterio se indaga en instituciones, empresas y por supuesto en lo que ya se tiene y se esta trabajando en el laboratorio de automatización del SENA de Barrancabermeja.

#### **2.2.3.7. PRACTICIDAD PARA LA ENSEÑANZA**

La idea, es que este sistema facilite el uso de herramientas pedagógicas para la enseñanza del mismo. Por ejemplo, dentro de una red LAN tener comunicados varios equipos de configuración al sistema de control y así tener varios puestos de trabajo con un solo sistema. De la misma forma para la programación y el sistema HMI.

#### **2.2.3.8. SELECCIÓN DE OPTO 22 ( VENTAJAS )**

Por el cumplimiento de los requerimientos (ventajas) citados anteriormente se decidió por el sistema de control Ultimate Opto 22 ya que cumple con las siguientes características:

- Programación de lógica de secuencia utilizando diagrama de flujos
- Desarrollar algoritmos analógicos
- Programación en lenguajes de alto nivel como C, C++, XML
- Realizar drivers de comunicación con equipos de campo
- Utilización de drivers de comunicación como MODBUS, HART; ASCII
- Sintonización de lazos de control PID
- Implementación de sistemas interfaces Hombre Maquina, HMI, desarrollo de mímicos, tendencias, históricos, reportes, bases de datos.
- Trabajar con protocolos de red IP, 10/100 Mbps
- Posibilidad de comunicación via MODEM con protocolo punto a punto (PPP)

- Utilización del software cliente OPC.
- Facilidad de detección de daños
- Facilidad de documentación (documentación en línea)
- Accesibilidad a datos por red

Además de las anteriores características hay una razón importante al escoger el sistema Opto 22 y es la necesidad de entrenar al estudiante de automatización (a nivel técnico en SENA de Barrancabermeja) en un sistema que se está utilizando en la región por empresas exploradoras y explotadoras de crudo.

Algunos de los entes y lugares de la región donde se está utilizando esta herramienta de control son:

- ECOPETROL CASABE: Estación de recolección No 3, subestación eléctrica, estación de bombeo de inyección de agua Casabe, manifold de inyección, estación de bombeo Cóndor, SCADA de pozos productores.
- ECOPETROL EL CENTRO: Deshidratador la Cira, manifold de inyección, estación de inyección No 5, 7 estaciones de recolección.
- ECOPETROL ICP: Los laboratorios están siendo implementados con software y hardware Opto 22.
- ECOPETROL REFINERIA
- ECOPETROL GAM
- ECOPETROL CAÑO LIMON COVEÑAS: Automatización de todas las estaciones de bombeo.
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA: Automatización de la estación de bombeo.

#### **2.2.4. DESVENTAJAS**

- Detección de fallas en programación solo en comprobación en línea tanto en iocontrol como iodisplay.
- Solo cuatro entradas o salidas digitales por modulo lo que incrementa considerablemente el costo en procesos con gran numero de entradas y salidas.
- El único proveedor del sistema en el país es SINCRON SA lo que limita en tiempos obtener repuestos y elementos del sistema.
- Un costo elevado en inversión inicial aunque a mediano plazo se retribuye por tiempo y costos de mantenimiento.
- Alto costo de módulos análogos (4 veces el costo de un modulo digital)
- Hasta ahora esta siendo implementado en entes educativos como el sena por lo cual no hay mucha información sobre el dispositivo en el medio

#### **2.2.5. OTRAS ALTERNATIVAS**

Para el sistema de control se pusieron a consideración opciones tentativas del mercado, por su costo, por sus aplicaciones y por su software tanto en programación como en interface HMI.

Las opciones que estuvieron latentes fueron las siguientes:

- National Instruments con software Labview
- Bosch con software winsps
- Siemens con software Step 7 y Wincc
- Festo montado con SCADA en Microsoft Excel
- ABB
- BOYLE



- Automation Studio con tarjetas de control al PC

De las anteriores opciones la de National Instruments fue la más cercana en selección pero su implementación es poco didáctica para la adquisición de conceptos en programación y secuencias de control. Además, en la región, en procesos industriales fuertes no es comúnmente utilizado y su software para el concepto de algunos, es poco amigable.

BOYLE fue una interesante alternativa en cuanto a estructura y banco de mecatrónica ya prefabricado, el cual simulaba un proceso químico real.

Los sistemas de control Bosch, Festo y Siemens fueron descartados a pesar de su trascendencia en el medio ya que en el laboratorio de automatización se cuenta con equipos, software e instrumentación de estas marcas.

Sin embargo, los actuadores neumáticos y eléctricos (cilindros y motores) referenciados para los diseños son los utilizados en los bancos de mecatrónica por empresas de la marca Bosch y Festo.

#### **2.2.6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA**

La estructura mecánica ha sido diseñada en base a las estaciones didácticas mecatrónicas que se encuentran en el mercado como las ofrecidas por FESTO, BOSCH, BOYLE, entre otras. Además, debe cumplir con la estética y la ergonomía de los otros sistemas de entrenamiento utilizados en el laboratorio de automatización del SENA de Barrancabermeja.



Figura 39. Estructura de la estación de mecatrónica



El autor

### **2.2.7. SELECCIÓN DE LOS PROCESOS Y ELEMENTOS DEL SISTEMA**

En la industria, en el campo de la automatización (automatizados y por automatizar), se ven a menudo procesos que involucran transporte de personas, equipos o productos, procesos de donde se controlan variables como temperatura (hornos, piscinas, oficinas), nivel, presión, y algo muy importante monitoreo de los mismos procesos por seguridad a los operarios y al sistema como tal. Teniendo en cuenta lo anterior se decidió por procesos en línea que involucrara sino todos, la mayoría de estos procesos.

Por la tanto en este diseño se incluyen:

- Detección
- Transporte
- Control de temperatura
- Sistema de almacenamiento
- Actuadores neumáticos (cilindros, electroválvulas) y eléctricos (motor DC)

#### **2.2.8. REFERENCIA DE ELEMENTOS**

- Unidad de mantenimiento neumático FESTO.  
Válvula Reguladora  
Referencia: LRF ¼-D-MIN  
Electroválvula  
Referencia: HEE-D-MINI-24
- Regulador de caudal (estrangulación y anti-retorno) FESTO  
Referencia: GRLA-M5-B
- Perfil en aluminio FESTO para estructura  
Referencia: IPM-PN-05-20\*40  
Referencia: IPM-PN-05-20\*20
- Bloque (manifold) de electroválvulas neumáticas 5/2 monoestables FESTO.  
Referencia: CPV10P-10-6A-MP
- Electroválvula neumática 5/3 biestable FESTO  
Referencia: MEBH-5/3B-1/8-B
- Racor rápido roscado FESTO

Referencia: QSM-M5-6

- 3 Pulsadores para START, STOP y PASO

Referencia: SHPG-30-P2

- Fuente dual de 24 voltios DC

Entrada: 110 AC-3,2 A; 220AC-1,6 A.

Salida: 24 VDC-6,5 A

Referencia: MEAN WELL – SI50-24

- Relé Térmico de sobrecarga

Referencia: LG GTH-22/3

- Contactor eléctrico

Referencia: LG GMC (D)-12 a 110 VAC-60 HZ

- Conjunto Transportador lineal Bosch Didactic

Referencia: LF400 PMS

Este contiene entre otros los siguientes elementos fundamentales al sistema:

- Conjunto Transportador lineal Bosch Didactic

Referencia: LF400 EO-2S

### **2.2.9. SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES**

Como se vieron anteriormente los criterios de selección de actuadores se explica a continuación cual y porque se decidió por cada uno de ellos.

### **2.2.9.1. Selección de los actuadores neumáticos**

Los cilindros neumáticos básicamente se seleccionaron de acuerdo a la presión de trabajo (promedio de trabajo a 6 bar), tamaño y carrera.

Este cilindro es quien porta la pinza y va sujeto al cilindro sin vástago, es pequeño, liviano y con una carrera de 50 mm.

- Cilindro neumático doble efecto FESTO  
Referencia: ADN-012-50-A-P-A

La pinza con dedos internos y una corta carrera, sus dedos llevan un dispositivo adicional el cual se debe implementar en el ensamble según las características de pieza.

- Cilindro simple efecto pinza FESTO  
Referencia: HGP-16-A-B

Este cilindro hace parte de un banco didáctico Bosch Rexroth llamado Automec, se seleccionó por su carrera, tamaño, peso y no habría que comprarlo ya que se encuentra disponible en el laboratorio de Automatización de SENA Barrancabermeja.

- Cilindro sin vástago neumático Bosch Didactic  
Bosch Rexroth Teknika AB, diam. 16 mm – ST 300 8 bar max  
Referencia: 170-760-100-0



### **2.2.9.2. Selección de actuadores eléctricos**

En el sistema como actuadores eléctricos se tiene:

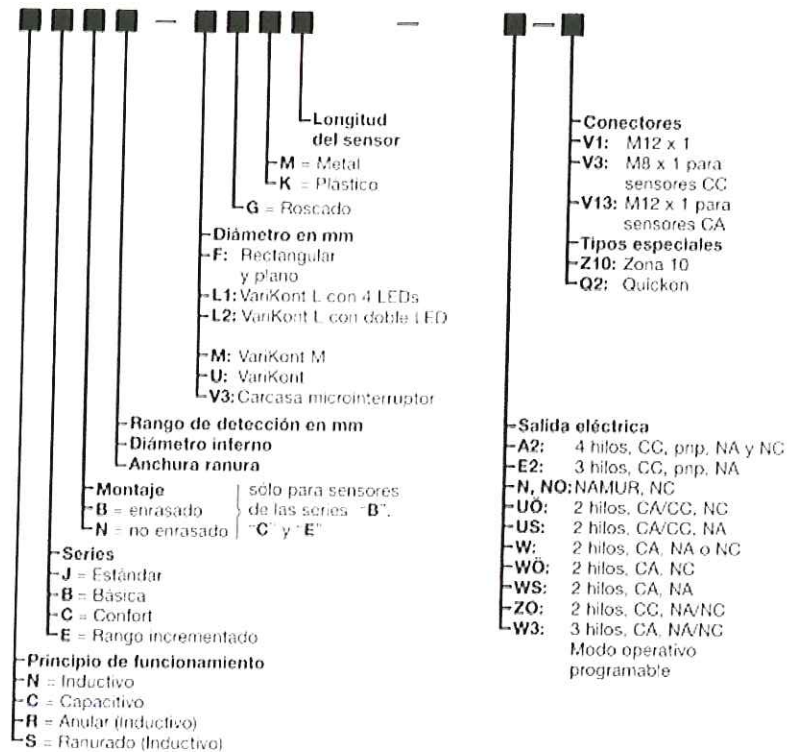
- Motor DC de 24 VDC Combinación motor-transmisión 24V; el cual viene incluido en el conjunto transportador lineal Bosch.  
Referencia: 501757
- Imán elevador en miniatura 24 VDC Bosch  
Referencia: 501 550

### **2.2.10. SELECCIÓN DE LOS SENSORES**

Los sensores seleccionados se basaron escogiéndolos por el principio de funcionamiento.

Para la detección en los cilindros neumáticos se utilizan sensores magnéticos tipo red, para la detección en el transporte lineal y en el almacén se utilizan finales de carrera llamados también micro –interruptores, en la pinza cuyo principio es un mini-cilindro neumático, se utiliza un inductivo al igual que en la detección inicial del proceso en la rampa.

Figura 40. Selección de sensores.



Tomado de: [http://www.coinsur.com/automatismos/sen\\_capacitivos/a\\_23\\_21.html](http://www.coinsur.com/automatismos/sen_capacitivos/a_23_21.html)

Los sensores fueron seleccionados por su practicidad para ser puestos en las ranuras de los diferentes cilindros y son los más utilizados en estos casos.

- Sensores magnéticos FESTO  
Referencia: SME-8K-24-56
- Indicador de aproximación inductivo Bosch Didactic  
Referencia: M18 501 390

## **2.3. DESCRIPCION DEL PROCESO**

El funcionamiento del banco de mecatrónica consiste en recibir una pieza procedente de un proceso de fusión de dos materiales. Esta pieza se le realizará entonces un proceso térmico de recocido y posteriormente se transportará y almacenará de forma ordenada. Este es un proceso secuencial que consta de 4 etapas importantes tanto en concepto como en programación y son las siguientes:

- Detección
- Transporte
- Proceso térmico
- Almacén

Las metas de aprendizaje en este proceso se pueden resumir en:

- Neumática
- Accionamientos eléctricos
- Fundamentos de posicionamiento
- Análisis sensorio
- Mecánica (accionamiento por correa dentada, guía lineal, ajuste)
- Técnica de seguridad (interruptores limitadores, análisis de riesgos)

### **2.3.1. Detección**

La detección es una parte importante en los procesos de automatización, ya sea en procesos domésticos, químicos o industriales. Para estas tareas por lo general

se utilizan sensores y se utilizan desde los más sencillos hasta los mas complejos, desde detectores mecánicos hasta magnéticos.

En este caso en particular, en la detección, se utilizan en la etapa de transporte lineal y almacén, finales de carrera mecánicos, en los cilindros giratorios, sensores magnéticos, y, finalmente en el control de temperatura del proceso térmico, una termocupla tipo J, conectada a un transmisor smar TT301 el cual utiliza protocolo hart para su comunicación.

### **2.3.2. Transporte**

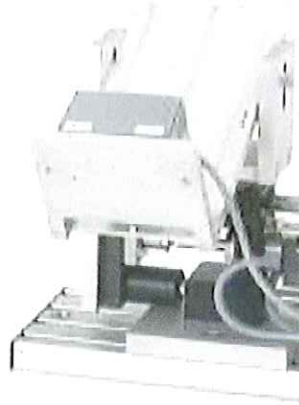
En procesos secuenciales el transporte de materia prima o productos juega un papel importante dentro de un sistema automático, debido a que, sino se optimiza y se tiene en cuenta todas las variables que influyen en el proceso, un mínimo error puede causar grandes perdidas económicas.

#### **2.3.2.1. Plano inclinado**

El plano inclinado es un dispositivo de manipulación, con el cual se pueden transferir piezas mediante deslizamiento. El requisito es que exista una suficiente diferencia de altura entre las posiciones de toma y de transferencia.



Figura 41. Plano inclinado



Tomado de Bosch Rexroth Didactic

La banda de deslizamiento es de dos vías y se cierra con bloqueos de vía accionados de forma electromagnética, los cuales permiten la separación y transferencia controladas de las piezas al conjunto siguiente.

### 2.3.2.2. Sujeción y transporte

La mordaza elevable es un aparato de manipulación de funcionamiento neumático con dos ejes de movimiento y una mordaza. Las piezas son tomadas, elevadas y, después de un movimiento lineal son colocadas de nuevo.

Figura 42. Sujeción y transporte



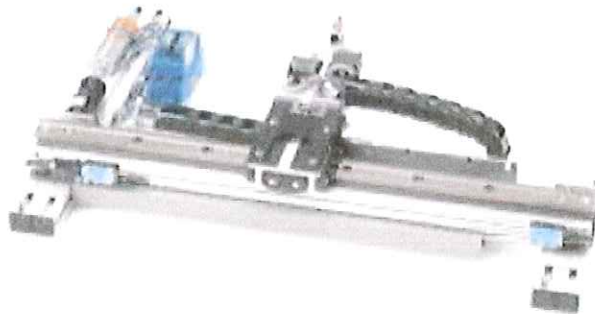
El autor

Para elevación y transporte se dispone, respectivamente, de dos interruptores de cilindro para la consulta de posición. En la pinza misma se encuentra también un sensor (inductivo), el cual detecta el estado de mordaza "cerrada".

### 2.3.2.3. Transporte lineal

Para el transporte lineal, se utiliza una banda transportadora la cual es impulsada por un motor de 24v de corriente continua, conectado a un sistema de polea y rueda dentada. Este sistema es vendido por Bosch didactic.

Figura 43. Transportador lineal.



Tomado Bosch Rexroth Didactic

El movimiento del motor es accionado por dos relés, uno para movimiento a la izquierda y otro hacia la derecha.

Entre la etapa de tratamiento térmico y transporte al almacén hay un cilindro giratorio con su respectiva pinza (neumáticos) el cual lleva la pieza del fin de una etapa al comienzo de la otra.

### 2.3.3. Tratamiento térmico

El tratamiento térmico que se simula en este caso es de recocido el cual consiste en aliviar las tensiones superficiales de los materiales después de un proceso mecánico de manufactura en este caso, fusión de dos materiales.

Consiste en mantener la temperatura por medio de un control PID en ciertos márgenes estos pueden ser modificados por software según criterio del usuario.

Figura 44. Túnel de temperatura



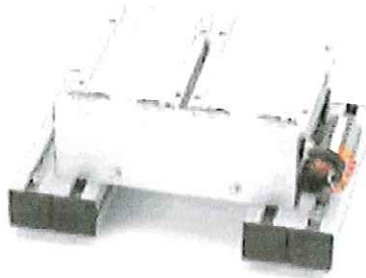
Tomado de Bosch Rexroth Didactic

En este caso, el calentamiento va estar a cargo de una resistencia la cual por diferencia de voltaje mantendrá el valor de temperatura en el rango establecido. El túnel de calentamiento, el cual simula un horno, es un cilindro neumático sin vástago el cual es accionado por una electroválvula 5/3; debido a las tres posiciones del cilindro, recoge la pieza, le realiza el proceso y finalmente la pone en posición para ser retirada al almacén.

### 2.3.4. Almacén

El almacén es la parte final del proceso. Después del tratamiento térmico la pieza es conducida hacia el almacén donde es organizada sin ningún criterio específico.

Figura 45. Almacén.



Tomado de Bosch Rexroth Didactic

El almacén consta de cuatro vías donde son acomodadas las piezas después de culminado el proceso. La idea es que se organicen fila por fila a medida que se van llenando. Las piezas llegan a su posición por un pequeño cilindro neumático que las desplaza hacia los rieles. Este cilindro está estratégicamente puesto sobre la mesa de transporte. Para cada vía del palet se dispone de un sensor del nivel de llenado (microinterruptor), el cual señala cuando este totalmente lleno.

## 2.4. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL

En el diseño de la estrategia de control, hay que tener en cuenta factores importantes involucrados en el proceso tales como, las entradas, las salidas y la secuencia de los procesos. Además, la seguridad es un ítem importante en la ejecución de una tarea de automatización. A continuación se muestran las entradas y salidas del proyecto así como la identificación de los respectivos módulos donde se encuentran referenciadas.



Figura 46. Configuración de puntos de entrada

Module and Points	Type	Feat...	Units	Enabled	Ref Count
[0] SNAP-DCC0. 2.5 - 28VDC	Digital Input				
(0) START		None		Enabled	0
(1) STOP		None		Enabled	0
(2) PASO_A_PASO		None		Enabled	0
(3) SENSOR_DE_PROXIMIDAD		None		Enabled	0
[1] SNAP-DCC0. 2.5 - 28VDC	Digital Input				
(4) FC1		None		Enabled	0
(5) FC2		None		Enabled	0
(6) FC3		None		Enabled	0
(7) B1		None		Enabled	0
[2] SNAP-DCC0. 2.5 - 28VDC	Digital Input				
(8) B2		None		Enabled	0
(9) B3		None		Enabled	0
(10) B4		None		Enabled	0
(11) B5		None		Enabled	0
[3] SNAP-DCC0. 2.5 - 28VDC	Digital Input				
(12) FCA1		None		Enabled	0
(13) FCA2		None		Enabled	0
(14) FCA3		None		Enabled	0
(15) FCA4		None		Enabled	0
[4] SNAP-DCC0. 2.5 - 28VDC	Digital Input				
(16) B6		None		Enabled	0
(17) B7		None		Enabled	0
(18) Not Used					
(19) Not Used					
[5] SNAP-DCC5 i 5 - 60VDC Isolated	Digital Output				
(20) SOLENOIDE		None		Enabled	0
(21) Y1		None		Enabled	0
(22) Y2		None		Enabled	0
(23) Y3		None		Enabled	0
[6] SNAP-DCC5 i 5 - 60VDC Isolated	Digital Output				
(24) Y4		None		Enabled	0
(25) Y5		None		Enabled	0
(26) Y6		None		Enabled	0
(27) Not Used					
[7] SNAP-DCC5 i 5 - 60VDC Isolated	Digital Output				
(28) R1		None		Enabled	0
(29) R2		None		Enabled	0
(30) Not Used					
(31) Not Used					
[8] SNAP-ADV-27	Analog Output				
(32) RESISTENCIA_ELECTRICA		-10...		Enabled	0
(33) Not Used					
[9] SNAP-AITM	Analog Input				
(34) TERMOCUPLA		Typ...		Enabled	0
(35) Not Used					
[10] SNAP-AIMA i	Analog Input				
(40) SENAL_DE_TRANSMISOR		-20... mA		Enabled	0

El autor

Después de realizar este procedimiento se realiza la configuración del controlador PID. En la figura 50, se puede observar los parámetros necesarios para el funcionamiento del PID, la entrada, la salida y el valor del setpoint. También nos

presenta una herramienta adicional de PID y es el tipo de algoritmo bajo el cual va a correr.

Figura 47. Configuración del PID.

The screenshot shows a software window titled "Add PID Loop" with a close button in the top right corner. The window contains the following configuration fields:

- Name:** CONTROL\_PID\_DE\_TEMPERATURA
- Description:** (empty)
- Input:** I/O Point dropdown menu, value: SENAL\_DE\_TRANSMISOR, with a  Square Root checkbox.
- Low Range:** 0
- High Range:** 120
- Setpoint:** Host dropdown menu, Initial Value: 100
- Output:** I/O Point dropdown menu, value: RESISTENCIA\_ELECTRICA
- Lower Clamp:** -10
- Upper Clamp:** 10
- Min Change:** 0
- Max Change:** 0 (0 disables min/max change)
- Output options for when the input is out of range:**
  - Switch to manual mode when input goes out of range
  - Force output when input is out of range (auto mode only)
  - Output value when input is under-range: [ ] and over-range: [ ]
- Algorithm:** Velocity dropdown menu
- Gain:** 1
- Fd Fwd Initial:** 0
- Mode:** Velocity, ISA, Parallel, Interacting dropdown menu
- Tune I:** 0
- Fd Fwd Gain:** 0
- Tune D:** 0
- Scan Rate:** 0
- Enable communication

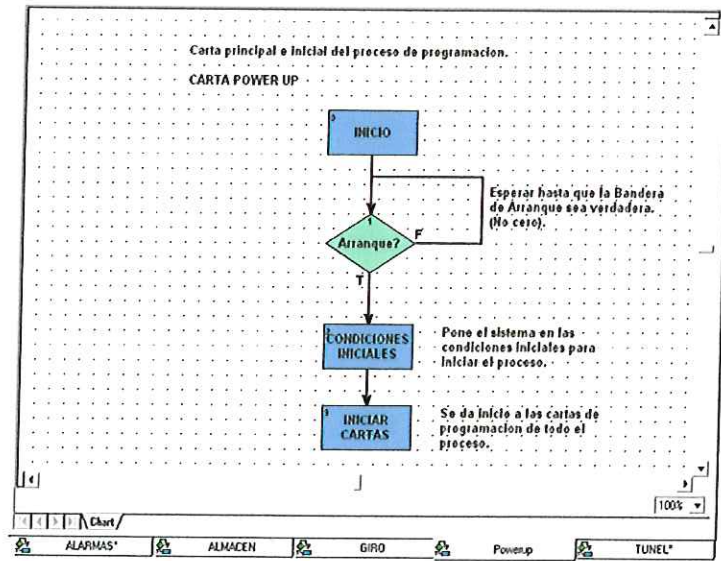
At the bottom of the window are three buttons: OK, Cancel, and Help.

El autor.

Ahora se comienza la programación por cartas comenzando por la Power Up y siguiendo por los subprocesos del sistema, debido a que en cada carta hay una explicación de la misma no se extenderá la descripción. Es necesario indicar que el proyecto puede ser configurado todo en una misma carta, pero por orden, facilidad y para posterior búsqueda de fallos se subdivide en pequeñas estrategias.

El siguiente gráfico muestra la configuración de la power up que simplemente acciona y verifica las condiciones iniciales del sistema.

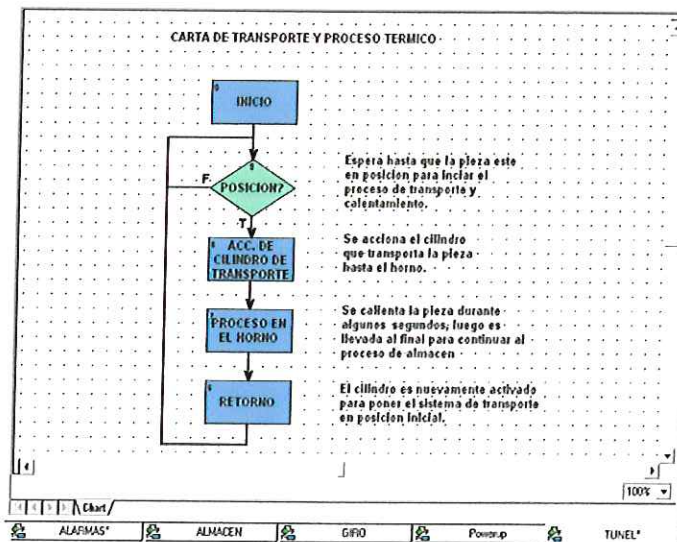
Figura 48. Carta Power Up del programa



El autor.

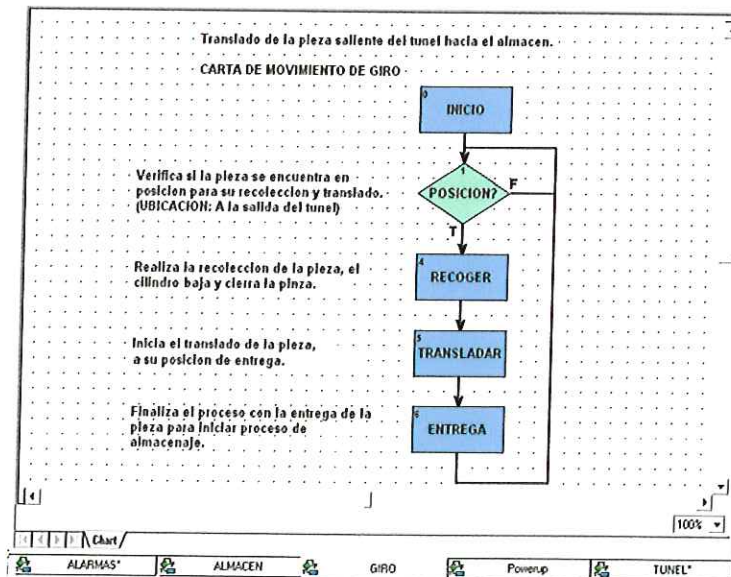
Siguiendo con el proceso, se configura la carta de transporte y proceso térmico donde básicamente es accionar un cilindro por medio de una electroválvula 5/3 y moverlo hacia al horno, calentarlo y conducirlo hasta el cilindro de giro.

Figura 49. Carta de transporte y proceso térmico.



El autor.

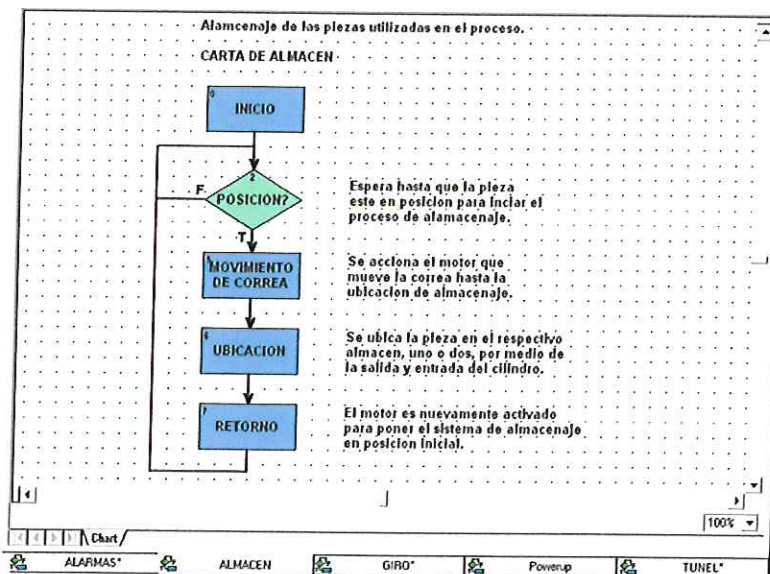
Figura 50. Carta de proceso de sujeción



El autor.

En la carta de sujeción y giro, simplemente se recoge la pieza activando la pinza, se sube, se gira y se deja en el próximo proceso para ser almacenada, finalmente los cilindros regresan a su posición inicial.

Figura 51. Carta de almacén.

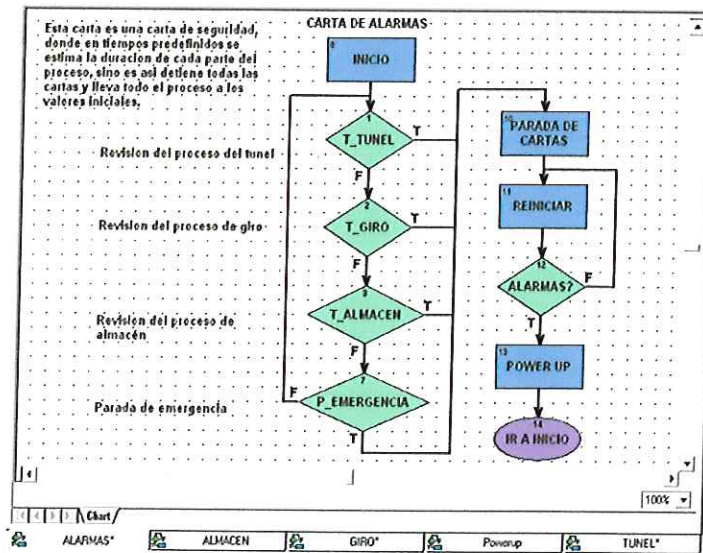


El autor



Finalmente, y por seguridad se utiliza una carta de alarmas que verifica tiempos de subprocesos, que en caso de no cumplirse reinicia las cartas y para el proceso para ser verificado en campo.

Figura 52. Carta de alarmas.



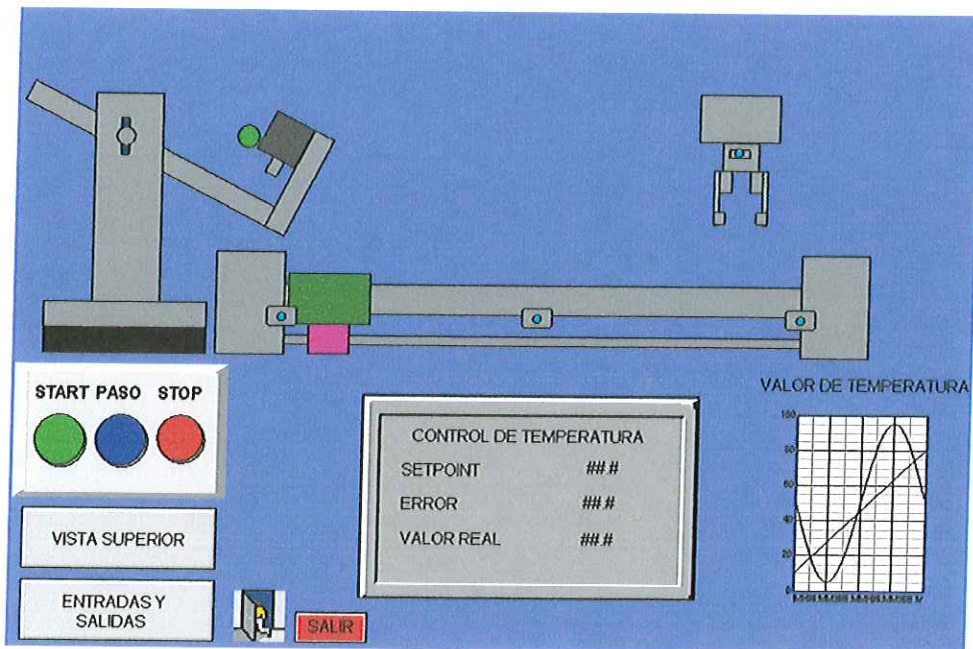
El autor.

Como se puede observar es sencillo de programar por medio de diagramas de flujos, es claro que no es explicado cada bloque en su interior, igualmente se configura como esta descrito en el manual.

## 2.4. DISEÑO DE LA INTERFAZ SCADA

En el diseño y desarrollo de la interface SCADA simplemente se tienen en cuenta todas las variables involucradas en el proceso (entradas y salidas del sistema) además de gráficos y mímicos que representan lo mas cercano al proceso al cual se le este haciendo el monitoreo, y haga un entorno cómodo y sencillo al usuario.

Figura 53. Ventana principal de monitoreo del proceso.



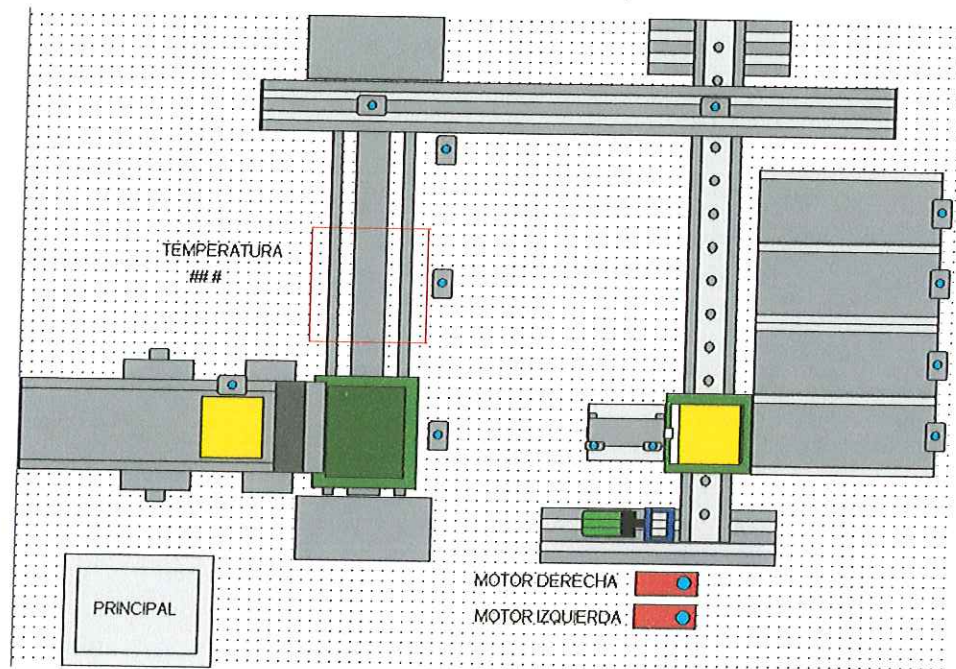
El autor

En esta pantalla, la cual es la principal se observa el proceso inicial en donde la pieza es detectada, transportada y calentada a través de los diferentes actuadores.

Cuenta con un botón de inicio, un botón para arrancar el proceso paso a paso y un botón de parada. Adicionalmente, se puede observar el comportamiento de la temperatura en el horno, y del controlador en el grafico de tendencias ubicado en la parte inferior izquierda.

De esta manera, también puede acceder a una vista superior donde se tiene una imagen total del proceso. Puede verificar el funcionamiento en de las variables dando clic en el botón "entradas-y-salidas", o puede salir del monitoreo fácilmente pulsando el botón "salir".

Figura 54. Ventana vista superior.



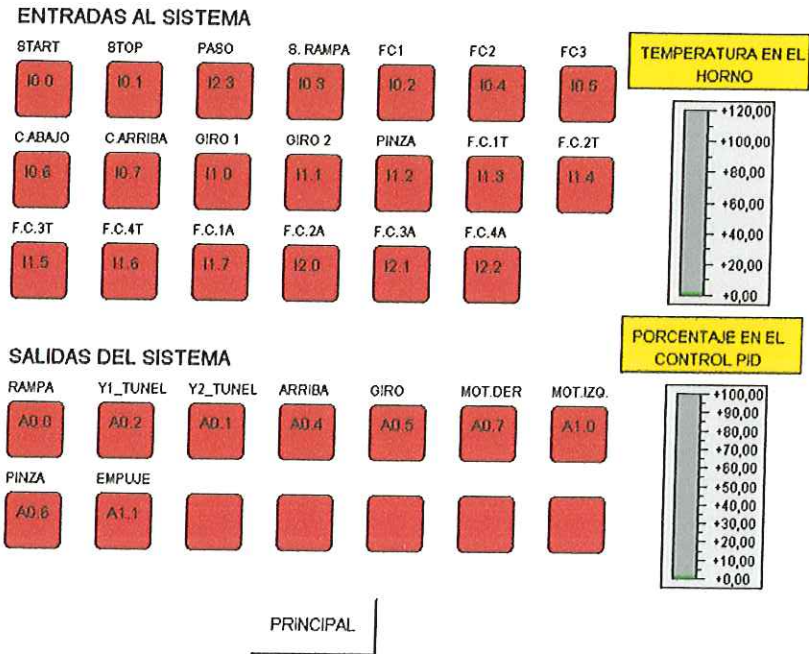
El autor

Como se puede ver la interfaz HMI, permite tener una visualización completa del proceso y además acceso a datos estadísticos en tiempo real

En esta ventana se visualiza el estado de todas las variables del sistema incluyendo valores análogos como temperatura y porcentaje de acción del controlador.



Figura 55. Ventana de visualización de variables.



El autor

Finalmente si por error el usuario digita salir le aparece la siguiente ventana donde puede cancelar la acción y regresar a la página principal o por lo contrario ratificar su decisión de salir del Runtime.

Figura 56. Opción de salir.



El autor



### 3. MANUAL DE CONFIGURACION Y PRACTICAS

#### 3.1. MANUAL DE CONFIGURACION DE OPTO 22

##### 3.1.1. Configuración inicial del Ultimate

El SNAP-UP1-M64 permite administrar hasta un máximo de 16 módulos en combinaciones digitales, análogas y de propósito especial en un rack denominado SNAP-M64.

El SNAP Ultimate trae una dirección de hardware MAC única y una dirección IP 0.0.0.0 la cual no es válida. Cada modulo Ultimate debe tener una dirección IP válida y una máscara de subred de modo que se pueda comunicar sobre la red.

Para realizarlo hay que seguir el siguiente procedimiento.

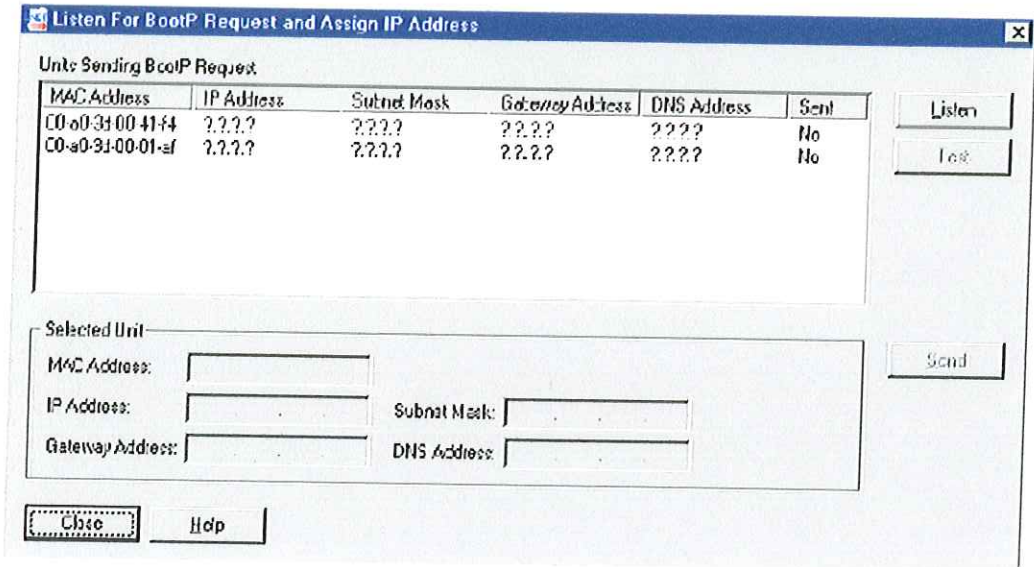
Hay que retirar los tornillos y la cubierta del equipo situados en la parte superior del mismo; después sacar la tarjeta electrónica y cambiar de posición el jumper que se ve en uno de los extremos; hecho esto, conectar el Ultimate al Rack y encenderlo por 30 segundos aproximadamente. Desconectar la potencia, retirar este equipo del rack y devolver el Jumper a su posición inicial. Colocar de nuevo la cubierta superior.

Al encender el sistema, éste empieza a emitir solicitudes BootP inmediatamente, es decir solicitudes para una nueva dirección IP.

Posterior, vaya a Inicio→ Programas→ Opto22→ ioManager y seleccione ioManager. Seleccione en Options seleccione la opción "*Listen for BootP*

Request”; en la ventana que aparece de clic sobre “Listen” y debe aparecer la Mac Address del equipo.

Figura 57. Configurando la IP



El autor

Seleccionar la dirección MAC del Ultimate que se va a configurar y en la parte inferior de la ventana asignarle la dirección IP que desee, además de la máscara y demás información.

Posteriormente haga correr el ping y dele la dirección que le configuró al Ultimate y éste debe responder inmediatamente.

### 3.1.2. Programación con ioControl

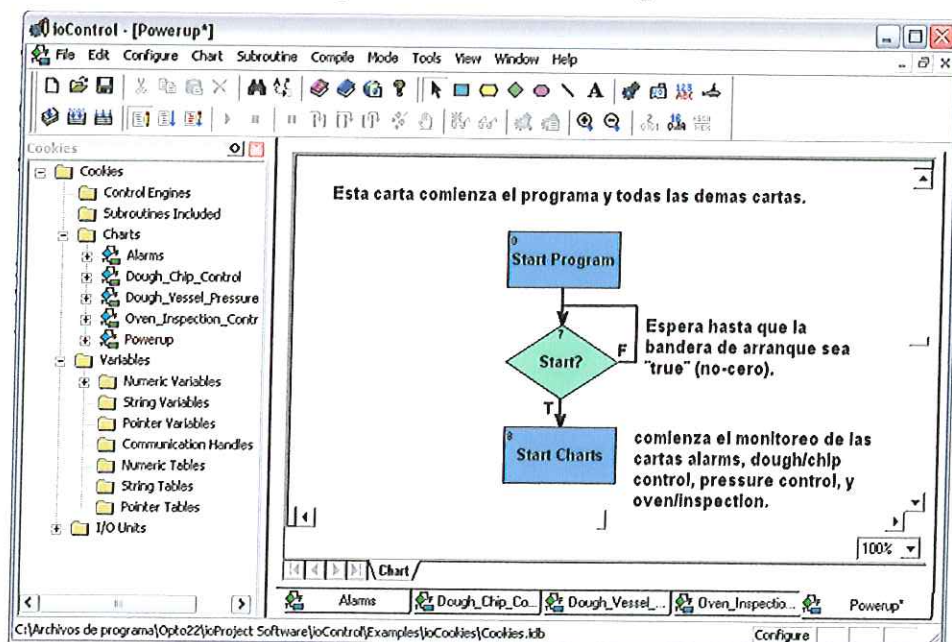
ioControl es el lenguaje de programación gráfico para sistemas SNAP Ultimate. Aparte de la programación basada en flowcharts, ioControl suministra el lenguaje de programación OptoScript para todas las necesidades de control industrial.

### 3.1.2.1. Abrir una estrategia

Una estrategia es un programa de control completo desarrollado en ioControl. Realizar los siguientes pasos:

- Inicie ioControl dando clic sobre Inicio y seleccione Programas → Opto22 → ioControl → ioControl. Entonces la ventana principal de ioControl se abre.
- Dé clic en el boton de abrir estrategia sobre la barra de herramientas o escoja File→Open Strategy. Aquí aparece la ventana de abrir estrategias.
- En la ventana de abrir estrategias navegar hasta ioControl → examples.
- En el directorio examples, dar doble click sobre el directorio ioCookies para abrirlo; El archivo de la estrategia Cookies.idb aparece. Seleccionarlo y oprimir Open. La estrategia Cookies ahora se muestra sobre la ventana principal de ioControl.

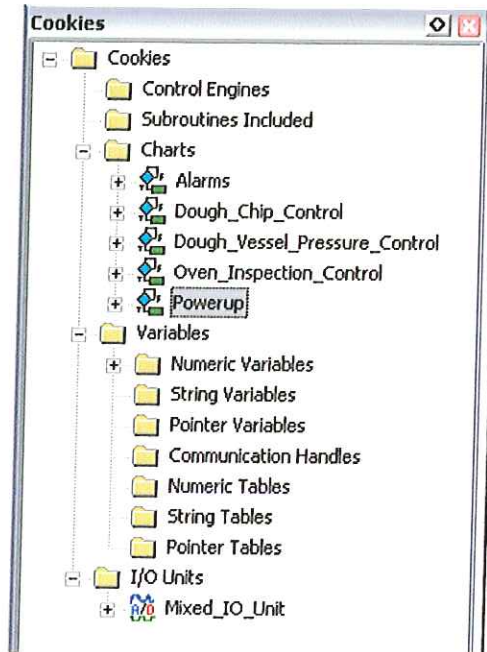
Figura 58. Abrir una estrategia



El autor

En la siguiente ventana se puede observar el árbol de estrategias la cual equivale a la estrategia, es decir que si se llegara a cerrar esta ventana sería lo mismo que cerrar la estrategia.

Figura 59. Árbol de estrategias



El autor

En la imagen anterior se puede observar que hay cinco cartas o diagramas de flujo y variables numéricas.

### 3.1.2.2. Abrir una carta.

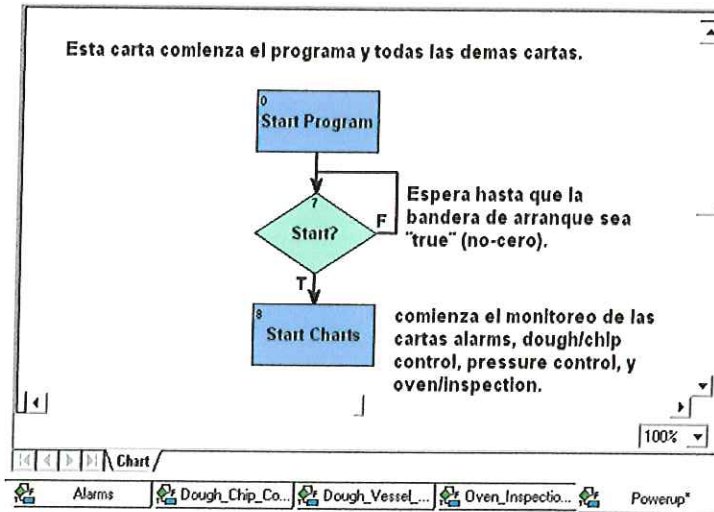
Los procesos de control pueden ser planeados y divididos usando uno o muchos flowcharts o cartas de ioControl.

Dar doble click sobre el nombre de chart Powerup en el árbol de estrategia. La



chart aparece en la ventana principal de ioControl

Figura 60. Carta de inicio Powerup



El autor

Como se puede observar esta carta es creada automáticamente cuando se inicia un nuevo proyecto, queda a la espera de una señal para iniciar el proceso; cuando ésta se activa, se inician todas las otras cartas que conforman la estrategia completa. Algunas de las cartas continúan activas concurrentemente

Los bloques rectangulares son llamados bloques de acción; donde se incluyen los diferentes comandos.

Los bloques en forma de diamante son llamados bloques de condición; ellos toman decisiones.

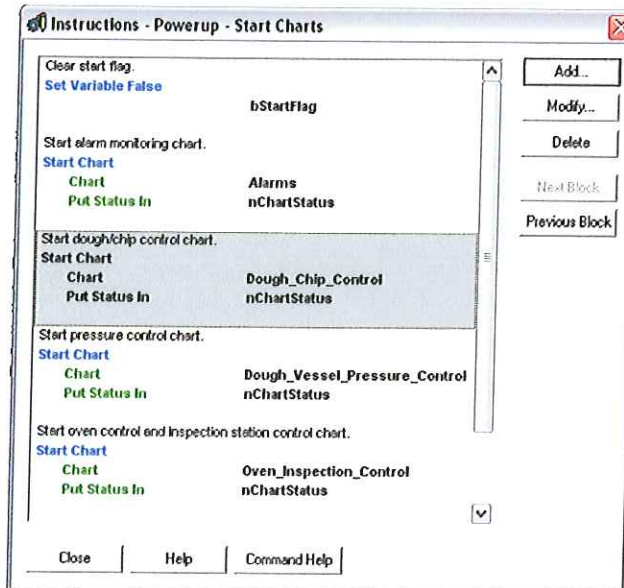
Las cartas pueden contener también otros bloques, incluyendo bloques de continuidad, bloques script en forma de hexágono los cuales contienen instrucciones y lógica escrita en lenguaje de programación OptoScript.

Las conexiones conectan los bloques y muestran como la lógica del programa fluye.

### 3.1.2.3. Abrir un bloque

Un bloque es uno de los elementos básicos que componen la Carta ; para ver dentro de uno de ellos, se debe dar doble clic sobre él y aparece como se muestra a continuación.

Figura 61. Abrir un bloque



El autor

Se puede observar que el bloque “start charts” tiene 5 instrucciones, con su descripción correspondiente encima de ellas. Por ejemplo, la primera instrucción limpia el flag que inicia el proceso y las demás instrucciones ponen a andar las cartas que hacen parte de la estrategia de control.

### 3.1.3. Como diseñar una estrategia

#### 3.1.3.1. Crear un nuevo proyecto

- Abrir ioControl
- Seleccionar File → New Strategy.

- Navegar hasta el directorio que contendrá el proyecto. Crear un directorio denominado “Nivel de Proceso”; ingresar a este directorio y en el campo File name colocar “Nivel de Proceso”; este es el nombre de la estrategia. Oprimir Open.

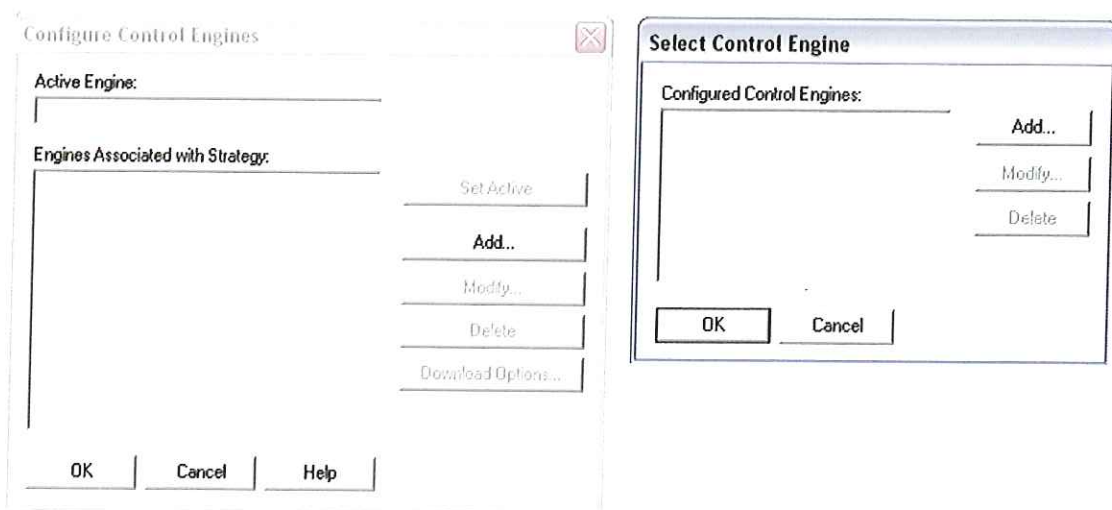
Posteriormente aparece la ventana del árbol de estrategia para el proyecto y una carta denominada “Powerup”. Ubicar correctamente las dos ventanas.

Al iniciar una nueva estrategia, ioControl automáticamente crea la carta “Powerup” que es como la raíz de la estrategia, es decir desde esta carta se inicializan las otras cartas que hayan sido creadas para la estrategia. Esta carta no puede ser eliminada.

### 3.1.3.2. Configurar el controlador

Para configurar el controlador el cual será el responsable de ejecutar la estrategia a desarrollar. Dar doble click sobre la carpeta llamada “Control Engines” del árbol de estrategia.

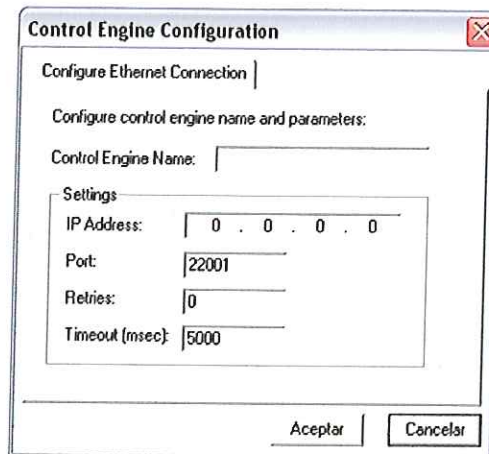
Figura 62. Seleccionar el controlador



El autor

Se puede ver que no existe ningún controlador asociado con la estrategia. Hay añadir uno, se oprime el botón Add y aparece una ventana que muestra los controladores configurados para ioControl. Para configurar el controlador Ultimate oprimir el botón Add nuevamente.

Figura 63. Parámetros del controlador



El autor

En el campo "Control Engine Name" se indica una identificación para el Ultimate; en este caso digitar "Ultimate".

En el campo "IP Address" hay que especificar la dirección IP del equipo Ultimate. El campo Port especifica el puerto Ethernet por el cual se comunicará el PC host con el controlador, que por defecto es 22001; los otros parámetros pueden dejarse con sus valores por defecto.

Cuando termine de añadir el controlador, oprimir OK. En la ventana "Select Control Engine" seleccionar el controlador adicionado y oprimir OK. Finalmente en la ventana "Configure Control Engines" oprimir OK para retornar a la ventana principal de ioControl.



### **3.1.3.3. Adicionar entradas y salidas i/o**

Se deben definir los puntos de entrada y salida para la estrategia, tanto análogos como digitales, dependiendo del proyecto.

Entradas digitales:

1. Arranque.
2. Parada.
3. Nivel de Rebose.
4. Nivel mínimo

Salidas digitales:

1. Bomba\_de\_Evacuación.
2. Válvula\_de\_Alimentación.
3. Agitador

Entrada análoga:

1. Sensor\_de\_Nivel. Se debe Linealizar así:  
-5VDC → 0mts; 5VDC → 100mts.

Salida análoga:

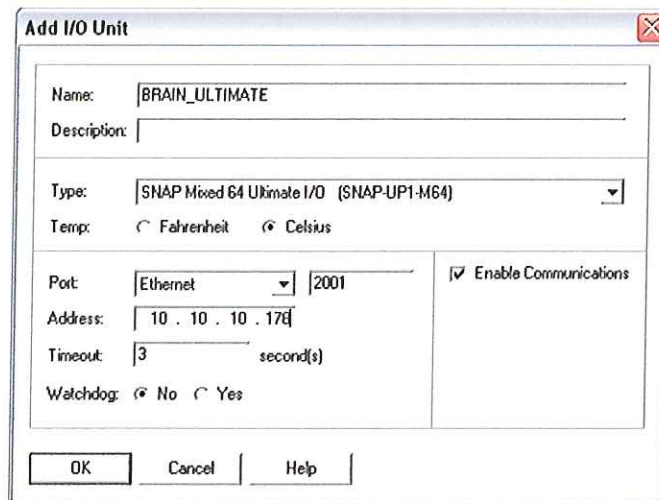
1. Válvula proporcional. Se debe Linealizar así:  
-6VDC → 0 lit/min; 6VDC → 5 lit/min.

### 3.1.3.3.1. Adicionar el Brain Ultimate

Antes de adicionar los puntos I/O se debe añadir el brain Ultimate a la estrategia en ioControl ya que sobre éste se configurarán los diferentes módulos.

Estando con la estrategia abierta, dar doble click sobre la carpeta llamada "I/O Units" en el árbol de estrategia. Aquí aparece una ventana donde se configuran los diferentes brains que puede tener un proyecto. Oprimir el botón Add y se visualiza la siguiente ventana:

Figura 64. Adicionar el Brain



The screenshot shows a dialog box titled "Add I/O Unit". It contains the following fields and options:

- Name: BRAIN\_ULTIMATE
- Description: (empty)
- Type: SNAP Mixed 64 Ultimate I/O (SNAP-UP1-M64)
- Temp:  Fahrenheit  Celsius
- Port: Ethernet (dropdown) | 2001
- Address: 10 . 10 . 10 . 176
- Timeout: 3 second(s)
- Watchdog:  No  Yes
- Enable Communications
- Buttons: OK, Cancel, Help

El autor

En el campo Name escriba un nombre para el brain, por ejemplo "Brain Ultimate". Opcionalmente, en el espacio Description puede escribir una descripción acerca del brain que va a utilizar.

En el campo Type se debe seleccionar el tipo de brain, que en este caso es "SNAP Mixed Ultimate I/O".

El campo Port no se modifica ya que se está especificando que el brain se comunicará vía Ethernet con el computador host a través del puerto 2001.

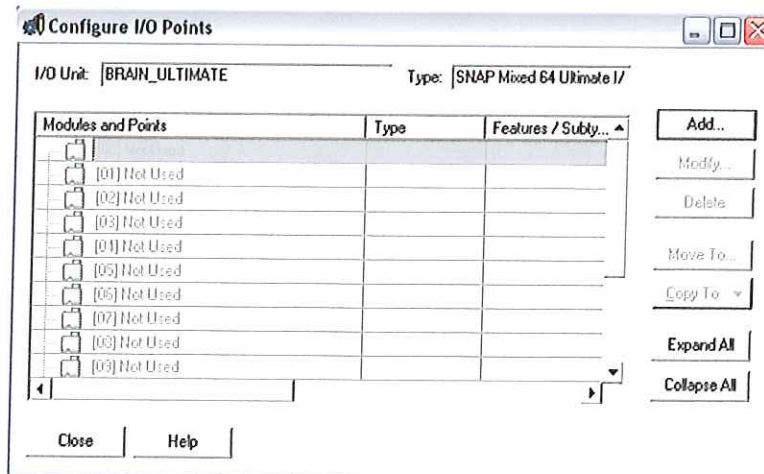
En el campo Address se especifica la dirección IP que tiene asignada la unidad I/O. Si la unidad es local, es decir el mismo dispositivo SNAP Ultimate sobre el cual correrá la estrategia, esto le dice al Ultimate que se hable a sí mismo.

En Timeout se especifica el tiempo en segundos que el PC host intentará comunicarse con el Ultimate antes de reportar un error en la comunicación.

Las otras opciones de la ventana pueden dejarse como están, oprimir el botón OK.

Ya se ha adicionado el Brain Ultimate a la estrategia en ioControl. Oprimir el botón I/O Points y aparece la siguiente ventana.

Figura 65. Asignación de los módulos y puntos



El autor

En la parte superior de la ventana anterior aparece el nombre de la unidad I/O y el Tipo. En la ventana también aparecen 16 carpetas denominadas "Not Used". Cada una de esas carpetas corresponde a una posición para un módulo I/O dentro del rack. Según la configuración que hemos dado al brain Ultimate para el ejemplo, en

el rack pueden existir módulos digitales, análogos, seriales y PID. El mismo orden de posición que aparece en esta ventana se debe mantener físicamente en el rack.

### 3.1.3.3.2. Adicionar entradas digitales

Al dar doble click sobre la primera fila denominada "[00]Not Used" se abre la ventana donde se configura el primer modulo que aparece en el rack, en el campo Type se especifica el tipo de modulo (referencia) y en el campo Module se selecciona la referencia para el modulo de I/O y oprima OK.

Figura 66. Asignación de módulos.



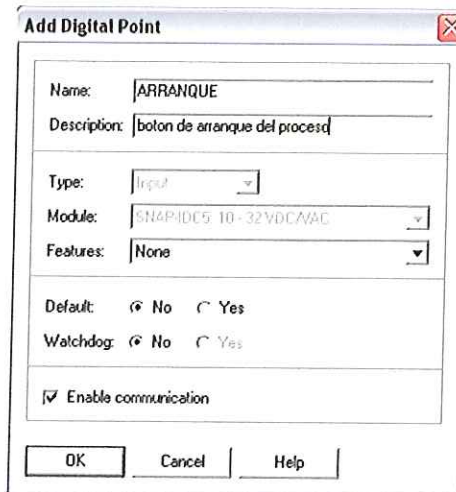
El autor

En este punto hay que configurar los diferentes puntos de entrada digital. Al lado izquierdo del módulo adicionado anteriormente aparece un signo de mas (+) el cual se despliega mediante un click.



Aparecen cuatro filas con la etiqueta "Not Used". Significa que para este módulo se puede configurar un máximo de 4 entradas digitales. Para ajustar la primera entrada digital dar doble click sobre la primera fila denominada "{00}Not Used", mostrada a continuación.

Figura 67. Configurar entradas digitales



The image shows a dialog box titled "Add Digital Point". It contains the following fields and options:

- Name: ARRANQUE
- Description: boton de arranque del procesd
- Type: Input
- Module: SNAPIDCS 10-32VDC/AC
- Features: None
- Default:  No  Yes
- Watchdog:  No  Yes
- Enable communication
- Buttons: OK, Cancel, Help

El autor

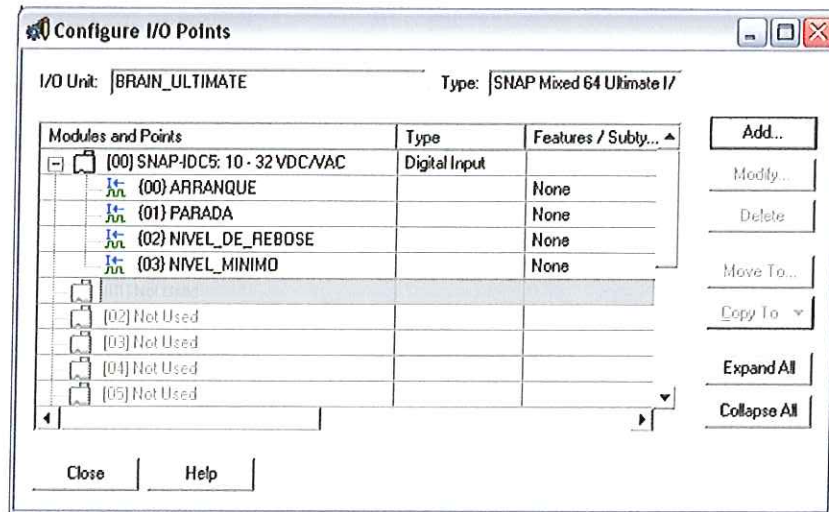
En el campo Name se identifica la entrada digital. En este caso escribir el nombre "ARRANQUE". En el campo Description puede dar información alusiva a la función que cumple esta entrada, por ejemplo, "boton de arranque del proceso".

De esta misma forma en el campo Features se pueden configurar características adicionales a la entrada digital, como una entrada contadora (cuenta el número de flancos de subida que se presentan en la entrada). Para este caso se omite y se deja el campo en None.

La opcion Default indica que al encender el brain, esta entrada tome un valor por defecto. Seleccione "Yes" para activar esta opcion el cual se especifica "Off" o "On". Igualmente para este ejemplo se deja deshabilitado.

A continuación se oprime OK y con el mismo procedimiento se adicionan las restantes entradas digitales.

Figura 68. Asignar entradas digitales al modulo.

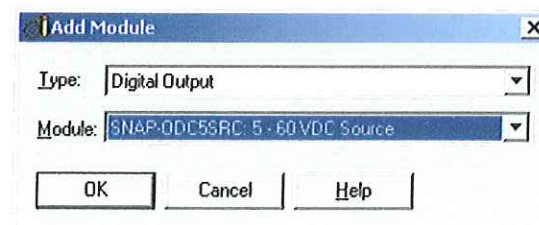


El autor

### 3.1.3.3.3. Adicionar salidas digitales

De la misma manera que se asignaron las entradas digitales se configuran las salidas digitales, correspondiente al módulo ubicado en la segunda ranura del rack. Dar doble click sobre la fila "[01]Not Used" y en la ventana que se despliega seleccionar el tipo de módulo y la referencia, que para el ejemplo es un módulo de salida digital.

Figura 69. Adicionar el modulo de la salida digital

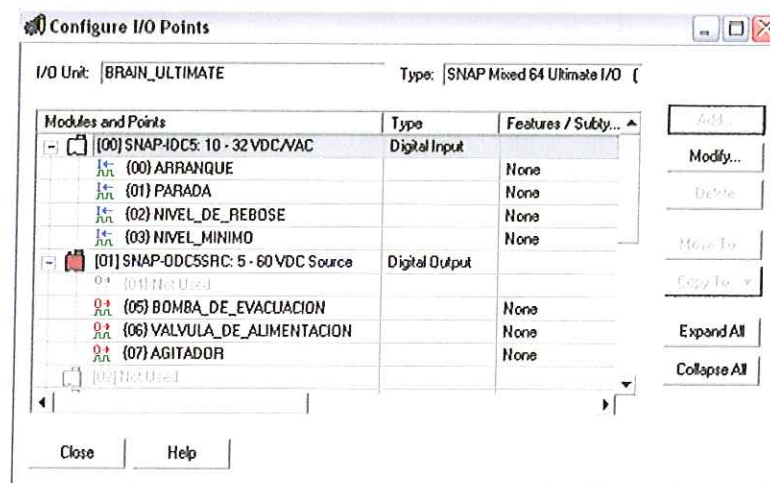


El autor

Seleccionar el módulo y oprimir OK. Expandir la carpeta dando click sobre el signo mas (+) que aparece al lado del módulo adicionado, y dar doble click sobre la fila etiquetada "{05}Not Used".

Siguiendo el mismo procedimiento de las entradas digitales se adicionan las otras salidas digitales. Al terminar la configuración de las salidas digitales, la ventana "Configure I/O Points" se ve como a continuación:

Figura 70. Esquema de salidas digitales

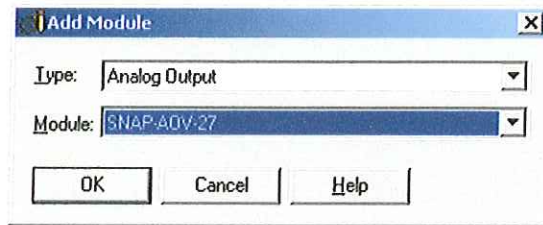


El autor

#### 3.1.3.3.4. Asignar salidas análogas

Para adicionar el módulo de las salidas análogas han de ubicarse para este ejemplo en la tercera ranura del rack. Dar doble click sobre la fila denominada "[02]Not Used" y en la ventana que aparece seleccionar el tipo y la referencia del módulo de salida análoga.

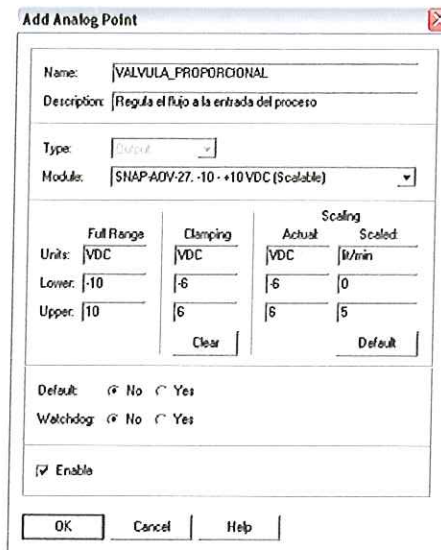
Figura 71. Adicionar el módulo de salidas análogas



El autor

Al seleccionar el módulo, oprimir OK. Dar click sobre el signo mas (+) que aparece al lado del módulo adicionado; hay que observar que solo existen dentro de esta carpeta dos filas, indicando que para este módulo solo se pueden configurar como máximo dos salidas análogas. Dar doble click sobre la fila etiquetada "{08}Not Used".

Figura 72. Configurar y linealizar la salida análoga.



El autor

En el campo Name se identifica al punto de salida análoga. En el campo Description se puede digitar información alusiva a la función que cumple esta salida.



Se observa que este punto análogo saca un voltaje comprendido entre -10 y 10 Vdc; Sin embargo es posible linealizar la salida para que saque un valor comprendido entre un rango y unidades deseado. Según lo establecido anteriormente la salida se debe linealizar así: -6Vdc →0lit/min, 6Vdc→5lit/min.

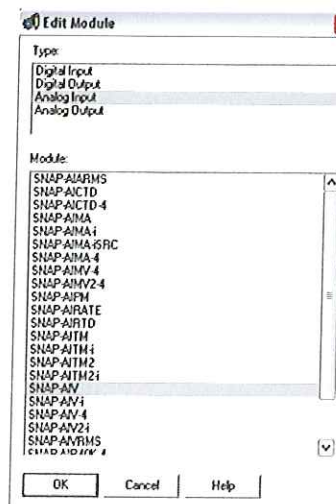
Dentro del campo Module seleccionar la opción que define el modulo como Escalable. Luego se habilitan dos nuevos botones dentro de la ventana la cual debe linealizarse como se muestra en la figura anterior.

Oprimir el botón OK. En la ventana "Add Analog Point" oprimir OK para finalizar la adición de la salida análoga.

### 3.1.3.3.5. Adicionar entradas análogas

Finalmente se adicionarán las entradas análogas correspondientes al módulo ubicado en la quinta ranura del rack. Dar doble click sobre la fila denominada "[04]Not Used" y en la ventana que aparece seleccionar el tipo de módulo y la referencia, que para el ejemplo es un módulo de entrada análoga. La ventana se mira a continuación.

Figura 73. Selección del módulo de salidas análogas



El autor

Después de seleccionar el módulo, oprimir OK. Expandir la carpeta dando click sobre el signo mas (+) que aparece al lado del módulo adicionado; como se puede observar solo existen dentro de esta carpeta dos filas, indicando que para este módulo solo se pueden configurar como máximo dos entradas análogas. Dar doble click sobre la fila etiquetada "{16}Not Used". Debe aparecer la ventana que se presenta a continuación.

Figura 74. Configuración de la entrada análoga

Full Range		Clamping	Scaling	
Units:	Units:		Actual:	Scaled:
Lower: -10	VDC	<input type="checkbox"/>	-5	0
Upper: 10	VDC	<input type="checkbox"/>	5	100
		<input type="button" value="Clear"/>	<input type="button" value="Default"/>	

Default:  No  Yes  
 Watchdog:  No  Yes  
 Enable

OK Cancel Help

El autor

En el campo Name se da una identificación al punto de entrada análoga. Para el ejemplo digitar el nombre "Sensor\_de\_Nivel". En el campo Description se puede escribir información acerca de la función de esta entrada.

Este punto análogo recibe un voltaje entre -10 y 10 Vdc; Sin embargo se puede linealizar la entrada de modo que al recibir un determinado valor de voltaje, sea interpretado en un rango de valores y en una unidades establecidas por quien programa. Esta entrada se linealiza así: -5Vdc → 0mts y 5Vdc → 100 mts.

Dentro del campo Module seleccionar la opción que define el modulo como

Escalable. Luego se habilitan dos nuevos botones dentro de la ventana la cual debe linealizarse como se muestra en la figura anterior.

Oprimir el botón OK. En la ventana "Add Analog Point" oprimir OK para finalizar la adición de la entrada análoga. Al finalizar la configuración de todos los puntos de entrada y salida para la estrategia se puede cerrar la ventana "Configure I/O Points" dando click sobre el botón Close.

#### 3.1.3.4. Adicionar variables

Después de haber configurado los puntos de entrada y salida, se requiere configurar algunas variables que se deben usar para este ejemplo.

- Estado\_Carta\_Control\_de\_Nivel, valor inicial=0: variable entera
- Estado\_PowerUp, valor inicial=0: variable entera
- Nivel\_Programado, valor inicial = 60 mts: variable entera
- Caudal\_Normal, valor inicial=:2 lit/min variable entera

Para adicionar variables dar doble click sobre la carpeta llamada "Variables" en el árbol de estrategia. Para adicionar una variable, dar click sobre el botón Add.

Figura 75. Adicionar variables

The screenshot shows a dialog box titled "Add Variable". It has a standard Windows-style title bar with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A text input field containing "ESTADD\_DE\_LA\_CARTA\_CONTROL\_DE\_NIVEL".
- Description:** A text input field containing "informacion relativa a la variable".
- Type:** A dropdown menu currently showing "Integer 32".
- Initialization:** A section containing two radio buttons:
  - Initialize on strategy run
  - Initialize on strategy download
- Initial Value:** A text input field containing "0".
- Buttons:** Three buttons at the bottom: "OK", "Cancel", and "Help".

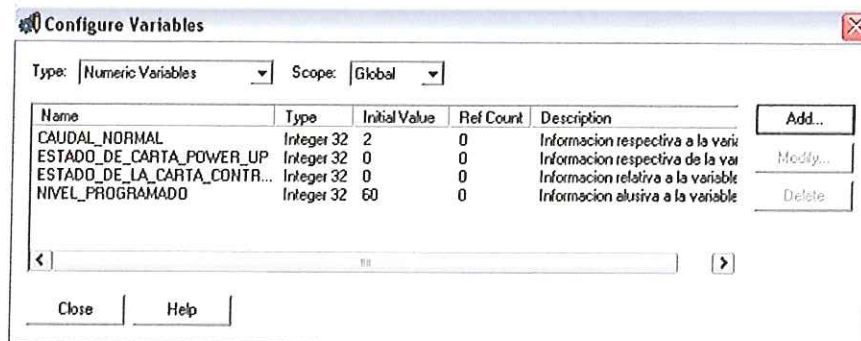
El autor

En el campo Name se da una identificación a la variable y en adelante será llamada así por las cartas de la estrategia. En el ejemplo digitar el nombre "ESTADO\_DE\_LA\_CARTA\_CONTROL\_DE\_NIVEL". En el campo Description se puede digitar información alusiva a la función que cumple esta variable.

En el campo Type se selecciona el tipo de variable; Para el ejemplo dejarla en Integer. En el campo Initial\_Value se establece un valor para que tome la variable apenas se inicie la ejecución de la estrategia.

Después de establecer los parámetros para la variable, dar OK y la variable ya queda añadida. Siguiendo el mismo procedimiento adicionar las otras variables que se utilizarán en el ejemplo. Finalmente oprimir Close para cerrar la ventana.

Figura 76. Configuración de variables



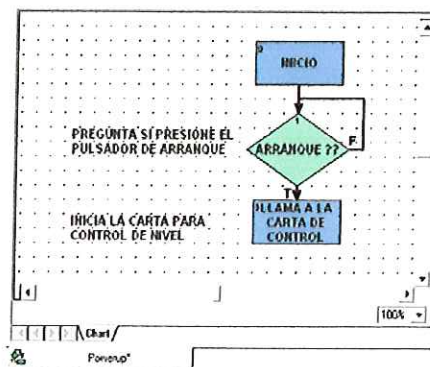
El autor

### 3.1.3.5. Como programar las cartas

Para el ejemplo del nivel del tanque en la carta PowerUp debe ir el diagrama de flujo que se muestra en la siguiente figura.



Figura 77. Carta powerup



El autor

Esta carta Powerup simplemente verifica si se ha presionado el botón de arranque del proceso. En el momento en que se presione, se llama la carta "Control\_de\_Nivel" y termina la carta PowerUp.

#### 3.1.3.5.1. Carta control de nivel

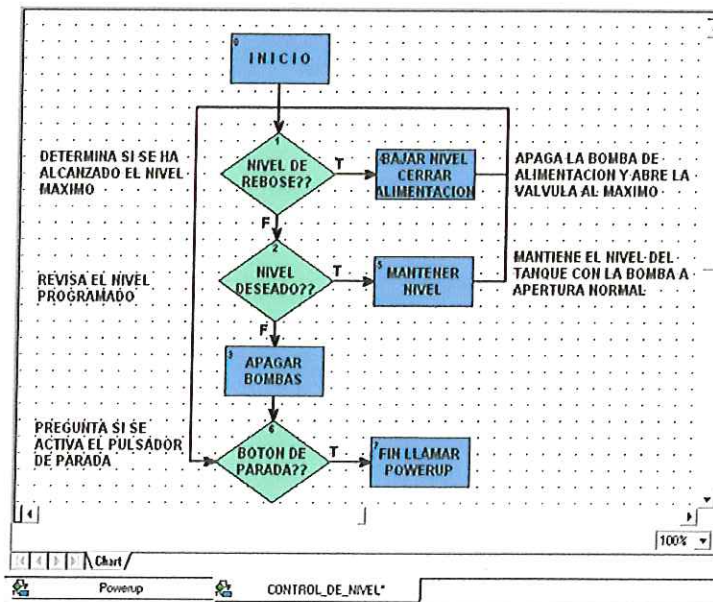
La carta "Control\_de\_Nivel" es la que realmente hace la parte de control. Al iniciar la carta, se abre la válvula de alimentación del tanque (*Bloque 0*); luego verifica que no se haya alcanzado el nivel de Rebose (*Bloque 1*) y si se ha alcanzado, entonces se debe cerrar la válvula de alimentación y la válvula proporcional responsable del desagüe del tanque se debe encender y colocar al máximo. (*Bloque 4*).

Sino es alcanzado el nivel de Rebose, se verifica si el nivel del tanque es mayor que el nivel programado (*Bloque 2*), si es así, se enciende la válvula a velocidad normal de 2lit/min (*Bloque 5*); En caso contrario se abre la bomba de alimentación del tanque y se cierra la válvula de desagüe (*Bloque 3*).

Finalmente se verifica si se ha presionado el botón de parada (*Bloque 6*); si es así se detiene el proceso de control y se llama la carta PowerUp (*Bloque 7*) para

volver al estado inicial. De otra manera el programa de control retorna al Bloque1 para continuar controlando el nivel del tanque.

Figura 78. Carta de control de nivel.



El autor

### 3.1.3.5.2. Configuración de los bloques de las cartas.

#### 3.1.3.5.2.1. Carta powerup

#### Bloque 0. Inicio

No existe ninguna instrucción.

#### Bloque 1. Arranque?

Verifica si se presiono el boton de arranque

Is Arranque  
On?

## Bloque 2. Llama a Carta de Control

Llama la carta de control de nivel

**Start Chart**

**Chart**

**Put Status In**

**Control\_de\_Nivel**

**Estado\_Carta\_Control\_de\_Nivel**

### 3.1.3.5.2.2. Carta control de nivel

## Bloque 0. Inicio

---

Abre la Valvula de alimentacion

**Turn On**

**Valvula\_de\_Alimentacion**

## Bloque 1. Nivel de rebose?

Revisa si el nivel del liquido esta al rebose...

**Is**

**Nivel\_de\_Rebose**

**On?**

## Bloque 2. Nivel deseado?

---

Verifica si el nivel del tanque es igual o mayor al programado.

**Is**

**Sensor\_de\_Nivel**

**Greater Than or Equal?**

**To**

**Nivel\_Programado**

## Bloque 4. Bajar Nivel, Cerrar Alimentación

Cierra la valvula de alimentacion y enciende la Bomba de evacuacion

**Turn On**

**Bomba\_de\_Evacuacion**

Velocidad Maxima a la Bomba

**Move**

**From**

**3600**

**To**

**Velocidad\_Bomba**

Cierra la valvula de alimentacion.

**Turn Off**

**Valvula\_de\_Alimentacion**

## Bloque 5. Mantener Nivel.

Enciende la Bomba

**Turn On**

**Bomba\_de\_Evacuacion**

Coloca la Bomba a 2000 RPM Para disminuir el nivel del tanque

**Move**

**From**

**Velocidad\_Normal**

**To**

**Velocidad\_Bomba**

## Bloque 3. Apagar bombas

Pone la velocidad de la Bomba en ZERO

**Move**

**From**

**0**

**To**

**Velocidad\_Bomba**

Apaga la Bomba

**Turn Off**

**Bomba\_de\_Evacuacion**

Abre la valvula de alimentacion nuevamente

**Turn On**

**Valvula\_de\_Alimentacion**



## Bloque 6. Botón de parada?

Verifica si se presiono el Boton de Parada

**Is** **Parada**  
**On?**

## Bloque 7. Fin, Llamar PowerUp

Cierra la valvula de alimentacion

**Turn Off**

**Valvula\_de\_Alimentacion**

Llama la carta PowerUp

**Start Chart**

**Chart**

**Put Status In**

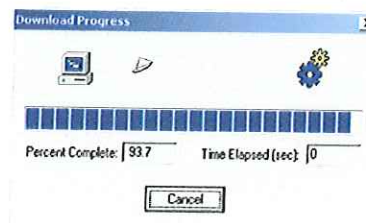
**Powerup**

**Estado\_PowerUp**

### 3.1.3.6. Descargar la estrategia al controlador

Después de haber desarrollado la estrategia de control en ioControl y haber configurado el Ultimate, ya se puede descargar la estrategia al controlador. Debe dar clic sobre el botón DebugMode, que sirve para grabar y hacer la descarga. Entonces ioControl hará preguntas de seguridad, tales como grabar los cambios de la aplicación y si esta seguro de descargar, e informa que una vez hecha la descarga, la estrategia que había en el controlador será reemplazada por la nueva. La ventana al hacerse la descarga es como la que aparece a continuación.

Figura 79. Descargar la estrategia



El autor

Después de descargar el proyecto, se debe iniciar a la ejecución de la estrategia sobre el controlador Ultimate, oprimiendo el botón para modo Run. En este momento ya se pueden dar inicio a las pruebas sobre el proceso real para verificar la estrategia de control de nivel desarrollada.

### **3.1.3.7. Opto script**

Es un lenguaje de programación muy similar a Pascal o lenguaje C, que es útil para facilitar y simplificar ciertos tipos de operaciones en ioControl. El OptoScript puede ser usado dentro de cualquier estrategia ioControl para reemplazar o complementar comandos estándar. El no adiciona nuevas funciones, pero ofrece un método alternativo dentro del entorno flowchart de ioControl para simplificar tareas comunes de programación.

Hay que tener en cuenta que el OptoScript no se puede mezclar con comandos en bloques de acción o condición, ya que utiliza su propio bloque flowchart hexagonal.

#### **3.1.3.7.1. Necesidad de Opto Script.**

OptoScript es ideal para algunas tareas de programación que pueden ser más difíciles de hacer usando los comandos ioControl estándar. Tales como operaciones matemáticas complejas o bucles de control.

Sin embargo, el Opto Script no es autodocumentado, de tal manera que es requerido usar comentarios frecuentemente para explicar lo que el código hace.

Opto Script puede ser usado en los siguientes casos:

- Expresiones matemáticas.
- Manejo de cadenas (strings).
- Bucles complejos.
- Sentencias case.
- Condiciones.
- Combinar expresiones matemáticas, lazos y condiciones.

#### **3.1.3.7.2. Ejemplo básico con Opto Script**

Las expresiones matemáticas son mucho mas simples y fáciles con este lenguaje ya que es muy útil para cálculos matemáticos, además Opto Script no tiene limitaciones sobre el número de paréntesis que se pueden usar cada expresión matemática. Aquí se presenta un ejemplo de una expresión matemática en OptoScript:

```
variable1 = (variable2 + 2) * (float1 / (float2 - 2) - 3);
```

Para llevar a cabo la misma computación usando comandos estándar de ioControl, se necesitará crear al mínimo dos variables intermedias y usar 5 instrucciones mínimo.

#### **3.1.3.7.3. Lazos complejos.**

Las estrategias que usan lazos complejos, por ejemplo para repetir una operación mientras una condición permanece verdadera son más fáciles de implementar en

una flowchart cuando se hace con OptoScript. Ya que opto script cuenta con los bucles *While*, bucles *Repeat* y bucles *For*.

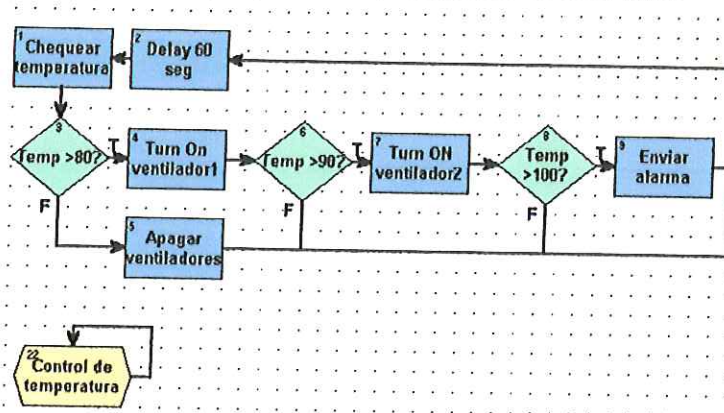
Al igual que otros software de programación los bucles tienen la siguiente descripción:

- *While* repiten un proceso mientras una condición es verdadera (la condición viene en el principio del proceso).
- *Repeat* repiten un proceso hasta que una condición sea falsa (la condición viene al final del proceso).
- *For* repiten un proceso por un número especificado de veces.

Igualmente las sentencias *Case* y las condicionales como *if/then*, *if/then/else*, son simples de hacer en código OptoScript y pueden ser mezclados y anidados como sea necesario.

En el siguiente ejercicio se presenta un sistema de control de temperatura implementado con los comandos estándar de ioControl y también como con código OptoScript para su estudio y comparación.

Figura 80. Ejemplo de temperatura en IOCONTROL

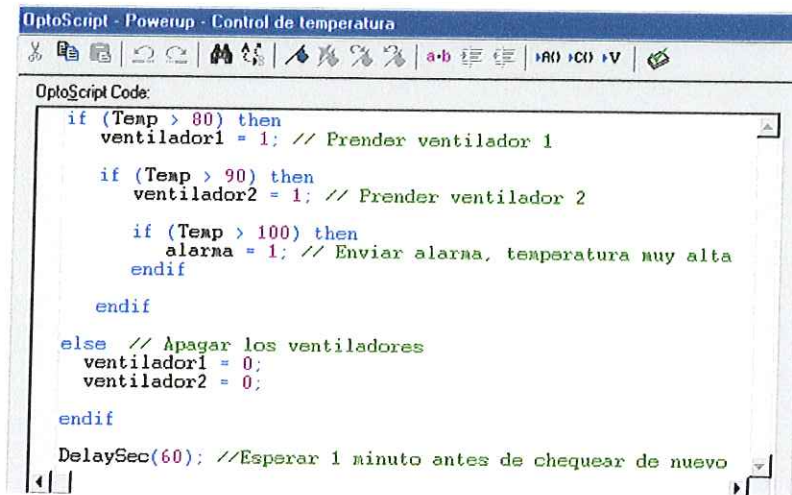


El autor



En OptoScript todos los bloques de acción y condición y sus comandos pueden ser consolidados en un solo bloque. El contenido del bloque “Control de temperatura” se observa a continuación.

Figura 81. Programación en Opto script



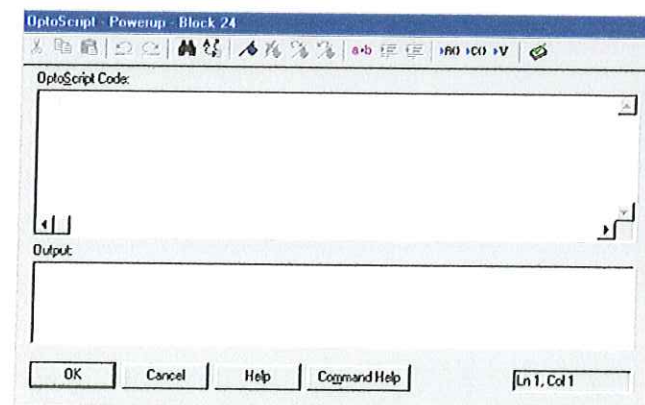
```
OptoScript Code:
if (Temp > 80) then
  ventilador1 = 1; // Prender ventilador 1
  if (Temp > 90) then
    ventilador2 = 1; // Prender ventilador 2
    if (Temp > 100) then
      alarma = 1; // Enviar alarma, temperatura muy alta
    endif
  endif
else // Apagar los ventiladores
  ventilador1 = 0;
  ventilador2 = 0;
endif
DelaySec(60); //Esperar 1 minuto antes de chequear de nuevo
```

El autor

#### 3.1.3.7.4. Editar en opto script

Al crear un bloque de OptoScript, se dá doble click sobre el y aparece una ventana desde el cual se digita el programa en código OptoScript.

Figura 82. Editar en opto script



El autor

En la parte de arriba de la ventana se digita el código OptoScript, para facilitar la programación hay unos botones en la barra de herramientas desde los cuales se incorporan comandos de acción, de condición y de variables.

Con el botón llamado "Test compile", puede compilar el código y aparecen los resultados en la parte inferior de la ventana. Si no existen errores sobre el código se puede dar OK para terminar la edición en OptoScript.

#### **3.1.3.7.5. Diferencias de Opto Script con otros lenguajes de programación**

- Las variables no son declaradas en el código de programación, sino que ya deben haber sido añadidas en ioControl es decir variables globales.
- No es posible crear o definir nuevas funciones y comandos en OptoScript.

#### **3.1.4. ioDisplay- SCADA**

ioDisplay es una herramienta de monitoreo para procesos industriales en la que es posible mostrar de forma dinámica a través de mímicos y gráficas de tendencias el estado de un proceso que esté siendo controlado por un dispositivo Ultimate de Opto22.

##### **3.1.4.1. Crear un proyecto**

Al abrir ir a Inicio → Programas → Opto22 → ioDisplay → ioDisplay Configurator.

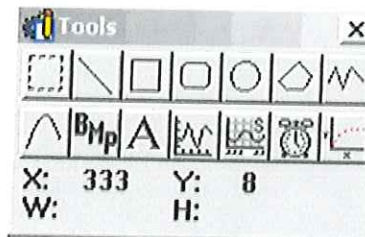
Hay que tener en cuenta que existen dos programas dentro de ioDisplay, el

ioDisplay Configurator que permite configurar y diseñar la interfaz de monitoreo y el ioDisplay Runtime el cual permite hacer el monitoreo en tiempo real.

Al generar un nuevo proyecto de monitoreo para un sistema de control, se debe crear una carpeta que contenga los archivos que el ioDisplay genera durante la creación del proyecto por esto se crea una carpeta con el nombre del proyecto dentro de la cual exista una carpeta que debe llevar el nombre de "ioDisplay", y es allí en donde se va a grabar el proyecto.

Para iniciar, ir a File--> New Project en donde aparece una ventana en la que se puede navegar hasta el directorio que contendrá los archivos; donde también se debe definir un nombre para el proyecto, finalmente oprimir Open. Entonces se abre una ventana como la siguiente.

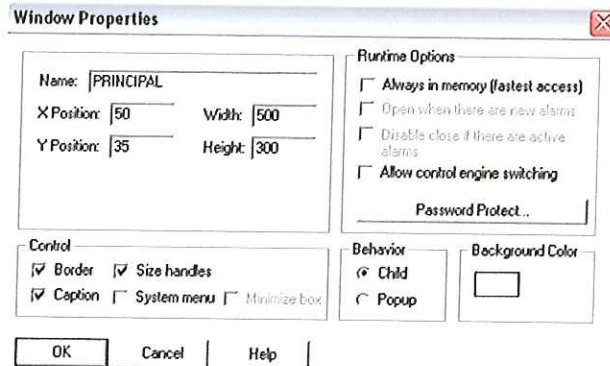
Figura 83. Herramientas en IODISPLAY



El autor

Para agrandar el espacio de dibujo, basta con ubicar el ratón en la esquina inferior derecha del recuadro, y con el click sostenido se arrastra hasta que cumpla el tamaño deseado. Para configurar las propiedades dar click en el menú Windows → Properties.

Figura 84. Propiedades de la ventana de dibujo.



El autor

Aquí se puede especificar el color, tamaño, nombre y otras características a la ventana de operador. De esta manera se puede iniciar la creación de la interfaz gráfica para el monitoreo del proceso.

A continuación se describen las herramientas encontradas en la ventana de "Tools".

### Seleccionar y configurar.



Herramienta utilizada para seleccionar y configurar los atributos de cada uno de los gráficos que aquí se dibujen.

### Línea



Herramienta que sirve para dibujar una línea recta dentro del área de dibujo.

### Cuadro



Herramienta para dibujar un cuadro en el área de dibujo. Una vez seleccionada,



basta con pararse en un punto y dar click sostenido, luego arrastrar el ratón hasta que el cuadro se ajuste al tamaño deseado.

### **Cuadro con bordes redondeados**



Herramienta que también dibuja un cuadro, pero esta vez con los bordes redondeados. Funciona igual que la herramienta anterior.

### **Círculo**



Herramienta que dibuja un círculo, funciona de la misma forma que las herramientas para hacer cuadros.

### **Poliedro**



Herramienta que facilita dibujar una figura poliédrica.

### **Línea Contínua**



Herramienta con la que se dibujan líneas rectas unas seguidas de otras. Dar un click y arrastrar el ratón hasta hacer una línea, luego dar de nuevo click y seguir arrastrando el ratón en otro ángulo o dirección y se crea una línea que inicia donde terminó la primera y así sucesivamente, para finalizar simplemente se da click derecho.

### **Arco**



Herramienta que se utiliza para dibujar arcos. Primero se hace una línea y luego

se da click en el en el extremo final del arco.

### **Pegar Bitmap**



Herramienta que sirve para pegar un dibujo externo en formato BMP, el cual se debe haber escogido previamente así: File --> Choose Bitmap, allí se abre una ventana en donde se debe seleccionar la ruta y el dibujo a pegar. Posteriormente, se da click sobre la herramienta BMP y se lleva el puntero del ratón hasta el punto donde se quiere pegar el dibujo allí se da click una vez por cada vez que se quiera pegar el dibujo. Para finalizar dar click derecho.

### **Texto**



Herramienta que adiciona texto en el área de dibujo.

### **Tendencia**



Herramienta que se utiliza para realizar una gráfica de tendencia, se hace el mismo procedimiento que para dibujar un cuadro, sin embargo se requiere una configuración descrita mas adelante.

### **Tendencia e Histórico**



Herramienta que además de dibujar una gráfica de tendencia, también hace un histórico de esa tendencia. Funciona igual que la herramienta tendencia con una configuración extra explicada mas adelante.

## Alarmas.



Herramienta utilizada para crear un registro de alarmas. La manera de dibujar el registrador de alarmas es igual que con la herramienta tendencia y también requiere configurarse.

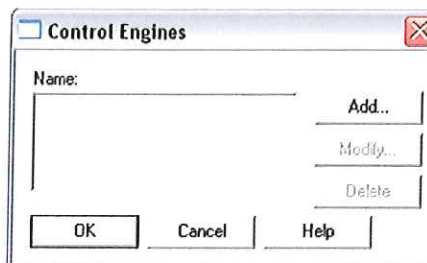
## Herramienta X&Y.

Herramienta que permite hacer una gráfica donde se enfrentan dos variables, de tal manera que se pueda tener una gráfica de función entre dos variables cualesquiera.

### 3.1.4.2. Diseñar la interfaz gráfica

Para el ejemplo de nivel de proceso lo primero que se hace es configurarle al ioDisplay un controlador que debe ser el mismo de la estrategia en ioControl. Para hacer esto se debe dar clic en Configure → Control Engine.

Figura 85. Crear la interfaz gráfica

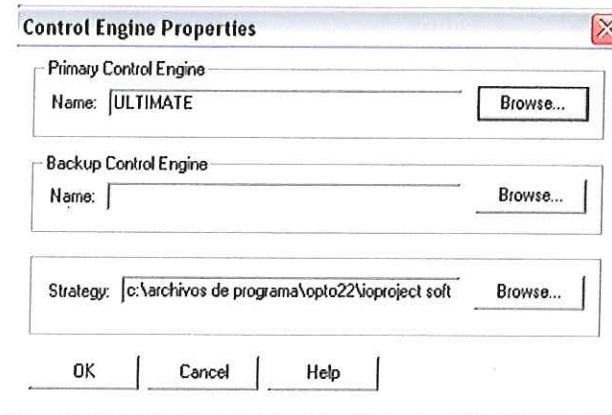


El autor

Se agrega el controlador oprimiendo la tecla Add para lo cual aparece una ventana la cual permite navegar hasta el directorio que contiene la estrategia en ioControl. Cada proyecto en ioDisplay debe estar asociado a una estrategia de ioControl.

Navegar hasta la carpeta "Nivel de proceso", y dentro de ésta seleccionar la estrategia de ioControl; Finalmente oprimir Open, aparece la siguiente ventana:

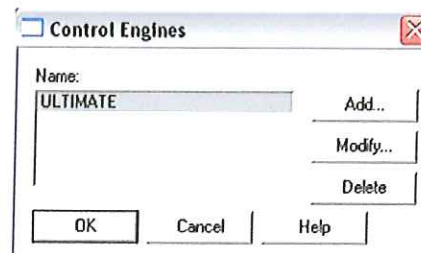
Figura 86. Propiedades del controlador



El autor

Posteriormente oprimir la tecla Browse para seleccionar el controlador Ultimate; debe aparecer una ventana así:

Figura 87. Configurar el controlador



El autor

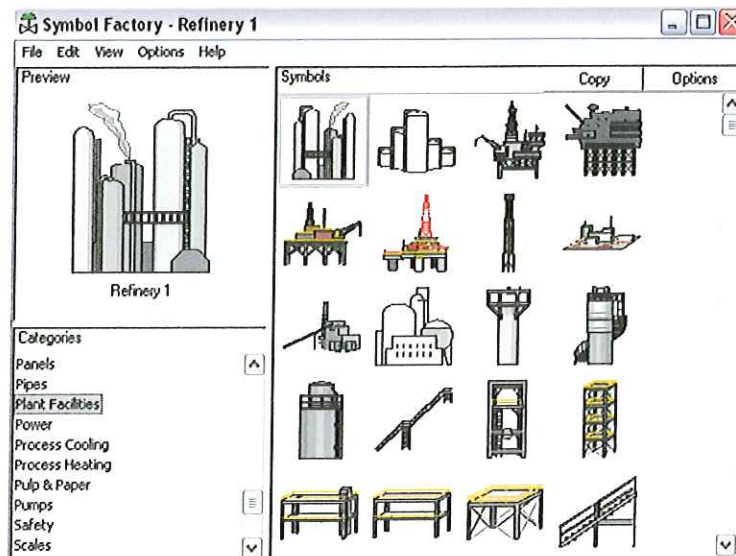
Seleccionar el controlador llamado "Ultimate" y oprimir la tecla OK. Dentro de la ventana Control Engine Properties también oprimir OK para terminar la adición del controlador y la estrategia al proyecto de ioDisplay.

Ahora, se puede dar comienzo a la creación del despliegue gráfico. Ya que en este caso se está monitoreando el nivel de un tanque, entonces se va a



seleccionar un tanque de la galería de gráficos de ioDisplay. Para acceder a esta galería se debe dar click derecho sobre la ventana y seleccionar Symbol Factory, y aparece la siguiente ventana.

Figura 88. Galería de gráficos de ioDisplay.



El autor.

En la galería existen unos 300 gráficos relacionados con la industria, cualquier cosa que sea necesaria para desarrollar el sistema de monitoreo, como tanques, sensores, válvulas, motores, bombas, tuberías, etc.

#### 3.1.4.2.1. Insertar gráficos

Inicialmente se selecciona dentro de la lista Categories el tipo de gráfico que se desea. Luego con el mouse se escoge el símbolo que se pretende añadir a la interfaz gráfica y se da click sobre "Copy" para copiarlo; seguido a esto se minimiza la ventana "Symbol Factory" y se continúa con click derecho sobre el área de dibujo y seleccionando Paste y el gráfico aparece sobre el área de dibujo.

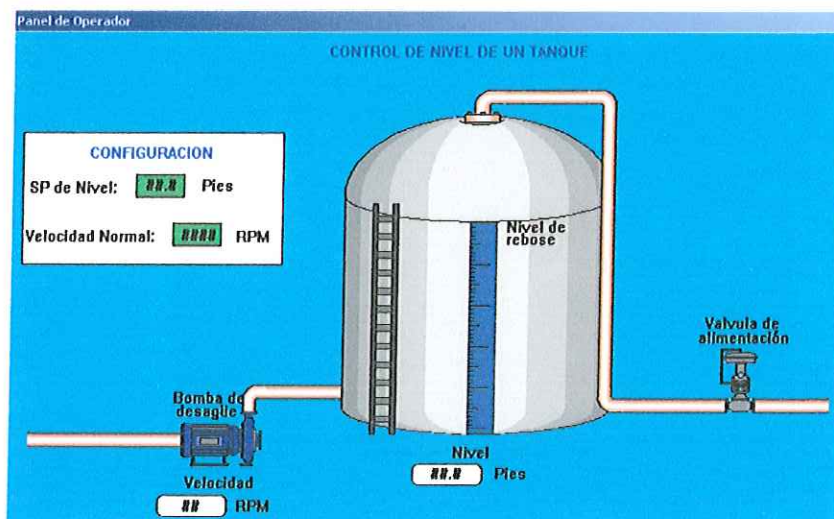
Después con la herramienta seleccionar arrastre el dibujo hasta el lugar donde lo

quiera ubicar y modifique el tamaño del dibujo si lo desea seleccionándolo y luego halándolo de una de las esquinas del cuadro de selección.

### 3.1.4.2.2. Ejemplo de nivel del proceso

En el ejemplo del sistema de control de nivel, hay que escoger un tanque en la sección "Tanks", tuberías en la sección de "Pipes" y se añadirán sensores de la sección de "Sensors", de tal manera que se pueda armar un interfaz de operador como la siguiente.

Figura 89. Interfaz grafica



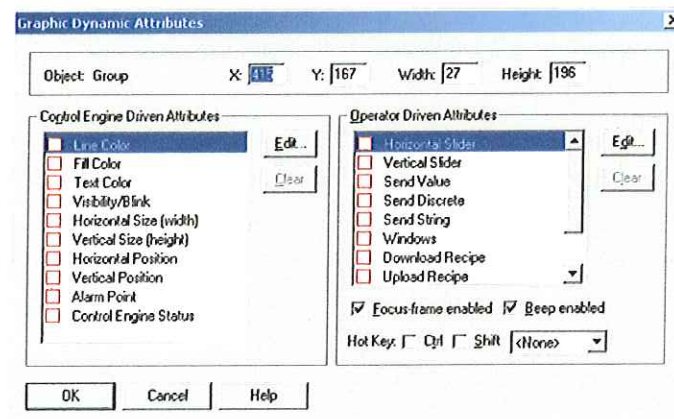
Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

### 3.1.4.3. Configurar características a los dibujos

Se deben configurar características como animaciones que harán que el dibujo tenga vida en el momento de monitorear el sistema de control.

Inicialmente se configurará la barra vertical que posee el tanque, el cual despliega en forma gráfica el llenado del tanque. Dar doble click sobre esta barra.

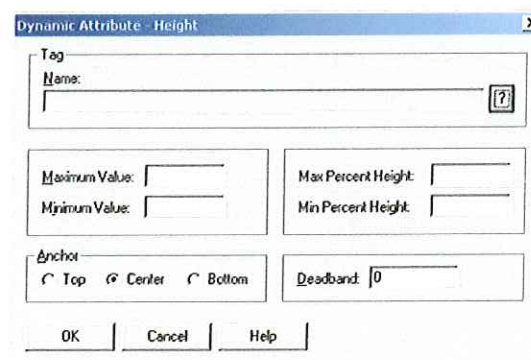
Figura 90. Atributos dinámicos de los gráficos



El autor

En el campo denominado “Control Engine Driven Attributes” seleccionar con el mouse Vertical Size y oprimir el botón “Edit”. Aparece la siguiente ventana.

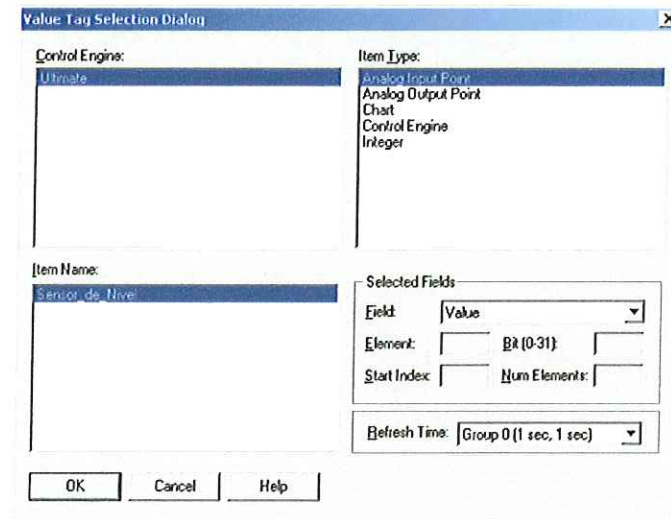
Figura 91. Animar el nivel del tanque.



El autor

El campo Name aparece vacío. Aquí es donde asociamos la variable análoga denominada “Sensor\_de\_Nivel” de la estrategia en ioControl con el gráfico de la barra vertical en ioDisplay. Seleccionar el botón con el signo de interrogación que aparece al lado del campo “Name” y aparece lo siguiente.

Figura 92. Asociar variables a los gráficos.



El autor.

En la anterior ventana seleccionar la variable de ioControl que queremos asociar y oprimir OK. En los campos denominados "Maximum Value" y "Max Percent Height" digitar el valor 100 significando que se abarcará el máximo de la altura de la barra vertical; En los campos llamados "Minimum Value" y "Min Percent Height" digitar el valor 0.

En el campo "Anchor" de la ventana seleccionar la opción Botton. Después de haber establecido los diferentes parámetros, oprimir OK. Con esto queda configurada la barra vertical que despliega el nivel del tanque.

Con el gráfico de la barra vertical desplegamos en ioDisplay el valor de una variable en la estrategia de ioControl; También es posible desde el panel de operador en ioDisplay enviar un valor a una variable de la estrategia que corre el controlador Ultimate.

Al lado izquierdo de la interfaz gráfica aparece una ventanita con el título "CONFIGURACIÓN" y dentro de ésta es posible establecer los setpoints para el



nivel del tanque y para la velocidad de flujo normal de la válvula de desagüe. Cuando se este operando la interfaz gráfica en línea se puede oprimir alguno de estos dos campos y aparecerá un ventanita desde la cual es posible establecer un nuevo setpoint; ese nuevo setpoint será enviado al controlador.

Para configurar la acción descrita de enviar un setpoint al controlador, oprimir sobre el campo de texto (###) que aparece al lado del mensaje "SP de Nivel:".

Al lado derecho de esa ventana existe un campo denominado "Operator Driven Atributtes" en el cual se especifica las diferentes acciones que se pueden llevar a cabo desde los gráficos de la interfaz de operador. Dentro de la lista existe una opción denominada "Send Value"; Esta opción es la que permite enviar un dato al controlador. Seleccionar con el mouse Send Value y oprimir el botón "Edit".

Figura 93. Enviar valores al controlador.

The image shows a dialog box titled "Dynamic Attribute - Send Value". It contains the following fields and controls:

- Tag:** A text field labeled "Name:" with a question mark icon to its right.
- Source:** Two radio buttons: "Fixed data" (selected) and "Prompt for data".
- Destination:** Two radio buttons: "Set" (selected) and "Offset".
- Fixed Data:** A text field labeled "Value:".
- Prompted Data:** A text field labeled "User Message:", and two text fields labeled "Min Value:" and "Mag Value:".
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" at the bottom.

El autor

En el campo Name se especifica la variable de la estrategia en ioControl a la cual se escribirá el valor enviado. Se enviará desde ioDisplay el setpoint de nivel a la variable de estrategia "Nivel\_Programado". Seleccionar el botón con el signo de interrogación que aparece al lado del campo "Name"

Se debe buscar y seleccionar la variable sobre la que se va a escribir, es decir "Nivel\_Programado" para el ejemplo. Para buscar una variable en la ventana simplemente se selecciona con el mouse el tipo de variable en el campo "Item Type" y van apareciendo las variables asociados a ese tipo en el campo "Item Name". Después de haber escogido la variable, oprimir OK.

En el campo "Source" escoger si el dato a enviar al controlador será alguno fijo o uno introducido por la persona que opera el sistema de control a través de la interfaz. Para el ejemplo seleccionar la opción "Prompt for data", y en ese momento se habitan los campos de "Prompted Data".

En el campo "User Message" ingresar un mensaje que será desplegado al operador cuando éste pretenda enviar un dato al controlador; para el ejemplo digitar "Ingresar el setpoint para el nivel". Con los campos "Min Value" y "Max Value" se establece un rango en el cual debe estar contenido el valor que se envía al controlador; para el ejemplo ingresar 0 y 100 para estos campos.

Después de haber establecido los valores a todos los campos, oprimir OK y me retorna a la ventana "Graphic Dynamic Atributtes" y donde se observa un chulito al lado de la opción "Send Value" significando que esta opción se encuentra configurada para el gráfico. Dar OK.

Igualmente al procedimiento descrito antes se configura el gráfico con el cual se realizará el envío de un valor desde la interfaz de operador al controlador para especificar la velocidad de flujo normal proporcionada por la válvula..

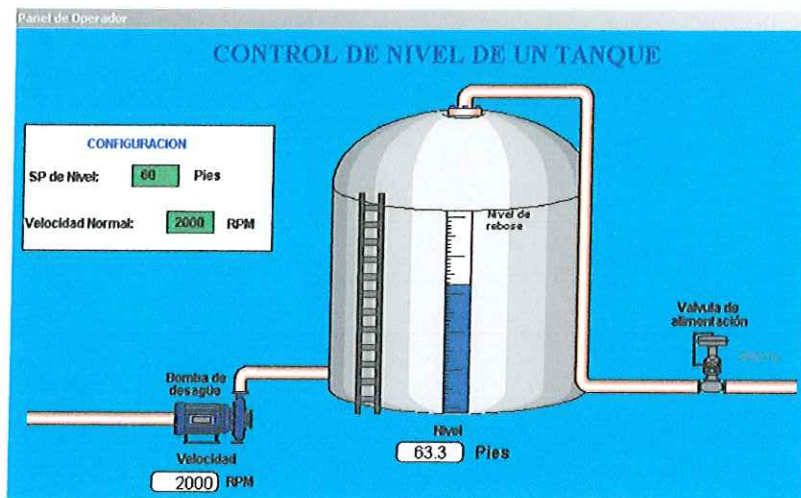
El resto de objetos gráficos que aparecen sobre el panel de operador en ioDisplay pueden ser asociados con su respectiva variable en la estrategia de ioControl, siguiendo los lineamientos expresados con los objetos configurados hasta aquí.

#### 3.1.4.4. Supervisión y control en tiempo real

Una vez terminado de dibujar y configurar los gráficos ir a *File --> Save Project and Load Runtime*.

Hecho lo anterior se abrió el programa ioDisplay Runtime, el cual se comunica en línea con el controlador, *escaneando* y actualizando los gráficos de la interfaz de ioDisplay. En este momento es posible observar los cambios en forma dinámica de los objetos gráficos que forman el panel de control.

Figura 94. Supervisión en tiempo real



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

#### 3.1.4.5. Tendencias e históricos

Las Tendencias e Históricos son herramientas que sirven para crear como su nombre lo indica, una tendencia o un histórico según se requiera para monitorear variables y señales en tiempo real.



Estos son dos objetos visuales que grafican variables con respecto al tiempo de señales y variables en tiempo real y generan un archivo histórico (con el objetivo de volver a revisar estos datos en cualquier otro momento) de estos valores que son leídos desde la estrategia hecha en ioControl. En estos gráficos es posible modificar aspectos como los rangos de los ejes X y Y, el color del fondo, el ancho y color de la línea de graficación.

#### **3.1.4.5.1. Clases de gráficos**

Existen tres tipos de gráficas, ellas son: las Tendencias, las Tendencias e Históricas y las XY Plots. Las Tendencias y las Tendencias e Históricas grafican valores vs tiempo y pueden tener varias líneas. XY Plots gráfica desde dos tablas numéricas usando una para los valores de X y otra para los valores de Y.

- **Tendencias:** Este tipo de gráfico permite tener hasta cuatro líneas al tiempo por ventana de tendencia, a diferencia del gráfico tipo "Tendencia e histórico" este no puede generar una gráfica obtenida de datos Históricos, solamente puede generar la gráfica a partir de datos en tiempo real.
- **Tendencias e Históricas:** Este tipo de gráfico puede desplegar hasta 16 líneas de variables al tiempo, esto lo puede hacer en tiempo real o desde un archivo de datos Históricos.
- **XY Plots:** Este tipo de gráfico solo puede dibujar gráficas basadas en datos de tablas numéricas.



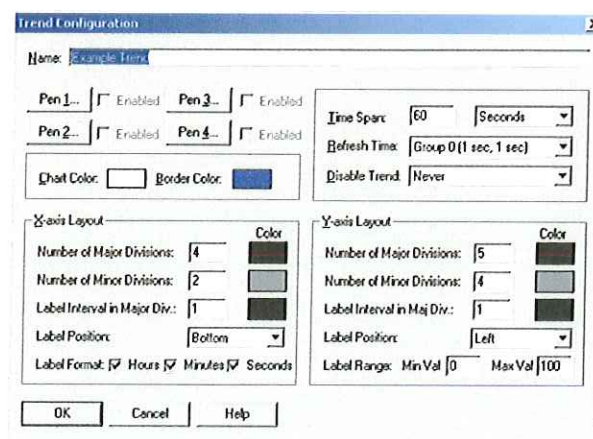
### 3.1.4.5.2. Tendencias

Para el ejemplo crearemos una nueva ventana dando click en *Window --> New* ventana de ioDisplay. En la ventana de configuración que aparece dar el nombre a la ventana "Tendencias" y dar OK; establecer el tamaño apropiado.

Para adicionar una gráfica de tendencia, se debe seleccionar la herramienta Tendencia de la ventana Tools, luego haga clic sostenido en el área de dibujo y arrástrelo hasta completar el tamaño que desee, una vez hecho esto aparece la gráfica.

Para configurar la gráfica se debe dar doble clic sobre el cuadro y aparece una ventana donde se hace la configuración de este objeto. En la figura 14 se puede ver la manera de configurar cada una de las señales posible en la gráfica de tendencias, cada uno de estos objetos tiene la posibilidad de configurar hasta un máximo de 4 señales o variables.

Figura 95. Configurar tendencias

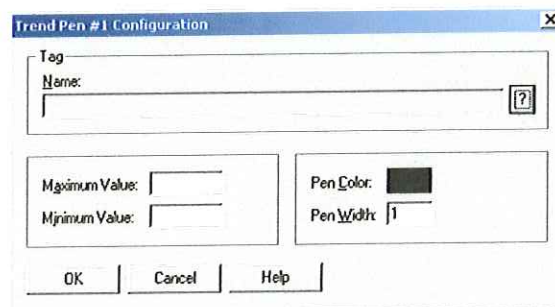


Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

Para el ejemplo configuraremos una señal. Dar click sobre el botón "Pen 1" para configurar la señal 1 y aparece una ventana en donde se debe escoger la variable

o señal que se va a monitorear, además de los rangos máximos y mínimos y el color que se le va a asignar.

Figura 96. Configurar una señal

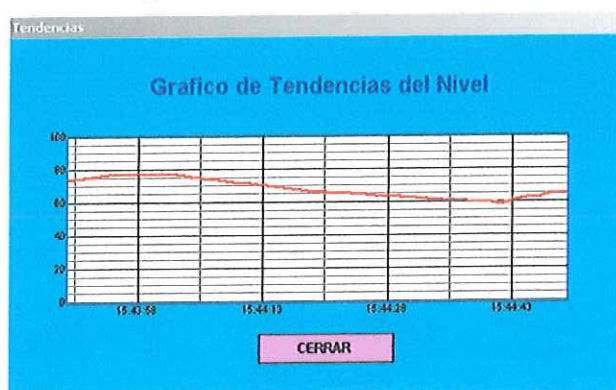


Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

Seleccionar la variable "Sensor\_de\_Nivel" para realizar el monitoreo en tiempo real del nivel del tanque; configurar los demás parámetros.

Crear un botón llamado "Tendencias" en la ventana principal de la interfaz de operador, de modo que al oprimirlo en Runtime se abra la ventana de tendencias y se despliegue el gráfico. Iniciar el monitoreo en tiempo real y observar los cambios.

Figura 97. Despliegue en runtime



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

### 3.1.4.5.3. Tendencias e históricos.

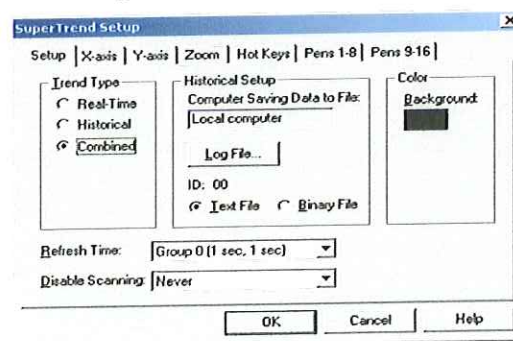
El objeto Tendencias/Históricos, además de hacer la misma función de las tendencias, tiene la posibilidad de grabar esa tendencia, es decir hacer un histórico de las señales o variables del proceso las cuales pueden posteriormente ser analizadas.

Se crea una nueva ventana dando click en *Window --> New* en la ventana de ioDisplay. En la ventana de configuración que aparece, escribir el nombre a la ventana "Tendencias e Históricos" y dar OK; establecer el tamaño apropiado.

Para adicionar una gráfica de Tendencia/Histórico, se debe seleccionar la herramienta de la ventana Tools, luego haga clic sostenido en el área de dibujo y arrástrelo hasta completar el tamaño que desee, una vez hecho esto aparece la gráfica.

Para configurar la gráfica se debe dar doble clic sobre el cuadro y aparece una ventana donde se hace la configuración de este objeto. En la siguiente figura se puede ver la manera de configurar cada una de las señales posible en la gráfica de Tendencias/Históricos, cada uno de estos objetos tiene la posibilidad de configurar hasta un máximo de 16 señales o variables.

Figura 98. Configurar las señales en tendencias/históricos

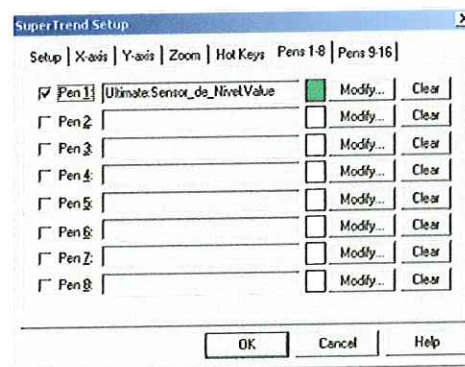


Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22



Para el ejemplo configuraremos una señal. Dar click sobre el botón “Pen 1 -8” para configurar la primera señal y aparece una ventana en donde se debe escoger la variable o señal que se va a monitorear.

Figura 99. Configurar señal a monitorear.



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22

Seleccionar la variable “Sensor\_de\_Nivel” para realizar el monitoreo en tiempo real del nivel del tanque. Crear un botón llamado “Tendencias/Históricos” en la ventana principal de la interfaz de operador, de modo que al oprimirlo en Runtime se abra la ventana de Tendencias/Históricos y me despliegue el gráfico. Iniciar el monitoreo en tiempo real y observar los cambios.

Figura 100. Monitoreo en tiempo real con tendencias/históricos



Tomado de: SINCRON, Manual básico de Ultimate Opto 22



## 3.2. MANUAL DE PRÁCTICAS

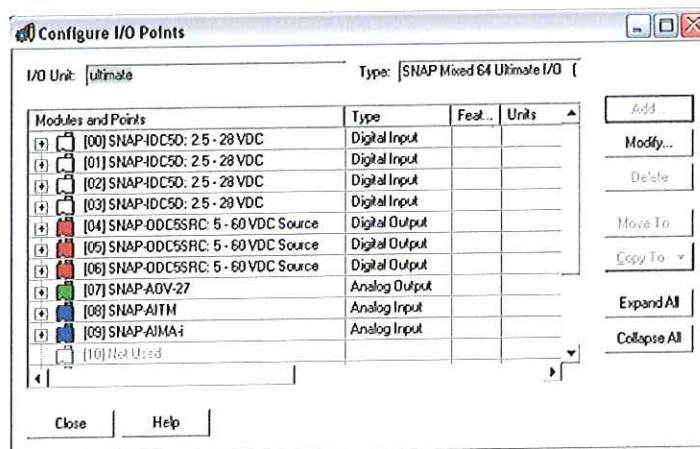
A continuación se presentan cuatro practicas para ser realizadas en el banco de mecatrónica las cuales son sencillamente la programación individual de los subprocesos del sistema.

Obviamente, para cada práctica el estudiante deberá detectar de forma directa la numeración de entradas y salidas a menos que se indique lo contrario.

### 3.2.1. Práctica de montaje

Con el fin de seguir un proceso metodológico lo primero que el estudiante deberá realizar es el montaje y puesta en servicio del sistema para lo cual es necesario que monte físicamente (ver conexiones eléctricas en cada modulo y los anexos) y configure los siguientes módulos por iocontrol siguiendo los pasos que se describen en el manual anteriormente explicado.






Figura 101. Practica de montaje y configuración de módulos



El autor

A continuación expanda cada carpeta y configure punto por punto de cada modulo según criterio propio (si no esta cableado) o como se muestra a continuación:

Figura 102. Configurar los nombres

Modules and Points	
	[00] SNAP-IDC5D: 2.5 - 28 VDC
	{00} START
	{01} STOP
	{02} SENSOR_DE_PRESENCIA
	{03} SENSOR_DE_PINZA

El autor

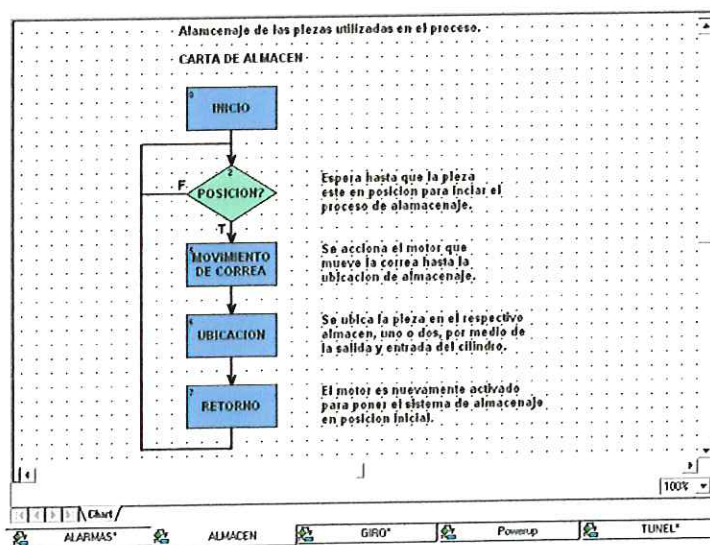
Configure los nombres de tal manera que sean fácilmente comprensibles y localizables en el proceso. Recuerde además hacer una breve descripción o explicación de cada punto para tomarlo como referencia en el futuro.

Encienda el opto 22 y conectado al proceso verifique que las entradas se activen en los módulos del opto cuando son pulsadas o encendidas. Estando en linea fuerce las salidas dando doble clic I/O units y seleccionando la variable a forzar.

### 3.2.2. Práctica de transporte y almacén

En el siguiente ejercicio se utiliza el subproceso de transporte y almacén donde básicamente se recoge la pieza y es depositada en cada modulo del almacén. La idea es hacer el recorrido 4 veces y llenar las cuatro vías del almacén.

Figura 103. Carta almacén



El autor

Recuerde que cada bloque tiene su instrucción preguntando por una entrada (bloque de condición) o activando una salida (bloque de acción).

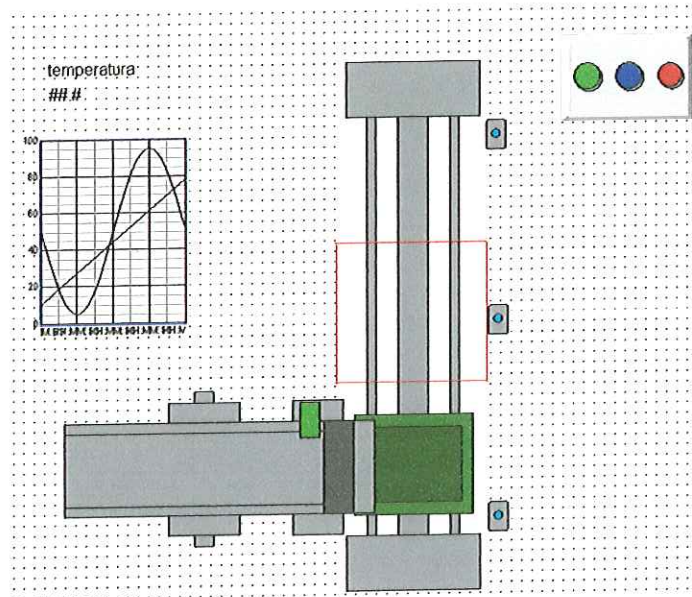
### 3.2.3. Práctica de configuración SCADA

Para la siguiente práctica debe hacer un programa o descargar el original del banco de mecatrónica especialmente en lo que tiene que ver con el subproceso de transporte y proceso térmico.

Después de verificar su funcionamiento abra iodisplay y configure los gráficos como se muestran en l figura 109.

Como se puede observar debe graficar el valor de la temperatura y representarlo numéricamente además arrancar el subproceso y pararlo desde la interface mostrando las posiciones de la mesa (3 posiciones) y sus respectivos sensores que cambian de color al conmutar.

Figura 104. Carta túnel



El autor

Para indicar la temperatura simplemente amarre `##.#` a la variable análoga temperatura (del programa original). Para graficarla se inserta tren del tool box y simplemente dando doble clic se indica que variables se van a graficar en este caso temperatura.

Para mostrar las posiciones se deben dibujar las tres posiciones y cada una de ellas a una variable (variable de cada sensor).

Recuerde descargar primero el programa desde iocontrol, luego descargar los gráficos desde iodisplay y correr el runtime.



#### 4. CONCLUSIONES

La investigación logró cumplir con los requerimientos del proyecto, se cumplieron con los objetivos planeados y lo más importante se avanzó en conocimiento en un sistema de control como es el Opto 22.

Se encontraron una cantidad de herramientas para la automatización y una cantidad de productos y servicios interesantes de marcas diferentes a la hora de sistematizar un proceso tanto en sistemas de control como detectores y actuadores.

Este proyecto deja un valor agregado en conocimiento tanto para la UNAB como para el laboratorio de automatización de Barrancabermeja, ya que este es el punto de partida para dictar cursos de capacitación sobre el sistema Opto 22.

Al desarrollar cada parte de la investigación, búsqueda de información, diseño mecatrónico e implementación, se refleja la calidad del estudiante de ingeniería mecatrónica y la importancia de la parte práctica (prácticas académicas), en la formación profesional del Ingeniero mecatrónico de la UNAB.

En cuanto a la implementación, para el caso de la estructura y los mecanismos, la perfilera en aluminio presenta cualidades de resistencia, y trabajo limpio en procesos de automatización sacrificando costos por practicidad y ergonomía.

Entrando en detalle, se comprobó la facilidad de programación, configuración y montaje del sistema de control Opto 22. En programación, demostró ser un sistema sencillo, abierto y que brinda herramientas pedagógicas a la hora de utilizarlo por su estilo de programación por cartas de control secuencial. Además, para programas complejos se utiliza opto script que permite hacer cálculos

matemáticos de manera sencilla sin necesidad de maniobras o trucos especiales en la programación.

Así mismo, en la implementación de la interface SCADA, no se presentaron inconvenientes tortuosos a la hora de la configuración, de hecho, presenta un entorno muy parecido a otros sistemas de configuración SCADA, como WinCC, de Siemens, o Labview de National Instruments, donde se cuenta con herramientas clásicas de dibujo, tendencias e históricos, bases de datos y configuración de variables de manera sencilla.

Sin embargo, hay un detalle que es algo impractico a la hora de programar y es que no se cuenta(o por lo menos es desconocida en esta investigación) con un simulador para verificar el funcionamiento del programa, es decir, hay que descargar el programa al controlador cada vez que se quiera hacer una corrección para ver si funciona correctamente.

Finalmente se puede concluir, que esta investigación ha sido una experiencia enriquecedora en la formación profesional y ha incentivado a continuar en la búsqueda de información e implementación en esta rama de la automatización parte importante de la Ingeniería Mecatrónica.

## 5. RECOMENDACIONES

Se puede implementar un sistema SCADA por medio de OPC con Winncc.

Se deja abierta la posibilidad de añadir componentes hidráulicos al sistema

Se deben tener conocimientos previos en Windows, programación de PLCs y electroneumática

Realizar el proceso por etapas, es decir empezar por conexiones, programación de sub- procesos, programación de proceso en general y finalmente sistema SCADA.

Se deja abierta la posibilidad de implementación de mímicos por Internet.

La idea es que la estación de mecatrónica pueda ser conectada con otros dispositivos en red y así programar por una red LAN

Se pueden implementar subprocesos y secuencias diferentes a las del diseño original por su fácil montaje y desmontaje.

## 6. OBSERVACIONES

El sistema de opto 22 es un sistema dinámico que posee un paquete completo de comunicación

El sistema opto 22 y el banco de mecatrónica están diseñados de tal forma que son sencillos de manipular

La estación de mecatrónica esta diseñada para prácticas de alumnos técnicos en automatización SENA donde en su implementación debe estar la mano de obra de los alumnos.



## BIBLIOGRAFIA

BOLTON, William, Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Segunda Edición. México: Alfaomega, 2002, 544 p.

BOSCH, Robert, Técnica de automatización didáctica, Alemania, 2002, 168 p.

FLOWER, Luis, Diseño y programación de autómatas programables. Colombia, 2001, 345 p.

KUO, Benjamín, Sistemas de control automático. Séptima Edición. México: Prentice Hall, 1996, 906 p.

PALLAS, Ramón, Sensores y Acondicionadores de Señal, Tercera Edición. Barcelona: Alfaomega, 2001, 480 p.

PIÑON, Andrés, Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso. México 2001, 10 p.

VEGA, Alejandro, Sensores, Neumática y PLC. México: Tecnológico de Monterrey, 1997, 106 p.

CEKIT, Curso práctico de electrónica y automatización industrial.

Hart Communication Foundation (1999) Hart Application Guide.HCF.  
Austin.Texas.USA

SINCRON, Manual curso de Ultimate version 1.02, 2004, 70 p.

## **PAGINAS DE INTERNET**

<http://www.bosch.com.co>

<http://www.infoplz.org>

<http://www.smar.com/tt301>

<http://www.automatas.org>

<http://www.opto22.com>

<http://www.monografias.com/hart>

<http://www.monografias.com/trabajos12/eleynew.shtml>

<http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/dma/mecatronica.htm>

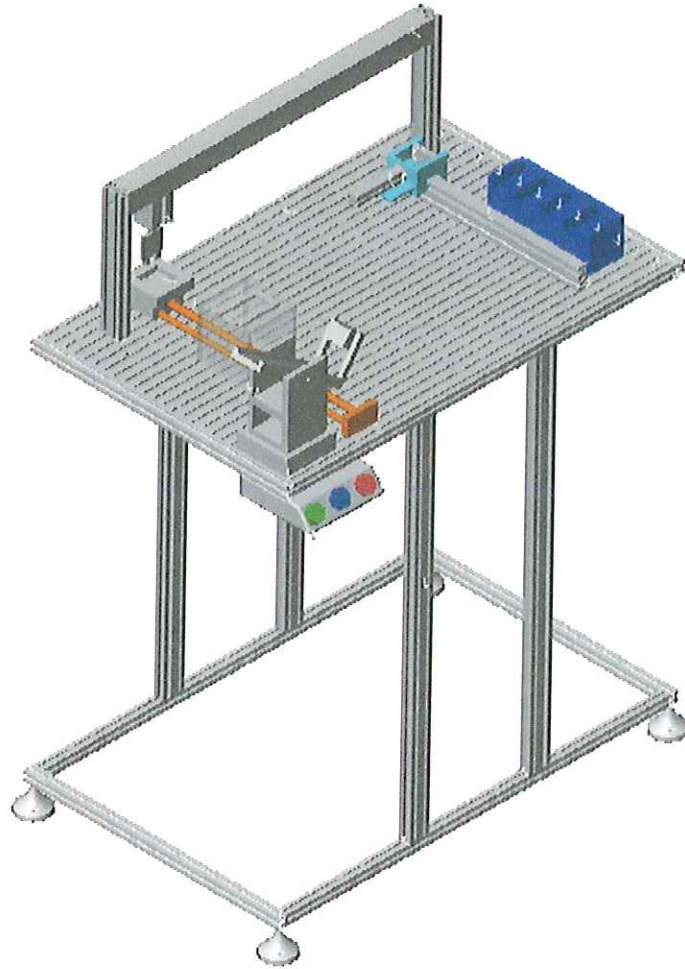
[http://www.grupo-maser.com/PAG\\_Cursos/Auto/PLC/plc.htm](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/PLC/plc.htm)

<http://www.monografias.com/trabajos16/estrategia-produccion.shtml>

[http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat\\_I/contenido\\_menu/Unidad\\_III/Contenido.htm](http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_III/Contenido.htm)

# ANEXOS

## ANEXO 1. ESTACIÓN DE MECATRÓNICA



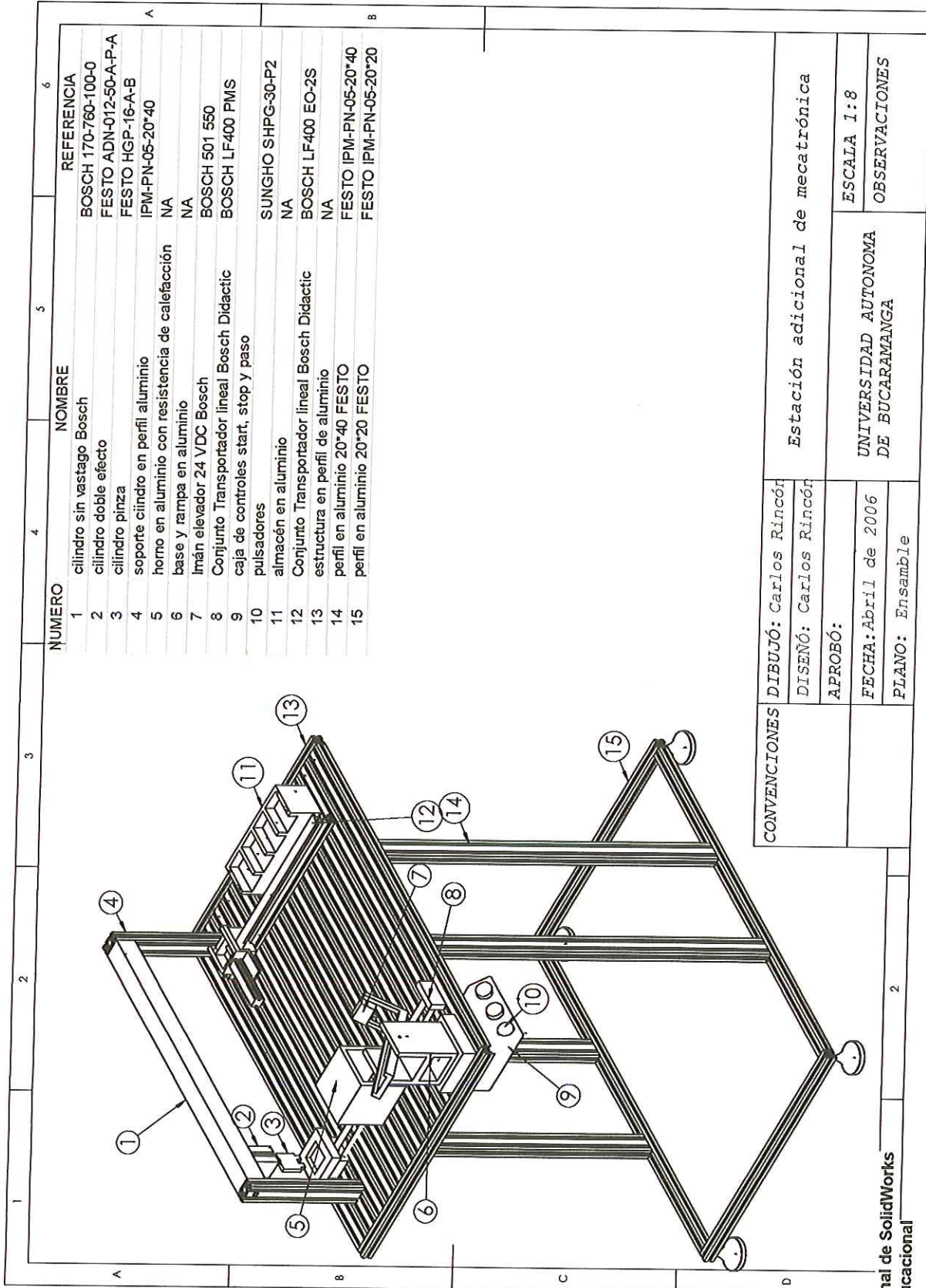


## ANEXO 2. COSTOS DE LA ESTACIÓN DE MECATRONICA

	DESCRIPCION	CANT	PRECIO TOTAL
1	Kit opto 22 snap ultimate	1	\$6'240.000
2	Modulo de entradas analogas 2 canales 4-20 mA	2	\$1'920.000
3	Modulo de salidas analogas 2 canales 4-20 mA	2	\$1'424.000
4	Modulo de entrada analoga 2 canales tipo e,j,k	1	\$960.000
5	Modulo de entrada analoga de 2 canales pt 100, rtd	1	\$768.000
6	Modulo de comunicacion serial RS-232	1	\$1'233.000
7	Modulo de salida para control de tiempo proporcional PWM, 5-60 VDC	1	\$710.000
8	Kit de configuración hardware opto 22 y transmisores smart . Terminal de interfase para configuración monitoreo y operación de hardware opto 22 y configuración y parametrización de equipos de campo con protocolo hart(computador portatil)	1	\$10'000.000
9	Transmisor de temperatura inteligente hart 4-20 mA con PID	1	\$1'500.000
10	Estructura en perfil de aluminio 20*20 15 mts 20*40 5 mts		\$1'500.000
11	Cilindro doble efecto	1	\$183.900
12	Cilindro pinza	2	\$1'398.600
13	Cilindro sin vástago bosch	1	\$350.000
14	Sensor magnético	5	\$744.000
15	Finales de carrera mecánicos	4	\$50.000
16	Electroválvulas	5	\$2'441.065
17	tornillos	200	\$200.000
18	Reguladora de presión neumática	1	\$198.990
19	Regulador de caudal neumático	5	\$200.000
20	Electroválvula 5/3	1	\$430.000
21	Tapas perfilera	8	\$20.000
22	Conjunto Transportador lineal Bosch Didactic BOSCH LF400 PMS	1	\$589.900
23	Conjunto Transportador lineal Bosch Didactic BOSCH LF400 EO-2S	1	\$556.890
24	Imán elevador 24 VDC Bosch BOSCH 501 550	1	\$56.000
25	almacén en aluminio		\$20.000
26	base y rampa en aluminio		\$20.000
27	horno en aluminio con resistencia de calefacción		\$30.000
28	caja de controles start, stop y paso		\$30.000
29	electroalvula	1	\$252.000

30	distribuidor	1	\$15.825
31	Racor recto	5	\$40.600
32	Tubo flexible en polietileno	1	\$4.900
33	Sensor inductivo de proximidad	1	\$211.464
		1	
	TOTAL		\$33'066.134

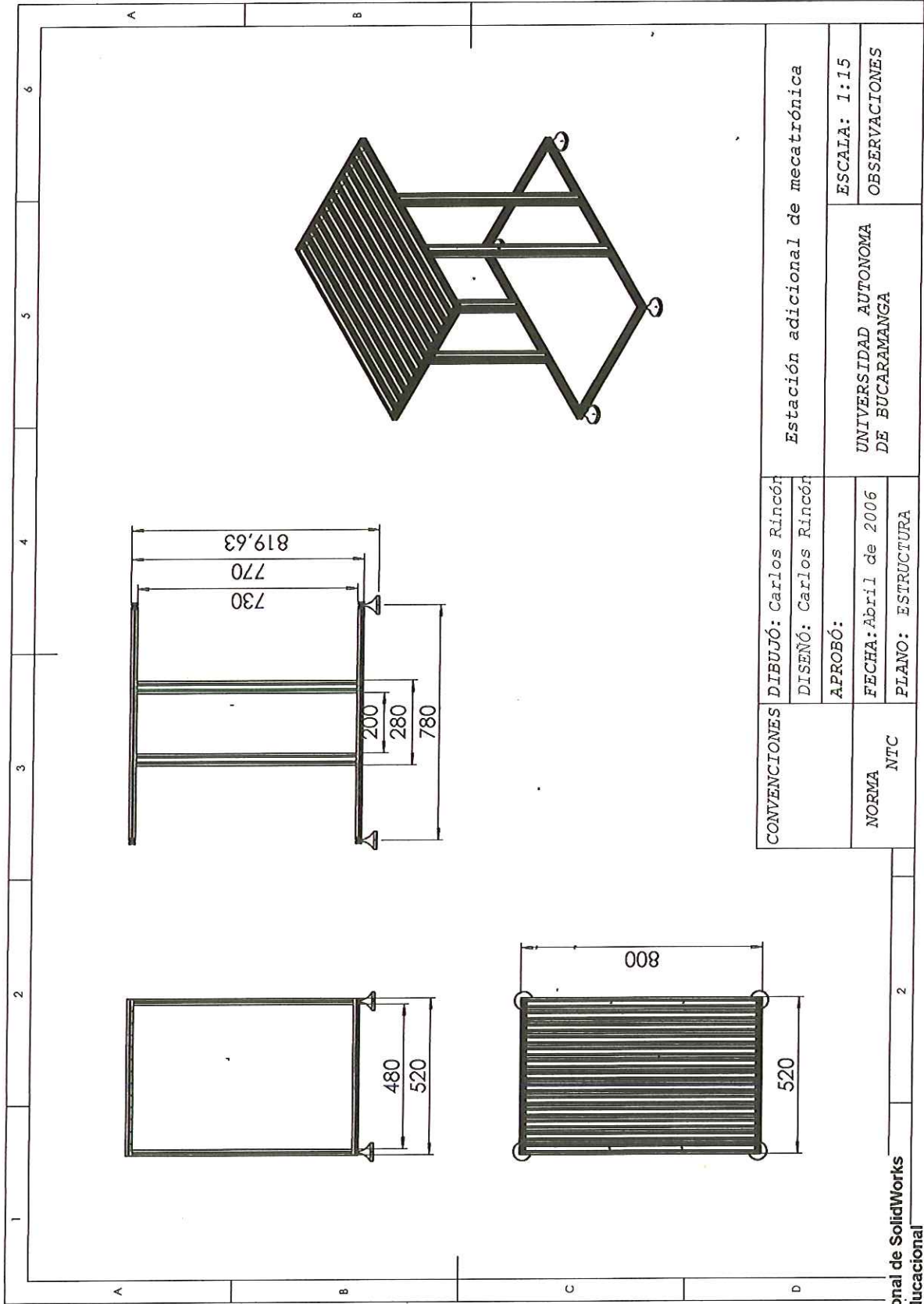
**ANEXO 3. PLANOS**



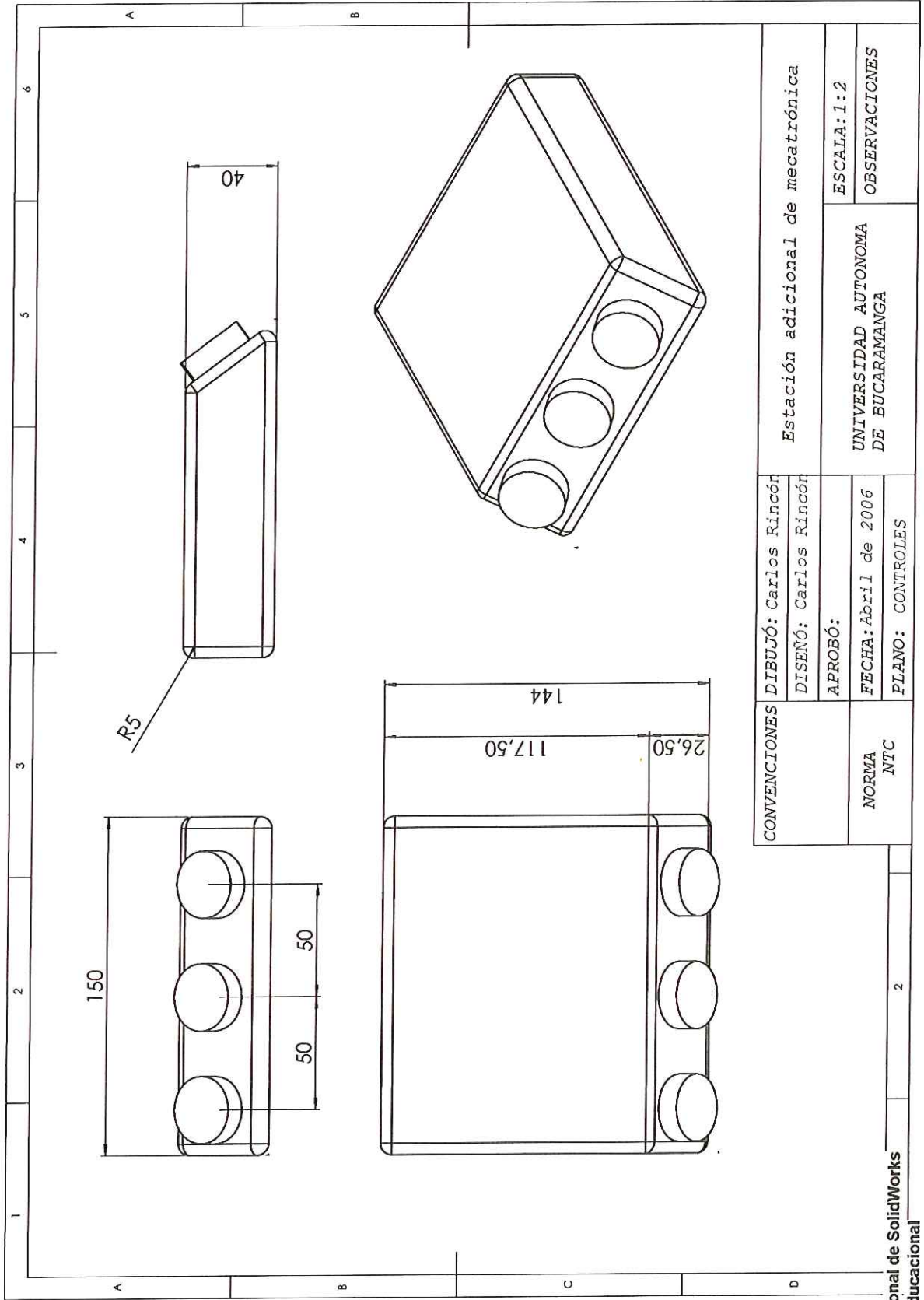
NUMERO	NOMBRE	REFERENCIA
1	cilindro sin vestago Bosch	BOSCH 170-760-100-0
2	cilindro doble efecto	FESTO ADN-012-50-A-P-A
3	cilindro pinza	FESTO HGP-16-A-B
4	soporte cilindro en perfil aluminio	IPM-PN-05-20*40
5	horno en aluminio con resistencia de calefacción	NA
6	base y rampa en aluminio	NA
7	Imán elevador 24 VDC Bosch	BOSCH 501 550
8	Conjunto Transportador lineal Bosch Didactic	BOSCH LF400 PMS
9	caja de controles start, stop y paso	SUNGHO SHPG-30-P2
10	pulsadores	NA
11	almacén en aluminio	NA
12	Conjunto Transportador lineal Bosch Didactic	BOSCH LF400 EO-2S
13	estructura en perfil de aluminio	NA
14	perfil en aluminio 20*40 FESTO	FESTO IPM-PN-05-20*40
15	perfil en aluminio 20*20 FESTO	FESTO IPM-PN-05-20*20

CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	ESCALA 1:8
	APROBÓ:	OBSERVACIONES
	FECHA: Abril de 2006	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
	PLANO: Ensamble	

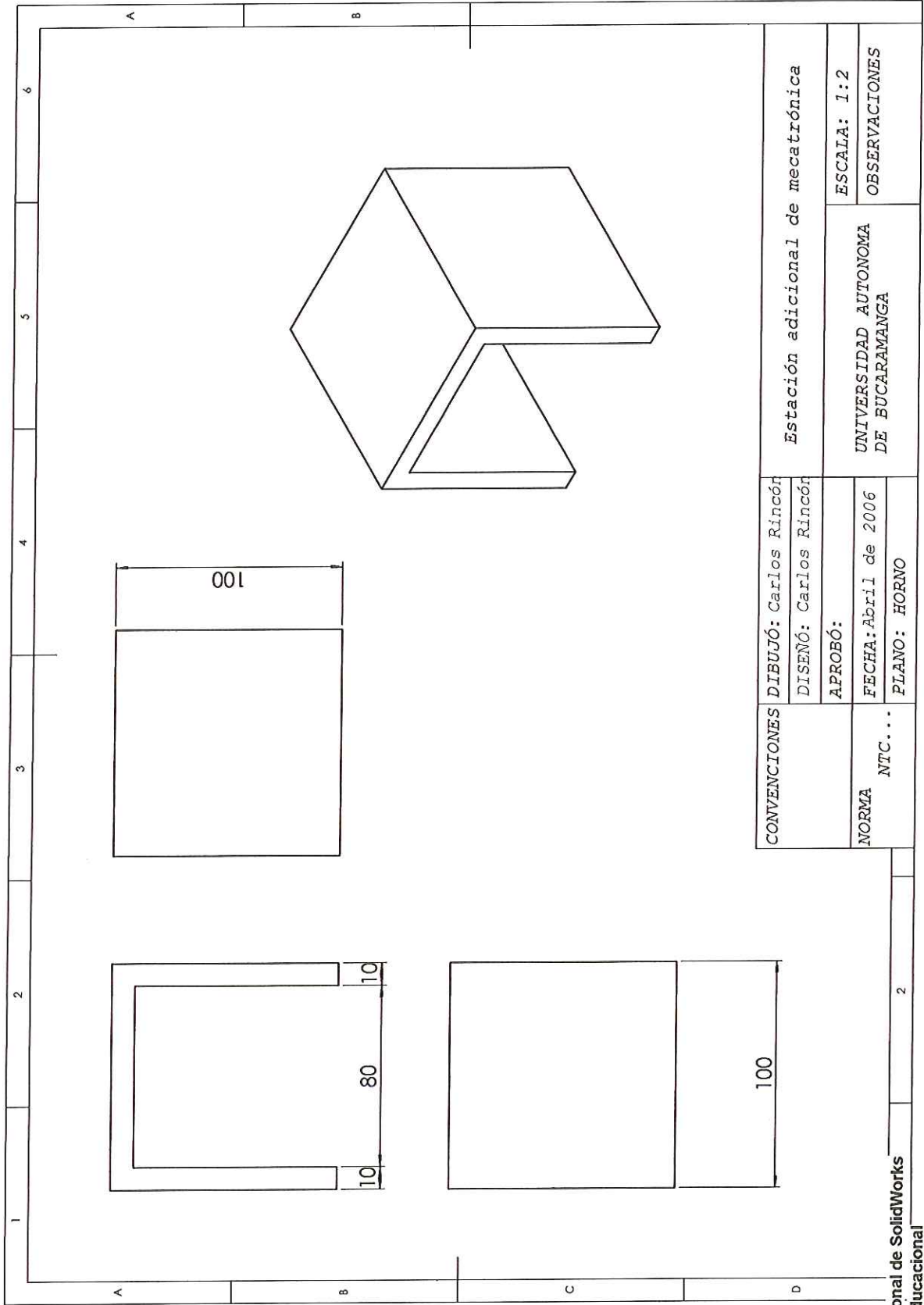




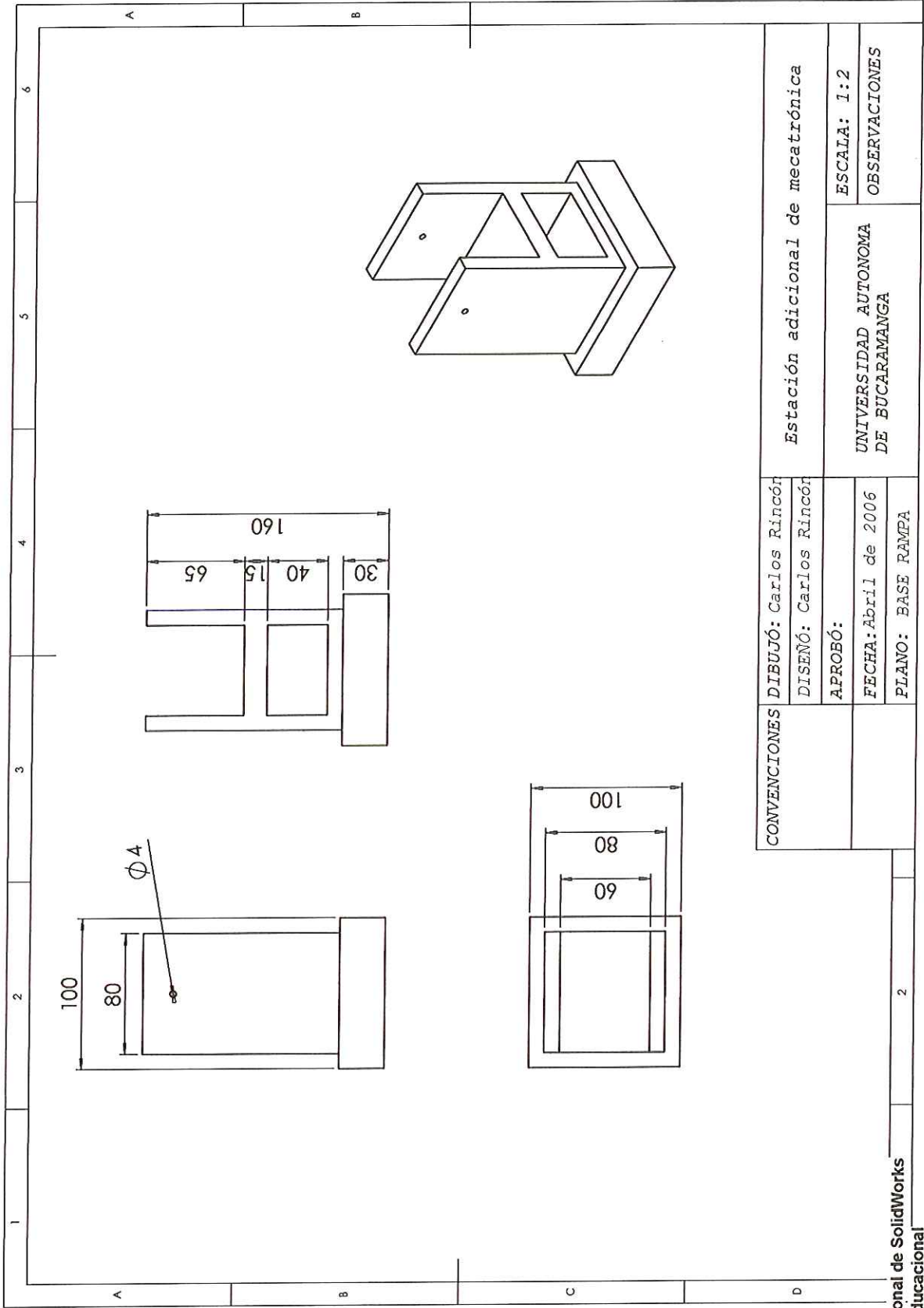
CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NTC	APROBÓ:	ESCALA: 1:15 OBSERVACIONES	
	FECHA: Abril de 2006	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
	PLANO: ESTRUCTURA		



CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NTC	APROBÓ:	ESCALA: 1:2	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: CONTROLES		

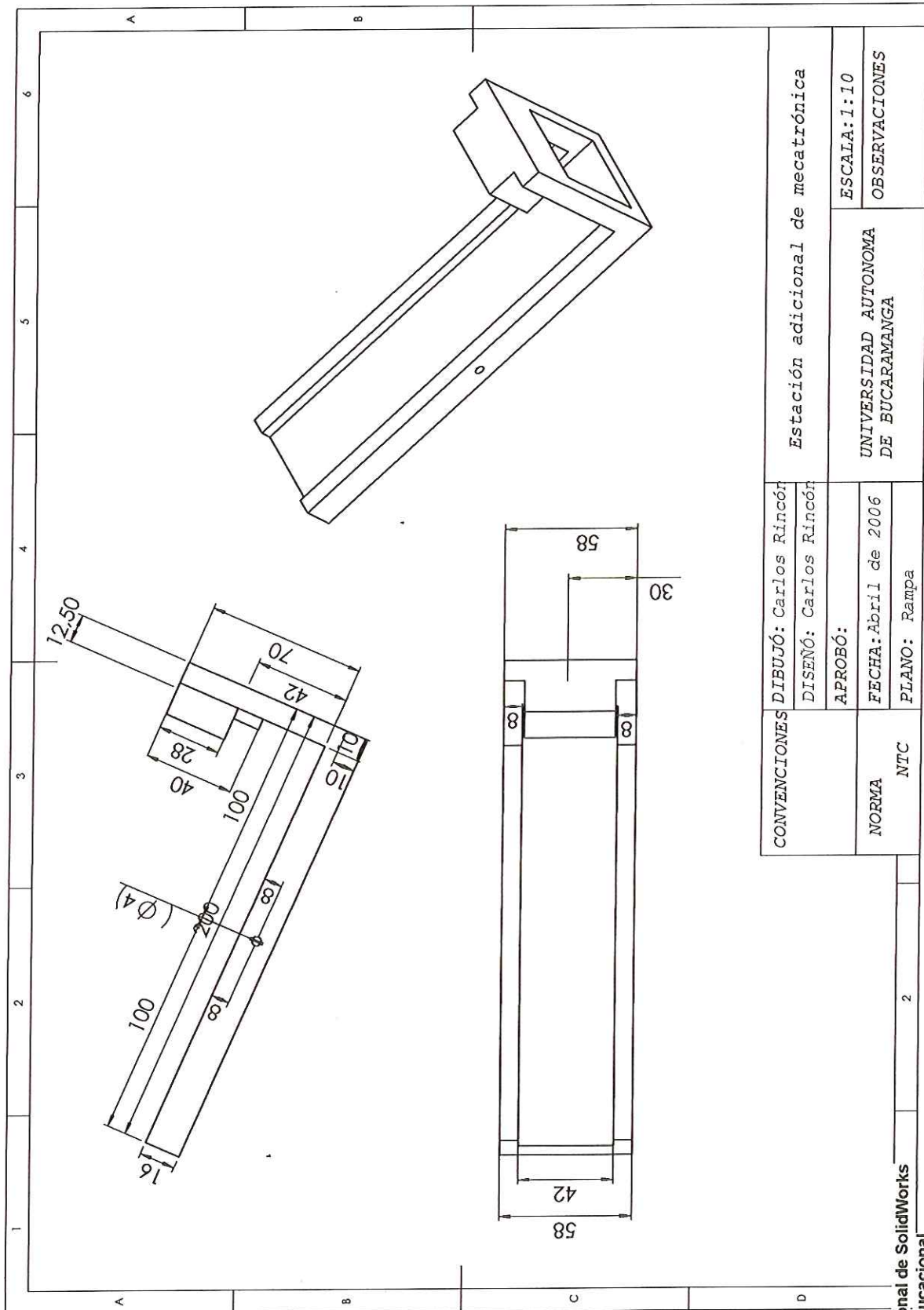


CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	
	APROBÓ:	ESCALA: 1:2
NORMA	FECHA: Abril de 2006	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
NTC...	PLANO: HORNO	OBSERVACIONES

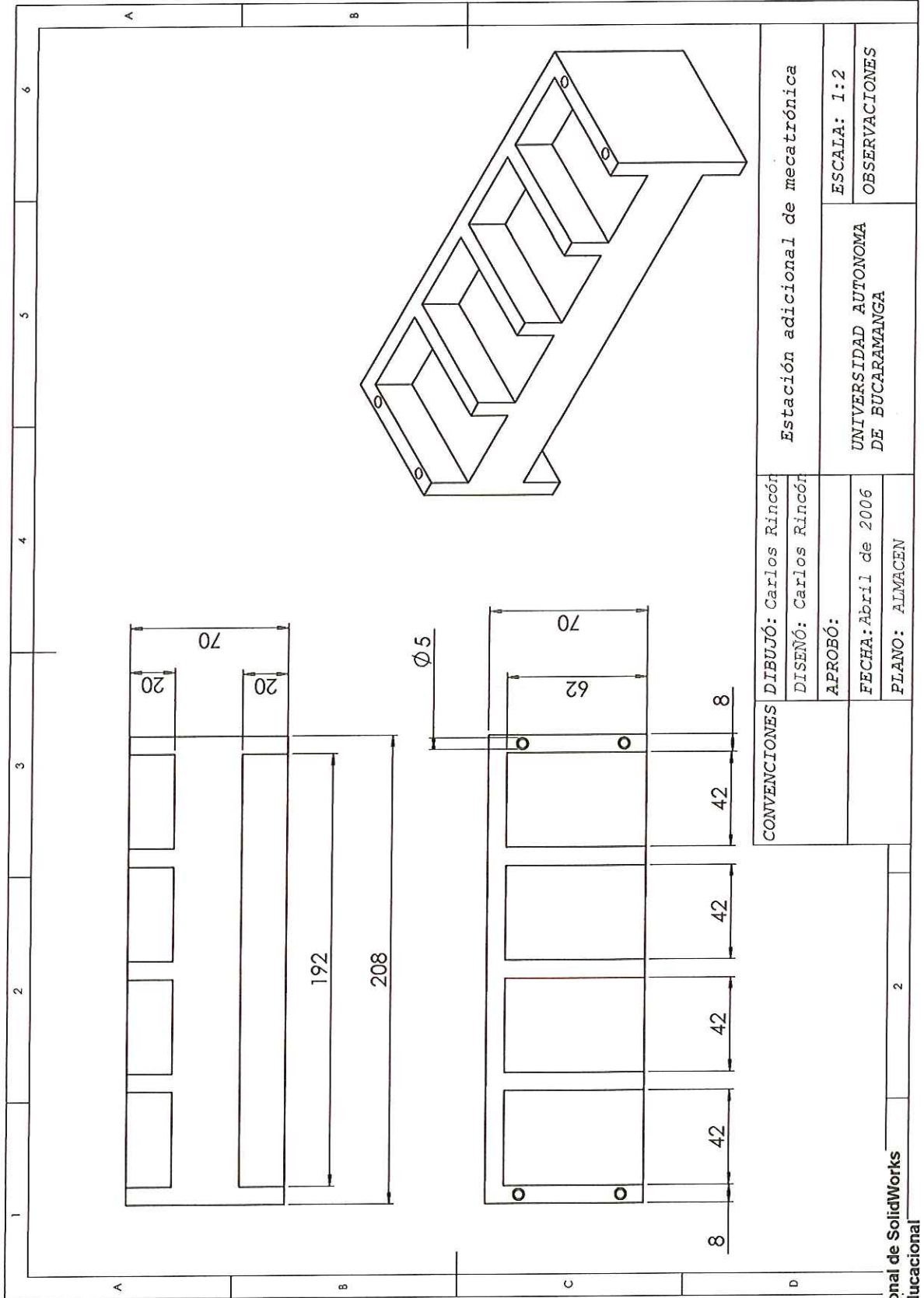


CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
	APROBÓ:	ESCALA: 1:2 OBSERVACIONES	
	FECHA: Abril de 2006		
	PLANO: BASE RANPA		

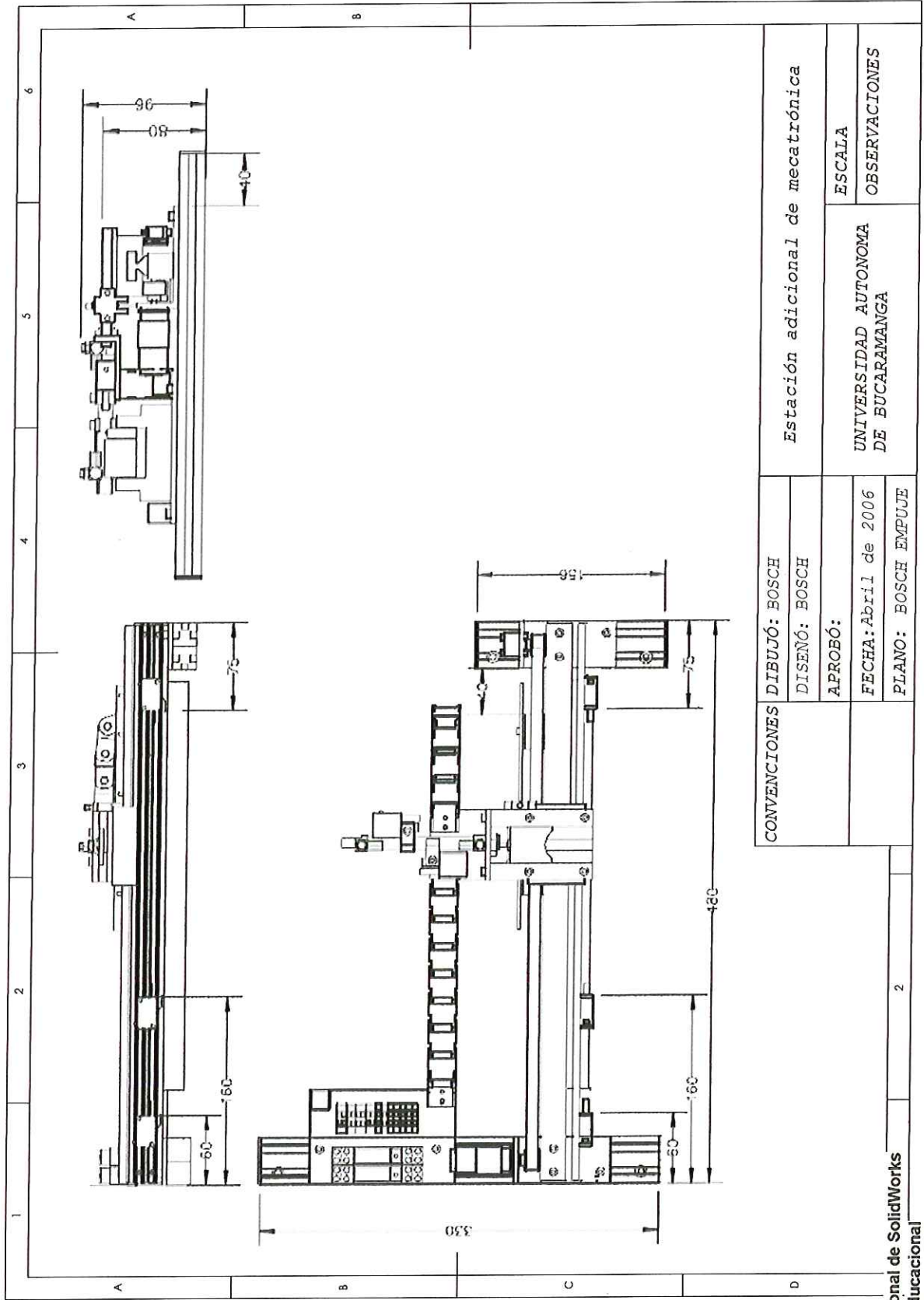


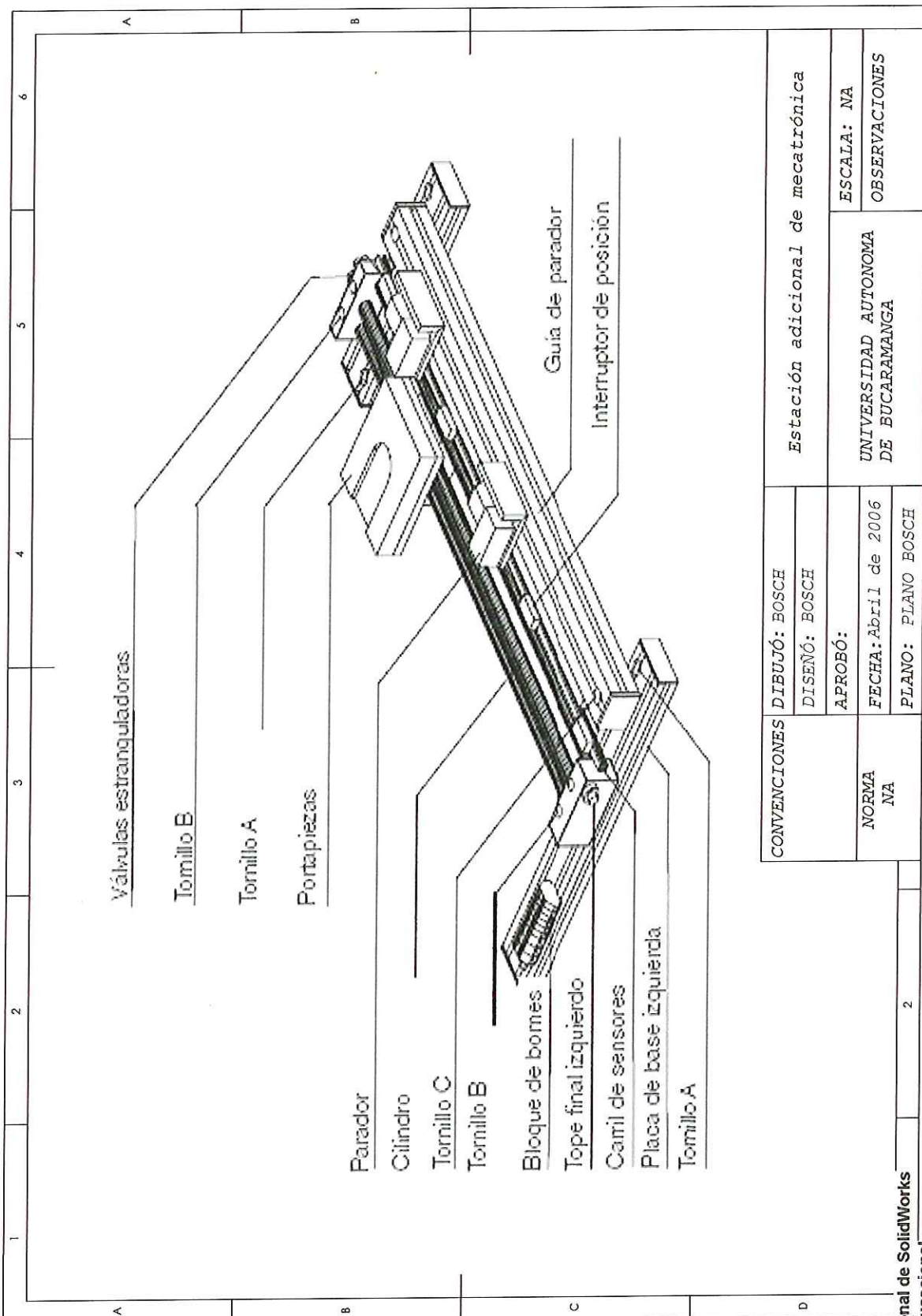


CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	ESCALA: 1:10
	DISEÑÓ: Carlos Rincón		
NORMA	APROBÓ:	OBSERVACIONES	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
	FECHA: Abril de 2006		
NTC			



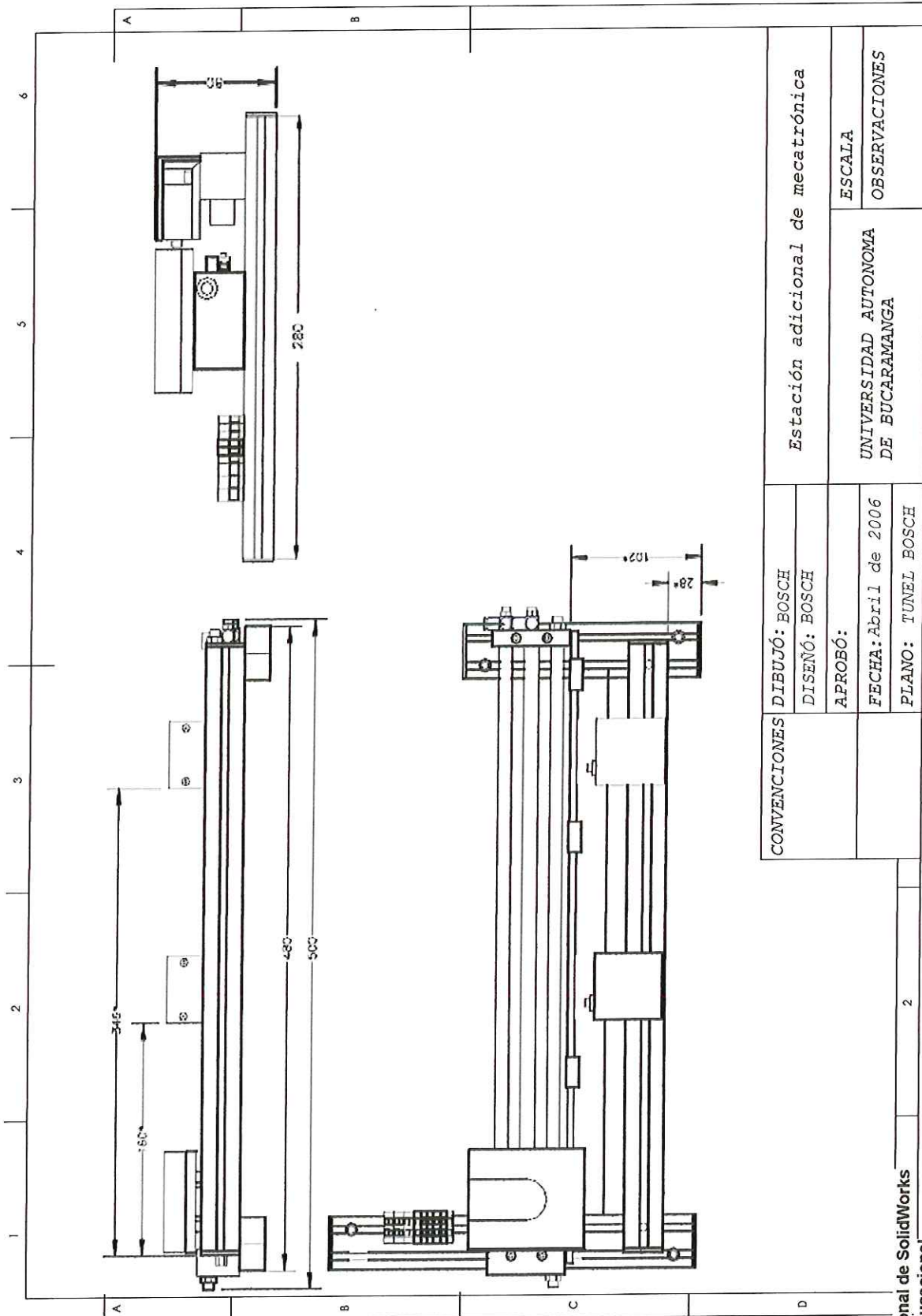
CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
	APROBÓ:	ESCALA: 1:2	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: ALMACEN		



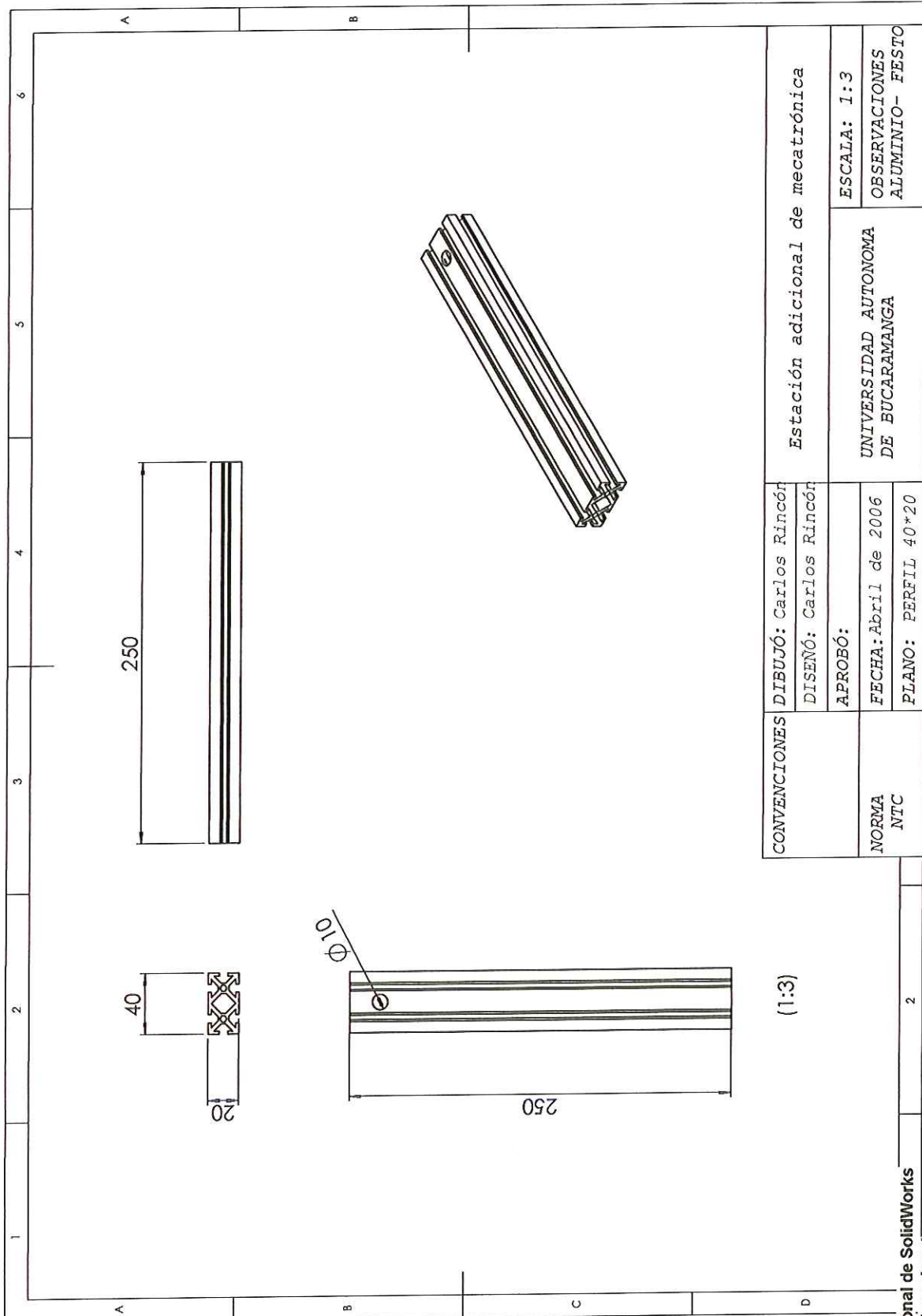


CONVENCIONES	DIBUJÓ: BOSCH	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: BOSCH	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NA	APROBÓ:	ESCALA: NA	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: PLANO BOSCH		



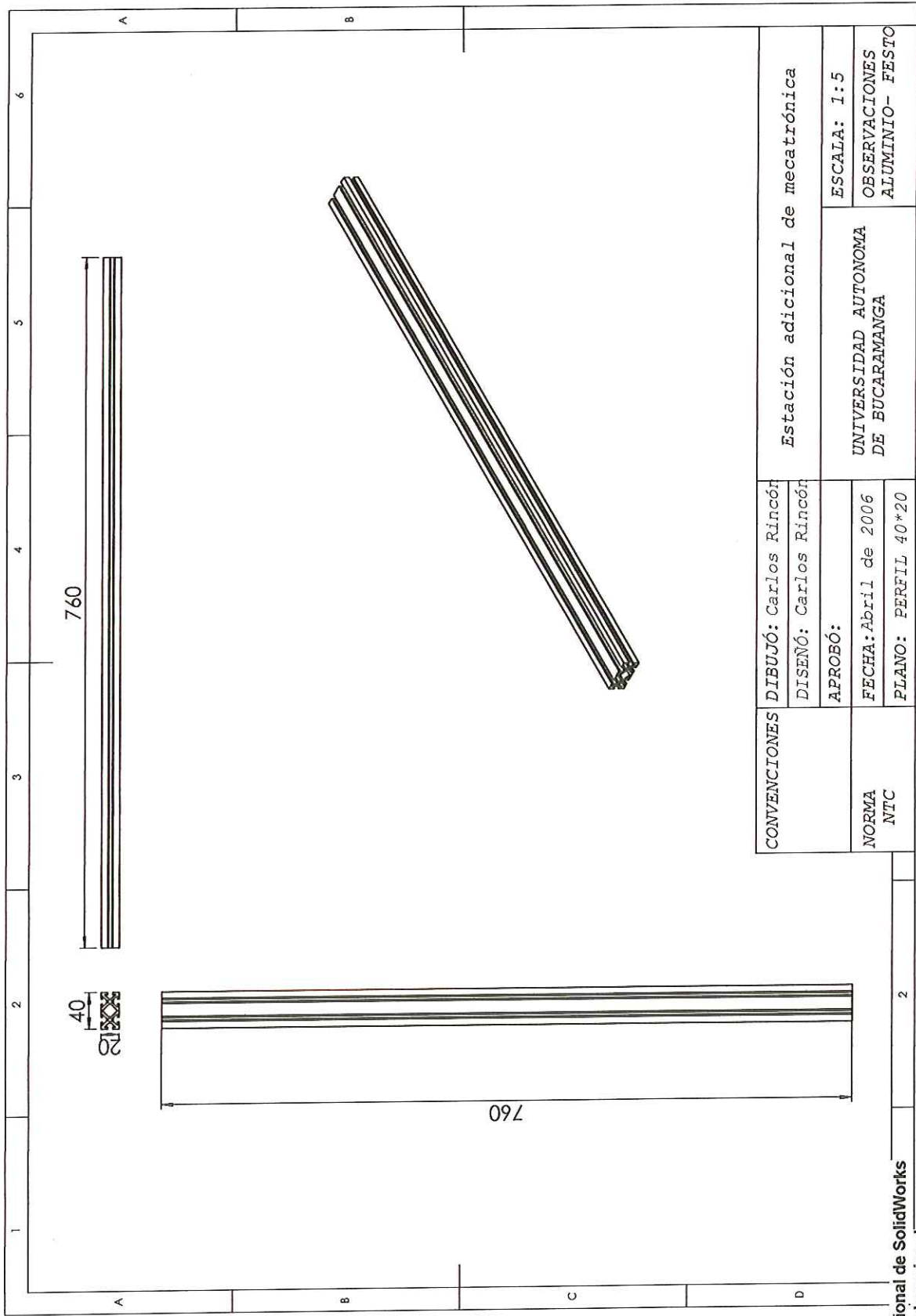


CONVENCIONES	DIBUJÓ: BOSCH	Estación adicional de mecatrónica	ESCALA
	DISEÑÓ: BOSCH		
	APROBÓ:		
	FECHA: Abril de 2006		
	PLANO: TUNEL BOSCH		

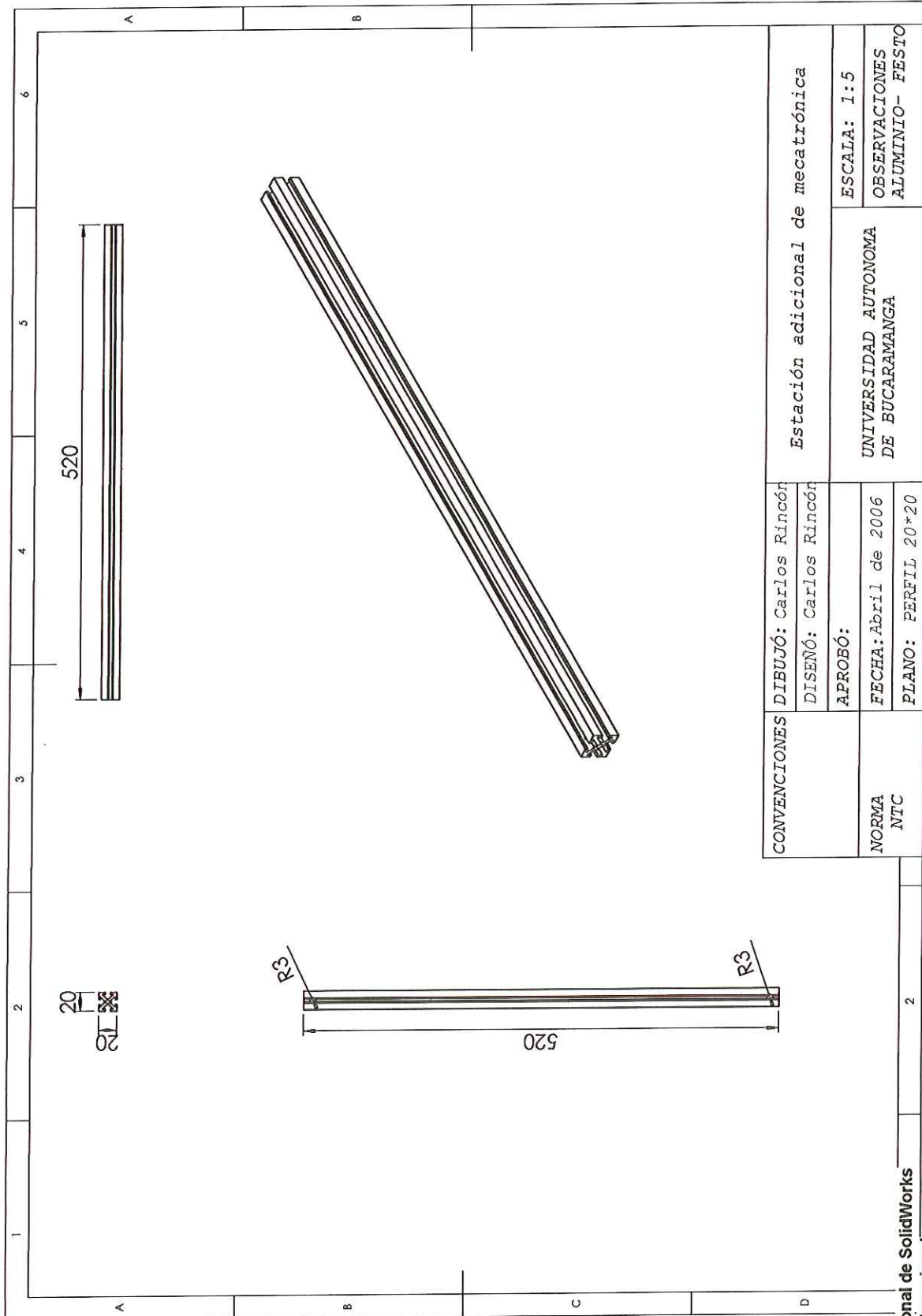


CONVENCIONES	DIBUJO: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑO: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NTC	APROBÓ:	ESCALA: 1:3	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: PERFIL 40*20	ALUMINIO- FESTO	

(1:3)

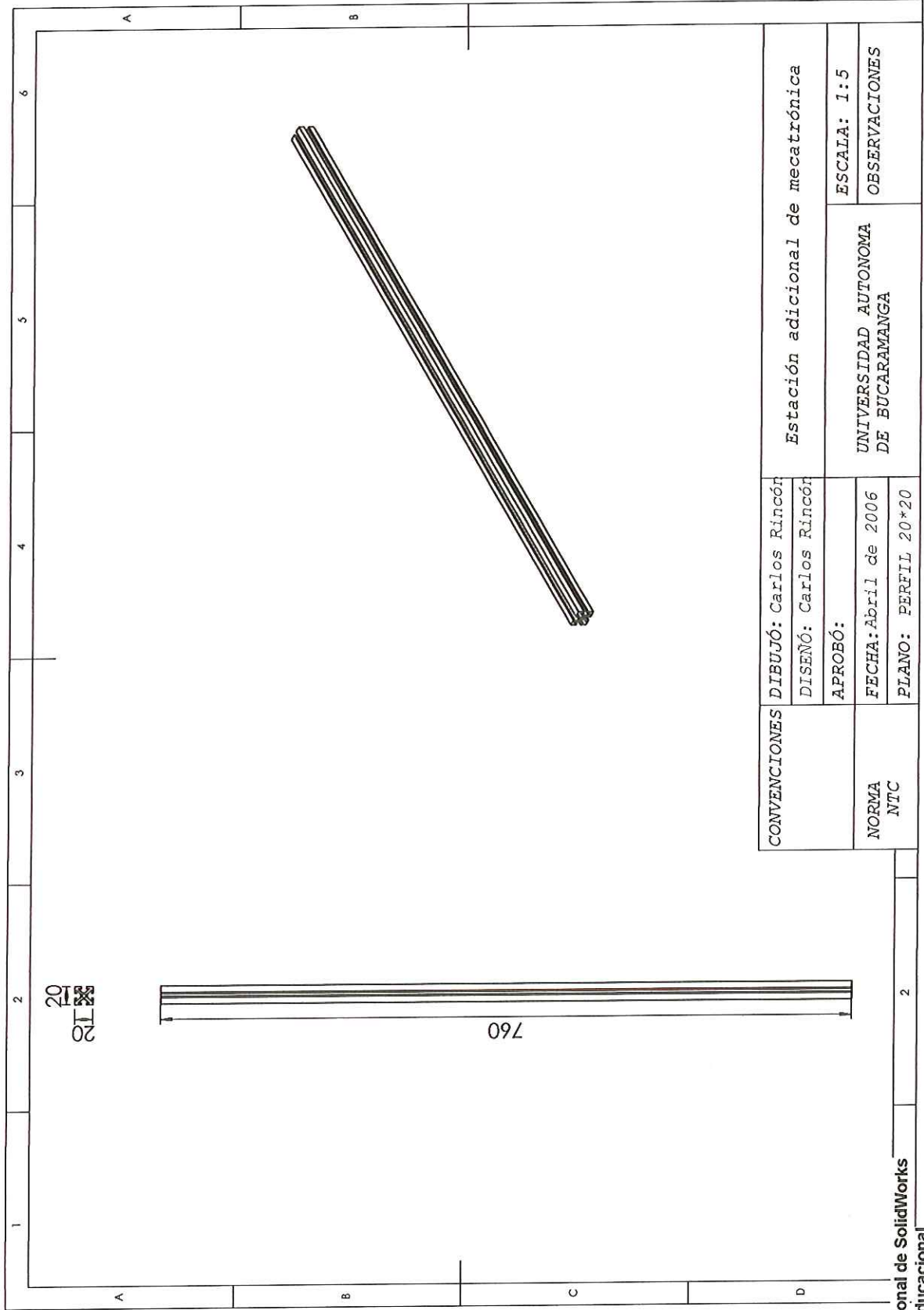


CONVENCIONES	DIBUJO: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑO: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NTC	APROBÓ:	ESCALA: 1:5	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: PERFIL 40*20	ALUMINIO- FSTO	

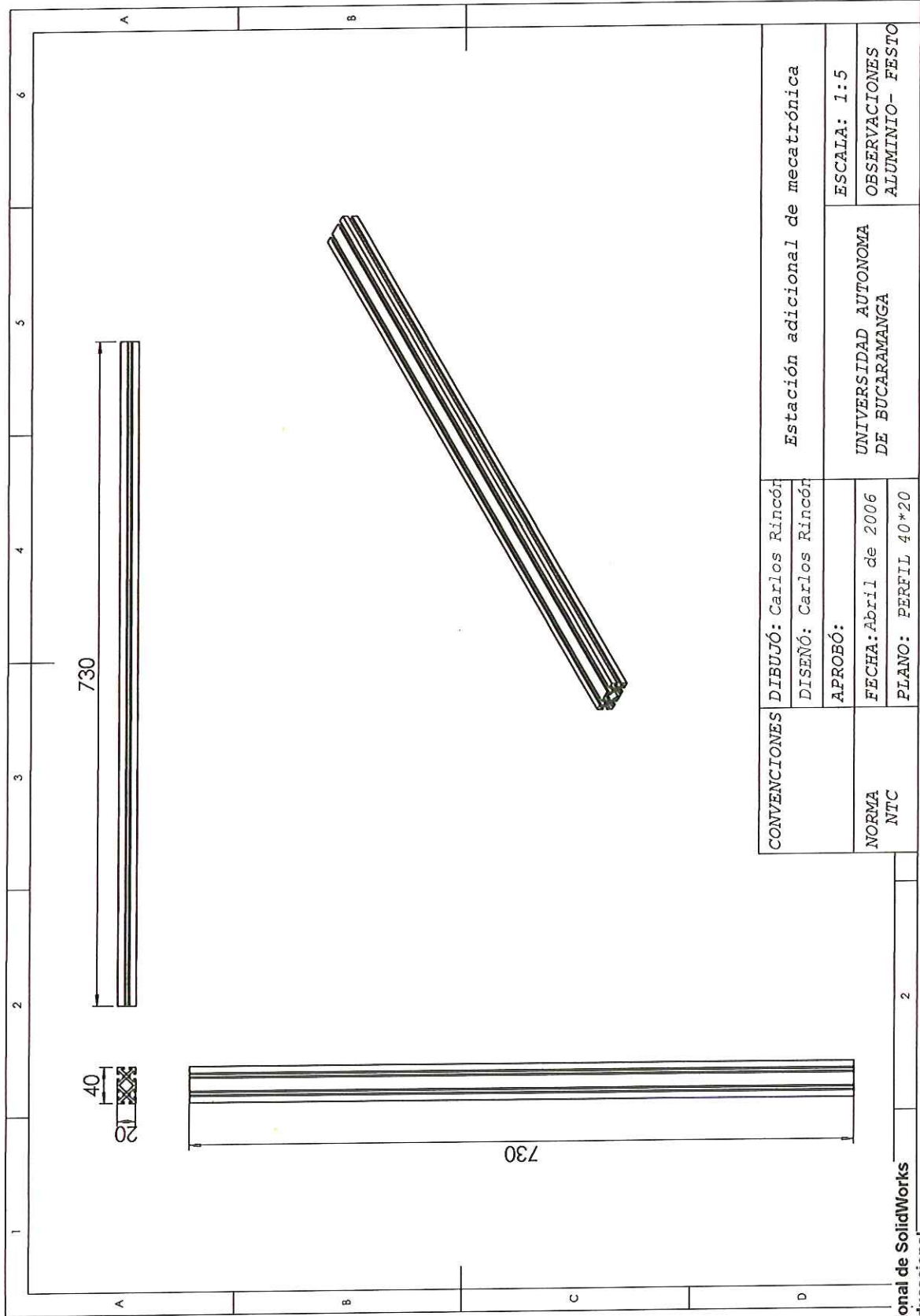


CONVENCIONES	DIBUJO: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑO: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	ESCALA: 1:5
NORMA NTC	APROBÓ:	OBSERVACIONES ALUMINIO- FESTO	
	FECHA: Abril de 2006		
	PLANO: PERFIL 20*20		

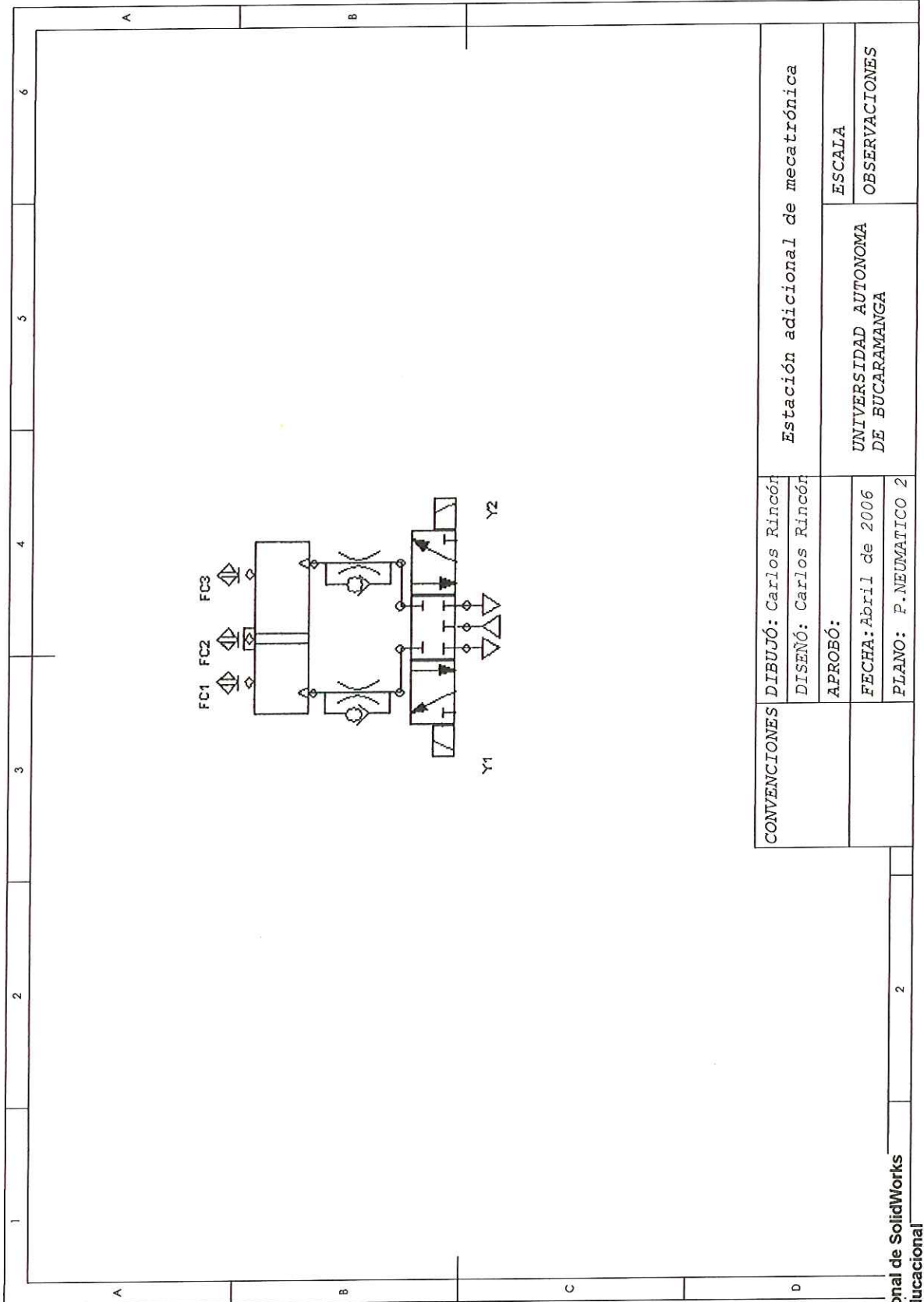




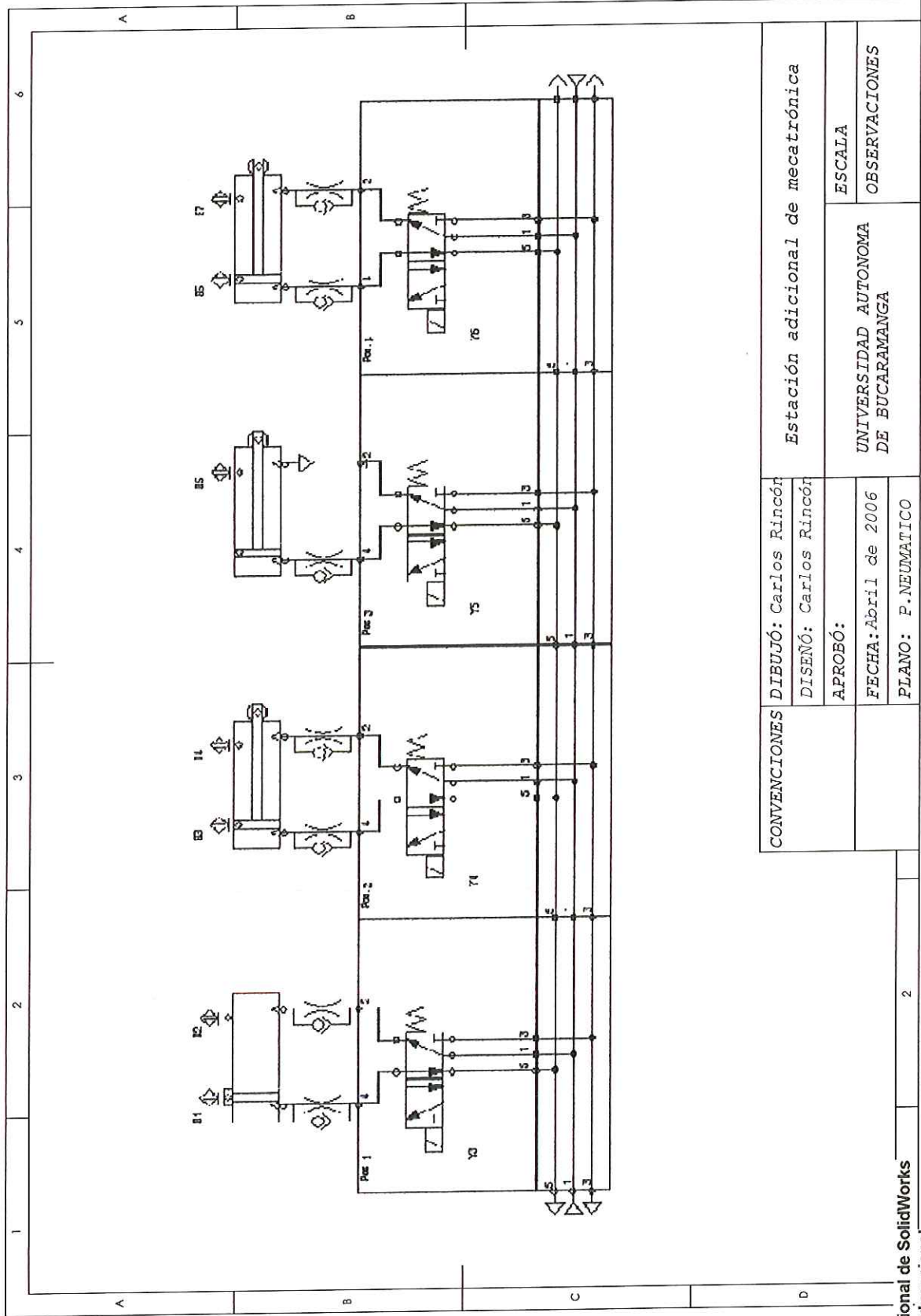
CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NTC	APROBÓ:	ESCALA: 1:5	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: PERFIL 20*20		



CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica	
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA	
NORMA NTC	APROBÓ:	ESCALA: 1:5	
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES	
	PLANO: PERFIL 40*20	ALUMINIO- FESTO	

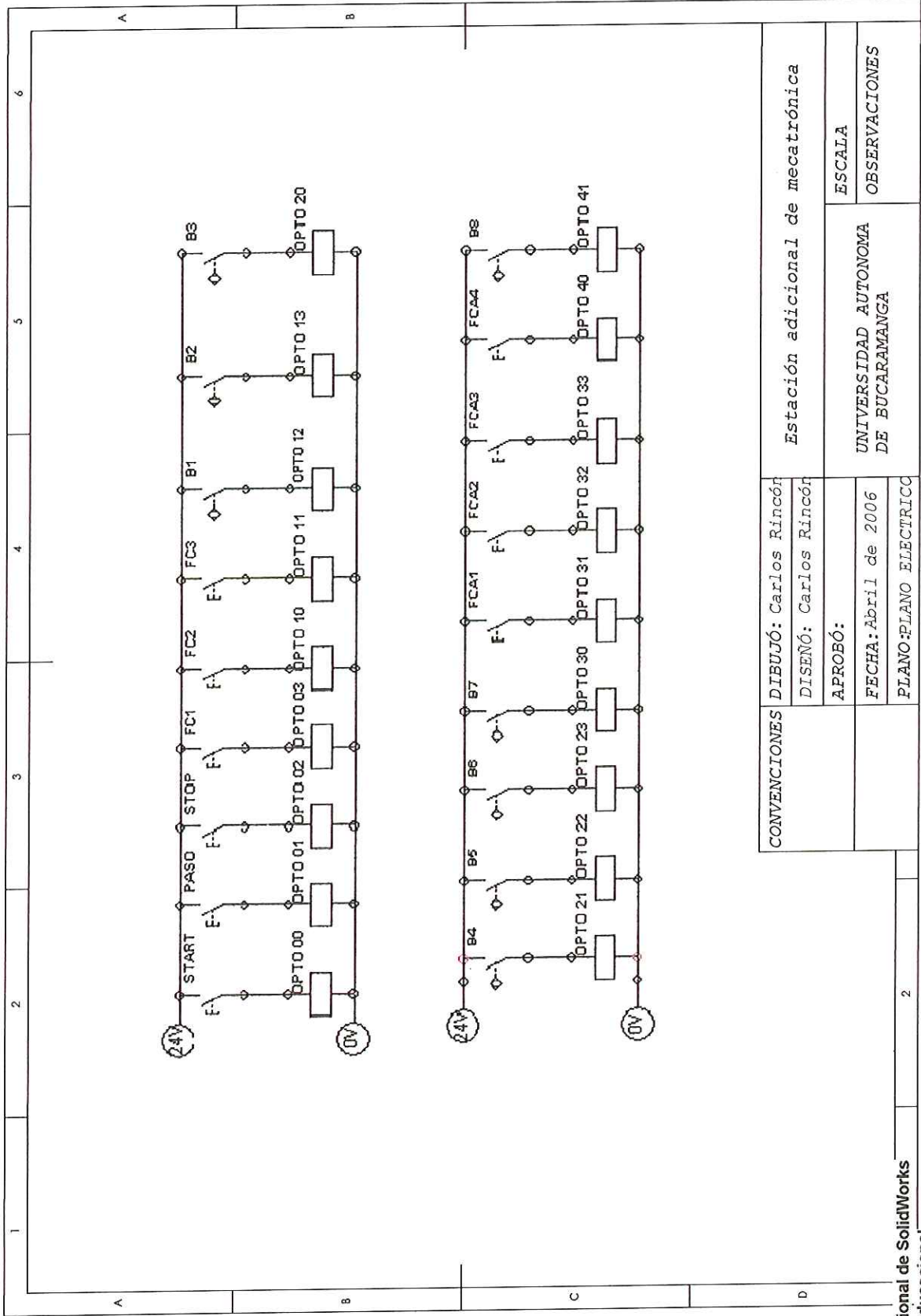


CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	
APROBÓ:		ESCALA
FECHA: Abril de 2006		OBSERVACIONES
PLANO: P. NEUMATICO 2		

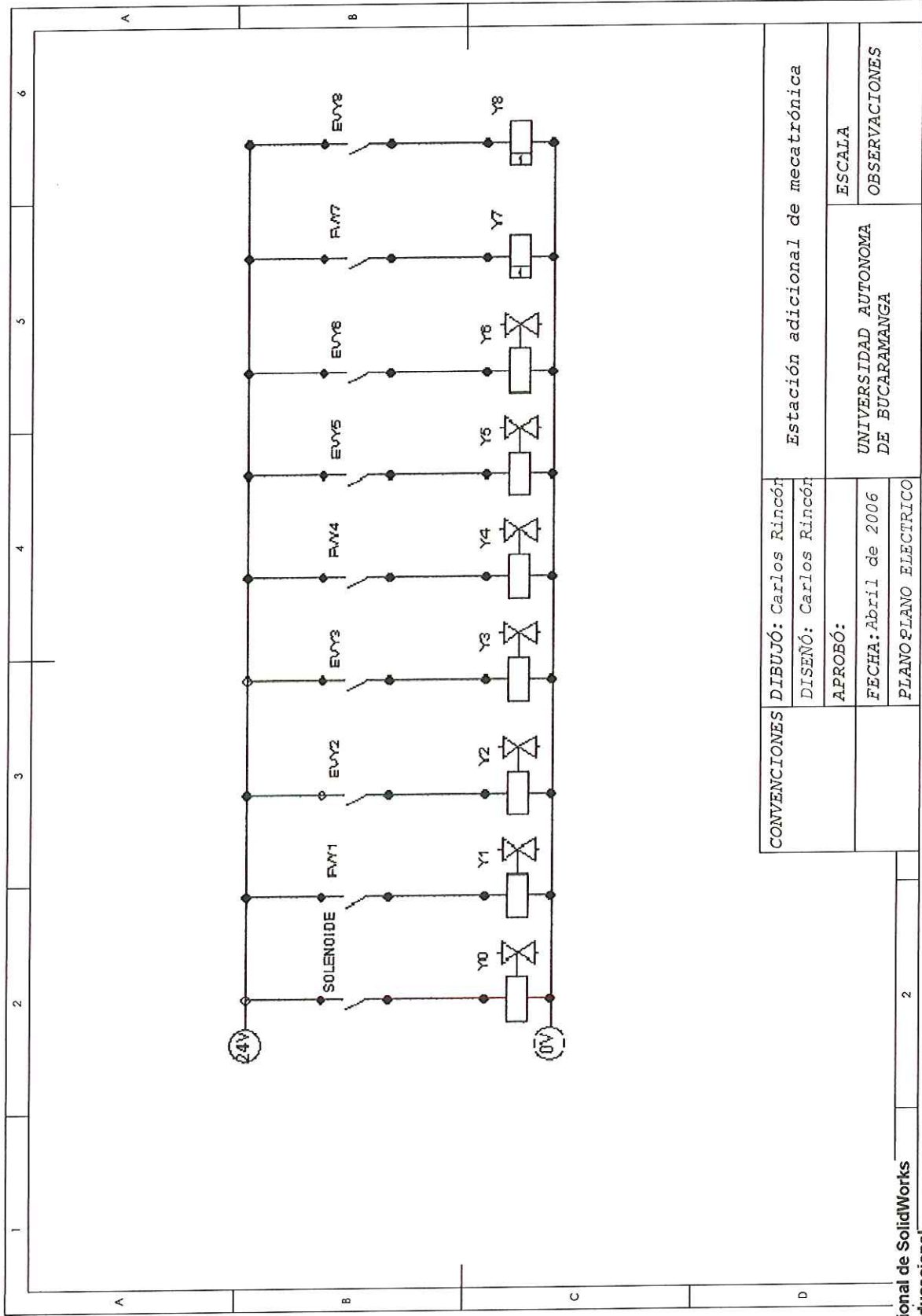


CONVENCIONES	Estación adicional de mecatrónica	
	DIBUJÓ: Carlos Rincón	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
DISEÑO: Carlos Rincón	ESCALA	
APROBÓ:	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES
PLANO: P-NEUMATICO		



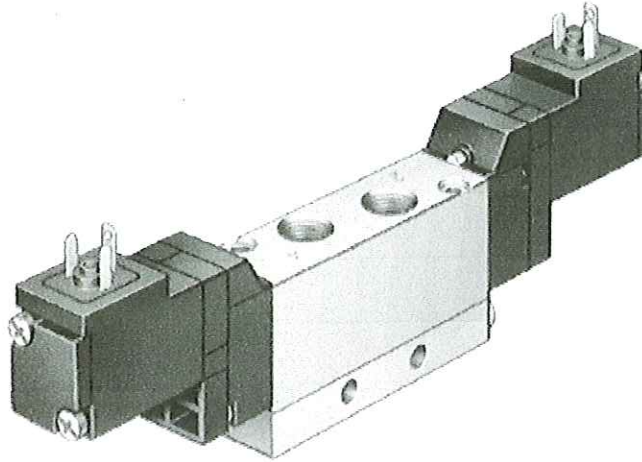


CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	
	DISEÑO: Carlos Rincón	
	APROBÓ:	
	FECHA: Abril de 2006	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
	PLANO: PLANO ELECTRIC	ESCALA OBSERVACIONES



CONVENCIONES	DIBUJÓ: Carlos Rincón	Estación adicional de mecatrónica
	DISEÑÓ: Carlos Rincón	ESCALA
	APROBÓ:	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCHARAMANGA
	FECHA: Abril de 2006	OBSERVACIONES
	PLANO PLANO ELECTRICO	

## **ANEXO 4. HOJAS DE DATOS**



**FESTO**

Hoja de datos

Núm. artículo: 73028

Página: 1

## MEBH-5/3B-1/8-B

### Electroválvula

Caract.	Valor
Construcción	Corredera
Temperatura ambiente	-5 - 50 °C
Tipo de fijación	con taladro pasante
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	3,000 - 8,000 bar
Temperatura del medio	-5,0 - 50,0 °C
Fluido	aire comprimido seco, filtrado TF Aire comprimido filtrado, grado de filtración de 40 µm aire comprimido seco, filtrado y lubricado TFG
Función de las válvulas	5/3 a presión monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Sentido del flujo	no reversible
Principio de hermetización	blando
Función de escape	Estrangulable
Tipo de control	prepiloto
Tipo de reposición	muelle mecánico
Diámetro nominal	5,000 mm
Conexión neumática 1	G1/8
Conexión neumática 2	G1/8
Conexión neumática 3	G1/8
Conexión eléctrica	Forma C Conector según DIN 43650 forma rectangular
Accionamiento manual auxiliar	con accesorios enclavables

Festo AG & Co. KG  
Postfach



**MEBH-5/3B-1/8-B****Electroválvula**

Caract.	Valor
Caudal nominal normal	750,00 l/min
Valor B	0,370
Valor C	3,200 l/sbar
Conexión del tiempo de conmutación	12,0 ms
Desconexión del tiempo de conmutación	25,00 ms
Tipo de protección	IP65
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Conexión neumática 4	G1/8
Conexión neumática 5	G1/8
Conexión del aire de escape de pilotaje 82	M5
Conexión del aire de escape de pilotaje 84	M5
Valores característicos de las bobinas	24V DC: 1,5W
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
Información sobre el material de las juntas	NBR



**FESTO**

Hoja de datos

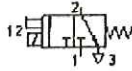
Núm. artículo:53007

Página:1

## QS-1/4-10

### Racor rápido roscado

Caract.	Valor
Construcción	Principio de empuje y tracción
Temperatura ambiente	0 - 60 °C
Conexión neumática	R1/4
Presión de funcionamiento	-0,950 - 10,000 bar
Temperatura del medio	0,0 - 60,0 °C
Peso del producto	20,000 g
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar Aire filtrado y lubricado
Diámetro nominal	8,500 mm
Tamaño	Estándar
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Tipo de junta del eje atornillable	Recubrimiento
Par de apriete máximo	12,000 Nm
Información sobre el material del cuerpo	latón



**FESTO**

Hoja de datos

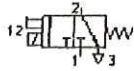
Núm. artículo: 35071

Página: 1

## HEE-1/4-D-MINI-24

### Válvula de cierre

Caract.	Valor
Construcción	Corredera
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Tipo de fijación	Montaje del conducto con accesorios
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	2,500 - 16,000 bar
Temperatura del medio	-10,0 - 60,0 °C
Peso del producto	223,000 g
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar, grado de filtración de 50 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 50 µm
Función de las válvulas	3/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Sentido del flujo	no reversible
Principio de hermetización	blando
Función de escape	no estrangulable
Tipo de reposición	muelle mecánico
Conexión neumática 1	G1/4
Conexión neumática 2	G1/4
Conexión neumática 3	G1/8
Conexión eléctrica	Forma C Conector según DIN 43650
Accionamiento manual auxiliar	con enclavamiento
Caudal nominal normal	1.500,00 l/min

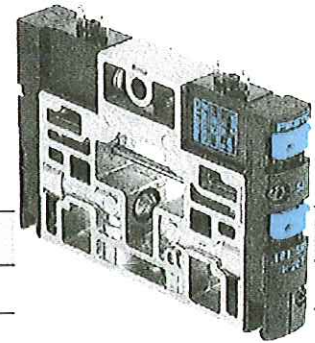
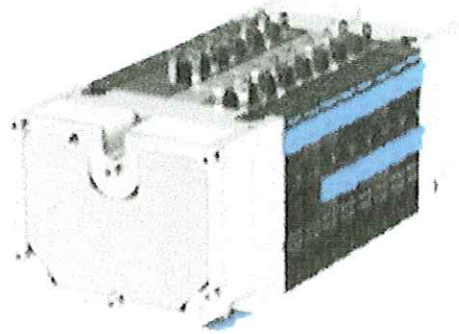
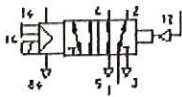


## HEE-1/4-D-MINI-24

### Válvula de cierre

Caract.	Valor
Valor B	0,310
Valor C	7,000 l/sbar
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Duración de la conexión	100%
Indicación sobre el material	sin cobre y teflón
Frecuencia máxima de conmutación	0,2 Hz
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
Información sobre el material de las juntas	NBR

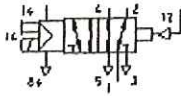




## CPV10-M1H-5LS-M7

### Electroválvula

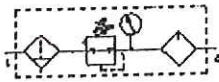
Caract.	Valor
Construcción	Corredera
Temperatura ambiente	-5 - 50 °C
Tipo de fijación	con taladro pasante
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	-0,900 - 10,000 bar
Temperatura del medio	-5,0 - 50,0 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar, grado de filtración de 40 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Función de las válvulas	.5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Sentido del flujo	no reversible
Principio de hermetización	blando
Función de escape	no estrangulable
Tipo de control	prepiloto
Tipo de reposición	muelle neumático
Alimentación del aire de control	externo
Diámetro nominal	4,000 mm
Conexión neumática 1	Módulo de la batería
Conexión neumática 2	M7
Conexión neumática 3	Módulo de la batería
Accionamiento manual auxiliar	con accesorios enclavables
Caudal nominal normal	400,00 l/min
Valor B	0,400



## CPV10-M1H-5LS-M7

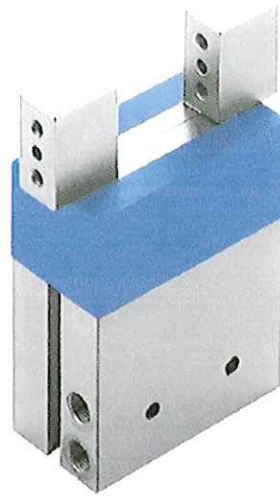
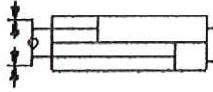
### Electroválvula

Caract.	Valor
Valor C	1,600 l/sbar
Conexión del tiempo de conmutación	17,0 ms
Desconexión del tiempo de conmutación	27,00 ms
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Patrón	10,000 mm
Conexión neumática 4	M7
Conexión neumática 5	Módulo de la batería
Conexión del aire de escape de pilotaje 8/4	Módulo de la batería
Información sobre el material de las juntas	NBR



**LRF-1/4-D-MINI**  
**Unidad de mantenimiento**

Caract.	Valor
Construcción	Filtro regulador con manómetro Lubricador proporcional de niebla de aceite
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Tipo de fijación	Montaje del conducto con accesorios
Posición de montaje	vertical +/- 5°
Temperatura del medio	-10,0 - 60,0 °C
Peso del producto	760,000 g
Fluido	Aire comprimido
Conexión neumática 1	G1/4
Conexión neumática 2	G1/4
Caudal nominal normal	1.000,00 l/min
Tamaño	mini
Asegurar el accionamiento	Botón giratorio con cerrojo integrado
Indicación de la presión	con manómetro
Presión inicial 1	<= 16,000 bar
Grado de filtración	40,000 µm
Evacuación del condensado	giro manual
Funda de protección	funda protectora metálica
Margen de regulación de la presión	0,500 - 12,000 bar
Cantidad máxima de condensado	22,000 cm <sup>3</sup>
Histéresis máxima de la presión	0,200 bar
Serie	D
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de cinc



**FESTO**

Hoja de datos

Núm. artículo: 37547

Página: 1

## HGP-16-A-B-G2 Pinzas paralelas

Caract.	Valor
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Construcción	Palanca
Temperatura ambiente	10 - 60 °C
Conexión neumática	M3
Detección de la posición	con detector de proximidad
Función de la pinza	Paralelo
Cantidad de dedos de la pinza	2
Tipo de fijación	con taladro pasante con rosca interior a elegir:
Presión de funcionamiento	.5,000 - 8,000 bar
Peso del producto	.197,000 g
Frecuencia de trabajo máxima de la pinza	.4,000 Hz
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar, grado de filtración de 40 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Precisión de repetición de las pinzas	<= 0,040 mm
Tamaño	16
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Aseguramiento de la fuerza de la pinza	al cerrar, G2
Precisión máxima de sustitución	0,200 mm
Carrera por dedo	5,000 mm
Fuerza estática Fz máxima en la mordaza	90,000 N
Fuerza dinámica Fz máxima en la mordaza	9,000 N
Momento estático Mx máximo en la mordaza	3,300 Nm





**FESTO**

Hoja de datos

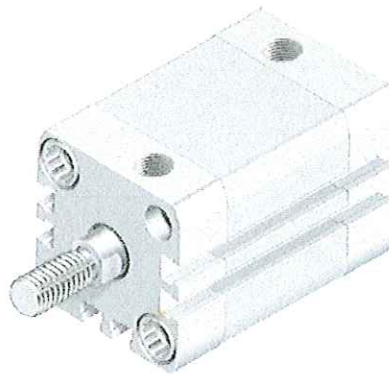
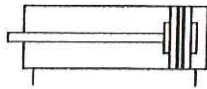
Núm. artículo:51172

Página:1

## GRLA-1/4-B

### Válvula de estrangulación y antirretorno

Caract.	Valor
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Tipo de fijación	atornillable
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	0,300 - 10,000 bar
Temperatura del medio	-10,0 - 60,0 °C
Peso del producto	59,000 g
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin ubricar, grado de filtración de 40 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Función de las válvulas	Función de estrangulación y antirretorno del escape
Conexión neumática 1	G1/4
Conexión neumática 2	G1/4
Par de apriete máximo	11,000 Nm
Caudal nominal normal en el sentido de la estrangulación	610,00 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno	450,0 - 820,0 l/min
Información sobre el material de las juntas	NBR
Información sobre el material de la chaveta atornillable	Aleación forjable de aluminio
Elemento de ajuste	Tornillo con cabeza ranurada
Caudal estándar en sentido de regulación del flujo: 6 -> 0 bar	1.200,0 l/min
Caudal estándar en sentido de bloqueo: 6 -> 0 bar	885,0 - 1.615,0 l/min
Datos sobre el material de la junta basculante	Fundición inyectada de cinc
Datos sobre el material del tornillo de regulación	latón



**FESTO**

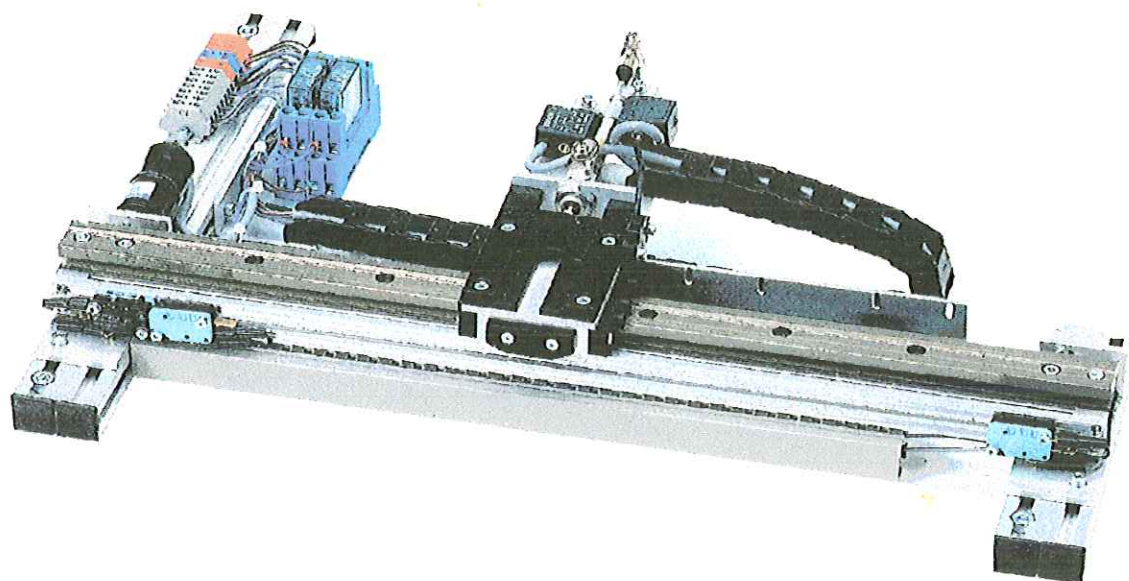
Hoja de datos

Núm. artículo: 36380

Página: 1

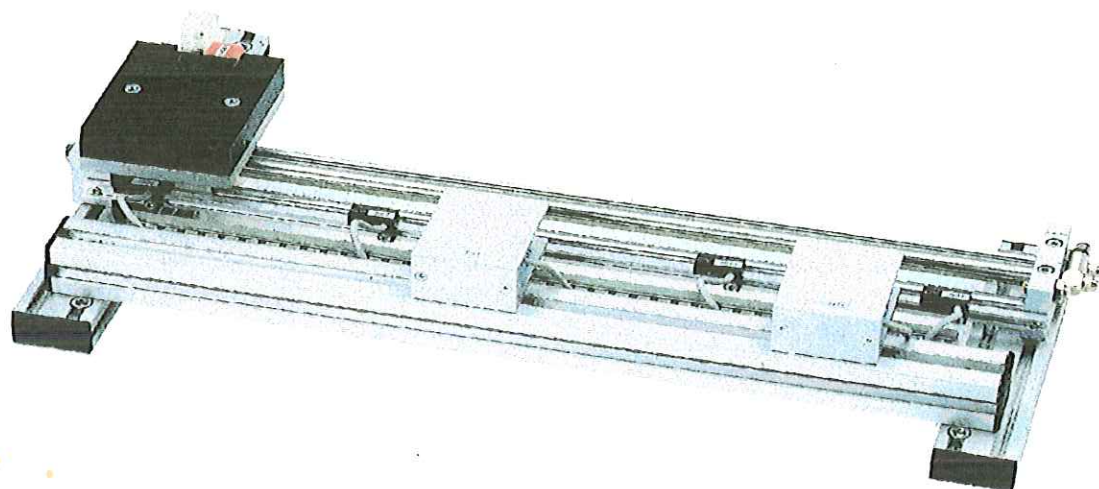
## ADN-100-50-A-P-A Cilindro compacto

Caract.	Valor
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Variantes	vástago simple
Diámetro del émbolo	100 mm
Carrera	50,000 mm
Temperatura ambiente	-20 - 80 °C
Conexión neumática	G1/8
Detección de la posición	con detector de proximidad
Amortiguación	anillos elásticos / Placas elásticas en ambos lados (P)
Tipo de fijación	con taladro pasante con rosca interior con accesorios a elegir:
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	0,600 - 10,000 bar
Fuerza teórica con 6 bar, avance	4.712,000 N
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	4.524,000 N
Energía del impacto en las posiciones finales	3,000 J
Indicación sobre el material	sin cobre y teflón
Información sobre el material de la camisa del cilindro	Aleación forjable de aluminio Anodizado deslizante
Información sobre el material de la tapa	Aleación forjable de aluminio anodizado
Información sobre el material del vástago	Acero de aleación fina
Información sobre el material de las juntas	TPE-U(PU)
Extremo del vástago	Rosca exterior



Ausgabe  
Version  
Version  
Versione  
Versión  
Verçao

### **3.0 Sistema Estándar de Mecatrónica** **Conjunto Transportador lineal LF400 EO-2S**



Ausgabe  
Version  
Version  
Versione  
Versión  
Verçao

### **3.0 Sistema Estándar de Mecatrónica** **Conjunto Transportador lineal LF400 PMS**